# LA DEGRADATION ET LA REHABILITATION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT FRANCE - ANGLETERRE - ETATS-UNIS

Catherine Triantafillou

▶ **To cite this version:**

Catherine Triantafillou. LA DEGRADATION ET LA REHABILITATION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT FRANCE - ANGLETERRE - ETATS-UNIS. Sciences de l'Homme et Société. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1987. Français. NNT : . tel-00345140

**HAL Id: tel-00345140**

**https://pastel.hal.science/tel-00345140**

Submitted on 8 Dec 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**THESE**

présentée à

**L'ECOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES**

en vue de l'obtention du diplôme de

**DOCTORAT DE L'ENPC**

Spécialité :
Sciences et Techniques de l'environnement

par

Catherine TRIANTAFILLOU

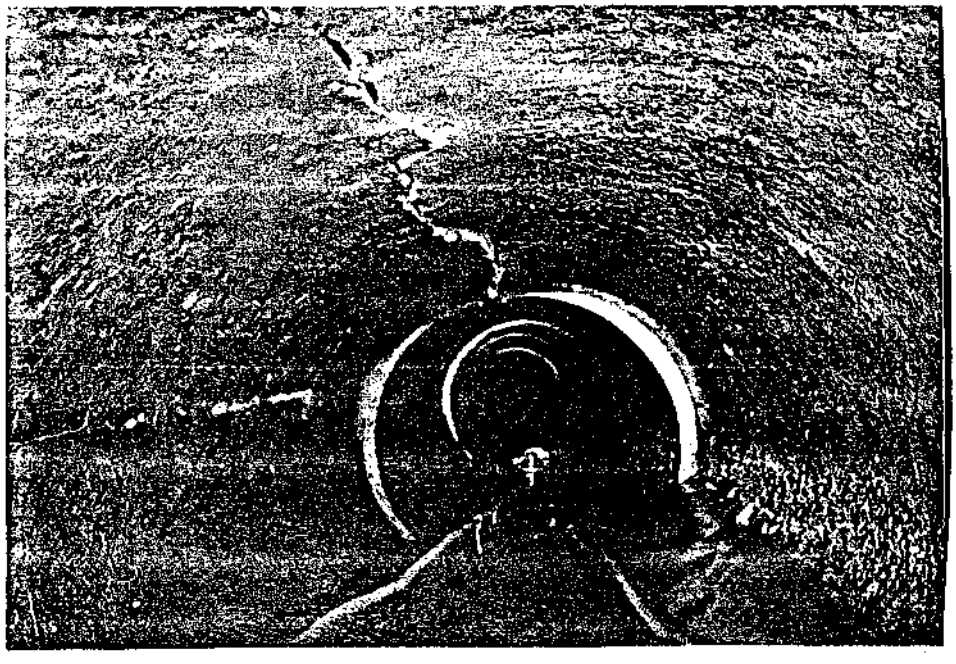
# LA DEGRADATION ET LA REHABILITATION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT FRANCE - ANGLETERRE - ETATS-UNIS

soutenue le 8 Décembre 1987

| | | |
|---|---|---|
| Jury : | Claude CHALINE | Président |
| | Gabriel DUPUY | Directeur de thèse |
| | Jean-Paul TEYSSANDIER | Rapporteur |
| | Antoine FREROT | Rapporteur |
| | Jean LATERRASSE | Rapporteur |
| | Remy PRUD'HOMME | Examinateur |
| | André BRUSTON | Examinateur |

Laboratoire Techniques Territoires et Sociétés
Ecole Nationale des Ponts et Chaussées - Université Paris Val de Marne
Unité associée au CNRS - UA 1245

COURTS
SALE SALE SAL



MAXWELL

*REMERCIEMENTS*

*Pour sa disponobilité, ses encouragements et ses conseils, je remercie profondément Monsieur le Professeur Gabriel DUPUY, Professeur à l'Institut de l'Urbanisme de Paris de l'Université Paris Val-de-Marne, enseignant à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées et directeur du Groupe Réseaux et Territoires au LATTS, qui a dirigé avec rigueur ce travail et guidé et soutenu mes démarches.*

*Je tiens à remercier toutes les personnes au sein d'organismes professionnels, d'administration, de centre de recherche et d'entreprises privées qui m'ont aidé de leur compétence, de leur connaissance et de leurs conseils.*

*Très chaleureusement je remercie mes jeunes collègues du LATTS et mes amis pour leur soutien et conseils, combien utiles aux moments difficiles de la rédaction.*

*Je tiens à remercier également :*

*- Tous les membres du CERTES qui m'ont amicalement accueillie tout au long de ma recherche et ont été attentifs à mes problèmes.*

*- Sandrine VENUAT qui a assuré la frappe de cette thèse avec beaucoup de patience et d'efficacité.*

*- Francine CORSIN de l'atelier audiovisuel de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, qui a contribué à l'élaboration des figures et schémas de ce rapport.*

*Je remercie enfin le Plan Urbain qui a permis la réalisation de cette thèse dans le cadre d'un contrat avec le CERTES.*

## RESUME

Les réseaux d'assainissement en Angleterre, aux Etats Unis et en France connaissent aujourd'hui une situation de dégradation. Les manifestations de cette situation, variant selon les pays, apparaissent à travers le mauvais état des équipements, leurs faibles performance et efficacité. Mais le problème de la dégradation va au-delà de ces manifestations de nature physique. Il réside dans le fait que les capacités réelles des équipements ne s'avèrent plus compatibles avec les exigences de qualité et les objectifs du service. Ce phénomène traduit l'apparition de nouvelles dynamiques dans le secteur qui affectent le rôle des réseaux et les principes de l'assainissement mettant ainsi en cause les anciennes organisations du système d'assainissement. Il révèle l'inadaptation des pratiques d'entretien et de comportements d'usage des équipements aux nouvelles exigences et finalités du service.

La réhabilitation des réseaux est une des réponses apportées aux situations de dégradation. Elle conduit à la modification de la structure physique et du comportement des équipements qui deviennent composites et plus complexes. Cette transformation des réseaux se répercute également sur l'organisation du système d'assainissement. Elle représente un mode d'adaptation du système aux évolutions de son environnement.



## MOTS CLES

RESEAU
SYSTEME
ASSAINISSEMENT
DEGRADATION
REHABILITATION
TECHNIQUES
CENTRES URBAINS
FRANCE/ANGLETERRE/ETATS UNIS

ABSTRACT

Sanitary sewers in England, in the U.S.A. and in France are currently undergoing serious degradation. The outword symptoms degradation vary in each of the countries. The symptoms consist of structural failure, poor performance and low efficiency of collection's systems. However, in evaluations sewer system performance we must look beyond physical and technical symptoms. In fact the real capacity of many sewers systems, in the three counties, is no longer compatible with the quality requirements and objectives of the groups in charge of sewer systems. The environment in which sewer systems are planned and managed in the three countries has changed significantly over the past few years, and water quality goals and system objectives have been raised. Consequently there has been an increase in sewer systems failures. Previous maintanance methods and types of allowable uses have become incompatible with the new requirements and objectives of the service.

Rehabilitation is one of the solutions to the increase in the rate of sewer system failures. It consists of transformation in physical structure of sewers (e.g. the use of several different materials) and an increase in system complexity. These physical transformations lead to changes in organisations providing sewer system services. Indeed rehabilitation allows these organisations to adjust to changes in the physical ans social environment.

# SOMMAIRE

INTRODUCTION . . . . . 1

## PREMIERE PARTIE:LE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT

**CHAPITRE I : LE RESEAU D'ASSAINISSEMENT COMME ELEMENT COMPOSANT D'UN SYSTEME . . . . . 6**

§ 1. LE RESEAU D'ASSAINISSEMENT - LE MODELE DOMINANT . . . . . 6

1. La structure physique du réseau . . . . . 6
2. Le fonctionnement du réseau . . . . . 7
3. Le rôle du réseau d'assainissement . . . . . 10

§ 2. LES CARACTERISTIQUES DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT . . . . . 13

1. Caractéristiques liées à la structure du réseau . . . . . 13
2. Caractéristiques liées au mode de fonctionnement du réseau . . . . 16
3. Caractéristiques liées au rôle du réseau . . . . . 18

§ 3. LE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT . . . . . 20

1. Définition du système d'assainissement . . . . . 20
2. Les fonctions du service d'assainissement:les agents concernés . 20
3. L'organisation du système d'assainissement, un élément déterminant de l'état du réseau . . . . . 24

**CHAPITRE II : LE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT EN FRANCE . . . . . 32**

§ 1. HISTORIQUE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT EN FRANCE . . . . . 32

§ 2 . LES AGENTS DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT . . . . . 37

1. Les collectivités locales . . . . . 37
2. L'Etat . . . . . 39
3. Les Agences Financières de Bassin . . . . . 42
4. Les sociétés exploitantes . . . . . 45

§ 3. LES FONCTIONS DU SERVICE D'ASSAINISSEMENT . . . . . 45

1. Le financement du service . . . . . 45
2 . L'entretien des équipements . . . . . 55
3. L'utilisation des équipements : le rôle des usagers . . . . . 57

§ 4. CONDITIONS DETERMINANTES DE L'EVOLUTION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT EN FRANCE : UN NOUVEAU CONTEXTE APRES 1982 . . . . 60

CHAPITRE III : LE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT EN ANGLETERRE .. 68

§ 1 . HISTORIQUE DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT EN ANGLETERRE . . . . . 68

§ 2 . LES AGENTS DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT . . . . . 74

1. La situation antérieure à 1974 . . . . . 74

2 . La situation postérieure à 1974 . . . . . 76

§ 3. LES FONCTIONS DU SERVICE D'ASSAINISSEMENT . . . . . 86

1. Le financement du service . . . . . 86
2. L'entretien des équipements . . . . . 92

§ 4. LE CONTEXTE ANGLAIS AVANT ET APRES LA REFORME DE 1974 . . . . . 94

CHAPITRE IV : LE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT AUX ETATS-UNIS ... 103

§ 1. HISTORIQUE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT AUX ETATS-UNIS . . . . . 103

§ 2 . LES AGENTS DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT . . . . . 108
1. Les collectivités locales . . . . . 109
2 . Les districts spéciaux . . . . . 110
3. Les Etats - l'Etat Fédéral . . . . . 112
§ 3. LES FONCTIONS DU SERVICE D'ASSAINISSEMENT . . . . . 112

1. Le financement du service . . . . . 112
2 . L'entretien des équipements . . . . . 121
3. L'utilisation des équipements : le rôle des industriels . . . . . 124

§ 4. LE CONTEXTE AMERICAIN : L'ACTION FEDERALE DEPUIS 1972 . . . . . 126

# DEUXIEME PARTIE :
# LA DEGRADATION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT


CHAPITRE I : DEFINITION ET CAUSES DE LA DEGRADATION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT . . . 134

§ 1. L'ETAT DE DEGRADATION . . . 134

§ 2 . LES CAUSES DE LA DEGRADATION . . . 135

1. L'évolution des finalités associées au réseau . . . 136
2. L'affaiblissement de la performance fonctionnelle du réseau . . 137

§ 3. LE PROCESSUS DE LA DEGRADATION . . . 142

CHAPITRE II : DEGRADATION : TYPOLOGIES DES ANOMALIES DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT . . . 146

**Section I : La détérioration de la structure physique du réseau** . . . 150

§ 1 . DEFINITION . . . 150

§ 2 . LES CAUSES DE LA DETERIORATION . . . 151

1. Les effluents transportés . . . 152
2. Le milieu environnant . . . 152
3. Les conditions de construction initiale et de pose . . . 154
4 . L'entretien des équipements . . . 155
5. Les accidents . . . 155

§ 3. LES ACTEURS CONCERNES PAR LES CAUSES DE LA DETERIORATION . . . 156

§ 4 . LES CONSEQUENCES DE LA DETERIORATION PHYSIQUE DU RESEAU - LES ACTEURS CONCERNES . . . 159

§ 5. L'AMPLEUR DU PROBLEME DANS LES TROIS PAYS ETUDIES . . . 160

**Section II : La réduction de la capacité d'écoulement du réseau** . . . 171

§ 1 . DEFINITION . . . 171

§ 2. LES CAUSES DE LA DIMINUTION DE LA CAPACITE D'ECOULEMENT - LES ACTEURS CONCERNES . . . 171

1. La réduction de la section des canalisations . . . 171
2. La diminution de la vitesse de propagation des effluents . . . 175

§ 3. LES REPERCUSSIONS DE LA DIMINUTION DE LA CAPACITE HYDRAULIQUE DU RESEAU SUR SA PERFORMANCE FONCTIONNELLE - LES ACTEURS CONCERNES.. 176

1. La mise en charge du réseau . . . 176
2. Les débordements et les inondations . . . 177

§ 4 . L'AMPLEUR DU PROBLEME DANS LES TROIS PAYS ETUDIES . . . 177

**Section III : Les eaux parasites** . . . 183

§ 1. DEFINITION . . . 183

§ 2. LES CAUSES DE L'INTRUSION DES EAUX PARASITES - LES ACTEURS CONCERNES . . . 184

§ 3. LES REPERCUSSIONS DE LA PRESENCE DES EAUX PARASITES SUR LA PERFORMANCE DES EQUIPEMENTS . . . 185

1. Impact sur le réseau d'assainissement . . . 186
2. Impact sur la station d'épuration . . . 187
3. Impact sur le milieu naturel . . . 187

§ 4. LES IMPLICATIONS SOCIO-ECONOMIQUES DE L'EXISTENCE DES EAUX PARASITES - LES ACTEURS CONCERNES . . . 187

§ 5. L'AMPLEUR DU PROBLEME DANS LES TROIS PAYS ETUDIES . . . 189

**Section IV : Les fuites** . . . 193

§ 1.DEFINITION . . . 193

§ 2. LES CAUSES DE L'APPARITION DES FUITES - LES ACTEURS CONCERNES ... 193

§ 3 . LES EFFETS DES FUITES - LES ACTEURS CONCERNES . . . 193

§ 4 . L'AMPLEUR DU PROBLEME DANS LES TROIS PAYS ETUDIES . . . 194

**Section V : Les conditions d'agressivité dans l'environnement du réseau** . . . 195

§ 1. DEFINITION . . . 195

§ 2. LES CAUSES DES CONDITIONS D'AGRESSIVITE - LES ACTEURS CONCERNES . 195

§ 3. LES REPERCUSSIONS DE L'AGRESSIVITE DU MILIEU SUR LA PERFORMANCE DES EQUIPEMENTS . . . . . 197

1. Impact sur l'état physique des équipements . . . . . 197
2. Impact sur le fonctionnement de la station d'épuration . . . . . 198

§ 4. LES IMPLICATIONS SOCIO-ECONOMIQUES DE L'AGRESSIVITE DES EFFLUENTS TRANSPORTES - LES ACTEURS CONCERNES . . . . . 198

§ 5. L'AMPLEUR DU PROBLEME DANS LES TROIS PAYS ETUDIES . . . . . 199

**CHAPITRE III : EVALUATION DE LA DEGRADATION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT EN FRANCE, EN ANGLETERRE ET AUX ETATS-UNIS . . . . . 207**

**Section I : Le cas de la France : La prise de conscience de l'impact du fonctionnement du réseau sur l'efficacité d'épuration des équipements** . . . . . 210

§ 1. IDENTIFICATION DE L'ETAT DES RESEAUX . . . . . 210

1. Les conclusions des études de diagnostic . . . . . 210
2. L'estimation des dépenses pour une diminution significative de la pollution rejetée . . . . . 211
3. Les effets des déficiences des réseaux : inondations, pollution, surcoûts d'exploitation . . . . . 212
4. Bilan : une performance fonctionnelle médiocre des réseaux ... 214

§ 2 . LES FACTEURS DETERMINANT L'ETAT DES RESEAUX . . . . . 215

1. La "sécurité" des réseaux, une nouvelle finalité proposée par les Agences Financières de Bassin . . . . . 215
2. Les conditions d'entretien des réseaux d'assainissement . . . . . 217
3. L'usage des réseaux : un contrôle limité aux industriels . . . . 221

§ 3 . LE PROCESSUS DE LA DEGRADATION . . . . . 222

1. Des réseaux peu fiables . . . . . 222
2. Les causes de la dégradation : l'évolution des principes techniques de 1'assainissement . . . . . 223

**Section II : Le cas de l'Angleterre : Des réseaux détériorés** . . . . . 227

§ 1 . IDENTIFICATION DE L'ETAT DES RESEAUX . . . . . 227

1. Les résultats des enquêtes des R.W.A . . . . . 227
2. L'estimation des dépenses pour la remise en état des réseaux . 230
3. Les effets des déficiences des réseaux : effondrements, pollution . . . . . 231
4. Bilan : 1'état critique des réseaux . . . . . 235

§ 2 . LES FACTEURS DETERMINANT L'ETAT DES RESEAUX . . . . . 237

1. La remise en état des réseaux, premier objectif des R.W.A .... 237
2. Les conditions d'entretien des réseaux d'assainissement . . . . . 239
3. L'usage des réseaux : l'absence de contrôle des usagers . . . . . 244

§ 3. LE PROCESSUS DE LA DEGRADATION . . . . . 246

1. La détérioration des réseaux . . . . . 246

2. Les causes de la détérioration . . . . . 246

**Conclusion** . . . . . **248**

**Section III : Le cas des Etats-Unis : L'augmentation des exigences en assainissement ; résultat d'une politique fédérale de protection de 1 'environnement** . . . . . 250

§ 1. IDENTIFICATION DE L'ETAT DES RESEAUX . . . . . 250

1. Les résultats des enquêtes municipales . . . . . 250
2. L'estimation des dépenses pour la mise en conformité des équipements avec les standards fédéraux . . . . . 251
3. Les effets des déficiences des réseaux : inondations, surcoûts d'exploitation . . . . . 256
4. Bilan : l'écart entre les estimations des besoins au niveau local et au niveau de l'E.P.A . . . . . 258

§ 2. LES FACTEURS DETERMINANT L'ETAT DES RESEAUX . . . . . 260

1. Les finalités associées aux réseaux . . . . . 260
2. Les conditions d'entretien des réseaux d'assainissement . . . . . 264
3. L'usage des réseaux : le contrôle des industriels après 1972 . 267

§ 3 . LE PROCESSUS DE LA DEGRADATION . . . . . 268

1. La non conformité des réseaux avec les normes fédérales . . . . . 268
2. Les causes de la dégradation . . . . . 269

# TROISIEME PARTIE : LES REPONSES DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT A LA DEGRADATION DES RESEAUX. LA SOLUTION DE LA REHABILITATION

**CHAPITRE I : LES IMPLICATIONS DE LA DEGRADATION DU RESEAU SUR LE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT. LA VOIE DE LA REHABILITATION . . . . . 281**

§ 1. L'EVOLUTION DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT FACE A LA DEGRADATION DU RESEAU . . . . . 281

1. Le changement des finalités du réseau . . . . . 282

2. L'amélioration de la performance du réseau . . . . . 283

§ 2 . LA REHABILITATION DU RESEAU . . . . . 287

1. La réhabilitation structurelle . . . . . 288
2. La réhabilitation hydraulique . . . . . 290

**CHAPITRE II : REACTIONS A LA DEGRADATION ET OBJECTIFS DE LA REHABILITATION DANS LES TROIS PAYS . . . . . 300**

**Section I : Le cas de la France : Pour une valorisation des réseaux .** 302

§ 1 . LA FIABILITE DES RESEAUX, UN PROBLEME POSE AUX SERVICES MUNICIPAUX . . . . . 302

§ 2. LES MESURES PRISES : POUR UNE AMELIORATION DES RESEAUX . . .' . . . . . 304

1. L'intervention sur le mode d'utilisation des équipements . . . . 304
2. L'intervention sur les ouvrages de réseaux . . . . . 306

§ 3. LES TRANSFORMATIONS DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT : VERS LA MODERNISATION . . . . . 310

**Conclusion . . . . . 312**

**Section II : Le cas de l'Angleterre : Une réponse technique à la crise** . . . . . 314

§ l.LA DETERIORATION DES RESEAUX, UN PROBLEME SOULEVE PAR LES R.W.A.. 314

§ 2. LES MESURES PRISES : POUR UNE REMISE EN ETAT DES RESEAUX . . . . . 315

§ 3. LES TRANSFORMATIONS DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT :

LES NOUVELLES ORIENTATIONS APRES 1974 . . . 324

**Conclusion** . . . 330

**Section III : Le cas des Etats-Unis : Une réponse adaptée aux nouvelles exigences d'assainissement** . . . 332

§ 1. LA NON CONFORMITE DES RESEAUX, UN PROBLEME IMPOSE AUX SERVICES LOCAUX . . . 332

§ 2. LES MESURES PRISES : POUR UNE ADAPTATION DES EQUIPEMENTS . . . 333

§ 3. LES TRANSFORMATIONS DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT : L'EVOLUTION DES SERVICES URBAINS FACE A LA CRISE DES INFRASTRUCTURES . . . 342

**Conclusion** . . . **349**

**Section IV : Les objectifs de la réhabilitation** . . . 351

§ l.LES APPROCHES DE LA REHABILITATION EN FRANCE, EN ANGLETERRE ET AUX ETATS-UNIS . . . 351

§ 2. QUELS OBJECTIFS POUR LA REHABILITATION ? . . . 357

CHAPITRE III : EVALUATION DES TECHNIQUES DE REHABILITATION . 367

§ 1. PRESENTATION ET CLASSIFICATION DES TECHNIQUES DE REHABILITATION . 369

§ 2. EVALUATION INTRINSEQUE DES TECHNIQUES DE REHABILITATION . . . 373

1. Les critères de choix . . . 373
2. Tableaux d'évaluation intrinsèque des techniques de réhabilitation . . . 380

§ 2. EVALUATION DES TECHNIQUES PAR RAPPORT AUX OBJECTIFS DE LA REHABILITATION . . . 388

CONCLUSION GENERALE 394

**BIBLIOGRAPHIE . . . . . 400**

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

SIGLES DES ORGANISMES

LISTE DES PERSONNES CONTACTEES

ANNEXES

# INTRODUCTION

Dans les années 1970 l'état des réseaux techniques urbains commence à préoccuper sérieusement les responsables aux Etats-Unis et en Angleterre. De nombreuses publications font l'état de la dégradation des équipements urbains et soulignent, aux Etats-Unis la crise des infrastructures qui touche l'ensemble des villes, en Angleterre la vétusté des installations de réseaux d'égouts dans les centres des grandes villes (inner-cities). Présentée comme le résultat d'un vieillissement avancé et/ou d'un mauvais entretien, la dégradation des réseaux est illustrée dans les deux pays par des chiffres alarmants et perçue comme une menace pour le développement futur des villes. C'est dans ce contexte que de nombreuses recherches sont engagées et que des mesures sont prises visant à enrayer les manifestations de ces phénomènes. La réhabilitation occupe une place centrale dans ces mouvements. De nouvelles techniques de rénovation sont développées et expérimentées afin de faire face aux anomalies détectées.

En France la situation générale des réseaux urbains semble plutôt meilleure que dans les deux autres pays. Mais des insuffisances apparaissent, notamment en ce qui concerne l'assainissement. Depuis 1982 la faible performance des équipements d'assainissement préoccupe les responsables. Certains expriment aussi leurs inquiétudes sur l'avenir des installations les plus anciennes. Un intérêt grandissant se développe alors autour de la réhabilitation des réseaux qui devient ainsi thème d'actualité.

La "crise" des réseaux qui se produit aux Etats Unis et en Angleterre soulève un ensemble de questions intéressantes : Pourquoi des situations de dégradation des infrastructures urbaines se manifestent-elles de nos jours dans les pays développés ? Quelles sortes de phénomènes expriment-elles ? Qu'annoncent le mouvement de réactions et les mesures prises contre ces phénomènes en ce qui concerne l'évolution des réseaux ? Enfin, pourquoi en France de telles situations n'apparaissent-elles pas ?

Cette recherche s'efforce d'aborder les questions posées ci-dessus pour le cas des réseaux d'assainissement. Elle essaie d'approfondir et d'analyser le phénomène de la dégradation et les mouvements consécutifs à ce phénomène, tels qu'ils se déploient aux Etats Unis et en Angleterre. Elle tente en parallèle d'étudier la situation en France afin de situer l'état des réseaux et des procédures français par rapport aux réseaux et pratiques étrangers. Deux thèmes majeurs, directement liés entre eux orientent ainsi l'étude. D'abord la dégradation des réseaux : la recherche s'efforce d'identifier la nature et les causes de ce phénomène, d'évaluer son ampleur et ses conséquences. Le deuxième thème est centré sur les réactions et les modifications entraînées par la dégradation. La recherche explorera les nouvelles tendances et les mesures prises contre la dégradation des équipements. Elle insiste en particulier sur la solution de la réhabilitation dans le but de saisir son rôle et sa portée sur l'évolution des réseaux. Elle étudie ainsi les politiques de réhabilitation adoptées dans chaque pays. Elle essaie enfin d'évaluer les méthodes de réhabilitation, qui sont actuellement appliquées ou expérimentées par rapport aux situations de dégradation/réhabilitation identifiées.

Dans cette étude nous posons comme principe que la dégradation des équipements n'est pas un problème purement technique mais au contraire qu'il trouve également son explication dans des phénomènes d'ordre social et économique. Nous avançons notamment les hypothèses suivantes :

- l'état du réseau, c'est à dire la structure physique des équipements, la performance de leur fonctionnement et la qualité du service fourni aux usagers, dépend chaque fois de l'organisation spatiale, sociale et politique des milieux urbains auxquels le dispositif technique correspond ;
- la dégradation est le résultat d'un processus socio-technique. Elle résulte de l'incompatibilité entre les finalités associées au réseau, liées aux exigences de qualité du service fourni, et les capacités réelles des équipements. La notion de dégradation est ainsi fonction

de la valeur sociale du réseau. Ce qui signifie en fait que l'expression de ce phénomène est liée au contexte social et économique ;

- une situation de dégradation suscite en retour le déclenchement d'un mouvement de réactions et la prise de mesures visant à pallier les effets négatifs de ce phénomène. La réhabilitation représente une des solutions possibles pour enrayer les processus de dégradation.

Pour traiter le thème de la dégradation/réhabilitation du réseau d'assainissement nous nous sommes appuyés sur le concept de système d'assainissement. Ce qui nous a permis d'intégrer dans notre analyse l'ensemble des conditions sociales et techniques qui définissent le contexte général du réseau et qui déterminent son état et son évolution dans le temps. Nous avons essayé de développer une méthode d'analyse qui reste valable indépendamment du type de contexte. Nous cherchons ainsi à élaborer un cadre conceptuel du processus de dégradation/réhabilitation qui guide notre recherche sur les trois pays. Dans notre étude de la situation en France, en Angleterre et aux Etats Unis, nous nous limitons à l'analyse du problème à l'échelle nationale. Nous n'insistons donc pas sur les particularismes locaux. Notre vision du problème général/national privilégie le facteur institutionnel par rapport au facteur social qui nécessiterait une approche locale spécifique. Nous avons choisi de ne pas nous appuyer sur des études de cas car le champ important de notre sujet, qui concerne trois pays et tente de répondre à plusieurs questions, ne nous permettait pas la réalisation d'enquêtes spécifiques. Cette recherche s'appuie, donc, en premier lieu sur une analyse bibliographique. Des interviews réalisées en France et en Angleterre et des échanges et contacts établis avec des responsables locaux, des institutions officielles, des centres de recherche et des entreprises privées dans les trois pays, nous ont permis d'enrichir et de conforter nos bases et données bibliographiques.

L'étude se présente en trois parties :

- La première partie s'efforce de cerner le terrain de la recherche constitué par le réseau et son environnement social et institutionnel.

Elle essaie d'abord de définir le réseau et le système d'assainissement et de décrire leurs composants les plus pertinents pour l'analyse du problème de dégradation/réhabilitation. La recherche s'intéresse en particulier aux réseaux unitaires ou séparatifs eaux usées. Ensuite, cette partie tente une description du système d'assainissement en France, en Angleterre et aux Etats Unis afin de dégager les conditions déterminant l'état des réseaux dans ces pays. Cette partie constitue une sorte de dossier de base sur les pays étudiés qu'on pourra parcourir rapidement mais qui est indispensable pour donner les bases d'information nécessaires à notre analyse.

- La deuxième partie porte sur l'étude de la dégradation. Le chapitre I essaie de définir le concept de dégradation et de développer un schéma d'analyse théorique de ce phénomène. Il s'efforce de construire un modèle général du processus de la dégradation en tenant compte des définitions du réseau et du système d'assainissement adoptées. Le chapitre II présente une typologie des anomalies du réseau d'assainissement construite à partir des informations recueilles pour les trois cas étudiés et sur une base des critères de bonne performance du réseau que nous allons établir. Il essaie d'évaluer l'ampleur des anomalies identifiées dans chaque pays. Cette typologie n'aborde pas le problème de l'insuffisance hydraulique du réseau lié le plus souvent au phénomène de la pluie. Le chapitre III tente une analyse du problème de la dégradation dans les trois pays. Dans un premier temps il essaie, à partir de la typologie des anomalies et des résultats des enquêtes déjà existantes, de faire le bilan de l'état des équipements dans chaque pays. Dans un deuxième temps il tente d'identifier la nature et les causes du problème. Il s'appuie pour cela sur le modèle théorique du processus de la dégradation élaboré et sur la base d'informations donnée dans la première partie.

- La troisième partie entreprend d'étudier les réponses de 1'"environnement" du réseau à la dégradation. Elle essaie notamment d'approfondir la question de la réhabilitation en tant que remède à ce type de phénomène. D'abord, l'étude tente d'élaborer un schéma théorique d'analyse de l'adaptation du système d'assainissement à la dégradation du réseau et de

définir le concept de réhabilitation. Ensuite, elle essaie d'analyser ce mouvement dans les trois pays. La recherche tente précisément d'identifier les mesures prises contre la dégradation des équipements et de cerner les composants du système d'assainissement qui soutiennent et assurent la mise en oeuvre de ces mesures dans chaque contexte. Enfin, la recherche se focalise sur les méthodes de réhabilitation, utilisées et expérimentées dans ces pays, qui permettent de pallier les anomalies détectées. Elle tente une évaluation des techniques en fonction de leurs capacités intrinsèques et de leur adaptation aux contextes de leur mise en oeuvre.

# Première partie

# LE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT

# CHAPITRE I

## LE RESEAU D'ASSAINISSEMENT COMME ELEMENT COMPOSANT D'UN SYSTEME

### § 1. Le réseau d'assainissement - Le modèle dominant

#### 1. La structure physique du réseau

Le modèle du réseau d'assainissement qui est actuellement utilisé dans le monde occidental, consiste en un ensemble de conduites, liées entre elles, parcourant sous terre les zones urbanisées et communiquant avec la surface par des ouvrages tels que les branchements, les avaloirs et les bouches. Les branchements assurent la liaison du réseau avec la surface bâtie (logements privés, manufactures), tandis que les avaloirs et les bouches donnent issue à la surface libre. Cet ensemble de conduites communique avec le milieu naturel par les déversoirs d'orage et les exutoires.

D'autres ouvrages, qui s'interposent entre les différents types de canalisations (secondaires, primaires, émissaires), font aussi partie du réseau d'assainissement, tels que les regards de visite et d'accès, les stations de pompage, les bassins de retenue et de décantation, et les stations d'épuration.

Telle est la structure actuelle d'un réseau d'assainissement qui est dimensionnée, et qui résulte des principes définissant son mode de fonctionnement et ses fonctions (écoulement gravitaire, évacuation des eaux immédiate sans stagnation, épuration avant rejet dans l'exutoire). Les effluents transportés par le réseau, de par leurs caractéristiques (débit, composition), déterminent la forme et l'emplacement des ouvrages qui le composent.

La structure physique de l'ensemble des collecteurs, qui constitue le corps central du réseau, est définie en particulier par trois types d'éléments relatifs à :

- sa localisation géographique par rapport au milieu urbain ou par rapport aux autres infrastructures (en particulier la voirie). Les canalisations d'évacuation d'eaux usées se situent, en général, au dessous de la voirie à une profondeur moyenne de 2 à 2,5m ;
- la géométrie et l'aspect physique de ses parties composantes (la forme des canalisations, la nature des matériaux de construction) :
  . la forme de la section des canalisations est, en général, circulaire ou ovoïde ;
  . les dimensions des tuyaux sont directement déterminées par le débit des effluents transportés. Les diamètres sont de l'ordre de 150mm (branchements) jusqu'à 2.000-4.000mm (grands émissaires) ;
  . les matériaux utilisés à nos jours pouf la fabrication des canalisations sont le béton (armé le plus souvent), l'amiante ciment, le grès, le polychlorure de vinyle et la fonte ductile. Par contre, la plus grande partie des réseaux construits au XIXème siècle et au début du XXème siècle sont en maçonnerie de briques ou de pierres ;
- les liaisons et les relations existantes, entre les différents tronçons qui composent le réseau et les autres ouvrages qui s'y interposent

2. Le fonctionnement du réseau

a) La fonction du réseau d'assainissement urbain consiste à recueillir les effluents produits dans la ville et à les transporter vers la station d'épuration et, après traitement (pour les eaux usées), à les déverser dans le milieu naturel ; c'est-à-dire dans le réseau hydrographique de surface (ruisseaux, rivières, fleuves, mer), le sol, et les nappes souterraines (cas d'épandage souterrain, de bassins et de puits d'infiltration).

b) L'objet du réseau d'assainissement est constitué par les effluents urbains qui comprennent :

- les eaux pluviales ou de ruissellement (E.P.) ;
- les eaux usées ménagères (E.U.) ;
- les excréta humains (E.H.) ;
- les eaux industrielles ayant ou non subi un prétraitement.

Les eaux usées ménagères, les eaux vannes et les eaux industrielles, sont actuellement considérées comme des eaux polluées, qui doivent donc être traitées avant d'être déversées dans les exutoires. Par contre, les eaux pluviales sont tenues pour des eaux propres, ou plus exactement pour des eaux non polluées. Cette considération est de plus en plus révisée étant donné que la pollution atmosphérique dans les grands centres urbains, de même que la saleté des surfaces imperméables, contribuent fortement à la pollution des eaux de ruissellement. Mais la pollution due aux eaux pluviales étant un phénomène encore mal connu et en plus difficile à saisir, en raison de la complexité des dispositifs d'expérimentation nécessaires, la mise au point et la diffusion de moyens de traitement de cette pollution restent encore limitées (*).

Selon la nature des effluents transportés par le réseau, on peut distinguer trois systèmes de collecte actuellement utilisés :

- le système séparatif qui consiste à réserver un réseau à l'évacuation des eaux usées domestiques (et souvent aussi aux effluents industriels), alors que l'évacuation des eaux pluviales est assurée par un autre réseau (canalisations, fossés, caniveaux, écoulement superficiel...) ;
- le système unitaire qui consiste à évacuer l'ensemble des eaux usées et pluviales par un seul réseau, généralement pourvu de déversoirs, permettant en cas d'orage le rejet direct par surverse d'une partie des eaux dans le milieu naturel ;
- le système pseudo-séparatif qui consiste à réaliser un réseau séparatif particulier pour lequel il est admis que le réseau d'évacuation des eaux usées peut recevoir certaines eaux pluviales (toitures, caves...) en provenance des propriétés riveraines. Dans ce cas, la fonction du réseau

* Durant les années 70. certains installations de traitement des eaux pluviales ont été mises en place aux Etats-Unis. Mais en France, cette question se trouve encore au stade expérimental (2).

d'évacuation des eaux pluviales est réduite à la collecte et à l'évacuation des eaux ruisselant sur la chaussée et les trottoirs (3).

Ces trois systèmes d'évacuation sont les seules variantes existantes de la technique du réseau. Les installations les plus anciennes sont de type unitaire. Le système séparatif se généralise après la deuxième guerre mondiale, ce qui constitue un changement notable par rapport à la période précédente (en Europe comme aux Etats-Unis).

c) Le mode de fonctionnement du réseau : le transport des eaux par la technique du réseau se fait, en général, par voie gravitaire (une certaine pente des collecteurs est donc nécessaire). L'eau est utilisée pour la propagation des matières solides (ce qui présuppose l'utilisation du W.C. à chasse d'eau pour l'évacuation des excréta). Cependant des stations de relèvement ou de refoulement sont souvent mises en place dans des cas spéciaux (terrains plats, terrains accidentés). Aussi, des réseaux sous pression ou à dépression sont utilisés dans des cas de terrains très plats et difficiles à assainir (*) (3).

En particulier, le fonctionnement hydraulique du réseau d'assainissement est déterminé par trois types d'éléments :

- la nature des eaux à évacuer ;
- le débit réel à propager à un moment donné ;
- les débits que les conduites sont capables d'écouler, c'est-à-dire la capacité hydraulique du réseau.

* Les premiers modèles de réseaux d'assainissement pneumatiques ont été proposés au XIXème siècle (le système LIERNUR et le système BERLIER dans les années 1880). En France, les premières applications de ces procédés ont eu lieu au XXème siècle (le système GANDILLON-CHAPPEE). En particulier, les villes de Sables d'Olonnes (1925). de Dieppe (1932), de Nevers (1934) et de Fort- de-france (même période) furent équipées des réseaux à chasse d'air pour l'évacuation de leurs eaux usées domestiques. De même, en 1982. la technique du réseau sous vide (système VACUFLOW) a été proposée en France pour le transport des eaux usées des communes avec des conditions de terrain qui ne rentrent pas dans les schémas classiques d'assainissement. Mais en réalité, les quelques cas existants de réseaux pneumatiques ne constituent que des exceptions. Le système hydraulique est ce qui a dominé (4).

Précisons que le fonctionnement hydraulique du réseau n'a été vraiment maîtrisé que depuis une vingtaine d'années, quand les premiers modèles de simulation de la propagation des flux transportés ont été créés. Ainsi de nos jours, le réseau d'assainissement est défini comme un mécanisme, avec une structure et un mode de fonctionnement, qui est chaque fois représenté par son état physique et par son flux hydraulique, ces deux éléments formant un tout.

### 3. Le rôle du réseau d'assainissement

Le réseau d'assainissement constitue une pratique d'assainissement des villes. Les finalités associées à cet ouvrage sont donc déterminées par les "besoins en assainissement" de chaque époque, qui évoluent dans le temps suivant les mutations de l'espace urbain. La modification de la structure du réseau suit cette évolution. Ainsi, depuis sa naissance, le réseau d'égouts joue trois rôles :

- la lutte contre les inondations ;
- le protection de la santé publique ;
- la protection de l'environnement,

qui marquent le service de l'assainissement dans tous les pays industriels, où le système du "tout à l'égout" a été adopté pour l'évacuation des eaux sales.

a) La lutte contre les inondations : l'évacuation des eaux de ruissellement est la première fonction attribuée au réseau d'assainissement et date, dans l'histoire des villes, de plusieurs centaines d'années. En effet, les premières canalisations, dans leurs formes les plus primitives -les fossés- visaient à débarrasser les centres urbains des eaux de pluie, qui pouvaient perturber le déroulement des activités commerciales et, par conséquent, freiner leur développement économique et même menacer la vie de ses habitants (*) (6).

* Nous signalons néanmoins que l'installation du réseau d'égouts de Paris (dans les quartiers du centre et dans les quartiers nouveaux de l'Ouest de la capitale), au milieu du XIXème siècle, constitue une exception étant donné qu'elle visait principalement au lavage des rues pour la concrétisation de l'image de la belle ville dans l'ordre bourgeois (5)-

Bien sûr, la perception de la nuisance provoquée par les eaux pluviales, de même que la nature de cette nuisance, ont évolué suivant la transformation de la structure et l'organisation des villes. Ainsi, par exemple, les nouvelles formes d'urbanisation adoptées après la guerre, en renforçant l'imperméabilisation des sols (modification des capacités d'absorption par le sol -imperméabilisation des toitures, des voiries, des lieux de parkings ...- ont accentué le problème de l'évacuation des eaux pluviales. Fait qui a suscité par la suite d'importantes modifications dans la conception des réseaux (on insère les bassins de retenue et on introduit l'idée de stockage dans le fonctionnement du réseau) (2).

b) La protection de la santé publique : la protection de la santé publique devient une fonction des réseaux d'assainissement, sous l'impulsion du mouvement hygiéniste, à la suite des grandes épidémies à la fin du XIXème siècle. Une nouvelle problématique se développe alors depuis, selon laquelle les réseaux d'égouts doivent assurer l'évacuation par eau et par voie gravitaire hors des zones urbanisées de certains déchets provenant de l'activité humaine sur le plan domestique et industriel. C'est en effet l'instauration du tout à l'égout et du U.C. qui constitue une solution radicale en matière d'assainissement et qui coïncide avec l'imposition de nouveaux principes d'hygiène, adoptés par la nouvelle classe dominante qui se basent sur l'utilisation de l'eau comme moyen purificateur (6). En réalité, ce n'est qu'à ce moment là, quand le réseau d'assainissement acquiert son rôle sanitaire, que celui-ci se conçoit comme tel (7).

c) La protection de l'environnement : jusqu'au début du XXème siècle, aucun type de traitement n'est, en général, envisagé pour la dépollution des eaux usées transitées par les réseaux d'égouts. Mais à cause des mauvaises conséquences que la concentration de grandes quantités d'eaux sales aux exutoires a provoqué dans le milieu naturel (phénomène qui a suivi le mouvement industriel et la formation de grands centres urbains), la nécessité de traiter les effluents a été imposée. En particulier, la prise de conscience du besoin de préserver les lacs, rivières et mers, a émergé au début du XXème siècle, devant la menace de contamination

des eaux des rivières, principale source d'eau potable (cas de l'Angleterre et des Etats-Unis), mais surtout après la deuxième guerre mondiale, quand le mouvement d'utilisation du réseau hydrographique de surface comme lieu de récréation a commencé à se développer (*) .

Le souci de plus en plus renforcé de protéger l'environnement, a conduit les responsables à intercaler progressivement des stations d'épuration, pour la dépollution des eaux sales collectées, avant leur rejet aux exutoires. Ce mouvement a été parallèlement suivi par l'évolution du rôle du réseau d'assainissement, ce dernier devant, depuis, assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et usées, mais sous les "modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de la protection de la nature" (9). A cet égard, la station d'épuration est conçue comme partie intégrante du réseau, ce dernier étant considéré comme un des organes de la chaîne de traitement des effluents dont il conditionne l'efficacité.

Ce dernier rôle du réseau, que constitue la préservation des ressources naturelles, a induit de nouvelles exigences techniques concernant la structure et le comportement hydraulique de l'ouvrage (10). En même temps, elle a impliqué l'extension de la responsabilité du service hors des frontières de la ville, en modifiant par conséquent la sphère d'intérêts développée autour de l'assainissement.

Nous précisons que l'évolution du rôle du réseau d'assainissement a pris des formes parallèles dans tous les pays occidentaux, suivant les rythmes de leur industrialisation. Ainsi, les trois objectifs que nous avons présentés ci-dessus, marquent de nos jours les directives officielles des programmes nationaux d'assainissement dans les pays développés. Les spécificités de chaque contexte socio-économique (national, local) influent bien évidemment, sur la définition des priorités politiques d'assainissement conduisant ainsi à des hiérarchisations des rôles du réseau, variables selon les pays et les villes.

* Le développement des activités de loisirs et l'augmentation des exigences ayant trait à la qualité de l'environnement ont considérablement stimulé la politique de la lutte contre les pollutions aux Etats-Unis depuis les années 60 (8).

## § 2. Les caractéristiques du réseau d'assainissement

### 1. Caractéristiques liées à la structure du réseau

Nous distinguons trois caractéristiques du réseau d'assainissement qui découlent de sa structure physique : c'est un investissement lourd; c'est un ouvrage collectif ; il est souterrain.

a) C'est un investissement lourd : un réseau d'assainissement est un investissement lourd à cause de son mode de fonctionnement et de son emplacement. Sa structure physique doit être apte à répondre aux contraintes mécaniques et physico-chimiques exercées à l'intérieur et à l'extérieur de ses canalisations. Par ailleurs, le fait qu'il est souterrain et, par conséquent difficile d'accès, renforce cette caractéristique.

Cette propriété du réseau, directement liée à sa structure, induit trois types de conséquences. Elle implique précisément :

- L'exigence d'une certaine permanence de l'ouvrage : toute intervention sur la structure du réseau (remplacement, transformation) se traduisent par une opération difficile, la nécessité d'une durée limite de sa vie effective a été imposée ; ou autrement, l'adoption parmi les objectifs du service d'exploitation de la pérennité des ouvrages (11 ). Comme nous le verrons par la suite, la durée de vie minimum accordée au réseau varie selon les pays et dépend de la structure des équipements (canalisations visitables ou non, nature de leurs matériaux de construction).

L'exigence de permanence des ouvrages impose par ailleurs la prévision de l'avenir et de l'urbanisation comme une action indispensable à la conception et la réalisation des équipements d'assainissement. D'autant plus que de nos jours le cadre bâti évolue continuellement, en transformant parallèlement la quantité et la qualité des eaux sales produites dans le milieu urbain. Bien sûr, la sensibilisation des responsables à la nécessité de la pérennité des ouvrages varie, selon les différents contextes socio-économiques où s'intègre le réseau, suivant les priorités des programmes politiques correspondants.

- Le coût élevé de la construction des réseaux : les coûts liés au réseau d'égouts représentent la plus grande partie (plus de 80%) du coût total des investissements en assainissement (12). Fait qui est aussi confirmé par la Figure 1 qui illustre les coûts de remplacement concernant les équipements d'adduction d'eau potable et d'assainissement (système unitaire), correspondant à une maison typique, tels qu'ils sont présentés dans la littérature anglaise (13). Mais, les coûts de l'installation des

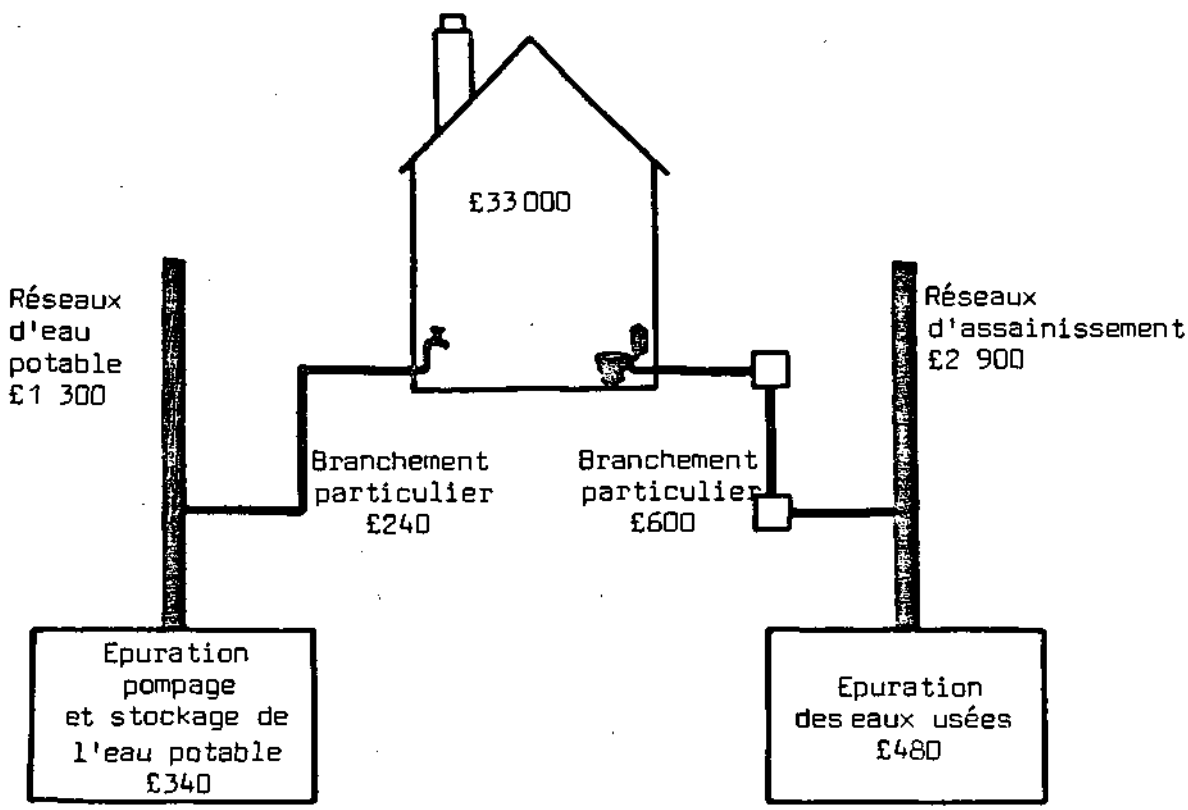



Figure 1 : Coûts moyens de remplacement des réseaux d'assainissement par maison (prix Janvier 1981)

Source : COX (Graham), "Underground heritage -A study of dereliction of sewers and water mains", in Chartered Municipal Engineer, October 1981

réseaux varient selon la densité des villes (plus la commune desservie est petite, plus il en coûte aux habitants). L'adoption de la technique du réseau ne peut donc se justifier que dans des zones urbanisées, avec une certaine densité de population.

Le fait que l'implantation des réseaux demande des investissements considérables et, par conséquent une capacité de mobiliser les sommes nécessaires dont les villes seules, en général, ne disposent pas, impose l'adoption de méthodes de financement qui offrent des possibilités d'appui sur l'extérieur ; notamment des aides de l'Etat et des systèmes d'emprunt (par exemple, le système d'obligations aux Etats-Unis). Mais ces types d'engagements financiers impliquent souvent l'intervention des acteurs étrangers à l'organisation locale avec, bien évidemment, toutes les conséquences induites (développement des rapports de dépendance, influence sur le mode d'organisation et la gestion du service d'assainissement).

b) C'est un ouvrage collectif : un réseau d'assainissement constitue par définition un ouvrage collectif. Il relie par le biais des collecteurs tous les lieux de la ville. Il impose donc l'interdépendance de différentes parties du milieu urbain, fait qui se renforce encore plus par son mode de fonctionnement. Cette caractéristique du réseau entraîne trois types de conséquences. Elle impose :

- la nécessité d'une vision d'ensemble de l'espace, en ce qui concerne la conception et la gestion du réseau ;
- la nécessité d'une certaine solidarité entre les usagers pour le conditionnement du bon fonctionnement du réseau (solidarité qui va se refléter sur les décisions politiques concernant le réseau (distribution des dépenses, opérations à réaliser). Cette solidarité est obtenue de nos jours par la prise en charge, en général, du réseau par le conseil municipal, c'est à dire par des élus représentant la commune (le service d'assainissement est parfois assuré par des entreprises concessionnaires mais, il reste toujours une responsabilité publique). Les usagers, en réalité, ne sont concernés qu'indirectement par les équipements de collecte et d'épuration des eaux usées qui ne font pas partie de leurs

propriétés. Ils ne participent pas à la réalisation de ces ouvrages, mais, une fois que ceux-là sont faits, ils participent à leur raccordement ;

- la nécessité de la discipline et de la conformité à l'utilisation des équipements de tous les citadins, pour garantir le bon fonctionnement du réseau (le raccordement au réseau est, en général, obligatoire dans les zones urbaines). Ainsi, les investissements d'assainissement ne s'arrêtent pas à l'établissement du réseau dans les voies publiques, mais ils s'étendent aussi aux dispositifs nécessaires, intérieurs aux espaces privés, en marquant finalement ces derniers (14). De même, il existe, en principe, des contraintes concernant la nature des eaux sales qui peuvent être rejetées dans les canalisations collectives. Ce sont des contraintes définies par la réglementation qui induisent aussi le comportement des usagers.

c) C'est un ouvrage souterrain : un réseau d'assainissement est un ouvrage souterrain dans sa plus grande partie. Son caractère souterrain, imposé depuis les premières installations, est dû à la combinaison de trois conditions : son mode de fonctionnement (évacuation des effluents par voie gravitaire) ; son emplacement sous voirie pour des raisons politiques (protection de la propriété) (6) ; un souci d'hygiène (on cache l'insalubrité). De même, un réseau d'égout est, pour des raisons d'économie, partiellement non visitable. Il est donc invisible aux usagers mais parfois aussi aux exploitants, étant donné que son accès est compliqué et pénible.

### 2. Caractéristiques liées au mode de fonctionnement du réseau

Nous distinguons deux caractéristiques du réseau, liées à son mode de fonctionnement : son caractère hydraulique ; le fait que la phase de production des effluents déversés est bien séparée du fonctionnement du réseau.

a) Une évacuation automatique par voie hydraulique : un réseau d'assainissement assure, en général, l'évacuation des eaux sales par voie hydraulique de façon automatique (évacuation gravitaire). Nous ne parlons

pas ici des stations de relèvement ni du cas des réseaux automatisés qui ont leurs propres règles de fonctionnement, comme nous allons le présenter dans la deuxième partie de cette étude (soulignons néanmoins que la gestion automatisée des réseaux d'assainissement est aujourd'hui en voie de diffusion en France et également dans d'autres pays industrialisés (15)).

Le caractère hydraulique du réseau implique les conséquences suivantes :

- l'utilisation de l'eau comme moyen d'évacuation (le tout à l'égout est en effet accompagné du w.C. à chasse d'eau) ; ce qui présuppose la consommation de grandes quantités d'eau et qui entraîne l'accumulation aux exutoires de volumes considérables de rejets pollués et donc, la création des problèmes écologiques ;
- la dépendance de l'ouvrage vis-à-vis de la nature du terrain, qui influe sur la pente des collecteurs et détermine, par conséquent, les conditions d'écoulement des effluents ;
- la propagation des flux suivant la direction amont-aval ; ce qui entraîne la propagation parallèle des anomalies de fonctionnement jusqu'au bout du réseau en aval (excepté le cas de certaines anomalies, comme par exemple l'obstruction des canalisations qui se manifestent sur les parties situées en amont du point de l'incident). Cet élément a sans doute contribué au développement des démarches linéaires en matière d'assainissement. Ainsi par exemple, la procédure de la dépollution suit la concentration de la pollution (principe de la station d'épuration).

b) Un fonctionnement détaché de la production des objets de l'assainissement (eaux pluviales, eaux usées ménagères, excréments humains) : les usagers des équipements d'assainissement sont, en effet, écartés du fonctionnement du réseau. Comme nous l'avons vu, il n'existe que quelques exigences minimales, visant à cadrer leur comportement avec les règles de fonctionnement de l'ouvrage (ce qui n'est pas le cas par contre dans le domaine des ordures ménagères, où l'habitant, le producteur des déchets, est convié à participer aux procédés de collecte en utilisant

des emballages spéciaux, en séparant même les différents types de déchets). Ainsi, l'urbanisation et toute la sphère privée de la consommation d'eau et de son usure-pollution sont considérées exclusivement comme des données qui doivent être prises en. compte dans le dimensionnement des installations. Le problème de l'assainissement est en fait résolu en aval de sa production.

Cette caractéristique, ajoutée au fonctionnement automatique du réseau, ont suscité la technicisation du problème de l'assainissement. L'efficacité du service se limite, alors, au bon fonctionnement hydraulique de l'ouvrage et l'assainissement devient exclusivement le domaine des techniciens et des scientifiques (comme nous l'avons déjà précisé, l'aspect hydraulique du réseau a été accentué surtout après la guerre).

3. Caractéristiques liées au rôle du réseau

Nous distinguons, en particulier, le caractère secondaire du réseau dans les actions de production et son rôle politique dans l'organisation urbaine.

a) Le caractère secondaire du réseau dans les actions de production : un réseau d'assainissement doit assurer l'évacuation et la neutralisation des eaux sales produites dans la ville. Sa fonction ne concerne donc pas une production mais la mise à l'écart des objets (eaux pluviales, eaux usées, excréta humains) pour préserver la ville, les ressources en eau et le milieu naturel (3). Parallèlement, l'objet du réseau d'égout n'étant que des rejets en état non exploitable (à cause de leur état dilué), l'action d'assainir par ce type de procédé ne peut pas constituer un secteur générateur de profit (par contre, l'exploitation du service d'assainissement -vente des services aux particuliers- peut rapporter du profit aux gestionnaires).

Nous rappelons que les premières conceptions de réseaux au XIXème siècle (justement les réseaux d'assainissement pneumatiques) envisageaient

la transformation des matières recueillies en engrais (4). Mais finalement, le tout à l'égout et le U.C. à chasse d'eau ont écarté les autres modèles d'assainissement en même temps que le progrès de l'agronomie a fourni les premiers substituts à l'engrais humain (*).

b) Le rôle politique du réseau : un réseau d'égouts, en représentant un outil pour assainir, joue un râle fondamental dans l'organisation de la ville. Il préserve, en effet, le déroulement des autres activités qui assurent la reproduction de l'espace urbain. Par ailleurs, il impose par ses limites de capacité hydraulique, la densité de l'occupation du sol. De ces faits, il constitue un instrument politique.

L'importance du rôle politique de cet ouvrage collectif, de même que le fait que le secteur de l'assainissement n'est pas directement générateur de profit, ont contribué à ce que le réseau d'égouts, dans toutes les étapes de son évolution, soit pris en charge par les collectivités locales (ou sinon dans des modèles plus récents par des associations syndicales des copropriétaires (3)), en constituant un service public. En effet, ce n'est que récemment, à cause de la crise des équipements publics suscitée par la crise économique générale, que le caractère public des réseaux d'assainissement a été mis en question (17). Ainsi, aujourd'hui, le secteur privé s'étend de plus en plus dans le domaine de l'exploitation des installations d'assainissement (**) et dans certains pays, notamment en Angleterre, la privatisation du secteur de l'assainissement a été sérieusement étudiée par le gouvernement THATCHER en 19B6.

* Probablement, le système de WC y serait resté ignoré s'il n'y avait pas les substituts à l'egrais humain. Mais, c'est la mode du guano péruvien (importations massives en France entre 1850 et 1880), puis des nitrates du Chili et enfin la mise au point des engrais chmiques (16).

** Il faut faire la distinction entre les réseaux et les stations d'épuration ; ces dernières à cause de la complexité de l'exploitation qu'elles nécessitent, sont souvent prises en charge par les sociétés spécialisées.

## § 3. Le système d'assainissement

### 1. Définition du système d'assainissement

Le procédé d'assainissement que constitue le réseau d'égout, avec la structure, le mode de fonctionnement et les fonctions, que nous avons exposés dans les paragraphes précédents, a évolué dans le temps en s'imposant comme la technique la plus complète pour assainir dans les pays occidentaux, suivi par une certaine organisation sociale et institutionnelle qui délimite son rôle, assure son fonctionnement et conditionne finalement sa préservation.

En effet, un grand nombre d'agents du contexte socio-économique s'affairent autour du réseau et entretiennent avec lui des rapports techniques (relations fonctionnelles). Ces agents, rattachés à des fonctions précises concernant le réseau, entretiennent parallèlement entre eux des relations basées sur leurs fonctions respectives. Ce sont des rapports socio-techniques qui, avec les rapports fonctionnels, sont impliqués par la structure et le mode de fonctionnement de l'ouvrage et qui sont codifiés dans un ensemble de texte réglementaires et juridiques qui visent à préserver le fonctionnement du service. Par ailleurs, ces agents, qui interviennent dans le processus d'assainissement, entrent aussi dans des rapports sociaux qui relèvent du contexte social général et qui influent sur les relations fonctionnelles et socio-techniques (14).

Chaque réseau d'assainissement correspond, alors, à : un ensemble "structure matérielle, agents intervenants, règles et normes" accompagné d'un certain nombre de relations, telles qu'elles ont été décrites ci-dessus ; c'est-à-dire à un système d'assainissement déterminé dans le contexte socio-économique donné (14).

### 2. Les fonctions du service d'assainissement. Les agents concernés

Pour identifier les acteurs du système d'assainissement, nous distinguons cinq types de fonctions intervenant dans l'implantation et l'évolution du réseau. Il s'agit des fonctions de conception et de construction,

d'utilisation, d'entretien-contrôle et de financement, qui caractérisent le service d'assainissement. Pour chacune d'elles se range un certain nombre d'agents du contexte social que nous présentons ci-dessous.

a) La conception et la construction du réseau : en particulier, la phase de conception des installations de réseau comprend :

- la définition de la zone qui doit être couverte par le projet et le recueil des données concernant son environnement ;
- le choix du système de collecte et du mode de traitement, ainsi que des éléments constitutifs ;
- le dimensionnement des éléments précédemment choisis ;
- le test des solutions envisagées pour l'assainissement, afin d'aboutir à un compromis satisfaisant entre les différentes préoccupations d'aménagement (3).

Ces deux fonctions sont déterminées par les recommandations techniques existantes (circulaires, arrêtés . . . ) , suivant les normes techniques et sanitaires établies.

Les acteurs concernés par ces fonctions liées à l'implantation des équipements sont :

- le maître d'oeuvre ; c'est-à-dire l'entreprise des travaux (en général privée), qui couvre les activités d'ingénierie et de construction ;
- le maître d'ouvrage que sont, en général, les collectivités locales ;
- les instances publiques qui imposent la réglementation.

b) L'utilisation des équipements : elle se concrétise par le rejet des effluents urbains dans les canalisations collectives et elle se concrétise par le raccordement des immeubles au réseau public, suivant les prescriptions de la réglementation existante.

Les usagers potentiels du réseau d'assainissement urbain sont :

- les consommateurs d'eau : c'est-à-dire les particuliers (ménages) et les industriels (ces derniers dans le cas où ils sont autorisés à se raccorder au réseau collectif). Les particuliers doivent respecter une certaine conformité à l'usage, tandis que les industriels sont souvent obligés de traiter leurs effluents avant de les déverser dans les canalisations ;
- la ville : il s'agit des eaux pluviales et des usages des voiries qui concernent spécifiquement les réseaux pluviaux unitaires ou séparatifs. Dans ce cas, l'utilisation des équipements est définie par la réglementation (code d'urbanisme, code d'habitation et de construction, plan d'occupation du sol ... ).

c) L'entretien des équipements et le contrôle du service : les fonctions d'entretien et de contrôle visent à assurer le bon fonctionnement du réseau et elles comprennent les opérations suivantes :

- le curage du réseau ;
- la réparation et le renouvellement du matériel endommagé ;
- la vérification de la conformité des branchements particuliers et la surveillance des déversements industriels ;
- l'inspection du réseau et l'enregistrement de ses caractéristiques ;
- la surveillance des chantiers d'extension et la mise à jour des plans de l'ouvrage ;
- la vérification de la conformité des stations d'épuration aux normes sanitaires (18).

Les agents concernés par ces actions dépendent chaque fois du système institutionnel correspondant. Mais en général, on distingue deux types d'acteurs qui entreprennent ces fonctions :

- le service technique de l'assainissement, qui est chargé de l'exploitation du réseau. Ce service peut être : la municipalité, un organisme départemental, un district, une société privée ... ;

- les services techniques sanitaires, chargés de la police des eaux ; ils doivent, en général, parvenir à inciter les services gestionnaires de l'assainissement, comme aussi les industriels, et à respecter les normes de pollution existantes. Il s'agit des organismes publics, nationaux, régionaux ou même départementaux.

d) Le financement du service de l'assainissement : la fonction de financement des opérations liées au service de l'assainissement, consiste en la couverture des coûts correspondants à l'implantation (coûts d'investissement) et au fonctionnement des équipements.

Les agents qui sont directement concernés par le financement des actions d'assainissement sont les organismes chargés du service de collecte et d'épuration des eaux sales (municipalités, agents régionaux . . . ) . Ils sont définis par l'organisation institutionnelle correspondante et doivent dégager les dépenses nécessaires sur leurs budgets ou/et avec la participation des usagers.

Nous distinguons quatre principaux moyens de financement du service d'assainissement en vigueur aujourd'hui :

- la redevance d'assainissement que l'usager paie en échange du service précis dont il bénéficie ;
- les impôts communaux que le contribuable verse en fonction de l'assiette fiscale à laquelle il est soumis. Les impôts perçus alimentent le budget général des communes, destiné à toute sorte d'opérations assurées par ces dernières, dont le service d'assainissement ;
- les subventions de l'Etat ou des autres organismes publics (par exemple les Agences Financières de Bassin, pour le cas de la France). Il s'agit des aides financières, non remboursables, allouées aux instances locales et destinées à la réalisation des projets spécifiques. Le plus souvent, elles concernent la réalisation de nouveaux investissements. Il existe aussi des formes de subventions accordées à des projets plus généraux (Block Grants aux Etats-Unis, Dotations Globales d'Equipement en France depuis 1981) ;

- les emprunts destinés, en général, à renforcer les ressources du service.

### 3. L'organisation du système d'assainissement, un élément déterminant de l'état du réseau

Les quatre fonctions du service d'assainissement, que nous avons présentées ci-dessus, sont déterminées à partir des relations existantes entre les agents du système d'assainissement et la structure matérielle du réseau (ces dernières dépendant des règles juridiques, des normes techniques et des comportements sociaux). Il s'agit donc de conditions intrinsèques au système d'assainissement. Or, ces fonctions, liées à l'implantation initiale et au fonctionnement des ouvrages, conditionnent l'état et l'évolution du réseau. La question de la dégradation des équipements d'assainissement, à laquelle cette thèse est appelée à répondre, conduit donc forcément à l'étude de l'organisation du système d'assainissement qui représente un élément capital de l'état du réseau. Nous allons alors dans le chapitre II, III et IV de cette partie étudier le système d'assainissement en France, en Angleterre et aux Etats-Unis pour aborder par la suite (2ème et 3ème parties) le problème de la dégradation et de la réhabilitation des réseaux.

Notre recherche constitue une étude comparative à une échelle nationale. Elle n'insiste, donc, pas sur le rôle des particularismes locaux. Ainsi, la phase de conception/construction des réseaux, étant déterminée par des normes plus ou moins générales mais en même temps par des conditions spécifiques locales, ne fera pas l'objet d'une analyse approfondie dans la présente étude (une telle analyse nécessiterait la prise en compte du rôle des partenaires économiques amont du service d'assainissement -entrepreneurs, fournisseurs, propriétaires immobiliers-, ce qui dépasse l'objectif de notre recherche). Nous allons néanmoins examiner les particularités de chaque pays et les conditions d'envergure nationale ayant trait à la conception et à la construction des ouvrages (matériaux et normes de construction), en insistant sur les épisodes les plus importants dans l'historique des réseaux. Egalement, dans notre analyse

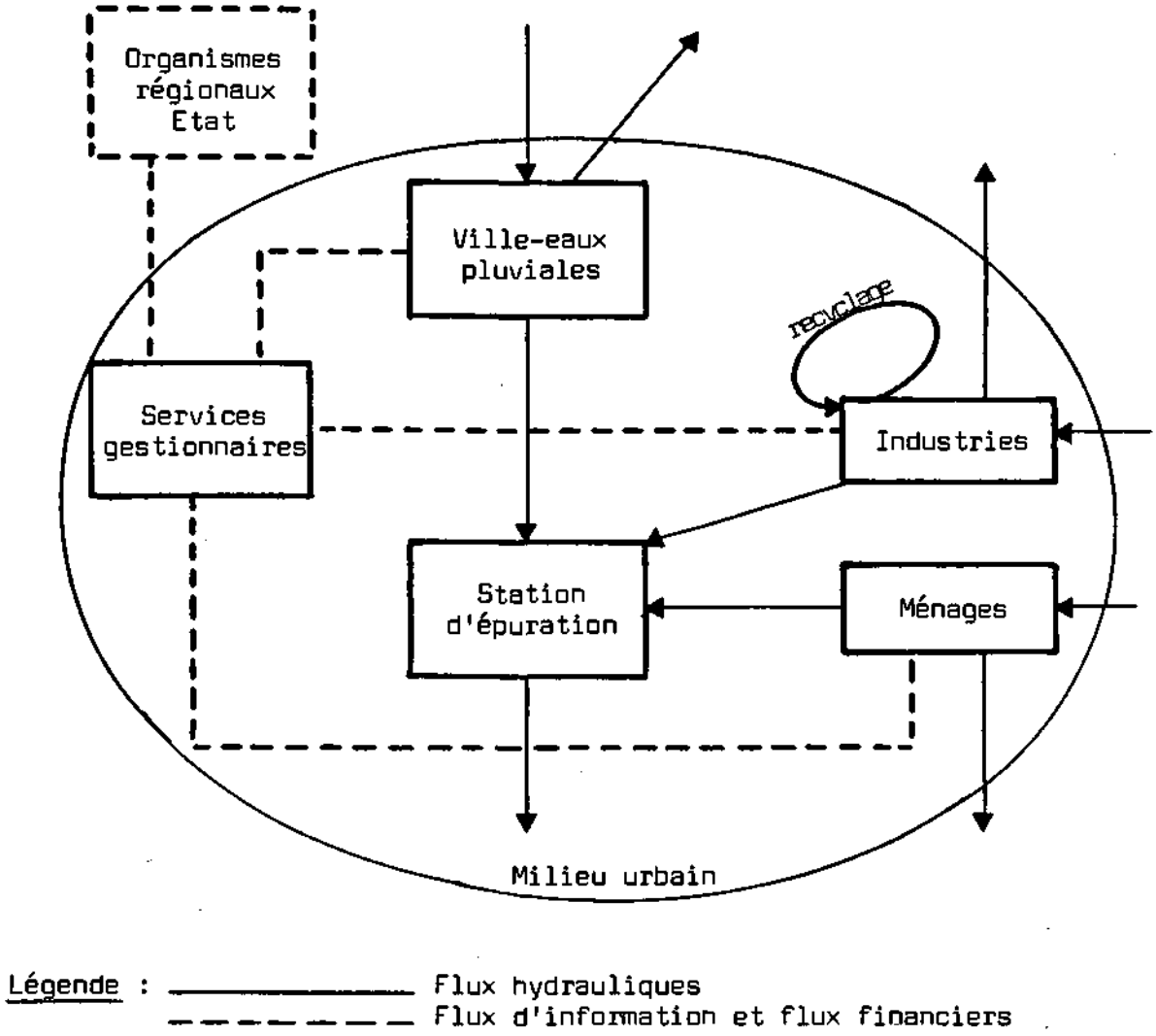



Figure 2 : Schéma du fonctionnement du réseau d'assainissement

- *Les flux hydrauliques représentent les rapports entre les objets de l'assainissement (eaux pluviales, eaux usées ménagères et excréta humains) et la structure physique de l'ouvrage ; ce qui est communément admis comme "réseau d'assainissement".*
- *Les flux d'information et financiers représentent les rapports entre les agents intervenants ; c'est-à-dire l'ensemble dès relations socio-techniques.*
- *Pour compléter le cycle du fonctionnement du réseau, il faut aussi ajouter à ces types de relations l'ensemble des rapports fonctionnels, liés à l'usage et l'entretien des équipements.*

théorique du problème de la dégradation (deuxième partie, chapitre l),nous allons tenir compte du râle de la conception/construction en considérant que les erreurs de réalisation des équipements pèsent sur la phase de fonctionnement du réseau et déterminent les besoins d'entretien et le mode d'usage des ouvrages.

En ce qui concerne analytiquement la phase de fonctionnement du réseau (elle est illustrée dans la Figure 2), nous considérons que l'état du réseau dépend :

- directement de l'ensemble des relations existantes entre "les agents du système d'assainissement et le réseau matériel" et "les objets de l'assainissement et le réseau matériel" ;
- indirectement de l'ensemble des relations entre les agents intervenants.

Nous allons alors, dans le cadre de cette thèse, étudier ces relations, telles qu'elles existent dans les trois pays étudiés, afin de cerner les mécanismes de dégradation et les procédures de réhabilitation développés dans ces pays. Pour cela, nous allons organiser notre analyse en insistant davantage sur trois types de fonctions qui caractérisent le service d'assainissement. C'est à dire, la fonction "financement", les fonctions "entretien et contrôle" et la fonction "utilisation" des équipements.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA PREMIERE PARTIE - CHAPITRE I

1 - CHACAL, "La connaissance du réseau : un ensemble d'informations nécessaires à l'élaboration du diagnostic", in Actes des journées de formation continue de l'ENPC du 23-25 Avril 1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1985.

2 - FAUDRY (Daniel), L'évolution technique des réseaux d'assainissement depuis 1945, Grenoble, IREP-CEPS, Université des Sciences Sociales, Mars 1984, 29 p.

3 - La pratique des V.R.D. , Paris, MONITEUR, 1982, 257 p.

4 - POUJOL (Thierry), L'étude d'une marginalité - Les réseaux pneumatiques urbains. Paris, CERTES (ENPC), Septembre 1984, 104 p. dactylographiées (mémoire de D.E.A. de Sciences et Techniques de l'Environnement, Université de Paris Val-de-Marne, ENPC).

5 - DUPUY (Gabriel) et KNAEBEL (Georges), Assainir la Lille hier et aujourd'hui, Paris, Dunod, 1982, 88 p.

6 - DUPUY (Gabriel), Urbanisme et technique ; chronique d'un mariage de raison, Paris, Centre de Recherche d'Urbanisme, 1978, 413 p.

7 - DUPUY (Gabriel), Systèmes, réseaux et territoires, Paris, Presses de l'ENPC, 1985, 167 p.

8 - DUPUY (Gabriel) et TARR A. (Joël), "Sewers and Cities : France and the United States compared", in Journal of the Environmental Engineering Division, April 1982, pp. 327-338.

9 - AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE NORMANDIE, Vos problèmes, nos recommandations. Branchements au réseau d'assainissement, Paris, AFB-SN, Juin 1983.

10 - "Sécurité et fiabilité du réseau d'assainissement - Concept ou réalité", in L'eau, l'industrie, les nuisances, n° 77, Octobre 1983, pp. 27-31 .

11 - MARCHAND (Jacques), "Objectifs de l'exploitation des réseaux d'assainissement et moyens à mettre en place pour les atteindre, Actes des journées de formation continue du 13-15 Mars 1984, L'exploitation et la réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1984.

12 - LANCELOT (Brigitte), "Une innovation en génie urbain. La gestion automatisée des réseaux d'assainissement", in Les annales de la recherche urbaine, n° 30, Avril 1986, pp. 43-51.

13 - COX (Graham), "Underground héritage - A study of dereliction of sewers and water mains", in Chartered Municipal Enqjneer, Vol. 108, October 1981, pp. 225- 228.

14 - KNAEBEL (Georges), L'égout et la propriété, Paris, Institut d'Urbanisme, Université Paris Val-de-Marne, Octobre 1984-Janvier 1985, 179 p. (Ministère de l'Urbanisme et du Logement - Plan Construction - Ministère de la Justice).

15 - LANCELOT (Brigitte), La gestion automatisée des réseaux d'assainissement. Analyse d'un processus d'innovation technigue, Paris, CERTES (ENPC), Mars 1985, 236 p. (Thèse de 3ème cycle en Sciences et Techniques de l'Environnement, Université de Paris Val-de-Marne, ENPC).

16 - GEYSER (Beatric Tralatin), Water sans Eau - Alternative au tout à l'égout, Paris, ALTERNATIVES, 1983, 116 p.

17 - BIEHL (D.), "La crise du financement des équipements collectifs, le désengagement des finances publiques", in Actes du Colloque International du 8-20 Janvier 1986, Comment financer les équipements publics de demain ?. Paris, Université de Paris-Dauphine, 1986.

18 - PERRIN (Jean-François), Fonctionnement des réseaux d'assainissement, Paris, Agence Financière de Bassin Seine Normandie, Juin 1983, 88 p. (Travail de fin d'étude, ENPC).

Dans les trois chapitres qui suivent nous allons étudier le système d'assainissement en France, en Angleterre et aux Etats-Unis. Précisément, chacun de ces chapitres sera organisé de la façon suivante .

- Dans un premier temps, nous allons présenter l'historique des équipements d'assainissement. Nous allons en particulier distinguer les différentes phases chronologiques d'implantation des réseaux et nous allons introduire certains éléments caractéristiques de la nature des constructions réalisées (types des réseaux, nature des matériaux utilisés . . . ) .

- Dans un deuxième temps, nous allons identifié les agents du système d'assainissement. En particulier, nous nous intéresserons aux agents intervenant dans le fonctionnement du réseau. Par contre, la phase d' implantation des équipements, pour les raisons que nous avons exposées précédemment, n'entrera pas dans le champs de notre analyse. Les usagers des équipements, en étant partout les mêmes (particuliers, industriels), ne vont pas non plus être étudiés ici. Nous allons donc nous limiter aux agents (locaux, régionaux, nationaux) qui sont concernés par l'exploitation du service et qui dépendent chaque fois de l'organisation institutionnelle correspondante. En particulier, pour chacun des agents identifiés, nous allons examiner ses activités, son rôle et ses responsabilités.

- Dans un troisième temps, nous allons décrire les fonctions du service, qui caractérisent la phase de fonctionnement des équipements, c'est-à-dire le financement, l'entretien et l'utilisation des équipements. Précisément:

. pour le financement du service, nous allons : d'une part, identifier les modes de financement existants dans le but de préciser la nature et l'importance des ressources affectées au service ; d'autre part, dessiner les tendances de l'évolution des dépenses (d'investissement et de gestion), afin de déceler les moments "faibles" et "forts" du secteur ;

. pour l'entretien des équipements, nous allons étudier les pratiques d'entretien exercées au plan national. Pour cela, nous allons insister sur les normes et les recommandations techniques dans le cas où

il en existe. Dans le cas contraire, nous allons nous appuyer sur les conditions générales qui influent sur l'entretien des équipements. Les modalités de certaines villes caractéristiques vont aussi être examinées. De plus, des données indicatives du niveau d'entretien seront spécifiées dans ce paragraphe. La connaissance des réseaux, en étant considérée comme un élément significatif de l'entretien des équipements, sera aussi étudiée ;

. pour l'utilisation des équipements, nous allons étudier les éléments concernant les règles générales de raccordement et les contraintes imposées aux usagers. Nous considérerons en particulier deux types d'usagers : les particuliers et les industriels. Quant à la question des eaux pluviales, lesquelles sont déterminées par plusieurs paramètres variables selon les villes, elle ne va pas être traitée ici.

- Dans un dernier temps, nous allons "isoler" l'ensemble des conditions que nous considérons comme déterminantes de l'état des équipements d'assainissement depuis les premières installations jusqu'à nos jours. Il s'agit, en particulier, des conditions liées à la construction et à la gestion des réseaux ; notamment des éléments de caractère technique, politique et économique, qui influent sur l'organisation du système d'assainissement et par conséquent sur l'évolution des réseaux. Autrement dit, nous ferons la synthèse des éléments les plus significatifs du système d'assainissement, dans le but de poser les premiers jalons de notre analyse sur la dégradation et la réhabilitation des réseaux.

# CHAPITRE II

# LE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT EN FRANCE

## § 1 . Historique des réseaux d'assainissement en France

### a) La phase initiale de l'assainissement

En France, l'adoption de la technique du réseau pour l'évacuation des eaux usées date du XIXème siècle. Les premières villes qui ont été équipées des installations d'assainissement sont les grandes villes, qui disposent de moyens financiers particuliers et qui peuvent supporter le coût élevé de la construction des égouts. Ainsi, entre 1824 et 1850, les villes les plus actives (Paris, Montpellier, Brest, Besançon, Le Havre, Grenoble), qui sont en mesure de consacrer aux équipements d'assainissement une part notable de leurs revenus, présentent une avance considérable sur le reste des cités et bien plus encore sur l'ensemble du monde rural.

Mais la préoccupation pour l'assainissement étant directement liée à l'urbanisation, la construction des réseaux d'égouts ne devient essentielle qu'à la fin du XIXème siècle, avec l'accélération de la croissance urbaine et industrielle (*). Jusque vers 1900, l'eau n'est pratiquement pas installée à domicile, sauf chez une minorité de privilégiés. De même, une très faible partie de la population est rattachée au réseau d'égouts, dans la mesure où il en existe un. En effet, selon une enquête menée par l'ingénieur BECHMANN en 1892, sur 691 villes de plus de 5.000 habitants, 90 seulement disposent de réseaux d'évacuation des eaux usées, auxquels ne sont raccordés que 154.054 abonnés (2).

* Le début de l'urbanisation contemporaine se situe vers 1840-1850. Déjà dès 1830 un vaste mouvement lié à de profondes modifications, à des mouvements migratoires et à la montée d'une pression démographique, se déploie en France : celui-ci s'enfle dans les années. 1840-1860 (pendant cette période, le taux de la croissance de la population urbaine est de l'ordre de 1,25 à 1,30% par an) pour retomber par cascades autour de 1880. Il s'atténue ensuite à la fin du XIXème siècle et dans les années 1900. Vers 1910 et entre 1920 et 1930, on entend bien quelques bruits de sa remise en marche (la croissance de la population urbaine est de l'ordre de 1% mais la reprise se heurte à un double obstacle : la stagnation de la population française dans son ensemble et la dépression économique des années 30. IL faut attendre le début des années 50 pour qu'un nouveau cycle se développe (1).

1 ) Le réseau parisien

Paris fut la première ville française à être l'objet d'une politique d'assainissement. En 1805, les premières canalisations se construisent dans la capitale et les premières observations se font sur l'écoulement des effluents et les procédés de construction (3). Mais, le moment fort de l'histoire des égouts parisiens fut le Second Empire, période de grand essor industriel pour la France, où se pratique une politique de grands travaux dans tout le pays et d'urbanisme à Paris. Ainsi, le réseau parisien d'une longueur de 37km en 1824 et de 130km en 1850 atteint 560km en 1871.

Pendant cette période les galeries sont construites selon l'idée, développée par le Baron HAUSSMANN d'avoir la double fonction d'évacuation des eaux de lavage des chaussées, pluviales et ménagères et d'accueil des réseaux divers de distribution d'eau et de gaz. Cela pour débarrasser les chaussées de toutes sortes de saletés et pour les libérer des embarras causés par les travaux de terrassement, d'installation et de réparation des conduites, afin de réaliser "la belle ville bourgeoise" (4). Pour servir toutes ces fonctions, les sections des ouvrages installés devaient dépasser largement les dimensions propres à l'évacuation. De plus, les nouvelles fonctions du réseau ont suscité trois conséquences sur la structure des équipements :

- comme le réseau recueille les déchets provenant du lavage des rues, il doit suivre la voirie ;
- pour l'évacuation souterraine des eaux ménagères et pluviales ruisselant des toitures et des cours intérieures, les galeries se prolongent jusque sous les maisons ;
- comme le réseau accueille les conduites d'adduction d'eau, toutes les rues habitées doivent être parcourues de galeries ;
- le déversement d'eaux usées dans la Seine dans sa traversée de Paris devenant intolérable, on imagine de les conduire en un point à l'aval de la capitale, à Clichy, par des émissaires souterrains.

Ainsi, est apparu le principe du réseau unifié ; cet ensemble, d'égouts et de collecteurs souterrains, complété à la fin du Second Empire, constituant le noyau du réseau moderne de la capitale (3).

Dans les années suivantes, l'idée d'une troisième fonction du réseau s'élabore ; son utilisation pour l'évacuation des eaux vannes. En effet, en 1882, les travaux de la Commission Technique de l'Assainissement de la Seine, aboutissent à une première délibération du Conseil Municipal, favorable à l'instauration du "tout à l'égout", et finalement, la loi du 10 juillet 1891 impose le "tout à l'égout" comme seul procédé envisageable pour l'assainissement de la capitale. A cause de la concentration des rejets à Clichy, ce système a provoqué l'aggravation de la pollution de la Seine. Les premières installations d'épandage agricole se mettent donc en place pour l'épuration des eaux d'égouts. Fiais après la première guerre mondiale, le développement de l'urbanisation dans Paris et sa banlieue a entraîné l'insuffisance des terrains voués à l'épandage, en imposant ainsi le besoin d'une orientation vers la résolution du problème d'assainissement à l'échelle de l'agglomération de la capitale toute entière. Dans ce cadre, en 1927, le département de la Seine a mis à l'étude, un schéma général d'assainissement prévoyant la construction à Achères d'une station d'épuration (les effluents de l'ensemble de l'agglomération parisienne y étaient acheminés par cinq grands émissaires) (5).

2) La diffusion du modèle parisien

Le réseau parisien a constitué la référence essentielle pour l'équipement des autres villes du pays. Celui-ci a été adapté aux données de chaque ville et notamment à ses ressources financières, bien plus restreintes que celles de Paris. Ainsi, les canalisations implantées dans les villes de province ont été utilisées uniquement pour l'évacuation des eaux usées et pluviales et non pour l'accueil d'autres réseaux. Les contraintes financières ont aussi conduit à la diminution des diamètres des collecteurs et à l'abandon du dogme, selon lequel les égouts doivent être visitables pour faciliter le curage manuel (*). Mais la conception de base

* Pour diminuer le besoin de nettoyage, les bouches d'égouts ont été équipées de siphons et de dispositifs pour la décantation des sables avant l'entrée dans le réseau.

du réseau, l'évacuation souterraine des eaux ménagères et des eaux vannes, en même temps que les eaux de pluie, a été maintenue.

Ainsi, depuis les années 189D, la technique de l'assainissement urbain est déterminée par ces dernières fonctions et par les moyens disponibles à mettre en oeuvre. En effet, à part quelques débats limités au milieu des techniciens et hygiénistes, concernant le choix entre réseau séparatif et unitaire, toutes les études sur l'assainissement, depuis cette période, ont envisagé de mieux saisir le problème hydraulique, pour dimensionner au plus juste les canalisations et pour limiter ainsi les dépenses. En particulier les premières études systématiques, dans ce sens, se situent en 193D (3).

b) La période récente de l'assainissement

Le mouvement récent de réalisation des installations de réseaux en France, a eu lieu après 1919, quand l'intervention de l'Etat dans l'implantation des équipements d'assainissement a commencé à se développer. Les lois d'urbanisme de 1919 et de 1924 ont obligé les grandes villes à élaborer des plans d'aménagement, accompagnés par des études d'assainissement. Mais, comme la plupart des communes ne disposent pas de moyens financiers, pour effectuer de tels travaux, l'Etat a pris en charge le financement des études et une faible partie des investissements. Parallèlement, pour qu'il puisse mieux contrôler les travaux effectués, il a favorisé la normalisation des procédures utilisées (3).

Toutes les opérations réalisées pendant cette période se limitent aux frontières des grandes villes, l'équipement généralisé du territoire, en réseaux d'assainissement, étant loin d'être achevé à la fin de la seconde guerre mondiale (6). Mais après la guerre, les destructions importantes et l'implantation de nouveaux quartiers ont fait apparaître de nouveaux besoins en équipement. Devant cette situation, en 1943, l'Etat a pris en charge toutes les dépenses liées à l'établissement des programmes d'aménagement et des avant-projets sanitaires qui devaient les accompagner. En

même temps, le mouvement de contrôle et de normalisation des opérations s'est accéléré pour aboutir à la rédaction de la circulaire CG 1333 (*).

La circulaire CG 1333 n'a pas apporté de modifications essentielles mais elle a renforcé la rationalisation dans la conception des réseaux. Au niveau des principes, les réseaux d'assainissement, servant toujours à l'évacuation rapide et continue des eaux usées et pluviales en dehors des villes (l'écoulement gravitaire préconisé dès l'origine est resté quasi-exclusif), constituent le seul procédé acceptable pour l'assainissement des agglomérations urbaines. La seule modification est que la circulaire de 1949 recommande le système séparatif (7). Ainsi, après la guerre, l'évacuation séparative des eaux usées et pluviales a été adoptée à un niveau national (**).

Deux arguments principaux ont favorisé la généralisation du système séparatif :

- l'économie : en séparant les eaux usées des eaux pluviales on peut construire seulement le réseau d'eaux usées et la partie aval des réseaux pluviaux en laissant les eaux de pluie ruisseler dans les caniveaux dans les secteurs amont. De même, on peut consacrer le réseau déjà existant aux eaux pluviales et construire un réseau neuf pour les eaux usées (7). Ceci se justifiait d'autant plus qu'il s'agissait *te* réseaux vétustés peu étendus ;
- la sauvegarde du milieu récepteur : de plus en plus on prévoit la construction de stations d'épuration avec lesquelles le système séparatif est plus compatible (on juge que l'épuration des eaux pluviales est inutile).

* Cette circulaire qui constitue le premier texte réglementaire pour les opérations d'assainissement, a été rendue officielle le 22 Février 1949 par le Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme, chargé après la guerre d'examiner et de suivre les projets d'adduction d'eau et d'assainissement pour les villes sinistrées (7).

** Selon une enquête de INSEE, réalisée en 1979-1980, 27,6% des communes utilisent un réseau separatif, tandis que 8,9% utilisent uniquement un réseau pluvial (8).

Après 1960, c'est le contrôle des eaux de ruissellement qui marque la question de l'assainissement. En effet, le mouvement d'urbanisation de l'après-guerre, en suscitant l'imperméabilisation des sols et en renforçant, par conséquent, le débit des eaux pluviales déversées dans les canalisations, a donné de nouvelles dimensions au problème du comportement hydraulique des réseaux. Par ailleurs, la circulaire de 1949, s'étant montrée incapable de répondre aux nouvelles nécessités, une nouvelle circulaire l'a remplacée le 22 juin 1977. Cette dernière a introduit le principe des bassins de retenue des eaux pluviales (système incompatible avec le réseau unitaire) et a aussi souligné les conséquences de la pollution provoquée par les déversoirs d'orage. Finalement, à la fin des années 60 et surtout dans les années 70, la politique de l'assainissement en France s'intègre dans la politique nationale de l'eau, définie par la loi du 16 novembre 1964, dans le cadre de la protection de l'environnement. Les investissements réalisés, depuis cette période, portent essentiellement sur l'extension et l'amélioration des réseaux et des stations d'épuration, afin de diminuer le niveau de pollution du milieu récepteur.

## § 2. Les agents du système d'assainissement

Quatre acteurs principaux : les collectivités locales, l'administration centrale, les Agences Financières de Bassin et les sociétés exploitantes, se partagent les responsabilités et les tâches d'exploitation et de réalisation dans le domaine de l'assainissement.

### 1. Les collectivités locales

#### a) Les responsabilités communales

La collecte et le traitement des eaux usées constituent, selon les textes législatifs (loi du 15 février 1902), un service public de compétence communale, réglementé au niveau national et départemental. Les collectivités locales sont les responsables des réseaux et les maîtres d'ouvrages de toutes opérations en assainissement. De plus, elles sont les

seules qui ont le droit d'accorder les autorisations d'occupation du domaine public, indispensables à tout réseau d'égouts (9).

Si les communes françaises ont toujours été, selon les textes, les maîtres d'ouvrages de leurs réseaux, elles jouissent en réalité, jusqu'en 1982, de très peu d'autonomie dans l'établissement des programmes d'assainissement. L'intervention de l'Etat, exprimée par l'imposition de la réglementation et des cahiers des charges-types (*) a été très importante (10). Ce n'est qu'avec la loi de décentralisation du 2 mars 1982 que les collectivités locales ont obtenu le droit de gérer leurs réseaux comme elles veulent, sous réserve bien entendu du respect de certains principes généraux inscrits dans les lois.

b) La gestion du service

Jusqu'à l'après guerre, la plupart des communes, en France, ne disposent pas de services techniques compétents nécessaires à l'implantation et l'exploitation de leurs équipements. Pour effectuer les études et surveiller les travaux, elles font donc appel à des consultants privés et des ingénieurs-conseils, selon leurs propres critères.

Nais, pendant la phase de reconstruction dans un souci de contrôle du mouvement de réalisation des travaux en assainissement, une centralisation et une normalisation poussées, ont donné à l'Etat l'essentiel du pouvoir. En particulier, les administrations déconcentrées de l'Etat (D.D.E et D.D.A) ont été dotées de moyens financiers et réglementaires importants pour encadrer le développement urbain. Ainsi, tous les réseaux neufs, réalisés depuis cette période, ont été fortement contrôlés par les administrations centrales.

* Les cahiers des charges-types définissent les modalités des contrats de concession et d'affermage. Jusqu'en 1982, les communes devaient s'y conformer (toute dérogation ne pouvait être autorisée que par le Ministère de l'Intérieur). Après 1982, le Ministère de l'Intérieur propose des modèles de cahiers des charges que les communes peuvent ou non respecter (10).

Dans le même temps, les communes, étant donné qu'elles ne disposent toujours pas de techniciens et de gestionnaires de haut niveau, sont obligées de s'appuyer sur l'extérieur pour l'exploitation des équipements. En particulier, elles procèdent par :

- le regroupement en syndicats, en districts ou en communautés, soit pour la gestion complète du service, soit plus fréquemment pour la gestion en commun d'une station d'épuration (*) (11) ;
- l'utilisation des compétences scientifiques et techniques fournies par les D.D.E — D.D.A, les CETE et les Agences Financières de Bassin ;
- l'appel à des sociétés privées.

Ainsi, il existe aujourd'hui deux types de gestion du service d'assainissement : la gestion directe ("régie") où la commune assure elle-même la collecte et l'épuration des eaux usées, et la gestion indirecte où la commune confie le service à un exploitant privé (nous exposons analytiquement les différentes formes de gestion dans l'Annexe 1). Précisément, en 1980, 71% des communes assuraient leur service d'évacuation des eaux usées en régie directe, et 29% en gestion déléguée. La régie directe prévaut d'autant plus que la commune est petite ainsi que dans les grandes villes, alors que la gestion déléguée est plus souvent retenue dans les communes intermédiaires.

La gestion indirecte prend le plus souvent la forme d'affermage. En effet, selon une enquête de 1979-80 de INSEE, seulement 5% des communes équipées utilisaient le système de concession. Par contre, 19% des communes équipées ont retenu le système d'affermage pour la gestion de leurs réseaux (8).

2. L'Etat

L'administration centrale et ses antennes locales et régionales, que sont les services départementaux et régionaux des ministères, exercent

* Selon une enquête de INSEE de 1979-1980, l'organisation par regroupement concerne 17% de toutes les communes équipées. Le traitement par syndicat intercommunal recouvre la majorité des cas et le tiers des grandes villes (8).

leur pouvoir dans l'élaboration des programmes d'assainissement, par l'établissement des normes, l'allocation des subventions et les incitations techniques et financières. Les fonctions d'intervention des organismes de l'Etat, dans le domaine de l'assainissement, sont, selon le type de services, présentées dans le paragraphe suivant.

a) Les services centraux de l'Etat

Il s'agit :

- du Ministère de l'Intérieur (Direction Générale des Collectivités Locales), qui suit les aspects économiques, financiers et juridiques du secteur. Depuis 1945 jusqu'en 1982, le Ministère de l'Intérieur définissait les règlements de service et les cahiers des charges-types pour l'exploitation des réseaux (le premier cahier des charges-type pour l'affermage de l'assainissement parut en 1981 (10)). De plus, l'approbation de tous les cahiers des charges déposés à la préfecture ou à la sous-préfecture était obligatoirement accordée ou refusée par un arrêté du Ministère. Mais, après 1982, le rôle du Ministère se limite à la définition des principes et à la proposition aux maires des modèles de contrats (12) ;
- du Ministère de la Santé, qui se préoccupe des problèmes d'hygiène et de santé liés à l'assainissement et à la baignade (normes sanitaires . . . ) ;
- du Ministère de l'Environnement, qui définit et coordonne les études et les recherches sur les milieux physiques (pollutions, nuisances) ;
- du Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, qui s'intéresse aux aspects liés à l'urbanisme, à l'aménagement et à l'équipement urbain. Plus précisément, la division des équipements urbains du Service Technique de l'Urbanisme (S.T.U), créée en 1977, est chargée de l'animation du milieu professionnel (élaboration et diffusion des recommandations techniques, offre de l'assistance technique aux services périphériques de l'Etat ou à ceux des collectivités locales, contribution à la formation des personnels ... ) (13) (14).

b) Les services périphériques de l'Etat

En ce qui concerne les communes urbaines, les organismes décentralisés de l'Etat, au niveau départemental, sont les Directions Départementales de l'Equipement (D.D.E) qui sont chargées de :

- contrôler les communes pour le respect des normes et des règles (surtout au niveau des stations d'épuration) ;
- pallier les insuffisances des services techniques municipaux. Ainsi, les communes dépourvues de personnel technique compétent, ont le droit de s'adresser aux services d'assainissement des D.D.E pour leur confier la maîtrise d'ouvrage de leurs travaux. Dans ce cas, la D.D.E s'adresse elle-même, aux entreprises privées pour l'étude et l'exécution des travaux et propose aux communes le budget d'assainissement ;
- de conseiller les communes pour la définition de leurs programmes. En particulier, les D.D.E informent et conseillent les responsables municipaux pour qu'ils obtiennent les prêts et les subventions alloués par les Agences Financières de Bassin. Parallèlement, elles conseillent les services en ce qui concerne les redevances de pollution (cf. § le financement du service) (15).

Les D.D.E ont joué un rôle considérable dans le mouvement d'équipement des villes françaises. Mais, le personnel de ces organismes périphériques de l'Etat a été, dans le passé, plutôt routinier et peu motivé par les technologies "légères" (il conseillait aux maires surtout des travaux lourds en investissement, ignorant souvent les problèmes réels d'exploitation). Depuis quelques années, un effort important a été entrepris par les services centraux de l'Etat pour la formation et la sensibilisation du personnel des D.D.E aux problèmes d'assainissement (16).

3. Les Agences Financières de Bassin

Les six Agences Financières de Bassin sont des établissements publics de l'Etat qui ont été créés suite à la loi sur l'eau de 1964 (*). Elles sont administrées par des Conseils de vingt membres (dont dix représentants de l'Etat, cinq représentants des collectivités locales et cinq représentants des usagers), et sont dotées de l'autonomie financière.

L'objectif de ces structures publiques, organisées par bassin hydrographique (cf. Figure 3), est de faciliter les actions d'intérêt commun de chaque bassin ; en particulier, les grandes opérations d'aménagement des eaux et les opérations de lutte contre la pollution. Plus précisément, pour la lutte contre la pollution des eaux, les fonctions des A.F.B comprennent deux typés d'activités : faire payer les pollueurs (redevance pollution) et redistribuer par la suite cet argent sous forme d'aides (**) (primes de pollution) à ceux qui construisent ou qui gèrent des stations d'épuration, afin qu'ils les exploitent dans les meilleures conditions de rendement (17). Les interventions des Agences Financières de Bassin prennent, en fait, la forme d'incitations, le rôle de ces organismes n'étant pas de faire, mais de "faire faire".

Mais, le taux de la redevance pollution s'est avéré insuffisant pour être directement incitatif. D'autant plus que ce taux diminue de *0,5%* par an (ainsi en 1984, il n'a couvert que le tiers du coût des opérations de dépollution) (18). Malgré tout, depuis leur création, les A.F.B ont

* La loi sur l'eau de 1964, dans le but de moderniser la gestion de l"eau en France, de l'adapter au développement des besoins et de remédier à la détérioration rapide de la qualité des ressources disponibles, a amené à la création des six Agences Financières de Bassin. suivant quatre dispositions essentielles :
. la gestion de l'eau s'organise par grands bassins hydrographiques pour permettre l'adoption des solutions les plus efficaces ;
. les nouveaux organismes régionaux doivent associer étroitement les administrations et les usagers ;
. un fond d'investissement spécial a été créé, alimenté par des cotisations obligatoires ;
. elle prévoit que l'Etat contrôle l'ensemble pour éviter que la recherche de l'efficacité par la décentralisation ne compromette l'unité indispensable (17).

** Les aides des A.F.B. prennent la forma des subventions d'avance sans intérêt ou de prêts à faible taux. Elles font l'objet d'un programme pluri-annuel d'interventions, décidé par le Conseil d'Administration, équilibré en recette par les redevances sur les rejets de pollution. Ces aides sont votées par le Comité du Bassin (17)-

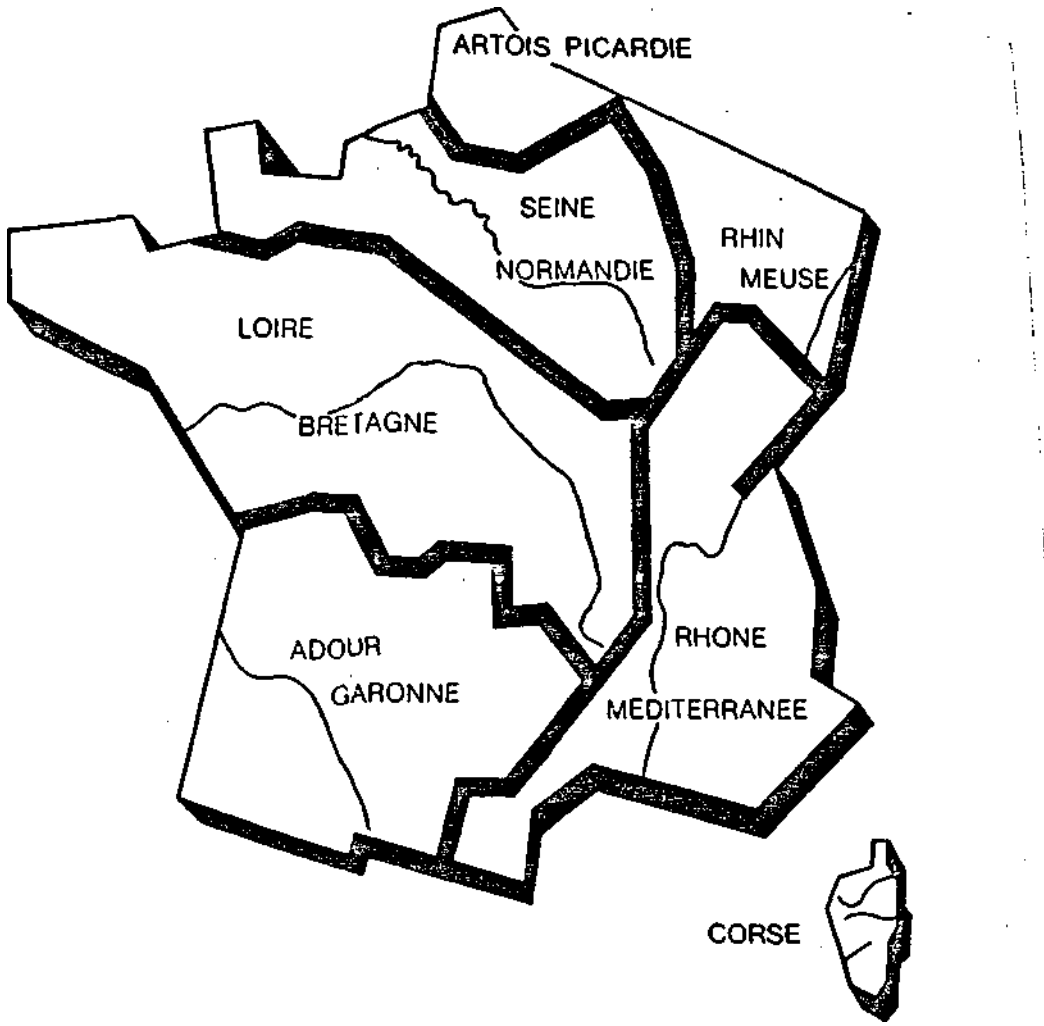



Figure 3 : Les six Agences Financières de Bassin en France

apporté une aide considérable aux collectivités pour la construction des stations d'épuration. Pour les industries existantes, elles se sont préoccupées des ouvrages d'épuration, de la mise en oeuvre des procédés de fabrication moins polluants, ainsi que du transport et de l'élimination de certains déchets toxiques. L'importance de leur intervention est surtout due au fait qu'elles se sont appuyées sur d'autres moyens pour contribuer au développement du secteur. En particulier, elles ont largement utilisé leur capacité d'expertise pour favoriser les initiatives au niveau local et régional. Mais, leur efficacité repose davantage sur leur aspect

mutualiste et leur contact avec le terrain. En effet, la confiance des élus locaux, surtout des plus petites communes, au personnel des A.F.B est considérable, acquise grâce à leur compétence et à leur dynamisme.

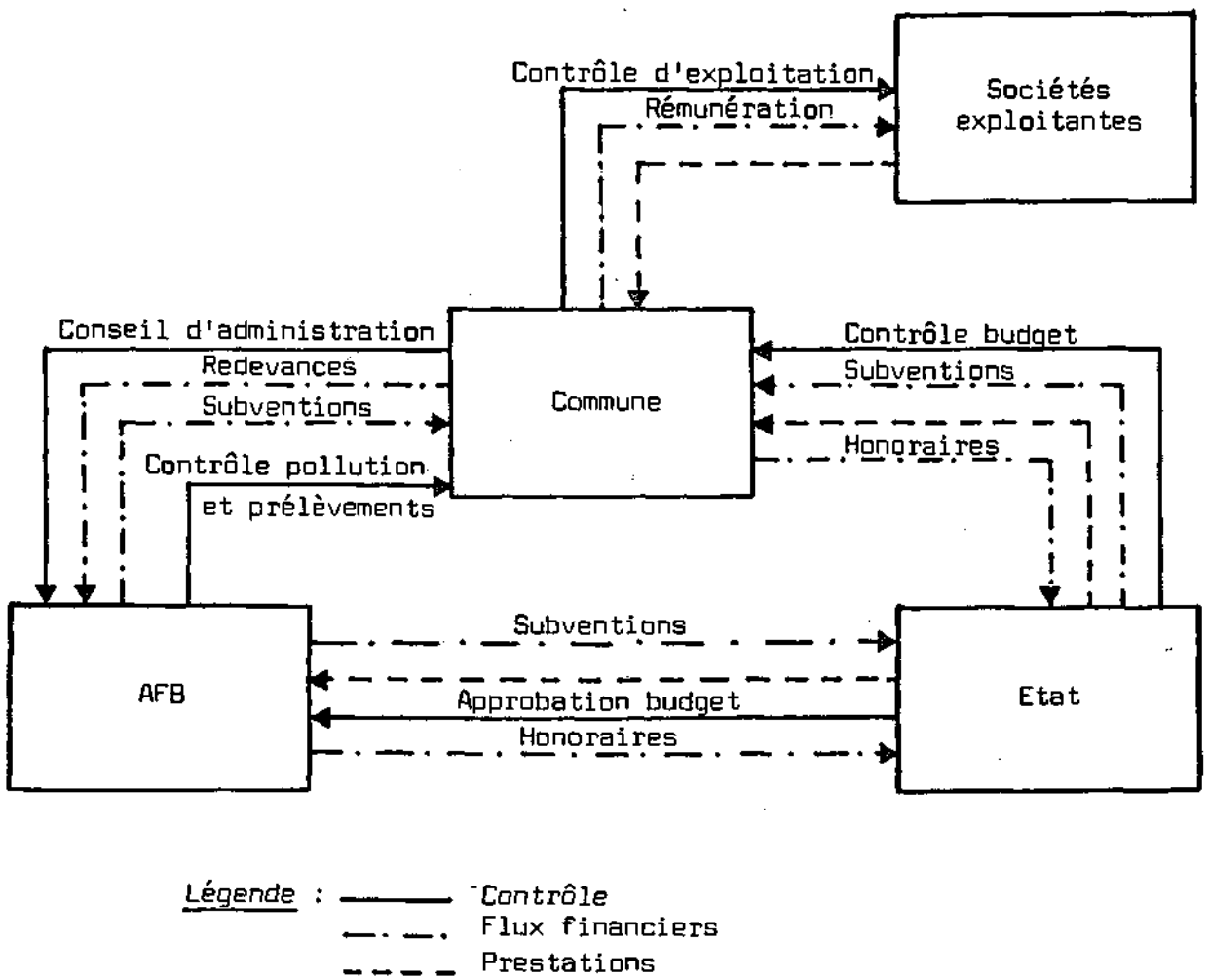



Figure 4 : Le système de gestion des réseaux d'assainissement en France

Source : PREEL (Bernard), L'avenir des services collectifs , Paris, BIPE, Tome 2, Novembre 1982.

A. Les sociétés exploitantes

Le rôle des sociétés privées, dans le domaine de l'assainissement, est resté jusqu'à présent limité. L'assainissement n'a été intégré à la sphère marchande que depuis l'instauration de la redevance (décret d'Octobre 1967). La privatisation du secteur est donc restreinte et elle se fait principalement sous la forme de l'affermage. La concession est un type de gestion très peu utilisée et cela parce que les conditions particulières d'accès aux subventions de l'Etat et aux emprunts à des taux privilégiés touchent uniquement les institutions publiques (10).

L'ensemble du système français de gestion des réseaux d'assainissement est illustré dans la Figure A.

§ 3. Les fonctions du service d'assainissement

1. Le financement du service

a) Le mode de financement

1) La redevance d'assainissement

Jusqu'en 1959, la seule recette spéciale susceptible de financer les dépenses des réseaux d'assainissement est la taxe de déversement à l'égout, prévue par les articles 1511 et 1512 du code général des impôts (19).

Mais, une modification importante est intervenue dans ce domaine avec l'article 6 de l'ordonnance n° 110 du 7 janvier 1959. Cette ordonnance a donné aux communes, disposant d'un réseau d'égouts, le choix pour la couverture des dépenses du service entre l'impôt (taxe de déversement à l'égout) et la redevance sans caractère fiscal (*). Les réseaux d'assainissement devaient alors être exploités sous la forme de service à caractère industriel et commercial. En particulier, en 1959, l'instauration du

* La redevance, comme mode de financement, se présente à l'usager comme une contribution monétaire en échange du service qui lui est rendu par la collectivité. Elle s'oppose, donc, à la fiscalité générale dont le but est d'obtenir du contribuable un effort en fonction de sa capacité contributive (20).

procédé de la redevance, en matière de réseaux d'assainissement, a fait partie d'une proposition générale de constitution d'un service public commun en eau et en assainissement. Dans ce cadre, la fourniture d'eau potable et sa reprise après usage ont été considérées comme une seule et même opération, donnant lieu à une rémunération unique au profit de la collectivité (ou du concessionnaire ou du fermier). L'application de cette réforme a majoré, bien sûr, le prix de l'eau potable, pour tenir compte du service complémentaire rendu à l'occasion de l'évacuation des eaux usées. Mais, en même temps, elle a permis l'amélioration des conditions de financement des réseaux d'assainissement (19).

Depuis 1968, en France, les réseaux d'assainissement et les installations d'épuration appartenant au domaine public sont obligatoirement gérés comme des services à caractère industriel et commercial. Ainsi, tout service d'assainissement, quel que soit son mode d'exploitation, donne lieu à la perception d'une redevance, assise sur le volume d'eau prélevé par l'usager. Le produit de cette redevance est affecté au financement des charges du service, qui comprennent les dépenses de fonctionnement : personnel, entretien, intérêt des dettes contractées pour la construction et l'entretien des installations, amortissement technique des équipements (*) . Nous précisons que la redevance d'assainissement ne recouvre que les charges de collecte, de transport et d'épuration des eaux usées. Le coût des mêmes opérations pour les eaux pluviales doit être imputé au budget général de la collectivité et_couvert par ses ressources fiscales (21).

Ainsi, depuis 1968, il existe un budget annexe d'assainissement qui est équilibré en recettes et en dépenses concernant l'investissement et le fonctionnement du service. Précisément :

- la section de fonctionnement est équilibrée par le produit de la redevance, compte tenu des autres ressources d'exploitation ;

* L'amortissement technique qui est le quotient de la valeur de l'investissement par la durée d'usage constitue à la fois une charge de la section de fonctionnement du budget annexe de l'assainissement et une recette de la section d'investissement. Il permet donc d'affecter à cette dernière section une partie du produit de la redevance, afin de payer tout ou partie des dépenses qui y sont inscrites parmi lesquelles figure notamment le remboursement en capital des emprunts contrôlés par le service. Il prépare ainsi l'autofinancement du service (21).

- la section d'investissement est équilibrée par l'ensemble des ressources normales : recettes procurant des amortissements techniques, subventions, emprunts, excédents des produits prévus ou réalisés sur la section de fonctionnement, et le cas échéant, par une contribution supplémentaire de la collectivité aux charges exceptionnelles du service (cf. Annexe 2).

Le taux de la redevance d'assainissement, payée par chaque usager raccordable au réseau d'égouts, est calculé pour que son montant total équilibre les charges du service. Il doit donc, en principe, être égal au quotient des charges de la section par le nombre de m3 d'eau taxable (*). Ce principe peut connaître deux exceptions :

- le tarif de la redevance peut être supérieur, notamment pour fournir des ressources supplémentaires à la section d'investissement si les disponibilités dégagées par les amortissements techniques ne suffisent pas au financement des dépenses de la section ;
- en revanche, le tarif peut être inférieur en cas d'investissement massif. Dans ce cas, il est impossible de répercuter entièrement et immédiatement sur les usagers actuels la charge financière que représentent ces investissements. On peut alors recourir à une contribution du budget général de la collectivité.

Le taux de redevance doit néanmoins être en conformité avec les tarifs retenus avec la politique générale du gouvernement en matière de prix. Il doit aussi respecter certaines contraintes imposées par l'Etat, comme celle du décret n° 82-924 du 29 Octobre 1982 qui a limité *à 1%* les hausses de redevance de 1983 par rapport à 1982 et à 16% par rapport à 1981 (20).

*** En général, l'ordre de grandeur du taux de la redevance d'assainissement varie de 1 à 3 Fr par m3 d'eau potable. Son recouvrement est groupé avec les factures d'eau potable. De même pour la redevance pollution qui est perçue par les Agences Financières de Bassin (21).**

2) Les autres ressources affectées au service d'assainissement

A part la ressource principale que constitue la redevance d'assainissement, le service d'assainissement bénéficie également d'autres sources de revenus. Nous distinguons, en particulier :

- le remboursement par les propriétaires des frais de réalisation des branchements ;
- la participation des propriétaires d'immeubles, édifiés postérieurement à la mise en service de l'égout auquel ces immeubles doivent être raccordés ;
- les primes versées par les Agences Financières de Bassin, proportionnelles à la quantité de pollution enlevée par les stations d'épuration ;
- éventuellement, une participation du budget général de la collectivité pour la partie des eaux pluviales prises en compte par le service d'assainissement. En cas de réseau unitaire, cette participation peut atteindre jusqu'à 35% des charges de fonctionnement et 50% des amortissements techniques. Si le réseau est séparatif, la contribution de la commune ne dépasse pas les 10% des charges (22).

Par ailleurs, pour la construction des ouvrages neufs, les collectivités locales peuvent bénéficier des aides financières (de l'Etat, des régions et des Agences Financières de Bassin), des prêts et du remboursement de la T.V.A. Mais, nous signalons que le montant global de toutes les aides, allouées aux communes, ne doit pas dépasser 80% du coût total des investissements (12).

Nous présentons les plus importantes sources de financement des investissements en assainissement. Il s'agit :

- Des subventions de l'Etat : avant la loi sur la décentralisation de 1982, l'Etat subventionnait toutes les opérations liées à l'implantation

de nouveaux équipements, proposées par les préfets et approuvées par les Ministères concernés (Ministère de l'Agriculture ou Ministère de l'Intérieur). Le montant des subventions couvrait, en général, 20 à 50% du montant total des investissements T.T.C (12). Mais, au cours des années 70, la participation de l'Etat au financement des investissements est tombée de 20 à 13% (9).

Nous signalons, néanmoins, que les subventions de l'Etat ne concernent pas les dépenses de travaux d'entretien et de réparation, ni celles d'acquisition des immobiliers. Par contre, les programmes d'actions prioritaires bénéficient des subventions spéciales, allouées par l'Etat pour des opérations multiples, concernant aussi d'autres travaux que de nouvelles constructions (par exemple de réhabilitation) (12).

Avec la décentralisation, les subventions spécifiques d'assainissement ont été peu à peu (*) remplacées par des Dotations Globales d'Equipements (D.G.E), versées chaque année par l'Etat aux communes, départements et régions. Ces dotations concernent toutes sortes d'opérations entreprises par les communes (12).

- Des subventions de la région et du département : les départements contribuent au financement d'études ou de travaux, concernant l'amélioration du fonctionnement des réseaux, lorsque l'intérêt de ces opérations est d'ordre départemental. Le rôle des départements a été renforcé surtout les dernières années, en particulier dans le cas des équipements ruraux. Ainsi, en 1983, l'équivalent, en capital, des subventions départementales aux collectivités rurales s'élevait à 584 millions pour l'assainissement, représentant sensiblement le double des subventions d'origine nationale (22).

Certaines régions ont également lancé des programmes de financement de travaux d'assainissement dans les années 1970. Mais, ceux-ci sont restés

* Pour les communes urbaines, la globalisation des crédits budgétaires du Ministère de l'Intérieur et de la Décentralisation, correspondant aux travaux d'alimentation en eau potable et d'assainissement, a porté sur 20% des crédits en 1983, sur 60% en 1984 et sur la totalité en 1985 (12).

limités. Nous précisons que les subventions accordées par les régions concernent, en général, des études et des travaux d'investissement, destinés à l'amélioration de la qualité du milieu récepteur et à la lutte contre les inondations (22).

- Des aides (prêts, avances et subventions), octroyées par les Agences Financières de Bassin pour des actions contribuant à l'amélioration de la qualité des ressources naturelles. En particulier, chaque Agence définit ses propres aides, dans le cadre d'un programme d'intervention couvrant une période quinquennale.

Jusqu'en 1982, les A.F.B subventionnaient les investissements inscrits dans leurs programmes, ayant déjà fait l'objet d'une subvention de l'Etat. Elles aidaient également des investissements non subventionnés par l'Etat sous forme d'avances.

En réalité, la participation financière des Agences à la réalisation des réseaux d'assainissement, a été, jusqu'à maintenant, relativement limitée. Par contre, leur intervention dans le mouvement d'implantation des stations d'épuration a été considérable. Par ailleurs, depuis 2-3 ans, les A.F.B allouent des prêts aux communes, qui disposent déjà d'une station d'épuration, pour la collecte des eaux usées ; soit pour des collecteurs intercommunaux, soit pour des collecteurs destinés à mieux utiliser les capacités d'épuration existantes (23).

- Des prêts :
  . de la Caisse des Dépôts et Consignations ;
  . du Crédit Agricole ;
  . des Caisses d'Epargne ;
  . des Caisses d'Aide à l'équipement des collectivités locales (11).

80% des prêts aux collectivités locales sont consentis par l'ensemble de ces caisses prêteuses. Ils sont pour leur grande majorité à des taux privilégiés inférieurs à ceux du marché (de 4 points).

Avant 1976, l'attribution d'un prêt à taux privilégié était conditionné par l'octroi d'une subvention de l'Etat. Mais, depuis 1976, cette contrainte est remplacée pratiquement par l'attribution des prêts globaux à taux privilégiés, aux communes de plus de 10.000 habitants, indépendamment de toute subvention ou autofinancement et des prêts spécifiques destinés à financer des opérations particulières.

Par ailleurs, la loi du 2 mars 1982 sur la décentralisation a supprimé tout régime d'approbation préalable et tout contrôle a priori sur les emprunts des collectivités (22).

b) Evolution des dépenses dans le domaine de l'assainissement

Entre 1954 et 1975, dans un mouvement d'urbanisation rapide, un grand nombre de réseaux d'assainissement a été réalisé en France. Le financement des travaux, initié par l'Etat après la guerre, est resté pendant toute cette période fortement teinté de centralisme (pour faire l'objet d'une subvention de l'Etat, des Agences de Bassin et éventuellement des départements, tous les programmes communaux devaient être agréés par l'Administration Préfectorale. Dans ce cas, le reste des dépenses était couvert par" un emprunt de la Caisse des Dépôts, qui était automatiquement accordé (22)).

Après 1960, le mouvement d'investissement en assainissement a été marqué par la construction massive des stations d'épuration, dans un climat de préoccupation pour la pollution du milieu récepteur. Ainsi, depuis les années 60 jusqu'aujourd'hui, 11.000 stations d'épuration ont été construites sur tout le territoire (la Figure 5 illustre le nombre de stations d'épuration en fonctionnement en France entre 1950 et 1980).

Mais, après cette période intense d'investissement, les crédits sont devenus plus rares et le mouvement d'équipement en assainissement a été nettement ralenti. Parallèlement, la participation de l'Etat dans la réalisation des travaux a été diminuée. Ainsi, une réduction du volume des investissements de 25% a eu lieu entre 1980 et 1983 (24). Aujourd'hui, on

considère que ce freinage du mouvement de construction en assainissement résulte de :

- la diminution de la demande. Le mouvement de construction des logements ayant été ralenti ;
- des difficultés financières des communes, elles-mêmes liées à la diminution du taux de subvention des Agences de Bassin, au relèvement du taux d'intérêt de la Caisse des Dépôts, et au relâchement de la pression environnementaliste, qui a suivi la crise économique (24)

**0).**

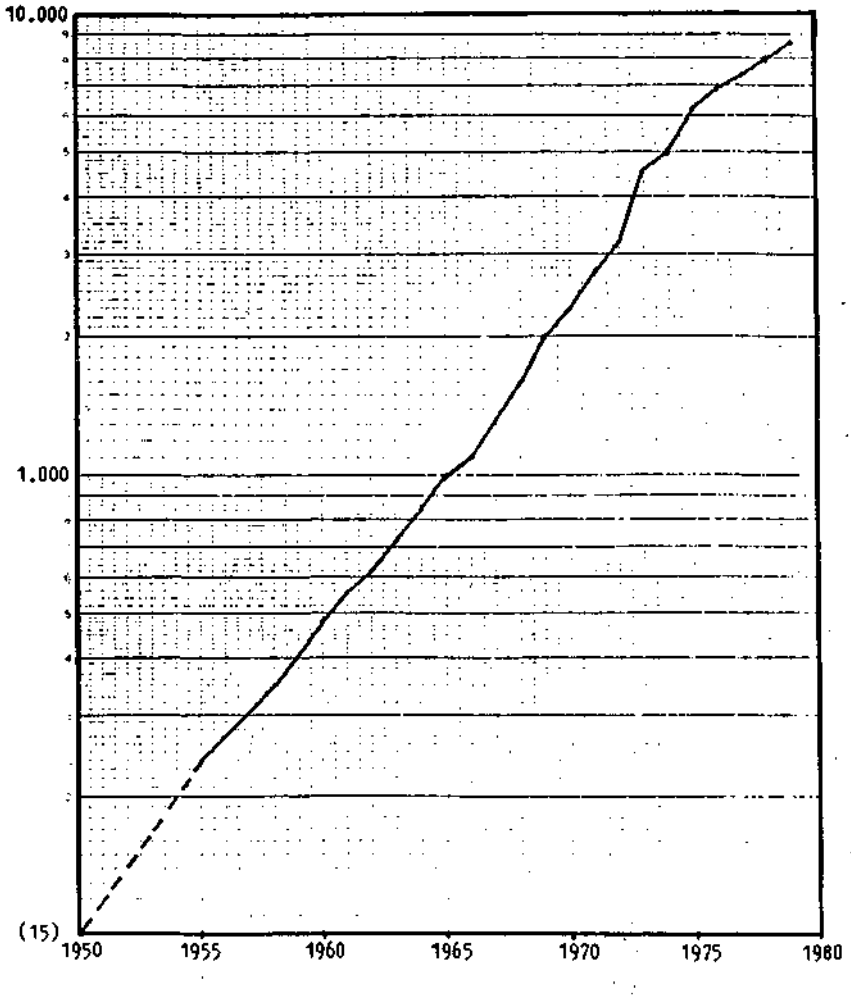



Figure 5 : Le nombre des stations d'épuration en fonctionnement en France, entre 1950 et 1980

Source : CAILLE (Philippe), Les équipements de la France, Paris, INSEE, Novembre 1984, 165 p.

Il n'existe pas de statistiques nationales sur les dépenses consacrées à l'assainissement qui permettent d'illustrer analytiquement ces tendances. Toutes les données disponibles consistent en des informations dispersées, limitées aux enregistrements des budgets communaux. Mais ce type d'information, souvent incomplète, est difficilement comparable, "de façon que les quelques évaluations existantes divergent considérablement. Cela pour plusieurs raisons, dont :

- l'inclusion ou non des coûts relatifs aux stations d'épuration, au service d'assainissement pluvial, du coût de terrains ... ;
- le fait qu'il n'est pas toujours facile de distinguer les dépenses de fonctionnement entre l'eau et l'assainissement lorsque c'est un même service qui s'en occupe ;
- le fait que certains budgets sont assujettis à la T.V.A et d'autres pas (9) (13).

Tableau 1 : Les dépenses d'investissement en assainissement en France entre 1966 et 1980

| | V Plan 1966--1970 | | VI Plan 1971-•1975 | | VII Plan 1976-1980* | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | (1) | (2) | (1) | (2) | (1) | (2) |
| Collecte | 3.681,2 | 85,6 | 7.085,1 | 76,7 | 14 471,2 | 70,6 |
| Epuration | 616,*k* | | 2.154,6 | 23,3 | 6.029,6 | **29,4** |
| Total | it.297,6 | 100 | 9.239,7 | 100 | 20.500,8 | 100 |

*(1) Valeurs en millions de francs constants.*

*(2) Importance relative de la collecte et de l'épuration.*

* *Chiffres approximatifs.*

Source : BIGNET (Corinne),Programmation de l'assainissement et planification urbaine, Créteil, I.U.P., Avril 1983 (Mémoire lourd pour l'obtention du D.I.U.P. de l'Université de Paris Val-de-Marne).

Néanmoins, pour donner une image générale de l'évolution des dépenses dans le secteur de l'assainissement, nous présentons, dans les tableaux 1 et 2, les estimations du BIPE (Bureau d'Informations et de Prévisions Economiques) qui concernent respectivement les dépenses d'investissement (collecte et épuration) pour la période 1960-1980 et les dépenses totales pour l'année 1981 (ce dernier montant réparti par acteur en dépenses d'investissement et de fonctionnement). Nous précisons aussi que, pour la période 1984-1987, le montant d'investissement en assainissement a été prévu par une enquête du D.A.E.I. de 7,1 milliards de francs (T.T.C) (3,2 milliards de francs pour les réseaux d'eaux usées, 1,3 milliards de francs pour les réseaux d'eaux pluviales et 2,6 milliards de francs pour les stations d'épuration) (14).

Tableau 2 : Les dépenses en assainissement en France pour l'année 1981

| | Investissement | Fonctionnement | Total |
|---|---|---|---|
| ETAT | 905 | 0 | 905 |
| AFB | 748 | 286 | 1.034 |
| COLLECTIVITES TERRITORIALES | 2.038 | 0 | 2.038 |
| PARTICULIERS ET INDUSTRIES RACCORDEES | 2.539 | 5.714 | 8.253 |
| TOTAL | 6.230 | 6.000 | 12.230 |

Source : MARTINAND (Claude), Ministère de l'Urbanisme du Logement et du Transport, 1986.

## 2. L'entretien des équipements

### a) Les pratiques d'entretien

Les programmes d'entretien des installations d'assainissement varient considérablement entre les communes selon les capacités techniques et financières de ces dernières. En particulier, nous distinguons deux types de services :

- les quelques communes, qui disposent des équipements techniques et qui peuvent assurer une surveillance régulière et systématique de leurs réseaux. Dans la même catégorie se classent aussi celles qui confient l'exploitation de leurs ouvrages à des sociétés privées ;
- le reste des villes, où l'entretien des réseaux d'assainissement se fait uniquement à l'occasion d'incidents de dysfonctionnement (inondations successives, dégagements d'odeurs . . . ) . L'apparition de tels incidents déclenche une procédure d'intervention qui suit précisément les étapes suivantes : connaissance du réseau ; analyse du dysfonctionnement ; inspection ; diagnostic et réaménagement des réseaux (25).

Mais les méthodes d'entretien des réseaux diffèrent aussi entre des villes ayant pratiquement les mêmes capacités financières et techniques. On voit, par exemple, que la ville de Toulouse, dont le personnel se distingue par son dynamisme et pour la prise d'initiatives, forme un service exemplaire par son organisation et constitue un cas particulier dans le contexte français.

Plusieurs facteurs déterminent en effet les pratiques d'entretien des services communaux : les caractéristiques du réseau, les spécificités locales, le dynamisme du personnel du service ... Par exemple, un réseau visitable est, par nature, beaucoup plus facile à être entretenu qu'un réseau non visitable. Cela, bien sûr, n'est pas toujours la condition déterminante. Ainsi, certaines canalisations même du réseau d'égouts de Paris, qui est considéré comme un monument historique, n'ont jamais été visitées (*) (26). De même, il existe dans les petites communes des

* Le réseau d'égouts de Paris est dans sa plus grande partie parfaitement maintenu. 900 égoutiers répartis en groupes par arrondissement assurent un service régulier (26).

réseaux visitables, comme celui de Lunel, qui, ne disposant d'aucune issue vers la surface, ne sont pratiquement pas entretenues (*).

En général, la situation qui caractérise le service d'assainissement dans les communes françaises est qu'on intervient sur le réseau, seulement au coup par coup, lorsque les défauts des équipements deviennent visibles (intervention a posteriori). Jusqu'à présent, il n'existe pratiquement pas de programmes d'entretien avec action préventive. En effet, ce n'est que depuis ces dernières années que les grandes villes du pays, dans un souci accentué pour l'état de leurs réseaux, proposent des programmes d'inspection systématique des canalisations par caméra de télévision (une fois tous les 5 ans) (28) (la caméra de T.V est apparue en France dans les années 70. Son utilisation reste aujourd'hui limitée).

Plus précisément, en ce qui concerne le curage des collecteurs d'assainissement, quatre types de programmes sont actuellement adoptés par les services exploitants :

- chaque année, ils nettoient une partie de réseau 0/3 ou 1/4) ;
- ils laissent l'orage curer le réseau (bien sûr, dans ce cas, on n'évite pas les inondations ;
- ils suivent un entretien systématique : ils mesurent la hauteur des dépôts de sable et ils nettoient là où celle-ci dépasse le tiers de la hauteur du tuyau (méthode suivie par la ville de Bordeaux) ;
- ils nettoient les parties du réseau où cela semble être le plus "utile" pour éviter une inondation.

b) Le stockage des connaissances sur les réseaux

Les réseaux d'assainissement en France, même s'ils sont relativement jeunes, sont très mal connus. Très peu d'informations existent sur les caractéristiques de ces installations souterraines. Pour certaines canalisations, on ne connaît même pas leur emplacement. Le manque de données caractérise surtout les vieux systèmes, mais souvent aussi, les ouvrages les plus neufs (de 15 ans). Cette situation témoigne en fait d'une sous

* Le réseau de la ville de Lunel est devenu en 1984 un site d'expérimentation de nouveau matériel de curage (27).

estimation de la nécessité d'enregistrement et d'archivage des caractéristiques des équipements qui se manifeste à tous les niveaux de responsabilité (local, national). Il n'existe pas de réglementations ni de recommandations à propos de ces types de fonctions (25). Le besoin de la connaissance des réseaux d'assainissement s'est révélé en France depuis seulement quelques années sous l'incitation des Agences Financières de Bassin et du Ministère de l'Environnement.

3. L'utilisation des équipements : le rôle des usagers

a) Les particuliers

La réalisation des réseaux d'assainissement constitue, en France, une condition de la constructibilité des terrains. Selon le code de la Santé Publique, le raccordement des immeubles aux égouts établis sous la voie publique, est obligatoire (ce raccordement doit être effectué dans un délai de deux ans à compter de la mise en service de l'égout) (16).

Mais excepté au moment du raccordement au réseau collectif, le particulier ne prête guère attention au service. Il ne joue aucun râle actif dans le domaine, et sa fonction se limite à bénéficier des équipements. Il paie la redevance d'assainissement dans la facture de l'eau, mais sans comprendre, en fait, le coût du service qui lui est rendu.

En ce qui concerne le mode d'utilisation des équipements, les communes françaises n'imposent pas, en général, des contraintes aux particuliers (les usagers des équipements doivent néanmoins respecter le règlement sanitaire). Mais, il y a eu des exceptions, comme celle de la ville de Toulouse, où en 1982 la municipalité a imposé aux propriétaires des restaurants l'installation des séparateurs de graisses, pour empêcher le problème d'encrassement du réseau collectif (29).

Par ailleurs, l'installation des branchements est, selon la réglementation, payée et réalisée par les propriétaires des immeubles. Ces derniers doivent assurer le raccordement des logements en respectant les

prescriptions du règlement du service d'assainissement (seulement la partie des branchements située sous la voie publique doit être exécutée sous le contrôle de l'exploitant du service. Elle est propriété de la commune qui doit en assurer l'entretien) (16).

b) Les industriels

Selon le code de la santé publique (article 35-8) "tout déversement d'eaux usées, autres que domestiques, dans les égouts publics doit être préalablement autorisé par la collectivité à laquelle appartiennent les ouvrages qui seront empruntés par les eaux usées avant de rejoindre le milieu naturel". Cette autorisation fixe les caractéristiques des rejets, selon la nature du réseau ou des procédés de traitement. Elle peut être subordonnée à la participation de l'auteur du rejet aux investissements ou aux dépenses d'exploitation des équipements.

Par ailleurs, le règlement sanitaire départemental interdit le déversement à l'égout de certains effluents dangereux pour le personnel d'exploitation. De plus, les effluents des établissements industriels doivent respecter les normes relevant de la législation des établissements classés (circulaire du 6 juin 1953).

Mais, jusqu'à ces dernières années, l'application de ces droits aux communes a dû faire face à plusieurs problèmes et ces textes ont été souvent interprétés sans tenir compte de leur finalité initiale qui était de protéger les systèmes d'assainissement. En effet, seules quelques agglomérations, dotées de services techniques avertis, savaient les difficultés que pouvaient entraîner pour leurs équipements les rejets industriels mal contrôlés. Ainsi, il n'était pas rare de voir tel maître d'ouvrage ou maître d'oeuvre proposer un projet d'installation de traitement, supposant un raccordement au réseau communal de la totalité des établissements industriels de la commune, sans étude sérieuse du comportement de l'effluent résultant. Certaines zones industrielles en projet, comportaient bien de même une station d'épuration avant que soit connues les activités qui s'y implanteraient (30). Il arrivait aussi souvent que

l'industrie raccordée au réseau communal augmente sa capacité de production, sans tenir compte des limites de la capacité du système (31).

Aujourd'hui, pour éviter ce type d'incidents, les Agences de Bassin réclament l'attention des municipalités pour qu'elles imposent des contraintes aux industriels concernant leurs droits de raccordement (31).

En effet, le rôle, souvent nuisible, des effluents industriels au conditionnement des installations et des procédés d'épuration est reconnu de nos jours. D'autant plus que la quantité des effluents industriels déversés dans les réseaux publics en France est considérable (en 1984, il a été estimé que 40% de la pollution industrielle totale était rejetée dans les égouts communaux) (30).

Mais, dans leur ensemble, les industriels raccordés aux systèmes d'assainissement publics ne se sentent pas responsables. En fait, le rejet à l'égout est considéré comme une solution de facilité "dispensant de mettre en oeuvre des dispositifs de traitement de la pollution ou de la réduction des quantités d'eau consommée" (30). Il en résulte souvent de mauvais fonctionnements des stations d'épuration. En outre, le mélange d'eaux différemment polluées, et leur traitement, a été prouvé plus coûteux que leur épuration séparée. De ces faits, une tendance est développée depuis quelques années, de la part des Agences de Bassin et du Ministère de l'Environnement, de déconseiller les solutions d'épuration externe pour les effluents industriels et de favoriser l'adoption de nouvelles technologies, dites "propres", et de solutions d'épuration en amont (l'anti-pollution plutôt que la "dépollution") (9).

En même temps, dans un souci de protéger le milieu naturel et les installations d'assainissements collectives, le Ministère de l'Environnement a imposé . par circulaire (janvier 1984) aux industriels les obligations suivantes :

- le prétraitement des effluents industriels : les effluents rejetés doivent être compatibles avec le système d'assainissement (réseau-station) ;

- la vérification qu'en cas d'extension de la capacité de production des installations, le surplus de pollution pourra être traité convenablement ;
- la vérification que la pollution industrielle résiduelle, après traitement collectif ne soit pas plus importante que dans le cas d'une station autonome ;
- le contrôle que le rejet ne fait pas courir de risques aux installations collectives et aux égoutiers (30).

## § 4. Conditions déterminantes de l'évolution des réseaux d'assainissement en France : un nouveau contexte après 1982

En France, le mouvement d'implantation des installations d'assainissement est relativement récent. La plupart des communes françaises ont été équipées de réseaux d'assainissement après la deuxième guerre mondiale. Ainsi, à part quelques réseaux, limités aux centres des grandes villes, qui datent de plus de 60 ans, la majeure partie des réseaux a moins de 30 ans.

Le secteur de l'assainissement est encore, aujourd'hui, marqué par ce retard, la phase de construction des équipements n'étant pas achevée. En effet, selon une enquête de INSEE réalisée en 1979-1980, les réseaux d'assainissement traitent les eaux seulement de 51% des communes françaises, soit environ 74% des habitants (*). La présence d'un réseau d'assainissement ne s'identifie pas, bien sûr, avec l'existence d'un traitement des eaux. Ainsi, si 51% des communes disposent d'un réseau, un peu plus de la moitié d'entre elles, seulement, traitent leurs effluents (**). En outre, selon les estimations les plus récentes (1986), 90% de la population urbaine et 26% de la population rurale sont raccordées à un réseau d'assainissement (30% de la population rurale bénéficie de l'assainissement individuel) (14).

* Ce dernier chiffre tient compte de ce qu'un réseau communal peut ne desservir qu'en partie des habitations de la commune (8).

** Aujourd'hui seulement 30 à 40 % de la pollution produite est éliminée (14)-

L'état actuel des équipements d'assainissement en France, résulte des conditions particulières qui caractérisent le secteur. Nous rappelons que la collecte et l'épuration des eaux usées est un service public, assuré par les municipalités, mais qui a été considérablement marqué par l'intervention de l'Etat. Cette intervention, pratiquée par l'implantation de la réglementation et le financement des opérations a significativement influencé la réalisation des travaux. Ainsi, la normalisation poussée, adoptée pendant les phases de construction massive (1919-1924, phase de la reconstruction), pour que l'Etat puisse mieux contrôler les travaux effectués, a déterminé l'évolution de l'assainissement jusqu'à nos jours. Précisément jusqu'en 1977, date de publication de la circulaire Loriferne, une normalisation contraignante et centralisatrice, basée sur la circulaire CG 1333 de 1949, a dominé le secteur. Les tendances de centralisation et de contrôle ont été aussi maintenues après 1977. En effet, même si la nouvelle instruction technique a suscité l'orientation vers l'ouverture technico-scientifique, la contrainte de l'utilisation des méthodes de calcul proposées par la circulaire a conditionné, jusqu'en 1982, l'obtention des subventions pour les travaux d'assainissement.

Cette situation a été parallèlement renforcée par l'état de dépendance financière des communes françaises. La plupart des collectivités locales disposent de faibles budgets. Elles restent, par conséquent, dépendantes des aides extérieures, notamment des subventions de l'Etat, pour la réalisation de leurs investissements. Mais étant donné que, jusqu'en 1982 les travaux qui bénéficiaient des subventions ont été ceux qui étaient proposés par les préfets et approuvés par le Ministère de l'Intérieur, la détermination des programmes communaux par les directives gouvernementales a été considérable. D'autant plus que, jusqu'en 1976, l'octroi d'une subvention conditionnait l'accès à des prêts à taux privilégiés, ainsi qu'aux subventions des Agences Financières de Bassin.

Cette dépendance des communes a été aussi accentuée, du fait qu'il y a un manque de personnel qualifié au niveau local, propre à assurer la maîtrise d'oeuvre des opérations d'investissement et à exploiter les équipements. Ainsi, les communes dépossédées de tout pouvoir, dérivé de

la connaissance technique, se sont encore plus reposées sur les propositions de l'Etat dans l'élaboration de leurs programmes.

Le rôle des Agences de Bassin dans l'orientation de la politique en assainissement des communes a été aussi très important. Ces organismes régionaux par leurs interventions financières (perception des redevances, allocation des subventions, des prêts, des avances et des primes de pollution) et par leur assistance scientifique constituent un point fort d'appui pour les collectivités locales. Ainsi, depuis leur mise en oeuvre en 1969, leur contribution à l'émergence des questions environnementales et surtout à la multiplication des stations d'épuration a été considérable. Leur influence a été accentuée en particulier après la création du Ministère de l'Environnement en 1971 et davantage après 1973, se calquant sur le mouvement de sensibilisation de l'opinion publique pour la protection de la nature.

Dans ce cadre, qui illustre le contexte français jusqu'en 1982, l'assainissement même en étant pris en charge par les communes fait partie des programmes de la politique nationale (politique de la reconstruction après la guerre, politique de l'environnement depuis les années 70). Mais des conditions nouvelles influent à partir de 1983 sur le service. En particulier :

- une partie importante- des besoins en assainissement étant satisfaite, "l'équipement" perd son statut privilégié de dépense noble synonyme de progrès et devient l'un des moyens possibles pour faire face aux besoins ;
- l'intervention financière et le contrôle de l'Etat diminuent considérablement : suppression des tutelles, transfert de l'exécutif du préfet au président du conseil général et du conseil régional, remplacement des subventions spécifiques par les Dotations Globales d'Equipements. Les principales incitations pour la réalisation des travaux ont été ainsi supprimées (*). En même temps, les communes ressentent les pressions de la

* Aujourd'hui, le Ministère de l'Environnement et les A.F.B. tentent de pallier cette disparition par les contrats d'agglomération dont une vingtaine a été signée à la fin 1984». Mais la contribution financière de l'Etat reste minimale et ne compense que partiellement les besoins existants (32).

politique de rigueur mise en oeuvre par le gouvernement : blocage, des prix des services d'eau et d'assainissement (cf. § le financement du service), désinflation, augmentation des taux d'intérêt réels des emprunts, ralentissement de la croissance du pouvoir d'achat. Il s'agit de conditions qui touchent directement et indirectement les ressources des collectivités locales et qui favorisent la décélération de leurs dépenses et le décroissement des investissements (33) ;

- la seule aide maintenue pour le financement des travaux d'assainissement est celle des Agences de Bassin. Le blocage du prix du service d'assainissement, donc de la redevance pollution, institué en Juillet 1982, a néanmoins réduit le poids des interventions des Agences. En effet, face aux nouvelles restrictions financières en 1982, elles n'ont pas pu accorder les subventions promises, ce qui a nuit à leur "réputation" en termes de fiabilité économique vis-à-vis des D.D.E et des collectivités locales (34). Mais, basées sur les moyens dont elles disposent, c'est-à-dire leur organisation régionale, leur capacité d'intervention planifiée et directe, leur crédibilité scientifique et aussi leurs méthodes classiques d'incitation par l'allocation des aides financières, les Agences Financières de Bassin influent toujours sur le développement des programmes nationaux d'assainissement ;

- les valeurs économiques étant progressivement substituées aux valeurs écologiques, le besoin d'une nouvelle approche de gestion basée sur l'efficacité commence à émerger. Dans cette optique, la gestion de l'eau comme un cycle où l'on tient compte de la pollution rejetée pour l'approvisionnement en eau potable et où l'on gère les ressources en eau de façon plus systématique est aujourd'hui étudiée par les responsables (le rôle des A.F.B dans cette modification de raisonnement a été considérable).

Ces conditions développées depuis 1983 favorisent l'ouverture du service vers le secteur privé. En effet, ce dernier, bien organisé et très bien placé dans le domaine de l'eau potable, qui a déjà depuis 1970 commencé à s'intéresser à la gestion des réseaux, tend aujourd'hui à élargir ses actions dans le secteur de l'assainissement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA PREMIERE PARTIE - CHAPITRE II

1 - RONCAYOLO (Marcel), "Logiques Urbaines", in Histoire de la France urbaine - La vaille de. l'âge industriel. Paris, Seuil, Tome 4, 19B3, 665 p.

2 - GOUBERT (Jean-Pierre), "Equipement hydraulique et pratiques sanitaires dans la France du XIXème siècle", in Etudes Rurales, 1984.

3 - DUPUY (Gabriel) et KNAEBEL (Georges), Assainir la ville hier et aujourd'hui, Paris, Dunod, 1982, 88 p.

4 - DUPUY (Gabriel), "La science et la technique dans l'aménagement urbain. Le cas de l'assainissement", in Les Annales de la Recherche Urbaine. n° 6, Janvier 1980, pp. 3-18.

5 - MAIRIE DE PARIS, L'assainissement de l'agglomération parisienne. Paris, Mairie de Paris, 19B3, 15 p. (Brochure réalisée par le syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne).

6 - GOUBERT (Jean-Pierre), "La France s'équipe. Les réseaux d'eau et d'assainissement 1850-1950", in Les Annales de la Recherche Urbaine, n° 23-24, Juillet-Décembre 1984, pp. 47-53.

7 - C.G. 1333, INSTRUCTION TECHNIQUE, relative à l'assainissement des agglomérations, Paris, Imprimerie Nationale, 1949, 51 p.

8 - CAILLE (Philippe), Les équipements de la France. Paris, INSEE, Novembre 19B4, 165 p. (Inventaire communal).

9 - PREEL (Bernard), L'avenir des services collectifs, Paris, BIPE, Tome 2, Novembre 1982.

10 - FAISANDIER (Pierre), "Les entreprises et le service public, pourquoi l'affermage ?" , in P.C.M., Janvier 1983, pp. 21-22.

11 - FAUDRY (Daniel), L'évolution technique des réseaux d'assainissement depuis 1945, Grenoble, IREP-CEPS, Mars 1984, 29 p.

12 - Propos recueillis auprès de Monsieur BAGUENIER, Chef du service d'assainissement du Ministère de l'Intérieur, lors d'une interview réalisée le 26-06-1984 à Paris.

13 - LANCELOT (Brigitte), La Gestion Automatisée des Réseaux d'Assainissement : Analyse d'un Processus d'Innovation Technique, Paris, CERTES (ENPC), Mars 1985, 236 p. (Thèse de 3ème cycle en Sciences et Techniques de l'Environnement, Université de Paris-Val-de-Marne, ENPC).

14 - MARTINAND (Claude), Le Génie Urbain, Paris, La Documentation Française, 1986, 304 p.

15 - Propos recueillis auprès de Monsieur RUCHEUX, Ingénieur du service d'assainissement du Département des Yvelines, lors d'une interview réalisée le 22-02-1984.

16 - MINISTERE DE L'INTERIEUR ET DE LA DECENTRALISATION, L'assainissement, Paris, Ministère de l'Intérieur et de la Décentralisation, Novembre 1981 (Guide pratique de l'élu).

17 - E.N.P.C, Le rôle des Agences Financières de Bassin. Paris, Association Amicale des Ingénieurs, Anciens Elèves de l'ENPC, Novembre 1977, 155 p.

18 - BARRAQUE B., DROUET D., FAUCHEUX S. et LORRAIN D., La filière eau assainissement en France et dans le monde, Paris, CESTA, Septembre 1985, 198 p.

19 - CIRCULAIRE N° 528 du 25 novembre 1960, Financement des réseaux d'assainissement des agglomérations, Ministère de l'Intérieur.

20 - GRUSON (Claude) et COHEN (José), Tarification des services publics locaux, Paris, La Documentation Française, Février 1983, 147 p. (Rapport au Ministère de l'Intérieur et de la Décentralisation).

21 - CIRCULAIRE N° 78-545 du 12 décembre 1978, Ministère de l'intérieur, Ministère du Budget.

22 - MINISTERE DE L'INTERIEUR, 40 ans de politique d'eau en France. Paris, Avril 1985 (Rapport intermédiaire).

23 - VALIRON (François), "La politique d'incitation financière et le rôle des Agences Financières de Bassin", in T.S.M. - L'eau, Août-Septembre 1981 , pp. 436-443.

24 - BIGNET (Corinne), Programmation de l'assainissement et planification urbaine, Créteil, I.U.P., Avril 1983, 81 p. (Mémoire lourd pour l'obtention du D.I.U.P. de l'Université de Paris-Val-de-Marne).

25 - Propos recueillis auprès de Monsieur NAVARO, Responsable de la Recherche au BETURE SETAME, lors d'une interview réalisée le 18-10-83 à Paris.

26 - Propos recueillis auprès de Monsieur LEGRAND, Ingénieur Chef de la Ville de Paris, lors d'une interview réalisée le 06-02-84 à Paris.

27 - CLEIZE, "Réhabilitation des collecteurs anciens", in Actes des Journées de Recherche du 22-23 octobre 1985, Eau dans la ville. Paris, Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, Ministère de la Recherche et de la Technologie, 1985.

28 - Propos recueillis auprès de Monsieur J. MARCHAND, Responsable de la division de l'eau et des réseaux urbains à la D.R.E. Ile-de-France, lors d'une interview réalisée le 26-01-83 à Paris.

29 - VIGNOLES, "La séparation des graisses à la source - Application concrète à la ville de Toulouse", in Actes des Journées de Recherche du 22-23 octobre 1985, Eau dans la ville, Paris, Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, Ministère de la Recherche et de la Technologie, 1985.

30 - "Pollution industrielle et assainissement public - Les traitements mixtes", in La lettre de l'eau pure (Organe de l'Association Française pour la protection des eaux), n° 74, 1984, pp. 4-31.

31 - Propos recueillis auprès de Monsieur VACHED, Ingénieur Responsable en assainissement de l'Agence de Bassin Amour Garonne, lors d'une interview réalisée le 19-04-85 à Toulouse.

32 - FAUDRY (Daniel), L'économie de l'eau dans la ville - Eléments pour une orientation des recherches, Grenoble, IREP-CEPS, Université de Sciences Sociales de Grenoble, Juillet 1985, 38 p.

33 - COTTEN (Michel), "La menace : les dépenses de fonctionnement vont-elles freiner le financement des équipements publics 7 L'exemple de la France", in Actes du Colloque International organisé par l'Université de Paris-Dauphine les 8-9-10 Janvier 1986, Comment financer les équipements publics de demain ?, Paris, Université de Paris IX-Dauphine, 1986.

34 - Propos recueillis auprès de Monsieur RIPOCHE, Chargé d'étude à l'Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, lors d'une interview réalisée le 25-11-1986 à Nanterre.

# CHAPITRE III

# LE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT EN ANGLETERRE

## § 1. Historique des réseaux d'assainissement en Angleterre

### a) Les phases de construction

Les premières conceptions et réalisations à grande échelle des réseaux d'assainissement ont été effectuées en Angleterre au milieu du XIXème siècle. Ce mouvement, conditionné par le développement spectaculaire des villes (cf. Figure 6) et par l'extension parallèle de la distribution d'eau potable (cf. Figure 7) de cette époque, a été très rapide (1). Le raccordement, des fosses d'aisance aux collecteurs municipaux destinés à l'évacuation des eaux pluviales, devenu légal en 1815, a été définitivement imposé par la loi de 1847 qui interdisait l'utilisation des fosses (en 1847, le Conseil Métropolitain d'Assainissement de Londres a supprimé 200.000 fosses d'aisance). En 1855, le tout à l'égout était ainsi généralisé sur tout le pays et doté d'une législation complète (le système séparatif eaux usées/eaux pluviales, proposé en 1850 par le Conseil Général de la Santé, avait été repoussé, le système unitaire étant jugé moins cher et plus facile à construire) (2).

L'adoption de ce mode d'assainissement a provoqué la pollution des eaux de rivières (principales sources d'eau potable) et le déclenchement d'une série de grandes épidémies causant la mort de plusieurs centaines de personnes (40.000 personnes uniquement à Londres en 1866 (2)).

Dans ce climat de menace pour la santé publique, des grands projets d'assainissement ont donc été mis en place. Le mouvement hygiéniste de cette époque a contribué considérablement à la réalisation d'équipements de réseaux et à la sensibilisation des responsables au besoin de traiter les effluents avant de les déverser dans le milieu naturel (3).

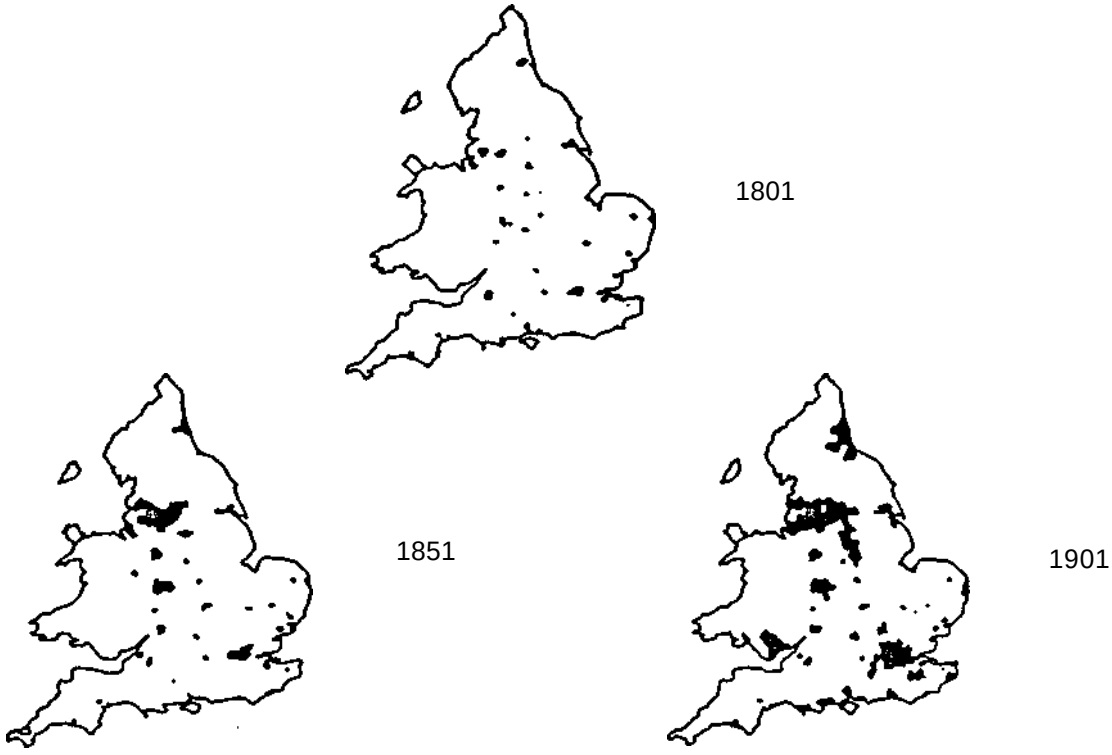
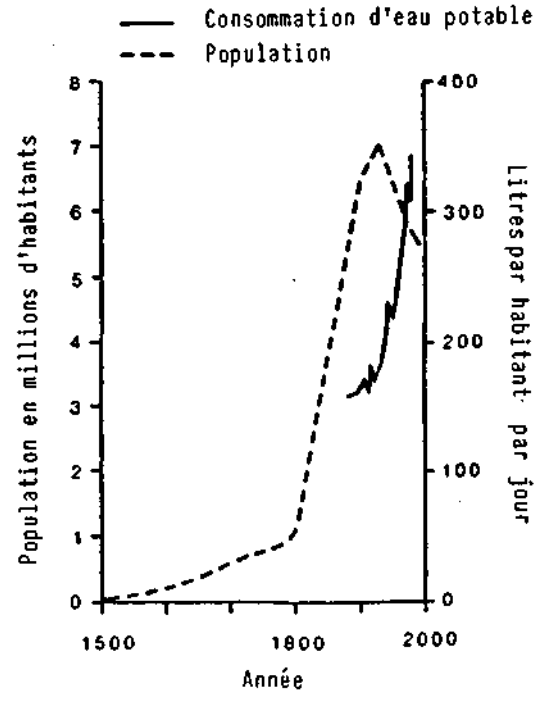



Figure 6 : Densité de la population en Angleterre et au Pays-de Galle

Figure 7 : Augmentation de la population de Londres et extension du réseau de distribution d'eau potable




Source : EDWARDS G."The renewal of urban Water sewerage systems", in Planning and Civil Engineer, London, Thomas Telford, Ltd, 1982, pp. 39-45.

Le premier grand programme d'assainissement concerne le projet de purification de Londres qui a été lancé en 1858 (année qui est restée dans l'histoire de la capitale comme l'année de la "grande saleté") par le chef du Conseil Métropolitain des travaux, Joseph BAZALGETTE. Une série d'énormes collecteurs a été alors construite sur toute la longueur des deux rives de la Tamise (4). A la même époque, les premières stations d'épuration ont été construites. En 1869 la station de BECKTON, la plus vaste installation de traitement des eaux usées des îles britanniques, fut mise en service pour l'épuration par décantation des effluents déversés par toute l'agglomération métropolitaine située au Nord de la Tamise (80% de l'ensemble de ces installations sont encore aujourd'hui utilisées) (5).

Précisons néanmoins qu'en Angleterre, les centres urbains ont été équipés des réseaux d'égouts bien avant le développement de ce mouvement de réalisation massive d'équipements d'assainissement. Le système d'évacuation des eaux produites dans les milieux urbains par des collecteurs n'a pas seulement accompagné la réalisation de la belle ville bourgeoise comme en France, mais a été largement utilisé pour aménager et ordonner strictement les nouvelles villes ouvrières, phénomène proprement britannique du XIXème siècle (6). Ainsi Manchester, première ville industrielle, est dotée des plus vieux équipements d'assainissement. L'implantation des canalisations a commencé dans le centre de la ville, à la fin du XVIIIème siècle (en 1792). En 1832 les quartiers ouvriers ont été équipés des réseaux d'égouts et progressivement la construction des installations a suivi le développement urbain. En 1868 Manchester dispose de 448 Km de collecteurs d'évacuation quand Liverpool ne dispose que de 80 Km, Bolton de 72 Km et Preston de 40 Km (4) . La fonction initiale des réseaux construits pendant cette période réside dans l'évacuation des eaux de ruissellement. Mais progressivement et de façon incontrôlée, le système a accueilli les rejets industriels, les eaux usées ménagères et depuis 1868 les eaux vannes des 10.000 chasses d'eau de la ville. Entre 1886 et 1898, de grandes opérations ont été réalisées selon le modèle de BAZALGETTE. En 1898, fut aussi construite la station d'épuration de DANYHNLME qui est toujours en service aujourd'hui (il s'agit d'une des cinq plus grandes stations d'épuration de l'Angleterre) (4). Finalement,

le mouvement le plus récent du développement des équipements d'assainissement à Manchester eut lieu entre 1920 et 1973 (7).

Dans les autres villes les systèmes d'assainissement ont suivi, avec un peu de retard, le même type d'évolution. Ainsi au milieu du XIXème siècle Birmingham, la forteresse du libéral Joseph CHAMBERLAIN, fut le lieu de très grands débats hygiènistes. Le dirigeant du parti libéral fit pression pour la réalisation d'un programme de réaménagement de la ville, de suppression des puits contaminés et de raccordement à l'égout de tous les immeubles. Plusieurs communes, dans tout le pays, ont suivi son exemple et ont réussi à s'équiper de formidables infrastructures victoriennes d'adduction d'eau potable et de réseaux d'assainissement (4).

Le mouvement de construction le plus récent a eu lieu en 1950 suite à un vaste programme gouvernemental de subventions qui a permis d'équiper de réseaux d'assainissement et d'eau potable cent villes dans tout le territoire. L'Angleterre s'est alors dotée d'un des systèmes d'assainissement le plus élaboré du monde. Mais en fait, une partie considérable de ce système est très vieille (à Manchester 560 miles de réseaux d'assainissement, donc 80% des canalisations de la ville, ont plus de 100 ans. A Londres 18% des canalisations ont été construites avant 1860 (4)).

b) La nature des canalisations selon les phases chronologiques d'implantation des réseaux

Le principal matériau de construction des premiers collecteurs a été la brique. Il s'agit des collecteurs de grande taille imposée plus par des méthodes de construction empruntées à l'industrie des mines que par des considérations hydrauliques. L'utilisation de la brique touche son sommet en 1910 quand des collecteurs en deux séries de briques consolidées par du mortier de ciment ont été construits (8). Ce type de canalisations a été adopté pour la construction des collecteurs principaux jusqu'en 1930, puis a été remplacé par des canalisations en béton (9).

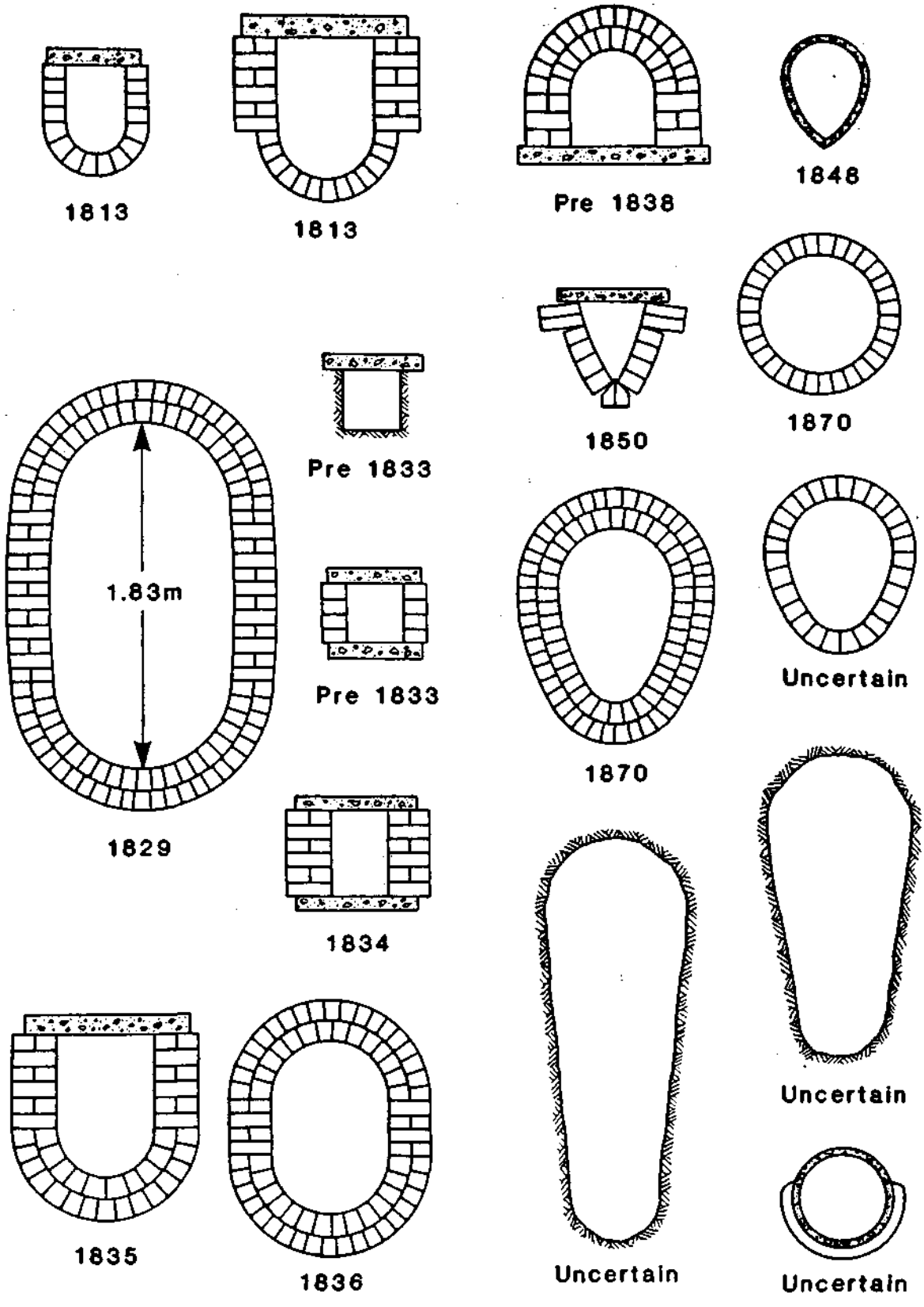



Figure 8 : Sections des collecteurs d'assainissement de Manchester

Source : REED. C. "The assesment of the problem in the U.K",in Restoration of sewerage Systems, Proceeding of an International Conference organised by the Institution of Civil Engineers, held in London on 22-24 Juin 1981, London, Thomas Telford, 1982, 308 p.

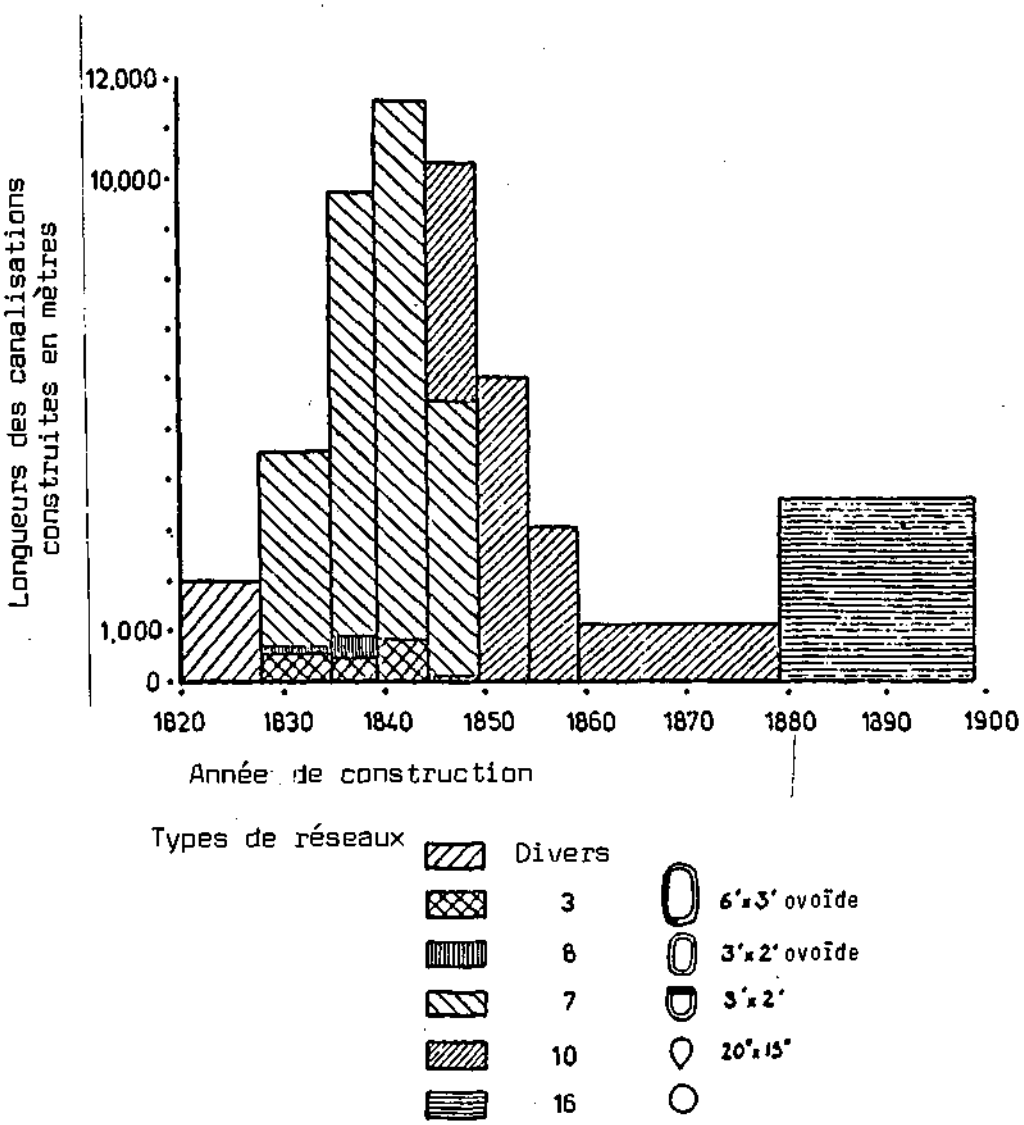



Figure 9 : Les réseaux de Manchester construits au XIXeme siecle

Source : RUNSHBROOUE N.J., "Underground Dereliction in the North West", in J.I.W. E.S., n° 35, 1981

Après 1850, le matériau standard utilisé pour la construction des petites canalisations était le grès. Jusqu'en 1880, la forme adoptée pour les canalisations en grès était ovoïde, puis circulaire. Le grès a été largement utilisé pour la réalisation des collecteurs de faible diamètre jusqu'à la première guerre mondiale où les tuyaux en amiante ciment ont fait leur apparition. Après la deuxième guerre mondiale, la fonte ductile et le P.V.C ont été utilisés pour la fabrication des tuyaux (9).

Pour illustrer la nature des constructions de réseaux implantés au XIXème siècle, nous présentons dans la figure 8 différentes sections des canalisations du réseau d'assainissement de Manchester, avec leurs dates de construction et, dans la figure 9, les longueurs des canalisations installées par type de réseaux et par période dé construction pour la ville de Manchester.

## § 2. Les agents du système d'assainissement

En Avril 1974, une réorganisation de l'industrie de l'eau a eu lieu en Angleterre (cf. Annexe 4) qui a provoqué des modifications importantes dans l'organisation du service de l'assainissement. Dans la présentation du système d'assainissement anglais nous allons donc distinguer deux périodes celle d'avant 1974 et celle d'après.

### 1 . La situation antérieure à 1974

Jusqu'en 1974, le service d'assainissement était sous le contrôle des gouvernements locaux. 1.400 autorités locales, organisées au niveau des communes (districts), sur tout le territoire, décidaient des programmes concernant les réseaux collectifs et les stations d'épuration. Ces autorités locales sont des organismes publics, élus, agissant sur un territoire déterminé, et ont le droit de percevoir des impôts locaux pour financer leurs activités. Elles sont soumises au contrôle du gouvernement central, à qui elles doivent présenter des rapports détaillés sur leurs ressources et leurs dépenses annuelles. Néanmoins, historiquement, ces

unités administratives jouissent d'une autonomie importante et d'un pouvoir considérable leur permettant de suivre leur propre politique(9).

Pour expliquer l'organisation locale en Angleterre, nous décrivons par la suite la structure générale des gouvernements locaux : il existe deux principaux types de gouvernements locaux, les "counties" et les districts (communes) avec des fonctions distinctes et des zones de contrôle différentes. Leur organisation varie selon les zones qui caractérisent ; les régions de grandes métropoles et les régions non urbaines. Précisément :

- les régions métropolitaines consistent en 6 "counties" et 36 districts (métropolitan district councils) (Londres constitue un cas particulier et contient 1 "county" (City of London) et 33 communes londoniennes (London borough councils)). Les counties sont responsables de la politique urbaine globale et de certains services urbains (les transports publics locaux, la conception du réseau routier local, l'élimination des déchets, les pompiers, le service des ambulances, la police métropolitaine, les monuments et les sites . . . ) . Les districts sont chargés de la mise en oeuvre des services urbains (voiries locales, infrastructures (assainissement) (*), planification locale, permis de construire, construction et gestion du logement social ...) (11) ;
- les régions rurales consistent en 47 counties et en 333 "districts". Elles contiennent aussi d'autres sous-divisions institutionnelles (de l'ordre de 8.000), les "Parishs" et les "Community Councils". Ceux-ci concernent les plus petites communes et leurs ressources sont limitées. Les "counties" assurent, dans les régions non urbaines, les mêmes services que dans les régions urbaines, mais en plus, elles sont chargées de l'éducation et de l'assistance sociale. Les districts assurent aussi les mêmes fonctions que les districts des régions urbaines, exceptées celles de l'éducation et de l'assistance sociale (10).

*** Les gouvernements locaux ne sont pas responsables du développement économique ni des routes nationales et des ponts, qui se trouvent à la charge du gouvernement central (leur maintenance et leur construction). Aussi, la responsabilité du transport public est partagée avec le gouvernement central (10).**

Cette structure des gouvernements locaux résulte d'un regroupement des communes de base, autrefois très nombreuses, qui a eu lieu dans les années 60 sur la base du Rapport Redcliffe-Maud ( 6). Cette distribution des responsabilités n'est pas définie par des lois parlementaires. Mais elle a été historiquement respectée, jusqu'à récemment, par le gouvernement central (10).

2. La situation postérieure à 1974

La nouvelle loi sur l'eau, approuvée par le Parlement en 1973, est entrée en vigueur en Avril 1974. Elle a créé trois nouvelles institutions, fondamentales pour l'évolution du secteur de l'assainissement :

les dix Autorités de bassin (les "Regional Water Authorities" (R.W.A.) ;
- le Conseil National de l'Eau (N.W.C) ;
- le Centre National de Recherches sur l'Eau (W.R.C).

Ainsi, depuis 1974, quatre types d'agents interviennent dans la définition des programmes d'assainissement : les conseils des districts et les trois nouveaux organismes présentés ci-dessus.

a) Les Regional Water Authorities (R.U.A)

1 ) Le rôle des R.U.A

Depuis 1973, la responsabilité juridique du service de l'assainissement a été confiée aux "Regional water Authorities", qui couvrent toute l'Angleterre et le Pays-de-Galles. Ces nouvelles autorités ont remplacé les 1.400 organismes publics de réseaux d'égouts et d'évacuation d'eaux de ruissellement, les 157 entreprises de distribution d'eau potable et les 22 organismes publics de gestion des cours d'eau (4). Les Tableaux 3 et 4 nous indiquent la répartition géographique des 10 R.W.A, leur nombre d'habitants, leur équipement en réseaux et en stations d'épuration et les effectifs qu'elles emploient (12).

Tableau 3 : Les effectifs employés des R.W.A., 1983

| Région | Nombre d'employés des autorités pour l'eau | Nombre d'employés des services locaux d'assainissement | Total |
|---|---|---|---|
| North West | 8.629 | 1.18D | 9.8D9 |
| Northumbrian | 2.D77 | 41D | 2.487 |
| Severn Trent | 1D.182 | 984 | 11.166 |
| Yorkshire | 6.D1D | 671 | 6.681 |
| Anglian | 6.56D | 543 | 7.103 |
| Thames | 11.227 | 1.595 | 12.822 |
| Southern | 3.72D | 469 | 4.189 |
| Wessex | 2.266 | 32D | 2.586 |
| South West | 2.255 | 225 | 2.48D |
| Welsh | 5.424 | 7D5 | 6.129 |
| England and Wales | 58.35D | 7.1D2 | 65.452 |

Autorités Régionales de l'eau en Angleterre et au Pays-de-Galle

Source : National Water Council.

Tableau 4 : Superficie, nombre d'habitants, équipements en réseaux et en stations d'épuration par R.W.A. (1982-1983)

| Région | Superficie (km2) | Nombre d'habitants (mid-1982) (1.000) | % population raccordée aux réseaux d'assainissement | Equipements en réseaux (km) | Nombre de stations d'épuration |
|---|---|---|---|---|---|
| North West | 14.445 | 6.899 | 97,0 | 31.900 | 650 |
| Northumbrian | 9.274 | 2.642 | 98,4 | 10.900 | 409 |
| Severn Trent | 21.6DD | 8.260 | 96,0 | 35.800 | 1.092 |
| Yorkshire | 13.503 | 4.573 | 97,2 | 18.900 | 613 |
| Anglian | 27.358 | 5.049 | 91,6 | 26.000 | 1.107 |
| Thames | 13.100 | 11.513 | 97,7 | 50.700 | 431 |
| Southern | 10.552 | 3.860 | 95,2 | 15.400 | 394 |
| Wessex | 9.918 | 2.309 | 91,0 | 8.800 | 352 |
| South West | 10.884 | 1.417 | 86,8 | 7.200 | 600 |
| Welsh | 21.411 | 3.039 | 93,7 | 12.700 | 889 |
| England and Wales | 152.045 | 49.560 | 95,6 | 218.300 | 6.537 |

*Commentaire : La proportion de la population raccordée est basée sur le nombre d'habitants des zones de drainage parfois un peu différent du nombre d'habitants déclarés par région.*

Source : National Water Council.

Les R.W.A sont chargées d'assurer la gestion intégrée de tous les services de l'eau dans leurs secteurs géographiques. Précisément, elles ont été nommées responsables des fonctions suivantes :

- l'administration des ressources en eaux de surface et en eaux souterraines ;
- la production, l'approvisionnement et la distribution d'eau potable ;
- l'installation et l'entretien des réseaux d'égouts ;
- le traitement et l'évacuation des eaux usées ;
- la prévention de la pollution des eaux de surface et des eaux souterraines ;
- la lutte contre les crues ;
- la pêche en eau douce ;
- l'aménagement de plans d'eau de loisirs (5).

2) La structure des R.W.A

Les autorités régionales sont des entités hybrides qui ne font partie ni de l'industrie nationalisée, ni des gouvernements locaux. Leur organisation interne varie selon les régions, mais il existe un modèle général respecté. Les autorités travaillent grâce à des commissions permanentes remplissant des fonctions spécifiques et ayant les pouvoirs ad hoc. Ainsi, chaque R.W.A comprend de trois à neuf divisions opérationnelles maximum, chargées de mener à bien les affaires quotidiennes des services publics (13) (comme exemple de l'organisation des R.W.A, nous présentons dans le figure 10 la structure du Thames Water Authority).

L'élaboration de la politique des autorités régionales et le contrôle de sa mise en oeuvre sont effectuées par les membres de ces organismes, sous l'autorité de leurs présidents. Selon la loi de 1973, la majorité des membres des R.W.A est nommée par les conseils de districts. Une minorité de membres experts et les présidents sont nommés par le gouvernement central. Mais, en 1983, la nouvelle loi sur l'eau, dans une volonté de réduire l'effectif employé des R.W.A, ainsi que d'affaiblir le pouvoir

d'intervention des gouvernements locaux dans la définition des programmes, a supprimé tous les membres nommés par les districts (14).

Jusqu'en 1983, les autorités de l'eau jouissaient d'une autonomie importante vis-à-vis du gouvernement central. Mais depuis, elles sont devenues dépendantes du Secrétariat d'Etat à l'Environnement, à qui elles sont obligées de justifier leurs dépenses annuelles (15). Par ailleurs, après 1983, la privatisation des autorités régionales a commencé à être sérieusement étudiée par le gouvernement de Madame THATCHER, dans le cadre du programme de privatisation de toutes les industries naguère nationalisées par le "Labor Government" (16). Mais, le projet de vente des autorités de l'eau, élaboré en 1986, a été pour le moment reculé.

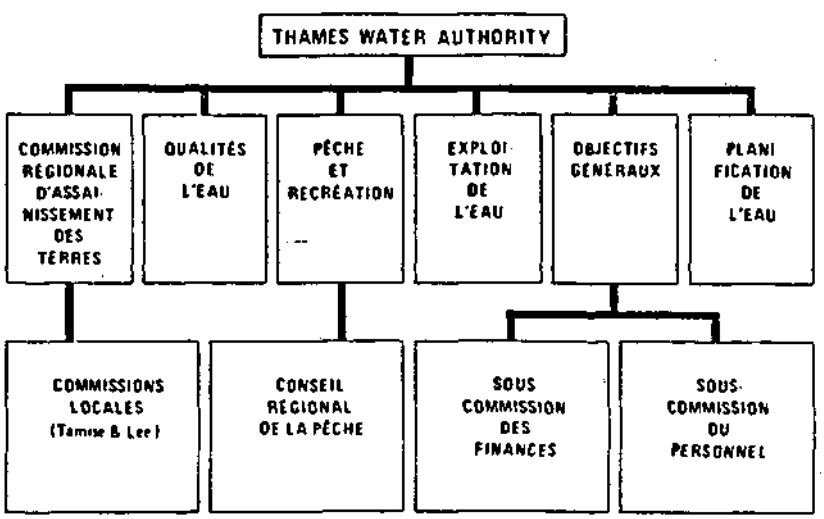



Figure 10 : Structure de l'Autorité de l'eau de la Tamise

Source : AGENCE FINANCIERE DE BASSIN - SEINE NORMANDIE, Séminaire : Seine Tamise, Paris, A.F.B - S.N, 1983, 35 p.

b) Les gouvernements locaux

1) Le rôle et l'organisation des services locaux

Après 1974, les conseils des districts (et les conseils des arrondissements pour Londres) continuent à gérer leurs réseaux d'assainissement avec le statut d'agence des R.W.A (les stations d'épuration sont exclusivement sous la responsabilité directe des autorités régionales (17)). L'élaboration des plans de besoins locaux et la formation des programmes d'assainissement restent ainsi une tâche réservée aux gouvernements locaux. Mais, tous les projets proposés sont soumis à l'approbation des R.W.A qui sont les propriétaires des équipements d'assainissement. Toute opération réalisée par les districts est donc, financièrement et techniquement, contrôlée par les R.W.A (*) (12). Dans ces conditions, la responsabilité des conseils des districts est limitée à :

- la proposition des projets annuels ;
- l'exécution des programmes approuvés par les R.W.A ;
- l'exploitation du service (13).

Dans plusieurs communes (surtout rurales), les travaux d'investissement sont confiés à des bureaux d'études privés. Le rôle des districts se limite, dans ces cas, à la gestion du service et à l'entretien des équipements. Mais, les grandes opérations d'entretien sont directement dirigées par les R.W.A (commission centrale et commissions locales d'assainissement).

Les services techniques des autorités locales sont généralement sous la responsabilité d'un ingénieur-chef contrôlé par le conseil de district. Ce contrôle reste en fait nominal, les conseils de districts n'intervenant dans la décision des programmes d'assainissement que dans le cas de conflits entre leurs services et les R.W.A. Les services d'assainissement des districts métropolitains sont en particulier gérés par des équipes qualifiées et bénéficient souvent des moyens d'expertise tels, que même certaines divisions des autorités régionales n'en disposent pas (12).

* Les R.W.A. interviennent surtout dans le développement des programmes de co
neuves (12).

La situation, que nous avons exposée ci-dessus, même si elle est représentative de tout le pays, ne caractérise pas toutes les communes anglaises. En effet, la loi de 1973, ne précisant pas avec exactitude les limites des responsabilités entre les autorités régionales et les autorités locales, les relations entre elles varient selon les particularités de chaque région. Ainsi :

- Certaines municipalités ne sont pas chargées du fonctionnement de leurs égouts, soit :
  . parce qu'elles ne l'ont pas accepté, argumentant que comme ce sont les R.W.A qui en sont responsables, elles doivent aussi se préoccuper de la gestion des réseaux ;
  . parce que les réseaux (surtout ceux des régions rurales), constituant une unité inséparable avec les stations d'épuration, sont forcément gérés par les R.W.A (13) ;
  . simplement parce qu'elles sont des exceptions (tous les grands collecteurs de la ville de Londres-6,5 m de diamètre- sont à la charge des "Thames Mater Autorité" (18)) ;
- Certains réseaux et petites stations considérés comme en très mauvais état n'ont pas été homologués par les R.W.A et sont restés sous l'entière responsabilité des districts (13) ;
- L'organisation des régions rurales diffère aussi substantiellement de celle de certaines zones de forte densité (13).

2) Les relations entre les autorités locales et les R.W.A

Jusqu'en 1983, le pouvoir des R.W.A., sur les autorités locales, se concrétisait par l'acceptation ou le refus des programmes proposés. Les R.W.A n'avaient pas le droit ni de modifier directement les programmes locaux d'assainissement, ni d'intervenir dans la composition des services des districts. Ainsi, les gouvernements locaux conservaient une certaine autonomie. Souvent, ils faisaient même adopter leurs programmes en utilisant des moyens indirects. De leur propre initiative, ils passaient des accords avec les promoteurs immobiliers pour la réalisation des projets

d'aménagement qui, forcément, étaient suivis par l'installation des équipements d'assainissement (14).

Rais, la méfiance domine les relations entre les deux types d'autorités. La loi de 1973, en dépossédant les gouvernements locaux de leur pouvoir sur la politique de l'eau (dont ils disposaient depuis 1833) et, par conséquent, sur la planification et le développement urbain, est devenue la cause de conflits et d'hostilités entre les R.W.A et les autorités locales (14).

De plus, comme les travaux relatifs aux réseaux interfèrent avec d'autres fonctions des autorités locales, telles que :

- la vidange des fosses septiques ;
- l'enregistrement des caractéristiques des égouts ;
- l'entretien des grandes routes (les services locaux utilisent souvent les mêmes véhicules et le même équipement pour l'entretien des réseaux et des routes) ;
- l'exploitation et l'entretien des stations de pompage des eaux de surface ;
- l'entretien des égouts non homologués par les R.W.A,

les dépenses des services locaux n'étaient pas toujours bien définies. Fait qui accentuait les malentendus et les conflits entre les agents locaux et régionaux (12).

Après 1983, le pouvoir des autorités régionales sur les gouvernements locaux a été renforcé. Précisément, la nouvelle loi sur l'eau a donné le droit aux autorités régionales de refuser de confier aux districts la gestion du service d'assainissement. Les R.W.A. peuvent donc, depuis, gérer seules les réseaux d'assainissement des villes. Parallèlement, cette loi a supprimé les membres des R.W.A nommés par les collectivités locales (19).

c) Le National Water Council (N.U1.C)

Le Conseil National de l'eau a été créé par la loi de 1973 pour :

- conseiller le Secrétaire d'Etat et le Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation pour tout ce qui a trait à la politique nationale de l'eau ;
- conseiller les R.W.A pour les questions d'intérêt commun ;
- promouvoir et assister les R.W.A, en particulier dans le domaine de la recherche et de l'élaboration des plans à moyen et à long termes ;
- établir et mettre en oeuvre le schéma des équipements hydrauliques ;
- établir un schéma de formation et d'enseignement pour l'industrie hydraulique du Royaume-Uni.

Le N.W.C était composé d'un président, nommé par le Secrétariat d'Etat à l'Environnement, des présidents des dix R.W.A, ainsi que d'un maximum de dix experts. Ses activités, limitées à des fonctions de coordination et de négociation des salaires, étaient soumises au contrôle du Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation, et du Secrétariat d'Etat à l'Environnement.

En 1983, le gouvernement THATCHER, dans un souci d'affaiblir le pouvoir d'intervention de cet organisme, l'a remplacé par le Water Authorities Association (W.A.A), composé uniquement par les dix présidents des autorités régionales. Les fonctions de cette association se limitent à :

- fournir un lieu de rencontre et de discussion entre les R.W.A et le gouvernement central ;
- coordonner les actions des R.W.A ;
- conserver une presse nationale et un service de relations publiques pour les R.W.A ;
- négocier les salaires et les conditions de travail des services des autorités régionales et des compagnies de l'eau (20).

d) Le Water Research Center (W.R.C)

Le W.R.C constitue, aujourd'hui, le Centre National de Recherche sur l'eau en Angleterre (*). Son rôle principal consiste à :

- évaluer les problèmes ;
- développer de nouvelles technologies ;
- optimiser les pratiques existantes dans le domaine de l'industrie de l'eau. ,.

Le W.R.C est, en fait, une compagnie privée financée à 80% par les cotisations de ses membres, qui représentent la majeure partie des compagnies de l'eau en Angleterre (les R.W.A, des entrepreneurs, et des fabricants des équipements) et un certain nombre de compagnies étrangères. 20% du revenu du W.R.C provient des contrats passés avec le Secrétariat d'Etat à l'Environnement et d'autres organismes sur des recherches spécifiques (son budget annuel, pour 1984-1985, a atteint 17 millions de livres) (21).

Le W.R.C, qui est le plus grand organisme de ce genre en Europe et un des plus grands dans le monde, emploie 500 personnes et se divise en trois sections :

- le UJ.R.C ENVIRONMENTAL PROTECTION, qui s'occupe de la qualité de l'eau potable, de la pollution des eaux de surface et des nappes souterraines et de la décharge des boues provenant de l'épuration des eaux ;
- le UJ.R.C PROCESS ENGINEERING, qui est responsable des études de traitement des eaux usées et des ordures ménagères ;
- le UJ.R.C ENGINEERING CENTER, qui s'occupe des recherches de développement de l'ingénierie. Actuellement, sa préoccupation majeure concerne

* Nous soulignons qu'en Angleterre, l'idée de créer un Centre National de Recherche sur l'eau ne constitue pas une nouveauté. En 1927, un centre national contre la pollution des eaux avait été créé, qui, en 1955, a été remplacé par l'Association de la Recherche sur l'Eau appartenant au Secrétariat d'Etat à l'Environnement (18).

les réseaux d'assainissement et d'eau potable. Son programme comprend, en particulier, l'évaluation des problèmes de détérioration des installations et le développement des techniques et des méthodes de surveillance, de rénovation/réhabilitation et de construction (21).

Le W.R.C, en étant un organisme privé, travaille évidemment pour ses propres intérêts. Mais, il définit les priorités de ses programmes par rapport aux besoins nationaux. Il développe en particulier ses axes de recherche en tenant compte des problèmes de chaque R.W.A. Pour cela, il travaille en étroite collaboration avec les R.W.A qui sont représentées au Comité de Recherche du Centre. Il travaille aussi sur des études particulières, ces dernières faisant partie des contrats spécifiques (24).

## § 3. Les fonctions du service d'assainissement

### 1. Le financement du service

#### a) Le mode de financement

##### 1 ) La situation antérieure à 1974

Jusqu'en 1974, toutes les dépenses courantes en assainissement (dépenses de fonctionnement, de maintenance et d'entretien) faisaient partie du budget général des districts. Ce budget, composé des impôts locaux (taxes immobilières) était destiné à toutes sortes d'opérations réalisées par la commune (22).

Les travaux d'investissement étaient, en général, financés par des emprunts, remboursés sur une période de 60 ans (23). L'Etat participait aussi à la réalisation des investissements, par l'allocation des subventions à des projets proposés par les communes et approuvés par le Secrétariat d'Etat à l'Environnement. Il intervenait ainsi dans la politique d'assainissement des autorités locales (24). Le gouvernement central influençait aussi les programmes locaux par le contrôle des emprunts des districts et la fixation des taux de taxation imposés par ces dernières (10).

2) La situation postérieure à 1974

Après la réorganisation de 1974, les Regional Dater Authorities financent tous les travaux d'assainissement réalisés par les districts (13). Leurs sources de revenu consistent à des redevances sur les services rendus et à des emprunts. (Nous précisons qu'après 1974 toutes les subventions allouées aux municipalités par l'Etat ont été supprimées) (14).

La redevance pour l'assainissement a été imposée indépendamment de la façon dont les réseaux d'assainissement sont gérés (soit par les conseils de districts, soit directement par les R.W.A) (19). Lorsque la consommation d'eau n'est pas mesurée par un compteur, la redevance perçue pour l'assainissement comprend une taxe fixe d'abonnement, plus un montant qui dépend de la "valeur nette annuelle" de l'habitat (23). Lorsque les locaux sont équipés d'un compteur d'eau et qu'ils sont également raccordés à l'égout, la redevance perçue comprend un montant fixe et un montant variable calculé d'après le volume mesuré de l'eau consommée (5) (13). La redevance payée par les industriels contient de plus les coûts additionnels liés au contrôle de la pollution canalisée dans les réseaux collectifs (23).

Nous signalons que l'utilisation des compteurs en Angleterre est récente et très limitée. Ce n'est en effet que depuis 1981 que tous les usagers peuvent en être équipés. Mais, très peu de clients, à part les usagers industriels et les commerçants, ont jusqu'à présent manifesté le souhait d'avoir un compteur. Par ailleurs, la majorité des R.W.A n'envisage pas, pour le moment, la généralisation du système de compteurs à cause du coût élevé de leur installation (9).

Le taux de la redevance varie d'une région à l'autre selon le niveau général de la valeur locative imposable. Les disparités de charges reflètent, en particulier, la diversité des coûts d'exploitation des réseaux et des besoins d'investissement entre les différentes régions. Cette diversité est due à plusieurs facteurs, tels que : la nature des normes

adoptées pour les effluents, les caractéristiques des réseaux, le nombre des usagers raccordés, la valeur du patrimoine (25).

Les redevances prélevées et les contributions des usagers (charges de raccordement) représentent aujourd'hui l'autofinancement des R.W.A qui couvre, en général, les frais de fonctionnement et une partie des investissements du service (en 1974-1975 cette partie représentait 20% des dépenses totales d'investissement). Depuis 1974, de grands efforts ont été faits par les R.W.A, sous l'incitation du N.W.C pour l'augmentation graduelle du taux de la redevance. Mais, comme cette augmentation ne peut pas dépasser les limites imposées par le gouvernement central, la partie d'autofinancement des autorités est restée faible (en 1978, elle ne couvrait que 33% des dépenses d'investissement) (13) (toutefois, le prix de l'eau a augmenté de 41% depuis la création des R.W.A et beaucoup de gens ont été choqués par le fait que des organismes non élus ont le droit de taxer les services d'eau et d'assainissement) (14).

La réalisation de nouvelles installations est donc forcément alimentée par des emprunts, qui, selon la règlementation, sont accordés avec l'autorisation du Secrétariat d'Etat à l'Environnement (13). Les R.W.A sont par conséquent financièrement dépendantes de cet organisme, responsable de la promotion de la politique nationale de l'eau en Angleterre et au Pays-de-Galles. Le Secrétaire d'Etat à l'Environnement contrôle de plus les activités des R.W.A par :

- l'encadrement de leurs dépenses annuelles ;
- la limitation de leurs emprunts ;
- la fixation d'une période de trois ans pour équilibrer leur budget (5).

A part ces restrictions qui restent, par nature, financières, les ingénieurs des R.W.A conservent l'autonomie et le pouvoir de planifier et de réaliser tous les programmes concernant l'eau en Angleterre. Mais, ces contraintes financières bloquent, en réalité, le programme de développe-

ment des R.W.A qui fait l'objet d'un plan quinquennal et empêchent la réalisation d'une politique à long terme (14).

b) Evolution des dépenses dans le domaine de l'assainissement

Nous illustrons les montants des investissements d'assainissement depuis 192D dans la figure 11. Comme on peut remarquer, dans la période d'après-guerre jusqu'à nos jours, les dépenses annuelles consacrées aux travaux d'assainissement présentent des variations considérables.

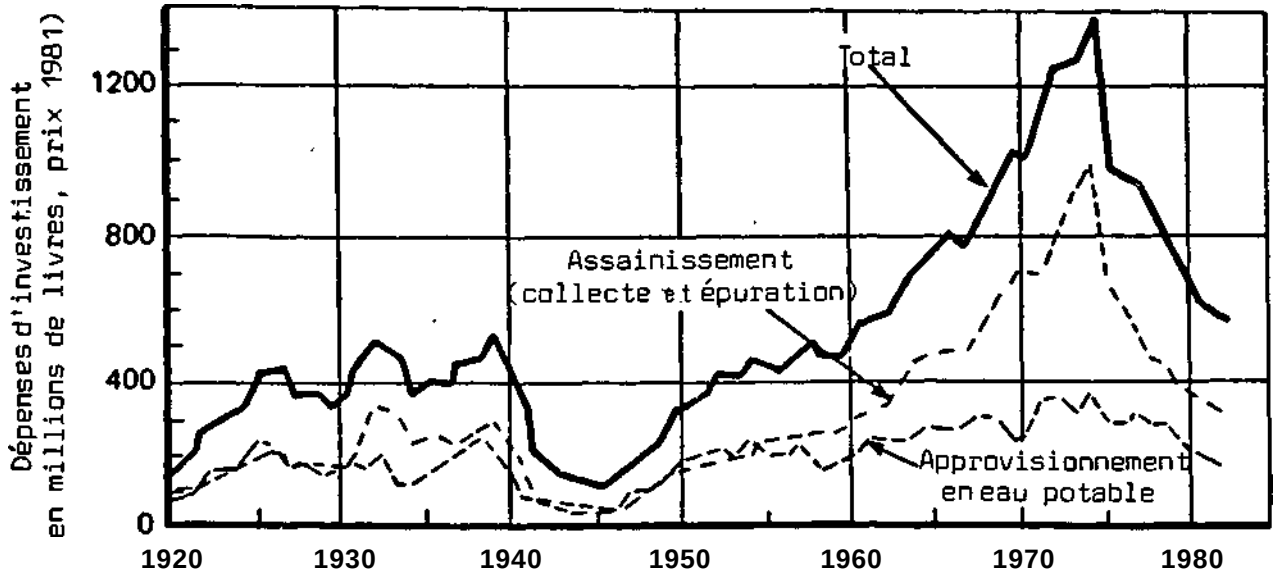



Figure 11 : Dépenses d'investissement en assainissement et en eau potable en Angleterre

Source : N.W.C, Dater Industry Review, 1982.

A partir du milieu des années 60 jusqu'au milieu des années 70, les investissements montent de façon accélérée. Phénomène qui est dû à la prise de conscience de la nécessité de protéger les ressources naturelles contre la pollution. Plusieurs stations d'épuration ont été construites pendant cette période dans un souci de dépolluer les rivières. Parallèlement, de nouveaux réseaux de collecte ont été réalisés au niveau local.

Depuis 1975, les dépenses d'assainissement baissent considérablement, et de façon constante, jusqu'en 1982, où une petite hausse se reproduit. Cette situation est figurée aussi dans les Tableaux 5 et 6 qui contiennent les dépenses totales des autorités régionales depuis 1975 (pour l'Angleterre et le Pays-de-Galles), classées par service et par fonction respectivement.

L'analyse par service confirme la figure 11. Les dépenses d'assainissement baissent depuis 1976 jusqu'en 1980 (9) (selon les responsables, la baisse des dépenses, depuis 1971, a atteint 46% (19)). Par ailleurs, selon les données du Tableau 6, qui concernent tous les services fournis par les autorités de l'eau ensemble, cette diminution de dépenses porte uniquement sur le domaine des nouvelles implantations. En effet, depuis 1978, les dépenses pour les nouvelles constructions ont baissé de l'ordre de 66% en suivant le ralentissement du développement urbain. Par contre, les dépenses de réhabilitation restent stables en termes réels (9). Néanmoins, on ne doit pas considérer ce mouvement de décroissance des investissements comme le résultat, seulement, du freinage de l'extension des villes. Cette tendance reflète la politique du gouvernement THATCHER qui a décidé, devant la crise économique, de réduire toutes les dépenses publiques, en diminuant considérablement le montant des investissements autorisés. Dans ce cadre, elle a imposé la suppression de tous les emprunts "inutiles" des R.W.A (21 ).

Pour l'année 1985-1986, les programmes des autorités de l'eau ont été marqués par une augmentation importante des dépenses pour les travaux

Tableau 5 : Dépenses d'investissement des R.W.A. par service, 1975-1981 (prix courant en millions de livres)

| | Approvisionnement en eau potable | Assainissement (collecte et épuration) | Drainage des sols | Autres | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| 1975 | 119 | 280 | 17 | 8 | 424 |
| 1976 | 164 | 31D | 27 | 11 | 512 |
| 1977 | 195 | 298 | 31 | 14 | 538 |
| 1978 | 192 | 261 | 41 | 20 | 514 |
| 1979 | 205 | 274 | 53 | 20 | 552 |
| 198D | 213 | 298 | 73 | 21 | 605 |
| 1981 | 233 | 348 | 81 | 31 | 693 |

Source : N.W.C. Dater Industry Review, 1982.

Tableau 6 : Dépenses d'investissement des R.W.A. par finalité, 1978-1981 (prix 1981 en millions de livres)

| | Réhabili-tation | Nouvelles construc-tions | Extension | Amélio-ration | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| 1978 | 231 | 322 | 165 | 107 | 825 |
| 1979 | 245 | 268 | 166 | 110 | 789 |
| 1980 | 246 | 196 | 154 | 105 | 701 |
| 1981 | 239 | 17D | 139 | 82 | 630 |
| 1982 (est.) | 255 | 142 | 142 | 80 | 619 |

Source : N.W.C. Dater Industry Review, 1982.

d'adduction d'eau potable et d'assainissement (collecte et épuration des eaux usées). Les dépenses d'entretien et d'amélioration des installations existantes pour les deux services ont été touchées par cette augmentation. Elles ont augmenté de 14% (9).

Bien sûr, les dépenses diffèrent selon les autorités. En particulier, les dépenses destinées aux réseaux d'assainissement (nouvelles constructions, opérations d'entretien et de maintenance), varient d'une autorité à l'autre de l'ordre de 6 à 15% (13).

2. L'entretien des équipements

a) Les pratiques d'entretien

L'entretien de la partie publique des réseaux d'assainissement constitue, selon le Public Health Act de 1936, une responsabilité des gouvernements locaux. Jusqu'en 1974, les services techniques des autorités locales, jouissant d'une grande autonomie, développaient chacune ses propres pratiques en matière d'entretien des réseaux. Certaines investissaient beaucoup dans ce domaine, tandis que d'autres ne s'occupaient de leurs équipements que dans des cas d'extrême nécessité (22). Leurs interventions se limitaient, bien évidemment, aux réseaux visitables ou semi-visitables et contenaient surtout des réfections des canalisations en brique. Pendant cette période, l'entretien avait généralement une action curative, étant donné que la majorité des réseaux en Angleterre sont non visitables (*) et que, jusqu'en 1960, il n'y a pas eu d'autre moyen d'accès aux égouts que par visite. La masse des collecteurs était en réalité inaccessible. Cela, d'autant plus que les vieux réseaux manquent de regards de visite permettant l'inspection des canalisations à l'aide de lampes électriques (7).

L'invention de la caméra de télévision, qui a eu lieu en Angleterre dans les années 60, a donné de nouvelles possibilités d'inspection aux gestionnaires des réseaux en leur permettant de pénétrer dans les canalisations de petites dimensions, Mais, ce mode d'intervention dans les

* 5% des collecteurs d'égouts en Angleterre ont un diamètre de plus de 1.000mm, 25% entre 300 et 1.000mm et 70% ont un diamètre de moins de 300mm (4).

réseaux n'a été utilisé régulièrement qu'après 1974 (22). Après 1974, les autorités régionales se sont davantage occupées de l'amélioration des conditions d'entretien des réseaux d'assainissement. En collaboration avec le "Pater Research Center", elles ont développé des programmes portant sur l'entretien préventif des équipements et sur la rénovation des systèmes existants (26). Parallèlement, elles ont encouragé les services techniques des districts de s'équiper avec le matériel nécessaire pour les opérations d'entretien et de maintenance.

b) La responsabilité d'archivage des données sur les réseaux

L'enregistrement et l'archivage des caractéristiques des collecteurs est une tâche confiée aux autorités locales par le Public Health Act de 1936 (*). Les conseils de districts ont également conservé cette responsabilité après la réorganisation de 1974. Aujourd'hui, les informations disponibles sur l'état des réseaux varient considérablement selon les villes. Certaines collectivités ont en effet développé des systèmes d'enregistrement de grande fiabilité. Mais, la plupart des communes ne disposent que des plans principaux exigés par la loi. En particulier, selon une enquête réalisée par le "Standing Technical Committee on Sewers and Water Mains", seulement 30 à 40% des collectivités locales disposent des enregistrements satisfaisants et 15 à 30% ne disposent d'aucune indication quant à la position de leurs réseaux (4).

3. L'utilisation des équipements ; le droit au raccordement

En Angleterre, *95%* de la population bénéficie aujourd'hui du service d'assainissement par réseau (4). La loi du "Public Health Act" de 1936 a octroyé, à tous les propriétaires de logements et les locataires, le droit de se raccorder aux réseaux publics (**). Ce droit n'a été que rarement

* Les premiers enregistrements des caractéristiques des collecteurs datent, en Angleterre, depuis 1830 (2).

** Selon le "Housing Act" de 1949, les gouvernements locaux sont obligés d'équiper des réseaux d'eau et d'assainissement tous les nouveaux quartiers réalisés par des promoteurs immobiliers (4).

remis en question par les autorités locales dans le passé. La loi ne donnait pas le pouvoir aux gouvernements locaux d'empêcher la réalisation des branchements. Ces derniers, étant une propriété privée, étaient construits et entretenus par les particuliers sans l'intervention des services d'assainissement locaux (27).

Après 1974, la modification de la législation a été jugée nécessaire pour l'amélioration de l'état des équipements. La loi de 1936 a été révisée donc pour permettre aux autorités de 1.'eau de refuser le raccordement aux réseaux publics qui se trouvent en charge (28).

Pour le cas des usagers' industriels, et selon les données dont nous disposons, il n'existe pas de contraintes concernant les effluents déversés dans les réseaux publics. Les industriels doivent, par contre, payer pour le service dont ils bénéficient, ainsi que pour les travaux supplémentaires correspondants à l'épuration de leurs effluents. (Nous soulignons qu'en Angleterre, la pollution industrielle est, en général, traitée par les stations d'épuration publiques) (25).

## § 4. Le contexte anglais avant et après la réforme de 1974

Les réseaux d'assainissement qui équipent aujourd'hui les villes en Angleterre sont marqués par les stigmates de l'urbanisation proliférante et hâtive du Premier Age Industriel. Une partie considérable des réseaux (ce qui représente plus de 20% des canalisations) est un héritage du siècle dernier. Par ailleurs, du fait que les Anglais ont été les pionniers dans le domaine de l'assainissement, une grande variété de méthodes et de matériaux caractérise ces premières canalisations. Nous devons, en particulier, distinguer la partie des collecteurs implantée avant la période 1860-1880 (*) de celle implantée après. Les constructions

* Cette période est marquée par le développement et la reconnaissance de la profession d'Ingénieur Hygiéniste comme partie intégrée à la profession d'Ingénieur Civil et son association aux systèmes des gouvernements locaux (19).

antérieures à cette période représentent la phase primitive de l'ingénierie et sont, selon les critères techniques actuels, insuffisantes (19). Après 1880, les installations de réseaux ont été réalisées plus ou moins en conformité des standards de conception et de construction de l'époque. Plais nous signalons, qu'au XIXème siècle la masse des équipements d'assainissement, construite pour équiper des quartiers ouvriers, a été réalisée dans un climat de croissance urbaine forcenée qui privilégie la spéculation et dans une absence de tout urbanisme global, donc, dans des conditions qui favorisent la piètre qualité des équipements (6).

Dans la période la plus récente jusqu'en 1974, les ouvrages d'assainissement sont, en règle générale, réalisés par des promoteurs ou par des entreprises concessionnaires et offerts, par la suite, aux autorités locales, selon les instructions du Public Health Act de 1936. Ainsi, étant donné qu'il n'y avait pas d'obligations, concernant les conditions de réception, plusieurs installations étaient de mauvaise qualité (ce n'est qu'en 1980 que le premier guide de réception des réseaux d'assainissement a été établi) (24). Mais, les mauvaises constructions en assainissement n'étaient pas uniquement le résultat d'une attitude de spéculation des entreprises de construction. Entre 1950 jusqu'au commencement des années 60, devant une forte demande en équipements, l'Etat avait encouragé l'assouplissement des standards de construction au niveau national. Toutes les canalisations, en grès et en ciment, fabriquées pendant cette période, sont ainsi aujourd'hui jugées techniquement insuffisantes. Après 1960, la qualité de fabrication des tuyaux a été considérablement améliorée (25). Le niveau d'entretien des installations a par contre baissé (29).

L'organisation de caractère municipal du service a joué aussi un rÔle considérable dans l'évolution des réseaux d'assainissement. Depuis 1833 jusqu'en 1974, l'exploitation des équipements et l'établissement des programmes de développement constitue une responsabilité exclusive des administrations locales (élues), qui jouissent d'une autonomie importante vis-à-vis du gouvernement central. L'évacuation et le traitement des eaux usées forment, en particulier, pendant cette période, un service public fiscalisé, qui est assuré par le personnel technique des districts (28).

Ce mode d'organisation du service a eu deux principales conséquences sur le développement des équipements d'assainissement : d'une part, il a suscité le morcellement des réseaux, d'autre part, il a rattaché leur évolution aux spécificités politiques et fiscales de chaque commune. Nous signalons que l'intervention de l'Etat pendant cette période se limitait à la réalisation de nouvelles constructions (stations d'épuration, extensions des réseaux dans les villes nouvelles et les zones rurales). Les aides financières de l'Etat ne s'adressaient jamais à l'entretien des équipements (30).

Depuis 1974 le contexte de la réalité anglaise, autour de la question de l'assainissement, change considérablement. La réorganisation de l'industrie de l'eau a entraîné la modification du système d'assainissement et le changement des priorités du secteur. Elle a parallèlement suscité le développement de relations de conflit entre les nouvelles autorités régionales et les municipalités. En particulier, les autorités locales ont été accusées d'avoir, dans le passé, échoué dans la gestion de leurs réseaux et de les avoir laissés à l'abandon pour privilégier les projets visibles et populaires. Par ailleurs, les gouvernements locaux ont brutalement réagi contre la nouvelle loi et ont obligé les R.W.A à faire trois concessions :

- augmenter le nombre des membres des R.W.A représentant les communes. (En réalité, l'intervention des membres nommés par les autorités locales a été réduite à un rôle de porte-parole, ces derniers étant simplement chargés de transmettre aux conseils de districts les décisions prises par la direction des R.W.A) ;
- développer leurs programmes annuels en tenant compte des structures existantes et des projets locaux ;
- confier la gestion des réseaux d'assainissement aux districts. Très vite, les ingénieurs des R.W.A ont donné des explications "techniques" à cette dernière concession. "Il est plus facile de gérer les réseaux au niveau local parce qu'ils forment des unités fragmentées et parce que leur bonne connaissance présuppose un travail au jour le jour sur

le terrain que seul le personnel des services municipaux est en position de mettre en place" (14).

Même si la plupart des réseaux d'assainissement était gérée au niveau local, toutes les opérations d'assainissement étaient financées par les autorités régionales qui imposaient les priorités dans le domaine de l'eau. Dans les premières années après leur création, les R.W.A se sont préoccupées des problèmes d'approvisionnement en eau potable et de dépollution des rivières. En 1979, ces deux problèmes étant résolus de façon plus ou moins efficace, le sujet des réseaux d'assainissement est devenu prioritaire dans la politique des R.W.A. Mais, en même temps, le gouvernement central a imposé des contraintes importantes en matière d'emprunts et de dépenses des autorités de l'eau. Ces restrictions financières, qui menaçaient le pouvoir et l'autonomie des R.W.A, ont rendu encore plus aigus les conflits entre les R.W.A et les gouvernements locaux (les R.W.A ont accusé les conseils de districts d'avoir mal géré l'argent dont ils disposaient et de leur avoir présenté des projets insuffisamment détaillés pour pouvoir justifier leurs budgets au gouvernement central) (14).

En 1981, le gouvernement a mis de nouvelles limites aux dépenses des R.W.A. Ces dernières, pour atteindre leurs objectifs, ont augmenté leurs dépenses, en matière de réseaux d'assainissement, de 30% et ont diminué simultanément de 30% leurs dépenses en d'autres types de travaux (A). Parallèlement, elles ont recherché des programmes basés sur l'efficacité et l'économie. Cela dans un souci d'attirer l'intérêt du gouvernement central et, par conséquent, de freiner la diminution des emprunts et de faire face aux contraintes financières. Elles ont travaillé alors en étroite collaboration avec le Pater Research Center, dont le premier objectif consiste aujourd'hui "à épargner l'argent des R.W.A" (18).

En 1983, la nouvelle loi sur l'eau a réduit encore plus le pouvoir des gouvernements locaux et a élargi le contrôle du gouvernement central sur les R.W.A. Les premières rumeurs à propos de la privatisation des autorités de l'eau ont fait, parallèlement, leur apparition. Mais, pour l'année 1985-1986, les R.W.A ont réussi à augmenter leurs investissements

et leurs dépenses de maintenance, en persuadant, du moins pour le moment, le gouvernement central de l'importance de leurs programmes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA PREMIERE PARTIE - CHAPITRE III

1 - EDWARDS G., "The renewal of urban water and sewerage Systems", in Planning and Civil Enqineer, London, Thomas Telford Ltd, 1982, pp. 39-45.

2 - COX C, "Underground heritage - a study of dereliction of sewers and water mains", in Chartered Municipal Engineer, Vol. 108, October 1981 , pp. 224-239.

3 - REED I. (Geoffrey), "Sewer Dereliction, Renovation and Reconstruction", in Practical Aspects of Sewer Renovation, Manchester, University of Manchester - Institution of Science and Technology, 1983 (Symposium organisé par le Institution of Public Health Engineers, 15-16 September 1983).

4 - PEARCE (Fred), Watershed - The Water Crisis in Britain, London, Society Technology and Sciences, Junction Books, 1982, 198 p.

5 - AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Séminaire ; Seine-Tamise , Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, 1983, 35 P.

6 - CHALINE (Claude), L'urbanisme en Grande-Bretagne, Paris, Armand Colin, 1972, 197 p.

- SELLEK W.J., "The Opération, Maintenance and Renovation of Sewerage Systems and Pumping Stations in a Large Municipality", in Water Pollution Control, n° 5, 1982, pp. 645-654.

B - RUSHBROOKE N.J., "Underground Dereliction in the North West", in J.I.W.E.S., n° 35, 1981, pp. 310-328.

9 - KEY (Tony) et MEEGAN (Richard), Urban Infrastructure in the U.K., London, CES Ltd, September 1983, 143 p. (preliminary review).

10 - STEWART (Flurray), Conférence faite le 11-12-1985 à l'ENPC, La structure des gouvernements locaux en Angleterre.

11 - RYSER (Judith), "Autorités locales et recherche urbaine en Grande-Bretagne", in Les Annales de la recherche urbaine, n° 20, pp. 60-74.

12 - "The structure and management of the British mater industry", in Uater practice manuals, London, Institution of Uater Engineers and Scientists, 1979.

13 - N.U.C, "Water administration and finance", in Uater Industry review, London, National Uater Council, 1978, pp. 13-18.

14 - SAUN0ERS (Peter), The régional state t a review of the literature and agenda for research, Sussex, University of Sussex : Urban and Régional Studies, September 1983, 82 p. (Working Paper).

15 - Propos recueillis auprès de Monsieur M. SYNN0T, économiste assistant à "London School of Economies" lors d'une interview réalisée le 03-07-1984 à Londres.

16 - "U.K. Oetails Uater Units Privatization", in International Uorld Tribune, 6 February 1986.

17 - N.U.C, "Sewerage", in Uater Industry review. National Uater Council, 1982, pp. 32-38.

18 - Propos recueilis auprès de Monsieur G. COX, ingénieur du Thames R.U.A lors d'une interview réalisée le 02-07-1984 à Londres.

19 - MEEGAN (Richard), Case study, water and sewerage facilities in U.K., London, CES Ltd, April 1984, 53 p.

20 - The uiater industry in Enqland and lilales, London, Uater Authorities Association, February 1984 (Brochure).

21 - Annual Report and Accounts 1982-1983, Suiindon, Uater Research Center, 1983, 26 p.

22 - 3 underground services in the inner city, London, Department of the Environment, November 1979, 93 p. (Inner Cities Research Programme).

23 - L0FTH0USE P., "Assessment of the scale and nature of the problems", in Symposium on deter.ioratigcL of underground assets, London, Institution of Uater Engineers and Scientists, December 1983, pp.

24 - Propos recueillis auprès de Monsieur P. SAUNDERS, Department of Urban and Régional Studies, University of Sussex lors d'une interview réalisée le 04-07-1984 à Brighton.

25 - "Uater administration and finance", in Uater Industry revieui, National Uater Council, 1982.

26 - Seuier and Uater Main Records, London, Department of the Environment, 1980, 109 p. (Standing Lechnical Committee on Seuier and Uater Mains report, n° 25).

27 - BRIST0W R. (Keith), "The status of seuiers", in Municipal Engineer, Vol. III, n° 3, March 1984, pp. 85-89

28 - EAST U.E. et PAYNE N.L., Problems of seuierage, Sussex, Institution of Municipal Engineers, 10 June 1976, 4 p. (Paper n° 6, third technical session).

29 - HIBBERT H., "Assessing the overall performance of seuier Systems", in Symposium on détérioration of underground Assets. London, Institution of Uater Engineers and Scientists, December 1983.

30 - RAMSEY C.R., "Seuer Rénovation - A National Perspective", in Practical Aspects of Seuer Rénovation, Manchester, University of Manchester - Institution of Science and Technology, 1983, (Symposium organisé par le Institution of Public Health Engineers le 15-16 September 1983).

# CHAPITRE IV

# LE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT AUX ETATS-UNIS

## § 1. Historique des réseaux d'assainissement aux Etats-Unis

### a) La phase initiale de l'assainissement

Les premiers réseaux d'assainissement, construits aux Etats-Unis à la fin du XVIIIème siècle dans les villes les plus importantes -New York, Baltimore, Boston- servaient à l'évacuation des eaux pluviales. Ces constructions ont été réalisées par les gouvernements municipaux dans le but de débarrasser les villes des nuisances provoquées par les eaux de pluie, s'accumulant dans les rues, qui perturbaient les activités commerciales, provoquaient des inondations et facilitaient la transmission des maladies. Les premiers collecteurs furent construits en brique ou en bois et étaient assez grands pour permettre un curage manuel. La législation interdisait l'utilisation de ces réseaux pour l'évacuation des eaux vannes. Les excréments humains étaient alors déposés dans des fosses d'aisance dans les caves des immeubles. Entre 1800 et 1860 toutes les eaux sales produites dans la plupart des villes étaient évacuées de la façon la plus simple possible. On les jetait dans les rues, les puits secs ou dans les fosses (1).

Ce n'est que dans la dernière décennie du XVIIIème siècle que le grand mouvement de construction des réseaux par les instances locales eut lieu. Ce mouvement a accompagné le changement de l'organisation urbaine, les villes américaines ne constituant plus des unités fragmentées mais des systèmes uniformes (2).

L'utilisation de la technique du réseau pour l'évacuation des eaux usées a été la conséquence d'une combinaison des facteurs démographiques et technologiques qui ont contribué, ensemble, à la surcharge des fosses d'aisance à leur défaillance puis leur abandon. En effet, vers la fin du XIXème siècle, la densité de la population dans les villes était telle que

le système des fosses d'aisance s'avérait insuffisant. Cette situation s'est accentuée par le développement du système d'adduction d'eau potable et l'adoption du U.C. à chasse d'eau, importé d'Angleterre, pour la collecte des excréments humains. Le mouvement de construction des réseaux a été progressif. Précisément : on continue d'utiliser le système des fosses jusqu'à ce que leur surcharge devienne une menace pour la santé publique. Dans un stade intermédiaire on permet le raccordement des immeubles aux réseaux pluviaux déjà existants (New York-1844). Mais ces réseaux n'étant pas conçus pour de telles fonctions, ils sont vite transformés en fosses horizontales constituant de nouvelles sources de maladies. Les hygiénistes et les citadins exigent donc la construction de réseaux d'égouts pour évacuer les eaux usées sans créer de nuisances (1).

La réalisation des réseaux d'assainissement et d'adduction d'eau potable représente l'investissement le plus lourd réalisé par les communes au XIXème siècle. Le montant des capitaux exigés pour la construction de ces nouveaux équipements a provoqué une série de discussions sur les coûts et les bénéfices escomptés par le remplacement des systèmes. Les défenseurs de la réalisation des réseaux d'assainissement soutenaient en particulier que les dépenses nécessaires seraient moins importantes que les charges annuelles de collecte avec le système des fosses (1). Certains hygiénistes ont essayé même d'évaluer le coût des maladies et de la mort par rapport au bénéfice apporté par l'amélioration des installations sanitaires. Ils escomptaient de telles économies, basées sur l'amélioration de la santé, que les municipalités ne pourraient plus rester indifférentes vis-à-vis du nouveau système. Par ailleurs, les villes dotées des réseaux d'assainissement et de distribution d'eau potable représentaient des pôles d'attraction pour les populations et pour l'implantation de l'industrie. Ainsi, dans certaines régions du Sud, c'étaient les industriels et les hommes d'affaires qui conduisaient le mouvement hygiéniste.

En 1870, les dernières réactions et doutes portant sur la perte des excréments humains utilisables comme engrais, la crainte de nouveaux risques pour la santé publique et l'engagement de dépenses démesurées ont

été surmontés. Une période de réalisation de grands travaux d'assainissement commence alors. En 1890, 8.199 miles (13.195km) de réseaux sont mis en place (villes de plus de 10.000 habitants). En 1909, la longueur des réseaux atteint 24.972 miles (40.188km) (villes de plus de 30.000 habitants). Cette même année 85% de la population des villes de plus de 300.000 habitants sont desservis par le tout à l'égout (3). Entre 1880 et 1920, les grandes villes s'équipent de réseaux surtout unitaires. Par contre, les villes les moins importantes construisent des réseaux séparatifs sans collecteurs souterrains pour les eaux pluviales. (En 1909, la totalité des 24.972 miles de réseaux existants consistent en 18.361 miles (74%) de réseaux unitaires, en 5.258 miles *{21%)* de réseaux séparatifs et en 1.352 miles *(b%)* de réseaux "eaux pluviales). A l'origine, les égouts de faible diamètre sont généralement constitués de conduites en grès, tandis que les collecteurs à large section -42 inches (106,6 cm) et plus- sont en briques. Vers 1905, on commence à utiliser le béton armé (3).

La généralisation du tout à l'égout a eu des conséquences imprévues sur la santé publique. Le rejet des eaux usées dans les rivières et les lacs, qui servaient également de points d'alimentation en eau pour d'autres villes, a eu des conséquences imprévues sur la santé publique. Il a provoqué la contamination de l'eau potable des villes situées en aval et a facilité la transmission des épidémies à une échelle nationale. A la fin du XIXème siècle, l'augmentation du taux de mortalité par typhoïde dans les villes qui se situaient à l'aval des rejets a nécessité la prise de nouvelles mesures d'hygiène au niveau des Etats. Des conseils de santé ont été constitués et des lois contre la pollution des eaux ont été votées. En même temps, les premières méthodes d'épuration des eaux usées et les technologies de filtration et de désinfection des eaux potables sont apparues. Mais la réalisation des équipements d'épuration a été en général très restreinte.

Le début du XXème siècle (période entre 1905 et 1914) se caractérise, aux U.S.A., par de forts conflits sur la politique de l'eau, entre les administrations concernées par la santé publique et les ingénieurs sanitaires. Les premières soutenaient que l'épuration des eaux usées avant leur rejet dans le milieu naturel était nécessaire pour la protection

contre les épidémies, tandis que les deuxièmes affirmaient que la solution la plus efficace était la seule désinfection de l'eau potable. La prédominance des ingénieurs sanitaires qui proposaient des solutions dans un esprit de coût-efficacité, l'absence d'une réglementation uniforme et rigoureuse, et le manque d'instruments fiscaux des gouvernements municipaux, propres à apporter les capitaux nécessaires à la réalisation des stations d'épuration, n'ont pas permis la prise de mesures contre la contamination des ressources naturelles.

b) La période récente de l'assainissement

Après 1914, le rythme de réalisation des travaux d'assainissement se ralentit face à d'autres priorités. Dans les années de la dépression, après 1929, sous le vaste programme de travaux publics, dit "le New Deal", plusieurs stations d'épuration sont réalisées pour la première fois, sous l'incitation gouvernementale. Deux facteurs ont contribué à ce mouvement : la nouvelle réglementation selon laquelle on n'approuve pas les projets d'assainissement qui ne prévoient pas l'épuration des effluents, et l'allocation des aides financières pour la construction des stations d'épuration. Ainsi, en 1938, l'Etat Fédéral participe au financement de 1.165 stations sur les 1.310 nouvelles stations construites pendant la décennie de 1930. Dans ces conditions, la population desservie par des stations d'épuration a augmenté de 21,5 millions d'habitants en 1932, à 39 millions en 1939 et la qualité du milieu récepteur s'améliore considérablement.

Le cycle le plus récent de construction reprend après la deuxième guerre mondiale sous la pression d'une forte demande en équipement d'infrastructure. On construit désormais des réseaux separatifs afin de protéger le milieu naturel contre les rejets polluants dus aux déversoires d'orage et aux débordements des réseaux unitaires et de diminuer les coûts de traitement. Néanmoins, jusqu'en 1960, on continue à élargir et à prolonger les réseaux unitaires existants (4). En 1966, le Congrès adopte définitivement le système separatif et discute même la transformation de tous les réseaux unitaires en separatifs (*). Cette proposition a été abandonnée face aux dépenses prohibitives exigées.

* Actuellement, les réseaux unitaires représentent 28 % de touts les réseaux du pays (5)-

L'intervention fédérale dans les programmes de cette période reste limitée (après la guerre il y a une réaction contre les dépenses effectuées sous le "Neu Deal"). Elle prend la forme de subventions pour la construction des stations d'épuration, d'allocations de prêts à taux d'intérêt bas et de financement de recherches dans le cadre du "Fédéral Water Pollution Control Act" de 1948. Mais le montant de ces aides, ajouté aux ressources municipales, ne suffit pas à couvrir les besoins en assainissement. Ainsi, ce n'est qu'en 1951 que les investissements en assainissement et en eau potable, atteignent le niveau des années 1930. Entre 1950 et 1960, les dépenses en investissement augmentent d'un tiers, soit de 1,1 milliard de dollars à 1,4 milliard de dollars (6).

Après 1960, l'intervention du gouvernement fédéral dans les programmes d'infrastructures se renforce. La part de l'aide fédérale dans les dépenses d'investissement des Etats et des municipalités passe de l'ordre de *20%* dans les années soixante à 40% dans les années soixante-dix. Pendant la même période, les préoccupations d'environnement influent considérablement sur l'évolution des équipements d'assainissement. A la suite des lois fédérales de 1965 et de 1966, qui imposent les premières normes de pollution des eaux, mais surtout du Fédéral Ulater Pollution Control Act de 1972, qui exige l'élimination complète des décharges polluantes dans les milieux naturels jusqu'en 1985, plusieurs équipements ont été réalisés en assainissement (7). La participation financière de l'Etat Fédéral dans la construction des nouvelles installations a été très importante.

Après 1980, la préoccupation liée à la qualité du milieu naturel et aux problèmes de pollution des eaux s'est accentuée face à la gravité des problèmes de contamination des ressources naturelles et, en particulier des nappes phréatiques, due à la grande quantité de décharges incontrôlées de produits toxiques. Ainsi aujourd'hui, on observe, dans la société américaine, une sensibilité grandissante de l'opinion publique vis-à-vis des problèmes de pollution, phénomène qui a entrainé le durcissement et l'application rigoureuse des normes (8).

§ 2. Les agents du système d'assainissement

Trois principaux agents interviennent dans la définition des programmes d'assainissement : les collectivités locales, les districts spéciaux, les Etats et l'Etat Fédéral.

Les équipements d'assainissement, comprenant les stations d'épuration, les grands émissaires et les petits collecteurs d'eaux usées et pluviales, appartiennent, en général, aux communes ou aux districts spéciaux qui sont aussi chargés de leur exploitation. Mais la répartition des responsabilités entre ces instances est complexe. En particulier :

- les districts spéciaux (autorités régionales) sont souvent responsables des stations d'épuration, des réseaux de grands collecteurs intercommunaux et des émissaires, qui concernent de vastes régions ; ils doivent respecter les normes de pollution, imposées par l'Etat Fédéral ;
- les communes détiennent l'autorité sur les réseaux locaux des petits collecteurs qui font partie des systèmes d'assainissement régionaux.

Dans les villes équipées des systèmes séparatifs, la responsabilité est souvent subdivisée entre le service urbain d'assainissement qui s'occupe des conduites d'eaux usées et le service urbain de voirie qui a la charge des collecteurs d'eaux pluviales. Ces divisions de responsabilités entre les districts et les villes et aussi entre les différents services au niveau local compliquent la planification et la coordination des investissements (9).

L'action des Etats-Etat et de l'Etat Fédéral se manifeste par l'imposition de la législation et par une participation financière dans la réalisation des travaux.

1 . Les collectivités locales

Les collectivités locales aux U.S.A. sont des entités organisées qui jouissent d'une autonomie dans la gestion de leurs propres affaires et qui assurent des fonctions gouvernementales (*). L'indépendance de ces organisations trouve sa légitimité du point de vue administratif dans les élections populaires des responsables locaux. Elle se concrétise du point de vue fiscal, dans le droit de déterminer leur budget, de collecter des impôts et de contracter des dettes (10).

Cependant, ces gouvernements locaux ne possèdent qu'une indépendance toute relative. En réalité ils ne tirent leur légitimité que de leur reconnaissance par l'Etat dans lequel ils se trouvent et dont ils ne peuvent enfreindre la législation. De même, leur autonomie financière a ses limites qui transparaissent dans l'importance de l'aide Fédérale et de celle des Etats tendant, par ce biais, à ramener les collectivités locales sous leur dépendance (10).

Dans le domaine de l'assainissement, la réalisation des travaux fait partie des programmes des collectivités locales et de leurs budgets (**). La conception de nouvelles installations est généralement confiée à des sociétés d'ingénierie, souvent indépendantes et spécialisées dans les marchés urbains. Elles préparent, pour les communes, le cahier des charges et les spécifications détaillées de la construction et des équipements. L'implantation des ouvrages est réalisée par des entreprises de travaux sélectionnés par appel d'offre concurrentiel (12). L'exploitation des réseaux peut être sous la responsabilité soit du même service que la voirie (cas de petites communes), soit d'un service spécial d'assainissement chargé des travaux publics qui, souvent, assure aussi la distribution

* En règle générale, les collectivités locales sont définies par un territoire et une population déterminée. Toute création, changement de forme, extension, regroupement, sont théoriquement possibles,, avec l'accord d'une majorité de la population concernée et à condition de satisfaire à certaines obligations légales assorties de l'agréement de l'Etat, dont la collectivité dépend territorialement (10).

** Les nouvelles communes sont, en général, entièrement construites et équipées par des entreprises de construction privées. Une fois que les travaux sont achevés, les municipalités reçoivent les équipements et se chargent de la responsabilité du service (11).

en eau potable (*) et cela, selon la taille de la commune et les particularités locales (5).

Nous distinguons deux principales formes de gouvernements locaux, définies par leur territoire et leur population, qui caractérisent le contexte des U.S.A. : les "counties" et les "municipalities". Leur rôle dans la gestion des services urbains (et bien sûr de l'assainissement) varie largement d'une région à l'autre selon les problèmes et les besoins qui y sont développés.

Les "municipalities" sont des organismes de caractère urbain dont le rôle traditionnel est d'assurer la gestion de certains services publics, tels que l'adduction d'eau potable, la voirie, la police, l'habitat social, l'assainissement. Il existe trois principales formes d'administration urbaine, dites : "Mayor council", "council manager" et "commission" qui sont inégalement réparties sur le territoire américain (cf. Annexe 5).

Les "counties" sont des unités territoriales (cf. Annexe 5). Leurs fonctions traditionnelles incluent généralement la collecte des impôts fonciers, la protection des ressources naturelles, l'entretien des routes et des espaces vers, les services sociaux et la sécurité publique (9). Leur rôle dans le domaine de l'assainissement reste limité même si certaines opérations d'assainissement sont entretenues par les "counties".

2. Les districts spéciaux

Les "districts spéciaux" sont une autre forme d'organisation publique. Ils jouent un rôle important dans le domaine de l'assainissement. Il s'agit des gouvernements locaux qui partagent les mêmes prérogatives que

* Pour donner un exemple concret de l'organisation du service municipal, on présente le cas de la ville de Ml'lwnukee (620.000 habitants et 92 "miles" carré) : la ville est gérée par un conseil municipal de 16 membres élus au niveau d'une base des cantons. Le responsable des travaux publics qui est un ingénieur diplômé de l'Etat, est nommé par le maire (avec l'approbation du conseil municipal) pour une période de deux ans. Il dirige un service de 3.000 employés et il est responsable de la réalisation des projets approuvés et financés par le conseil municipal. Le rôle des ingénieurs professionnels qui travaillent pour les municipalités est d'assurer le service et de faire des propositions en prenant en compte les moyens financiers de la commune et surtout l'opinion publique. Comme on dit, "leur fonction la plus importante est de minimiser les plaintes des citoyens" (13).

les collectivités locales : une autonomie financière et administrative (ils restent bien sûr soumis aux législations des Etats).

Il existe approximativement 26.000 districts (dont 1.500 en assainissement) qui se distinguent par le fait qu'ils fournissent, dans la plupart des cas, des services spécifiques tels que la lutte contre l'incendie, la distribution d'eau potable, l'assainissement, le drainage, l'irrigation, la conservation des sols ... (un district peut être responsable d'un ou de plusieurs services) (10).

Les districts peuvent couvrir soit une région métropolitaine entière (autorités régionales), soit une seule municipalité ou un groupe de municipalités. Dans le domaine de l'assainissement ils assurent, en général, le service à un nombre de subdivisions politiques situées dans un seul bassin versant (9).

Ces établissements publics sont généralement créés à la suite d'une demande explicite de la population concernée. Ils sont administrés par un conseil de membres élus par la population ou nommés par l'administration. Leurs sources de revenus comprennent des impôts locaux, des emprunts, des redevances pour services rendus et des subventions des Etats et de l'Etat Fédéral (14).

Les premiers districts d'assainissement ont été créés au début du XXème siècle. Ce mode d'organisation des services publics a été adopté dans les années 30 par un grand nombre de nouveaux quartiers périphériques qui voulaient échapper au contrôle politique des villes et aux limites des taxations et des emprunts de l'organisation municipale (*). Aujourd'hui, les districts jouent un rôle considérable dans la réalisation et dans la gestion des stations d'épuration, des grands collecteurs intercommunaux et des émissaires. Leurs actions dans le domaine des réseaux communaux restent par contre limitées. La gestion de ces réseaux demeure une prérogative des collectivités locales.

* En confiant le service à des districts organisés au niveau des "counties", on le délibère des contraintes liées aux obligations d'emprunt municipales (les contraintes pour les emprunts au niveau des "counties" sont, en général, plus faibles). Autrement dit, on renforce ses sources de revenu ('H).

3. Les Etats - L'Etat Fédéral

Les Etats et l'Etat Fédéral interviennent dans la définition de la politique d'assainissement par l'imposition de la réglementation et des normes, l'allocation des aides pour la réalisation des équipements, le financement des recherches et les incitations techniques et financières.

Précisément, le rôle des Etats consiste en l'imposition du mode de taxation (taxes de propriété, taxe de vente, taxe de revenu) que les gouvernements locaux ont le devoir d'appliquer, et à l'allocation d'aides financières (plus du tiers des ressources générales des communes (35,8/0 en 1981) consiste en des aides des Etats et de l'Etat Fédéral) (9).

De même, le rôle de l'Etat Fédéral dans l'évolution des systèmes d'assainissement est considérable, de façon que malgré l'autonomie théorique des institutions locales, on peut parler d'une politique fédérale en assainissement. Cette dernière se concrétise par :

- la publication des décrets concernant l'hygiène publique et la protection de l'Environnement (le "Public Health Service Act" de 1912, le "Uiater Pollution Control Act" de 1948, le "Fédéral Uiater Pollution Control Act" de 1966, le "Fédéral Uiater Pollution Control Act" de 1972 et le "Fédéral Clean Uiater Act" de 1977) ;
- l'allocation des subventions ;
- l'élaboration de grands programmes de travaux publics suivant les priorités de la politique fédérale de développement.

§ 3. Les fonctions du service d'assainissement

1 . Le financement du service

a) Le mode de financement

1) Les ressources des collectivités locales

La source régulière de financement des opérations d'assainissement, provient des ressources locales traditionnelles : taxes immobilières,

redevances pour services rendus (*) ("user charges"). Cette dernière forme de financement qui caractérise surtout les "districts spéciaux" a été généralisée après 1979. Elle devient le moyen essentiel de financement du service d'assainissement par les collectivités locales, cela à cause de la crise financière des villes et de l'imposition dans certains Etats des limites à l'augmentation des taxes (**).

Les ressources locales sont utilisées pour couvrir les dépenses d'investissement aussi bien que de fonctionnement des installations. En particulier, les opérations ordinaires d'entretien, pour la partie des réseaux qui se trouve à la charge des collectivités locales, collectivités locales, s'inscrivent dans le cadre du chapitre de fonctionnement des budgets communaux. Dans ce chapitre, les impôts annuels perçus par les communes équilibrent les frais de tous les services municipaux : la police, les espaces verts, les programmes de loisir, la santé publique, l'éducation et, entre autres, l'entretien des équipements urbains. Ainsi tous les ans, les communes déterminent le niveau d'entretien auquel elles peuvent subvenir en tenant compte des besoins des citoyens (exprimés directement ou indirectement), de leurs possibilités financières et, bien sûr, la réglementation imposée par le gouvernement fédéral et les Etats.

Pour la réalisation de travaux neufs et de grandes opérations d'entretien les communes élargissent en général leurs revenus par des emprunts. Les principaux instruments d'emprunt, utilisés pour le financement des investissements d'assainissement, sont les emprunts à long terme (les

* Le montant des redevances est basé, en général, sur la valeur des impôts payés par les usagers. Néanmoins, il existe, depuis 1977, des propositions pour baser les redevances sur le volume des eaux usées produit (16).

** Depuis la fin des années 70, il existe aux Etats-Unis un mouvement de revendications au sein des contribuables pour la diminution des impôts immobiliers ainsi qu'un intérêt grandissant des citoyens pour les décisions liées aux budgets municipaux (pour la première fois dans l'histoire américaine, l'affluence des citadins aux auditions sur les budgets annuels -ce sont des auditions destinées à informer les propriétaires des impôts qu'ils doivent payer- a été très importante et les comportements des citoyens très hostiles vis-à-vis des conseils municipaux (17)). Cette situation a contribué à l'adoption par les gouvernements de certains Etats d'une série de mesures pour limiter la progression des impôts immobiliers De telles mesures constituent la proposition 13, qui a été votée en Californie en 1978, et la proposition 2 1/2, qui a été appliquée à l'Etat de Massachussets en 1980 et qui fixait le plafond de l'augmentation des taxes à 2,5% par an, bien en-dessous du taux d'inflation (18).

émissions d'obligation) à intérêts exemptés de taxes. Depuis l'application des limites à la taxation, à la fin des années 70, on constate une réduction soudaine des revenus réguliers des communes, qui a entraîné la diminution de leur capacité d'endettement. Cette situation a eu des conséquences directes sur leurs prestations de services (19).

Par ailleurs, le mouvement d'emprunts à long terme a été découragé par l'augmentation générale des taux d'intérêt en 1974-1975 et en 1980-1981. Mais surtout il a été freiné par le refus des électeurs municipaux d'approuver les "General Obligation Bonds" (nous précisons que c'est le corps électoral des villes qui décide de ce type d'engagement financier des municipalités : l'approbation par une majorité de 2/3 est parfois

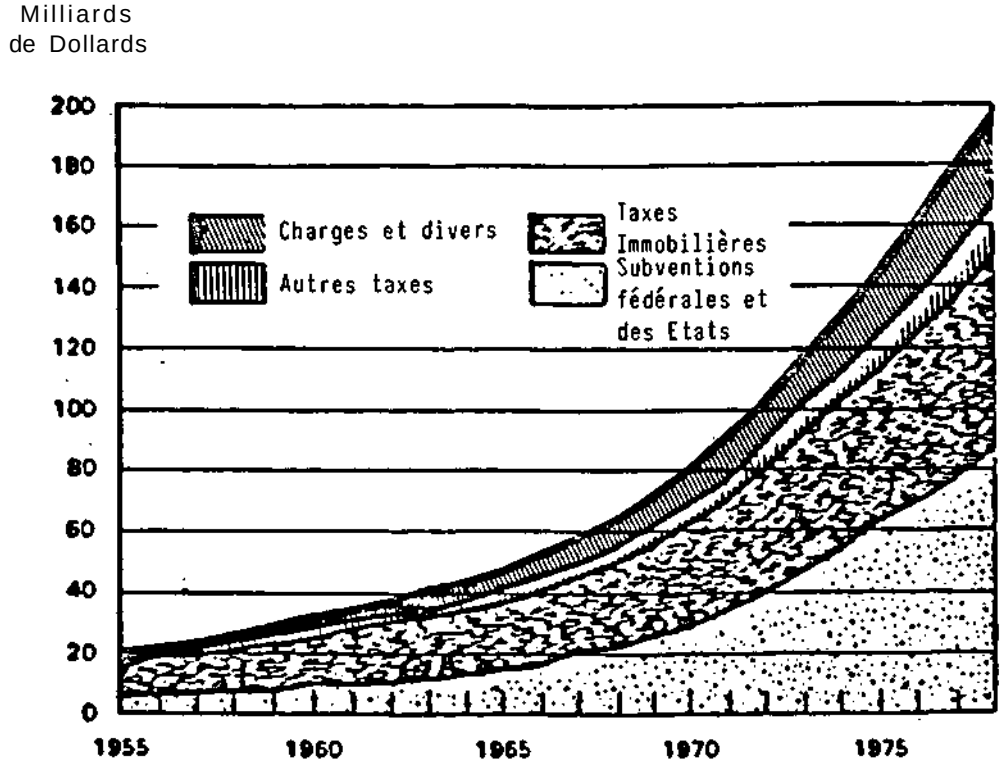



Figure 12 : Principales sources de revenu pour les collectivités locales aux Etats Unis, période 1955-1978

Source : Advisory Commission on Intergovernmental Relations, Significant Features of Fiscal Federalism, 1978-1979, Advisory Commission on Intergovernmental Relations, 1979.

nécessaire) (20). L'influence de l'opinion des citoyens dans la prise des décisions concernant les opérations à réaliser par les services municipaux est, en effet, très importante. Aujourd'hui, on estime que la définition des priorités des programmes communaux a été considérablement déterminée par l'enjeu électoral, ce qui a entrainé comme conséquence l'encouragement à la réalisation des travaux visibles par les électeurs -constructions neuves, services sociaux- et le désengagement vis-à-vis des équipements existants (21).

Outre les types de revenus des gouvernements locaux, présentés ci-dessus, les travaux d'assainissement sont également financés par d'autres instances gouvernementales (les ressources inter-gouvernementales concernent principalement les installations d'épuration) (9). Nous distinguons, en particulier, les aides fédérales et les aides des Etats que nous présenterons dans les paragraphes suivants. (La figure 12 illustre les principales sources de revenu des collectivités locales entre 1955 et 1978).

2) Les aides fédérales

Les aides fédérales constituent une source importante de financement des équipements en assainissement. En effet', lors des périodes où les projets d'assainissement concernent la politique nationale (grands mouvements de construction -création des premiers centres urbains au XIXème siècle, extension des villes au début du XXème siècle-, imposition de nouvelles réglementations à l'échelle nationale), l'Etat Fédéral intervient financièrement dans la réalisation des travaux d'assainissement. Les aides fédérales sont des sources de financement irrégulières et s'adressent souvent à de nouveaux projets spécifiques. (En réalité les subventions allouées par l'Etat contribuent par l'augmentation des taxes générales à l'endettement communal) (21).

Il existe trois formes d'aides fédérales :

- les "categorical grants" destinés à la réalisation d'un projet spécifique, qui est la forme d'aide la plus répandue ;

- les "block grants" utilisés dans un but plus général ;
- les "revenus sharing" que les collectivités peuvent utiliser à leur discrétion (10).

Les aides fédérales peuvent être directement adressées aux collectivités locales ou être allouées par l'intermédiaire des Etats selon leurs priorités politiques qui doivent, bien sûr, respecter les règles et les normes imposées par le gouvernement fédéral (9). La tendance au transfert de la fonction de gérance des fonds fédéraux au niveau des Etats a commencé surtout à se développer depuis la modification du UJater Pollution Control Act, en 1977. Cette modification vise à éliminer la double inspection des projets (Etat et Fédéral) et par conséquent d'accélérer le mouvement de construction (16).

Dans le domaine de l'assainissement, l'intervention fédérale la plus récente se concrétise par le programme des subventions destinées à la réalisation des équipements sanitaires municipaux qui a suivi le "Fédéral Uater Pollution Control Act" de 1972 et qui a duré jusqu'en 1981. (il existait depuis 1956 un programme financier concernant la réalisation des installations d'assainissement imposé par le Congrès, mais qui était d'une importance limitée (5).

Le grand programme de protection de l'environnement, lancé par l'Act de 1972, dans le souci d'aider les villes à se conformer à la nouvelle réglementation, dotait les gouvernements locaux de l'assistance financière du "United States - Environmental Protection Agency" (*) pour la réalisation des équipements d'assainissement (23). Théoriquement, les subventions fédérales pouvaient être utilisées pour tous les équipements concernant l'assainissement (stations d'épuration, grands émissaires, réseaux communaux). Mais en réalité, l'obligation faite à toutes les stations

* Le E.P.A. a été créé dans un effort de résoudre les graves problèmes de pollution des ressources naturelles dans un climat de préoccupation intense de la population pour la préservation de la nature, de la santé publique et du "welfare" des américains. Cet organisme national est chargé de l'évaluation de ces problèmes et de l'élimination de tous les effets nuisibles de la pollution (esthétiques, hygiéniques, économiques) (22).

Tableau 7 : Montants des subventions fédérales en assainissement (en millions de dollars)

| Montant | Année |
|---|---|
| - | 1972 |
| 5.DDD | 1973 |
| 6.DDD | 1974 |
| 7.DDQ | 1975 |
| - | 1976 |
| - | 1977 |
| 4.500 | 1978 |
| 5.000 | 1979 |
| 5.000 | 1980 |
| 5.000 | 1981 |
| 2.4D0 | 1982 |
| 2.430 | 1983 |
| 2.400 | 1984 |
| - | 1985 |
| - | 1986 |

Source : George E. Peterson and Mary John Miller, Financino Urban Infrastructure : Policv Options , The Urban Institute, March 1982, and Fédéral Agency Budget Offices.

d'épuration d'assurer un traitement secondaire jusqu'à une date limite ("'), a conduit la majorité des aides fédérales à être utilisées surtout pour l'amélioration des stations d'épuration plutôt que pour l'extension des réseaux. (Il faut noter que les aides fédérales n'ont jamais été utilisées pour le financement des opérations d'entretien) (9).

Ainsi, jusqu'en 1981, tous les projets neufs de stations d'épuration, entrepris par les municipalités, ont fait l'objet des subventions qui couvraient 75% du montant des investissements (dépenses concernant la planification, la conception et la construction). Pour les projets qui mettaient en oeuvre des innovations ou des alternatives technologiques et qui étaient approuvés par le US-EPA, le montant des aides atteignait *Bb%* du coût total des investissements (23).

Après 1981, les objectifs de l'E.P.A. ont été réexaminés et la législation concernée a été considérablement revisée pour diminuer le rôle fédéral dans la réalisation des systèmes d'assainissement. Dès lors, la participation fédérale dans le financement des projets a été réduite, les montants des subventions ont décru et le nombre des travaux éligibles pour les subventions a diminué (cf. Tableau 7). Depuis 1984, les projets concernant la réhabilitation des réseaux, la construction de nouveaux collecteurs et le contrôle des déversoirs d'orage ne font plus l'objet de l'assistance fédérale (9).

3) Les aides des Etats

En plus des aides du gouvernement fédéral, plusieurs Etats (approximativement 30 en 1983) participent aussi au financement des travaux d'assainissement. Les aides des Etats sont utilisées généralement pour compléter l'assistance fédérale. Elles sont, en particulier, utilisées pour financer les opérations qui ne font pas l'objet des subventions fédérales. A l'exploitation et l'entretien des systèmes d'assainissement seulement quelques Etats accordent des aides (9).

* Pour atteindre les objectifs du nouveau programme, toutes les villes devaient être équipées d'installations de traitement secondaire avant 1977 (date limite qui est aujourd'hui déplacée en 1987), devaient rendre leurs ruisseaux propres à la baignade et à la pêche avant 1983 et éliminer toutes les décharges de pollution avant 1985 (9) (21).

Précisons que le financement des réseaux séparatifs des eaux pluviales constitue un problème particulier. Ces réseaux ne sont pas éligibles pour les subventions fédérales et pratiquement non plus pour des subventions des Etats. Par ailleurs, étant donné qu'ils ne concernent pas d'usagers précis, il est très difficile d'appliquer le système de redevance pour leur financement. Ainsi, les collecteurs d'eaux pluviales sont en général financés par les revenus généraux des collectivités locales (9).

A) Les nouveaux modes de financement

Après 1982, les collectivités locales, face aux difficultés financières auxquelles elles se sont heurtées (réduction des subventions, fédérales, réduction des ressources communales traditionnelles (*))» se sont orientées vers de nouvelles sources de revenus.. Plusieurs propositions ont été faites pour le financement des équipements publics. Entre autres :

- la généralisation du système des redevances en contre-partie des services rendus ;
- la contribution du secteur privé à la réalisation des équipements publics et aux opérations de réhabilitation ;
- la création de nouvelles opportunités pour les entreprises privées, d'acheter les équipements publics existants pour les remettre à la disposition du secteur public grâce à la méthode du lease back et cela, en profitant des avantages fiscaux offerts par le système des amortissements dégressifs (25).

b) Evolution des dépenses dans le domaine de l'assainissement

Si on examine les investissements des gouvernements locaux des dernières années, on observe depuis 1968 un déclin continuel des dépenses

* En particulier, la politique financière adoptée par l'administration de M. REAGAN a eu les conséquences suivantes pour la situation financière des villes :
. la réduction massive des subventions fédérales allouées aux municipalités ;
. la diminution des possibilités des villes et des Etats à emprunter, à cause de l'augmentation des intérêts ;
. la diminution de l'attraction d'émissions d'obligations par les municipalités ;
. la diminution des taxes des Etats et des taxes locales qui sont obligées à suivre la réduction des taxes fédérales (2't).

réelles au niveau local et des Etats et, parallèlement, une augmentation de l'intervention fédérale dans le financement des équipements d'assainissement. Il existe précisément, entre 1968 et 1982, une baisse des dépenses réelles au niveau local et des Etats, de l'ordre de 41% (cf. Annexe 6). Mais les chiffres qui représentent les investissements en assainissement ne s'accordent pas avec les dépenses moyennes des gouvernements locaux. Le domaine de l'assainissement se caractérise entre 1970 et 1981 par une hausse des investissements de l'ordre de 390% (cf. Annexe 6). Cela est dû à la participation de l'Etat Fédéral à la réalisation des équipements d'assainissement (9).

Entre 1967 et 1977, les dépenses fédérales pour la construction des systèmes d'assainissement ont augmenté de 150 millions de dollars à 4,1 milliards de dollars. La participation fédérale a été renforcée, en particulier après 1972 (cf. Annexe 6). Une grande partie de ces capitaux était destinée à la réalisation et amélioration des stations d'épuration : traitement secondaire, prétraitement des effluents industriels ... (en 1977, les stations d'épuration absorbent 30% des aides fédérales allouées aux municipalités et plus de 50% des investissements totaux en assainissement). Dans ces conditions, les communes augmentent leurs investissements en réseaux d'assainissement de 11% des dépenses totales en infrastructures en 1972, à 21% en 1977 (6).

Nous rappelons néanmoins que les aides fédérales ne s'adressent pas, jusqu'en 1977, aux travaux d'entretien et de réparation des équipements. Elles s'adressent uniquement à la réalisation de nouvelles installations ou à l'extension des implantations existantes. Par conséquent, l'augmentation des dépenses ne concerne pas les opérations d'entretien et de maintenance. Après 1977, dans le cadre de "Fédéral Clean Water Act", certaines opérations de réhabilitation des réseaux d'assainissement font l'objet de subventions de la part de l'E.P.A. dans des cas spécifiques (problème d'infiltration, eaux parasites). Mais, depuis 1982, les aides fédérales ont considérablement diminué (de 5 milliards de dollars en 1981 à 2,9 milliards de dollars en 1982). Parallèlement, le mouvement d'investissement dans le secteur de l'assainissement a été freiné.

2. L'entretien des équipements

A cause de l'absence de niveau standard^ concernant les pratiques d'entretien à suivrej chaque service établit ses programmes d'entretien selon ses propres critères et selon ses moyens. Par ailleurs, la qualification des services d'assainissement varie selon les villes (dans certains Etats, il existe des cours de formation et même des stages pour accéder à un diplôme d'égoutier (5)). Quant aux moyens techniques des services d'assainissement, on a que : depuis 1972 les services municipaux disposent de plus en plus de leur propre équipement nécessaire à l'inspection et la réalisationt du diagnostic des réseaux, c'est-à-dire la caméra de télévision, le matériel pour le test à la fumée ... Souvent, ils sont aussi équipés du matériel nécessaire aux petites opérations de réhabilitation (pour supporter le coût élevé de ce type de matériel, plusieurs communes se sont associées afin d'acheter en commun l'équipement nécessaire à l'inspection et à la réhabilitation des installations (26)). La tendance des services municipaux à s'adresser au secteur privé pour l'exploitation de leurs équipements, a été aussi amplifiée ces dernières années à cause des exigences élevées de performance des équipements et du développement des procédés techniques de plus en plus sophistiqués (27).

Il existe très peu de données sur l'entretien des réseaux d'assainissement sur des périodes assez longues (10 ans) pour qu'on puisse évaluer la qualité du service. Le caractère très variant de ces données complique par ailleurs la comparaison entre les villes (selon les services les dépenses d'entretien dans les budgets communaux peuvent comprendre : les frais d'entretien des équipements d'épuration ou non, les travaux de curage entrepris par les sociétés privées . . . ) . Mais, d'après les quelques études comparatives disponibles il existe une tendance alarmante vers la réduction des dépenses réelles d'entretien (29). Cela figure aussi dans le tableau 8. Dans le tableau 9 figurent les taux de réseaux d'assainissement nettoyés par an pour une trentaine de villes américaines sur trois ans (1978, 1979, 1980). Il s'agit des résultats d'une étude effectuée par le "Urban Institute" (organisme de recherches à but non lucratif) sur l'état des infrastructures des villes américaines. Dans cette étude, le

Tableau 8 : Dépenses annuelles d'entretien des réseaux d'assainissement aux Etats Unis (en milliers de dollars)

| Ville | Variation en pourcentage 1978-1980 | 1980 | 1979 | 1978 |
|---|---|---|---|---|
| Albany | , •_ | 538 | 508 | _^_ |
| Anchorage* | 58 | 1 630 | 1 320 | 1 032 |
| Baltimore*^ | 75 | 4 907 | 3 203 | 2 800 |
| Billings* | 21 | 211 | 243 | 174 |
| Bloomington* | 45 | 335 | 280 | 231 |
| Boston[2] | 138 | 1 652 | 1 301 | 695 |
| Buffalo* | – | 1 573 | 1 425 | – |
| Charlotte* | 17 | 1 467 | 1 336 | 1 251 |
| Chicago | 82 | 26 961 | 16 551 | 14 818 |
| Cleveland | -11 | 1 620 | 1 346 | 1 819 |
| Dallas | 19 | 4 688 | 4 146 | 3 945 |
| Denver* | 53 | 2 099 | 1 845 | 1 370 |
| Enid* | 25 | 10 | 9 | 8 |
| Hamptan | 44 | 1 078 | 1 105 | 747 |
| Houston* | 101 | 13 138 | 11 779 | 6 542 |
| Iauia City* | – | 94 | 101 | – |
| Kansas City* | 29 | 3 433 | 2 597 | 2 668 |
| Lincoln | 20 | 1 269 | 1 094 | 1 058 |
| Meriden* | – | 54 | 55 | – |
| Miluaukee | 20 | 3 741 | 3 357 | 3 114 |
| Minneapolis-* | 13 | 2 065 | 2 010 | 1 833 |
| (Meu Orléans* | – | 462 | – | – |
| Oakland | 6 | 1 194 | 1 097 | 1 124 |
| Ogden | 33 | 325 | 277 | 245 |
| Phoenix* | 25 | 1 705 | 1 804 | 1 364 |
| Portland | – | 3 265 | – | 2 468 |
| Rochester | 12 | 3 585 | 3 400 | 3 200 |
| San José | -6 | 1 450 | 1 200 | 1 534 |
| St. Louis* | – | 12 419 | 9 850 | – |
| Scranton* | 36 | 385 | 359 | 283 |
| Seattle | 28 | 2 610 | 2 147 | 2 045 |
| Tulsa* | 13 | 1 084 | 1 018 | 956 |
| Washington | 2 | 3 158 | 2 954 | 3 082 |
| Total | – | $104 205 | $79 717 | $60 411 |
| n = | 26 | 33 | 31 | 27 |
| Moyenne = | 34,5% | 3 158 | 2 572 | 2 237 |

* : *Ces données comprennent aussi l'entretien des stations d'épuration.*
*1 : L'entretien des réseaux séparatifs eaux pluviales n'est pas inclus.*
*2 : Uniquement l'entretien des équipements. Les salaires ne sont pas inclus.*

Source : PETERSON E. (George),MILLER, GODWIN (Steve) et SHAPIRO (Carol), Draft Benchmarks of Urban Capital Control, Washington D.C., Urban Institute, February 1983, 77 p.

Tableau 9 : Taux de réseaux d'assainissement nettoyé- par an aux Etats Unis (1978 à 198D)

| Uille | 1978 | 1979 | 198D | 1978-80 Moyenne |
|---|---|---|---|---|
| Denver | 78 | 1D0 | 1D0 | 93 |
| Billings | 85 | 85 | 85 | 85 |
| IM. Little Rock | 71 | 76 | 57 | 68 |
| Milwaukee | 71 | 50 | 72 | *Sk* |
| Minneapolis | 68 | 6D | 61 | 63 |
| Charlotte | 29 | 33 | 1DD | 5*t |
| Lincoln | *••'3k* | 58 | 51 | *kB* |
| Dakland | 29 | *kZ* | 32 | *3k* |
| San Diego | M | 26 | 32 | 33 |
| Kansas City | *Zk* | 27 | 32 | 28 |
| Portland | 25 | 25 | 26 | 25 |
| Dallas | 25 | 21 | 27 | *Zk* |
| Baltimore | 20 | 20 | 2D | 2D |
| Eugène | 16 | 18 | *Zk* | 19 |
| Garland | 20 | 15 | *Zk* | 19 |
| Tulsa | 17 | 11 | 17 | 15 |
| Enid | 7 | 18 | *îk* | 13 |
| Albany | 25 | 25 | 2 | 11 |
| Bloomington | *Zk* | 5 | 5 | 11 |
| Scranton | 10 | 10 | 1D | 10 |
| Sioux Faîls | 5 | 7 | */\k* | 9 |
| Atlanta | 11 | 6 | 8 | 8 |
| Buffalo | 10 | 9 | 6 | 8 |
| Washington | 9 | 8 | 8 | 8 |
| Rochester | 6 | 7 | 7 | 7 |
| Houston | 2 | 3 | 6 | *k* |
| UJilmington | 2 | 2 | *k* | *3* |
| Cicero | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Boston | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Louisville | 0 | 0 | 0 | 0 |
| n = | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Moyenne = | 25,3% | 25,6% | 28,2% | 26,3% |

Source : Information relevée par les services locaux d'assainissement.
PETERSON E. (George), MILLER, GODWIN (Steve) et SHAPIRO (Carol), Draft Benchmarks of Urban Capital Control, Washington D.C., Urban Institute, february 1983, 77 p.

le linéaire de réseau nettoyé par an a été pris comme indicateur pour le niveau d'entretien des installations. Ainsi on voit que seulement 26% des réseaux en moyenne ont été nettoyés par an pour la période de 1978-1980. Mais le taux des réseaux nettoyés par an varie fortement d'une ville à l'autre (de *0%* à Louisville jusqu'à 93% à Denver), les villes avec des difficultés financières ayant les taux de les plus bas (28).

3. L'utilisation des équipements : le rôle des industriels

Dans ce paragraphe, nous allons développer uniquement le cas des usagers industriels qui présente un intérêt particulier.

Le "Fédéral Ulater Pollution Control Act" de 1972 a prescrit les premières normes standardisées pour le raccordement des industries aux réseaux municipaux et pour la pollution industrielle admissible dans les stations publiques d'épuration. Certaines obligations de prétraitement d'effluents industriels ont été alors établies, ainsi que des taux limites de rejets jugés indésirables pour le maintien de l'état du réseau et de la station, des procédés d'épuration, de la sécurité du public et des égoutiers (matériaux explosifs, toxiques . . . ) .

Le "U.S. Environmental Protection Agency" a délégué aux Etats la responsabilité de la mise en conformité des industriels et de la réalisation des stations de prétraitement. Ils disposaient pour cela de mécanismes nécessaires pour imposer la nouvelle réglementation. Les Etats déléguaient ensuite cette responsabilité aux grandes villes qui définissaient les taux limites de rejets, en respect avec les normes fédérales (E.P.A Ulater Quality Criteria) et les normes de l'Etat, dont les collectivités dépendent territorialement. Les programmes développés par les villes devaient toutefois recevoir l'approbation de l'Etat et de l'U.S-E.P.A (29).

Ainsi, depuis 1972, malgré un climat d'incertitude concernant le mode d'application des normes liées au prétraitement des effluents industriels, plusieurs villes ont pris des mesures pour le développement des stations

de prétraitement. Parallèlement, un mouvement de coopération entre les industriels et les gouvernements locaux a commencé à se développer. Plusieurs installations de prétraitement ont été calculées en prenant en compte l'état des industries et la capacité des stations d'épuration publiques. De même, dans certaines villes, les limites de rejets ont été définies avec la participation des industriels, ces derniers étant préalablement informés sur l'effet dangereux de certaines substances (31). Bien sûr, les industriels n'étaient pas toujours prêts à se conformer aux nouvelles normes (dans presque vingt villes, l'E.P.A a poursuivi les industriels en justice pour les obliger à respecter les nouveaux standards de pollution) (9).

Malgré ces efforts préventifs, des accidents provenant de déversements illégaux des matériaux nuisibles, se produisent toujours (30). Mais, la contribution la plus importante de la loi de 1972 réside dans le changement des mentalités et des rôles qu'elle a induit. Depuis, les gouvernements locaux, chargés du fonctionnement des stations d'épuration publiques, ont le droit, et même la responsabilité, d'imposer des limites concernant la nature des rejets qui peuvent être canalisés vers la station municipale. Parallèlement, la thèse selon laquelle les gestionnaires des stations d'épuration doivent disposer d'un minimum d'informations sur les industries raccordées à leurs systèmes de collecte (des informations concernant la nature des rejets, le type d'activité de l'industrie, le point de raccordement ...) a commencé à se développer (30).

Depuis 1981 , avec la diminution des aides fédérales, le respect des standards, imposés par la réglementation initiale, semble être moins rigoureux. Ainsi, selon les propositions les plus récentes de l'E.P.A, les industries seront exemptées de l'imposition de taux limites de rejets tant que les stations d'épuration municipales pourront traiter les effluents industriels sans perturbations dans le fonctionnement de la station et que les normes de pollution pour l'environnement seront respectées (29).

§ 4. Le contexte américain ; l'action fédérale depuis 1972

Le développement des réseaux d'assainissement aux Etats-Unis a suivi les mêmes rythmes d'évolution que dans les autres pays industrialisés. Les matériaux utilisés pour la construction des installations sont, en général, les mêmes et les techniques adoptées pour leur entretien simulaires.

Néanmoins, l'état des équipements d'assainissement aux Etats-Unis ne se caractérise pas par une grande homogénéité. Il existe au contraire une grande disparité entre les différentes villes du pays. En effet, il n'y a pas de formes de production massives des équipements d'assainissement. Chaque construction reflète la volonté et les ressources financières des organismes responsables, qui sont en général les gouvernements locaux (5). Cette situation, due à la taille importante du pays et à la fragmentation institutionnelle marquée dans les zones urbaines (rappelons que les gouvernements locaux jouissent d'une indépendance assez forte vis-à-vis des Etats et de l'Etat Fédéral), est encore plus renforcée par le fait qu'il n'existe pas de normes standardisées officielles pour la réalisation et l'entretien des équipements d'assainissement. Il existe par contre des recommandations proposées par les Associations Commerciales et les groupes d'Ingénieurs (American Public Work Association, American Society of Civil Engineers), ainsi que par les fabricants des équipements. (Le "Water Pollution Control Fédération", une association professionnelle qui regroupe plusieurs entreprises articulées autour des activités d'assainissement et d'épuration, a par exemple développé et proposé des standards pour la fabrication des tuyaux et les pratiques de réhabilitation). Plusieurs communes respectent ces recommandations. Mais le mode d'application de toutes ces pratiques proposées varie fortement d'une région à l'autre (9).

Toutefois, il existe deux grandes caractéristiques qui unifient le secteur et expliquent son évolution. Ainsi les équipements d'assainissement :

- se trouvent sous la responsabilité des gouvernements locaux qui supportent les frais de leur entretien ainsi que les dépenses pour les nouvelles implantations ;
- sont soumis à la réglementation imposée par l'Etat Fédéral et reçoivent parallèlement des aides financières fédérales. En particulier en 1972, une politique fédérale en assainissement a été mise en place par le "Environmental Protection Agency" qui est un organisme fédéral dont l'action se concentre exclusivement sur les questions de pollution et de protection de l'environnement.

Ces deux caractéristiques ont influencé le développement du secteur dans la période entre 1972 et 19B1 de plusieurs façons.

- L'évolution des équipements d'assainissement, en faisant partie des programmes municipaux, a été déterminée par les fluctuations de l'évolution des villes américaines. Or, une grande mobilité caractérise la formation des milieux urbains après la guerre. En effet, après 1950, on assiste à un mouvement de migration :

. internes aux agglomérations : les classes moyennes, les industries et les activités commerciales quittent le noyau central des villes existantes pour s'installer en banlieue où sont créées des collectivités locales indépendantes ;
. inter-réqionales : la population des vieilles villes du Nord-Est et du Centre-Nord se déplace vers les villes en croissance au Sud et à l'Ouest du pays.

A partir de 1960, cette décroissance de la population des vieux centres urbains, suivie par une redistribution des couches sociales (les populations défavorisées, notamment noirs et les résidents à faible revenu, viennent remplacer les classes les plus aisées qui se déplacent vers la périphérie et vers les villes du Sud), s'accentue au point de créer un véritable état de crise. Cette situation qui se traduit par la diminution des ressources des villes et, par conséquent, par la limitation de leur

capacité d'emprunt s'est directement reflétée sur les programmes municipaux par la diminution des investissements et des opérations d'entretien. De même, la diversité de la population due à un état de mobilité continue, le caractère de précarité des nouveaux afflux de résidents (presque tout le monde attend de pouvoir partir à plus ou moins brève échéance), et finalement le manque d'équilibre et d'organisation de l'espace (certains quartiers restent pratiquement vacants tandis que d'autres sont surpeuplés), sont des caractéristiques souvent présentes dans les villes en déclin qui ne favorisent pas l'organisation du service municipal ni le développement de programmes à long terme ni les opérations poussées et systématiques. En réalité, les villes en déclin, financièrement dépendantes des aides de l'extérieur et surtout des subventions fédérales, déterminent leurs programmes politiques en fonction des contraintes permettant l'obtention des subventions des Etats et de l'Etat Fédéral. Contrairement aux villes en déclin, les villes en croissance se caractérisent par un besoin accru en équipements.

- Les dépenses en assainissement, donc l'investissement et l'entretien des réseaux, ont été délimitées par les capacités financières des gouvernements locaux. Or, depuis 1979, les symptômes de la crise financière touchent toutes les villes du pays, alors que leur capacité fiscale diminue à cause de l'inflation. Cette situation prend un caractère plus aigu dans certains Etats à cause de l'imposition de limites à l'augmentation des taxes impliquée par la "révolte" des contribuables.

Le secteur a été fortement influencé par l'intervention de l'E.P.A qui a imposé des normes de pollution uniformes au niveau national. Les programmes de l'E.P.A reflètent, en fait, la volonté du congrès américain de résoudre les problèmes de pollution des ressources naturelles sur l'ensemble du pays. Dans cette optique le décret de 1972 (Ulater Pollution Control Act) a imposé le contrôle de toutes les pollutions de caractère domestique, urbain, industriel et agricole et a, parallèlement, mis à la disposition des différents organismes concernés (justement les gouvernements locaux) d'importants moyens financiers pour que la qualité de l'environnement soit rapidement améliorée (5). Dans ces conditions, le

secteur de l'assainissement a constitué durant les années 70 un sujet de recherches et d'investissements concentrés sur le problème de la protection de l'environnement.

Depuis 19B1, le contexte général des réseaux a changé. Désormais, les aides fédérales se sont réduites et les contraintes financières des villes se sont accentuées. Dans une situation de crise générale des infrastructures urbaines (cf. Annexe 7), il s'en est suivi une série de discussions et des mutations concernant l'organisation des gouvernements locaux. Les municipalités se sont orientées vers de nouveaux modes de financement des services, basés sur le système de redevances (système souhaité par un grand nombre d'habitants) et vers l'élaboration de programmes fondés sur des critères coûts-efficacité. Le rôle des différents types de gouvernements, des équipements, des normes et des standards utilisés est devenu aussi l'objet ,de discussions et de- révisions. Parallèlement, il s'est développé une tendance générale des Etats et des villes à s'appuyer sur le secteur privé pour la réalisation et la gestion des infrastructures urbaines. De nouvelles propositions pour le financement des travaux ont été avancées. Elles offrent la possibilité aux entreprises privées de s'implanter dans les services publics urbains. (20).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA PREMIERE PARTIE - CHAPITRE IV

1 - TARR A. (Joël) et Me MICHAËL (Francis Clay), The évolution of the uiasteuiater technology and the development of state régulation : a rétrospective analysis, U.S.A, Carnegie-Mellon, University, 1977, 190 P-

2 - TARR A. (Joël), Me CURLEY (James), YOSIE F. (Terry), "The development and impact of urban uasteuater technology : changing concepts of mater quality conctol, 1850-1930" in Pollution and Reform in American Cities, 1870-1930, Austin and London, University of Texas Press, 1977.

3 - TARR A. (Joël), "Perspectives souterraines, les réseaux techniques urbains", in Les annales de la recherche urbaine, Paris, Dunod, Juillet-Décembre 1984, pp. 65-89.

4 - SULLIVAN H.R. et F0STER F.U., "Status of sanitary and combined Systems in U.S.A", in Restoration of sanitary and combined systems, London, Thomas Telford LTD, pp. 45-53.

5 - SCH0LL E. (James) et UYC0FF L. (Ronald), "1980 Needs Survey : Combined Semer Site Studies", in Journal of the Environmental Engineering Division, April 1982, pp. 315-326.

6 - TARR A. (Joël), "The évolution of the urban infrastructure in the ninetenth and tuientieth centuries", in Perspectives on Urban Infrastructure , Washington D.C., National Academy Press, 1984, pp. 4-66.

7 - DUPUY (Gabriel) et TARR A. (Joël), "Sewers and Cities : France and the United States Compared", in Journal of the Environmental Engineering Division, Vol. 108, N° EE2, April 1982, pp. 327-338.

8 - Analyse des stratégies des firmes américaines du secteur eau-assainissement , Paris, Recherche Développement International, Vol. I, Mai 1984, 39 p.

9 - HUMPHREY (Nan), Urban Infrastructure ; an International Comparison, Washington D.C., Urban Institute, May 11 1983, 38 p.

10 - MATHIO (Jean-Claude), Politique fédérale et innovation technologique dans les collectivités locales d'Amérique du Nord de 1960 à 1980, Institut d'Urbanisme de Paris, Université Val-de-Marne, Décembre 1985, 164 p.

11 - PETERSON E. (George), MILLER (Mary Jolen), GODUIN (Steve) et SHAPIRO (Carol), Draft Benchmarks qf Urban Capital Control, Washington D.C., Urban Institute, February 1983, 60 p.

12 - Me KINKLEY (Dick), "Better control of plant expansion" in APUA Reporter , December 1983, pp. 14.

13 - HERBERT A. et GOETSCH P.E., "A talent for consensus a tolérance for ambiguity", in APlilA Reporter, September 1980, pp. 20-21.

14 - ALESSI J. (Charles), "Forming a seuier district saves city from défaut", in Public Work, November 1984, pp. 76-78.

15 - TARR A. (Joël) et Me MICHAËL C. (Francis), "Uater and Uastes - A history", in Uater Spectrum, Tall 1976.

16 - BAGLEY H. (Harry), "A critical appraisal of proposed changes to the 1972 Uater Pollution Control Act", in Civil Engineering, ASCE, November 1977, pp. 66-69.

17 - 0BERING D. (Robert), "Revenue shortfall - taxpayer revolt", in APUA Reporter, Avril 1982, pp. 18.

18 - DROUET (Dominique), "Les filières techniques urbaines aux Etats-Unis - Diagnostic", in Les Annales de la Recherche Urbaine, Paris, Dunon, n° 13, 1981 , pp. 105-139.

19 - HOWIT N. (Arnold), LADD I. (Helen), LEONARD B. (Herman) et UEEKS B. (Ann), "Physical Infrastructure in Boston", in Urban Ressources, University of Cincinnati, 1983, Vol. 1, n° 2, pp. 5-9.

20 - PETERSON E. (George), "Financing the National Infrastructure Requirement", in Perspectives on Urban Infrastructures, Washington D.C., National Academy Press, pp. 110-142.

21 - O'DAY D. (Kelly), NEUMANN A. (Lance), "Assessing Infrastructure Needs: The State of the Art", in Perspectives on Urban Infrastructure, Washington D.C., National Academy Press, 1984, pp. 67-101.

22 - FOSTER S. (William), SULLIVAN H. (Richard), Semer Infiltration and Infloui Control Product and Equipment Guide, Chicago, Environmental Protection Agency, July 1977, 78 p.

23 - MAUZY (Michaël), "Revenue shortfall impact on public morks", in APUA Reporter, December 1980, pp. 7-8.

24 - State and local Government in trouble spécial report, Business Week, October 1981, pp. 139-140.

25 - HENT0N C. (Douglas) et WALDH0RN A. (Steven), "The future of urban public uorks : neui uiays of doing business", in Perspectives on Urban Infrastructure, Washington D.C., National Academy Press, 1984, pp. 178-210.

26 - STEKETEE H.C. et HEINECKE L. (Thomas), "The key to effective I/I Control", in Public Works, June 1984, pp. 88-107.

27 - "Contract opérations and maintenance services", in Public Works, Manual, 1984, pp. D63.

28 - HUMPHREY (Nan), Stratégies for Financinq Maintenance, Washington D.C., Urban Institute, May 1983, 27 p.

29 - LOVELL H. (Walter), CHRISTOPHERA (Stan), REAN (Richard) et TIPPETS (Richard), "industrial Wasteuiater Pretreatment Standards - A Local Approach", in Public Works, January 1983, pp. 33-35.

30 - NUNCH L. (William), LANYON F. (Richard) et LUE-HING (Cecil), "Keeping hazardous materials out of seiuers", in APWA Reporter, December 1983, pp. 8-9.

# Deuxième partie

# LA DEGRADATION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT

# CHAPITRE I

# DEFINITION ET CAUSES DE LA DEGRADATION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT

## § 1 . L'état de dégradation

En assainissement, le terme dégradation est couramment utilisé pour caractériser le mauvais état des équipements (réseaux, stations), ou pour être plus précis, pour caractériser la perception par les acteurs dans un contexte socio-économique donné du mauvais état des ouvrages. Mais, qu'est-ce qui détermine, en fait, le caractère dégradé d'un réseau d'assainissement ? Nous considérons que ce sont les manifestations de son dysfonctionnement, ou mieux, que c'est le fait que le réseau ne réussisse pas à remplir son rôle.

Ainsi défini, l'état de dégradation d'un ouvrage d'assainissement ne s'identifie pas à l'accumulation d'un certain nombre d'anomalies, mais il se réfère au dysfonctionnement des équipements et il caractérise, précisément, l'écart existant entre les finalités associées au réseau et sa performance réelle.

Le déclenchement d'un état de dégradation signifie, autrement dit, que la performance fonctionnelle de l'ouvrage devient désormais incompatible avec le rôle du système d'assainissement, fait qui dépend, bien sûr, des conditions socio-économiques données déterminant chaque fois les objectifs de l'assainissement. L'existence du système se met alors automatiquement en cause. Par contre, la structure du réseau peut être usée et même en mauvais état sans être reconnue comme dégradée, tant que l'écart entre la performance fonctionnelle de l'ouvrage et ses finalités n'existe pas.

De plus, il faut faire la distinction entre l'action de l'usure et celle de la dégradation : l'usure caractérise la structure physique du réseau. Elle constitue l'"évolution naturelle" (*) de l'ouvrage et concer-

* Par "évolution naturelle" nous n'entendons pas ici un processus dans lequel l'homme n'intervient pas (l'usure dépend toujours du mode d'utilisation des équipements), mais un processus inévitable, intrinsèque à l'ouvrage.

ne le vieillissement de son matériel. Par contre, la dégradation se réfère à la performance des équipements et est définie par le contexte socio-économique. Par exemple, un réseau de plus de 60 ans peut être considéré comme dégradé tant que le montant des frais nécessaires à son exploitation ne justifie pas sa conservation (dans le cas où le réseau est entretenu).

Par ailleurs, nous précisons que par "finalités du réseau" nous n'entendons pas ici les directives générales attachées aux équipements d'assainissement, présentées dans la première partie (§ le rôle du réseau d'assainissement - Chapitre I), mais les objectifs associés au réseau précis étudié, imposés par les priorités de la politique locale (la finalité est une variable qui reflète la valeur du réseau dans le milieu social donné). Ces objectifs peuvent être plus ou moins éloignés des objectifs de la politique nationale en assainissement d'une façon qui dépend des spécificités locales et du système institutionnel existant (rôle du facteur local à l'adoption, voire incorporation et transformation des éléments exogènes), fiais, étant donné que le mode d'assainissement par réseau est fortement technicisé et normalisé, techniquement et socia-lement, il n'y a pas d'énormes possibilités de diversification. Néanmoins, ce sont les conditions socio-économiques qui imposent la hiérarchisation des priorités adoptées. Ainsi par exemple, la finalité de la protection contre les inondations peut prédominer par rapport à la finalité de la protection de la nature.

## § 2. Les causes de la dégradation

Suivant le raisonnement exposé dans le paragraphe précédent, nous distinguons deux événements qui peuvent impliquer le déclenchement, ou ce qui revient au même, la reconnaissance d'un état de dégradation :

- l'évolution des finalités associées au réseau ;
- l'affaiblissement de la performance fonctionnelle des équipements.

Nous allons alors, par la suite, analyser ces deux événements pour

Nous allons alors, par la suite, analyser ces deux événements pour identifier le phénomène de la dégradation lié au réseau d'assainissement.

1 . L'évolution des finalités associées au réseau

Les objectifs associés aux équipements de collecte et d'épuration des eaux sales sont définis par rapport aux besoins en assainissement, tels qu'ils sont ressentis dans les milieux correspondants, sous l'influence des conditions de caractère local et national. Mais l'environnement urbain au sein duquel s'accomplit la fonction de l'assainissement évolue, en entraînant le changement de ces besoins et, par conséquent, du rôle des équipements d'assainissement. Cette évolution précède, en général, le mouvement d'adaptation de la structure des ouvrages, aux nouvelles exigences émergées ; d'autant plus que le réseau constitue une structure lourde et rigide (cf. Première Partie, Chapitre i)). Fait qui conduit à la dégradation des équipements d'assainissement. En effet, toutes les installations existantes, conformes aux anciennes prescriptions, en s'avérant incapables d'accomplir les nouveaux objectifs, deviennent automatiquement dégradées.

Le développement de ce processus, lié au changement de valeurs, de moeurs et d'habitudes de la population, résulte de l'évolution de la structure sociale, qui impose des nouvelles exigences en assainissement. Une telle mutation peut concerner :

- un processus de caractère diachronique : les finalités associées au réseau d'égouts évoluent suivant les valeurs d'hygiène et les besoins en assainissement de chaque époque, imposés, entre autres, par la modification de l'organisation de l'espace bâti (cf. Première Partie, Chapitre i);

- un changement de la composition de la population du tissu urbain, dû à la mobilité sociale (mouvements migratoires ou immigratoires) : des nouveaux habitants avec des exigences plus ou moins élevées, ou simplement différentes, concernant leur niveau de vie, viennent par exemple remplacer

les habitants précédents. Ce qui est le cas des centres des. vieilles villes américaines et des villes anglaises (inner cities).

2. L'affaiblissement de la performance fonctionnelle du réseau

La performance fonctionnelle du réseau d'assainissement dépend d'une part de l'état physique des équipements et d'autre part de la nature des effluents tranportés par le réseau. L'affaiblissement de la performance du réseau représente la manifestation du mauvais état des ouvrages et/ou du caractère impropre des effluents au fonctionnement des ouvrages. Il s'agit autrement dit, soit de la détérioration des équipements, qui a un caractère permanent, soit des anomalies temporaires du fonctionnement du réseau, liées à la quantité et à la qualité des eaux usées transportées (débordements dus à des pluies exceptionnellement fortes, dysfonctionnement de la station d'épuration dû au caractère agressif des effluents transportés).

Ici, nous nous intéressons à l'expression permanente des déficiences du réseau, donc à la détérioraiton des équipements. Ainsi, afin d'aborder les causes de la détérioration des installations d'assainissement nous allons examiner les éléments qui influent sur l'état matériel du réseau. Pour cela, nous allons nous baser sur la définition du système d'assainissement exposée dans la première partie, Chapitre I, de cette étude. Comme nous l'avons précisé dans ce chapitre, l'état du réseau dépend directement de l'ensemble des relations développées entre les agents du système et sa structure physique et entre les objets du réseau et sa structure physique. Ces relations sont parallèlement influencées par l'ensemble des rapports existants entre les agents du système d'assainissement. Ainsi, nous distinguons quatre types de conditions qui déterminent le comportement des équipements : la construction initiale de l'ouvrage et son âge, liés à la phase d'implantation du réseau ; l'usage et l'entretien des équipements, liés à la phase de fonctionnement du réseau. En particulier :

- la construction initiale du réseau concerne la qualité des matériaux qui composent les équipements, les conditions de leur construction et de

leur pose. Elle influe considérablement sur l'évolution de la structure des ouvrages, en conditionnant, dans un premier temps, l'adéquation ou la non adéquation de leur structure vis-à-vis des contraintes exercées ;

- l'âge du réseau se reflète sur l'état de vieillissement de son matériel et sur les techniques utilisées pour l'installation initiale des canalisations. En effet, l'âge de l'ouvrage, en définissant le moment de sa construction, détermine aussi les moyens utilisés pour son installation ;

- l'usage du réseau : nous précisons qu'ici, par "usage", nous entendons l'usage du matériel de l'ouvrage, c'est-à-dire l'action de toutes les contraintes (mécaniques et physico-chimiques) exercées sur la structure des équipements, et pas la fonction d'"utilisation des équipements" qui caractérise le service d'assainissement. Le mode d'usage du réseau dépend, alors, de la nature des effluents déversés dans les canalisations, de même que des charges exercées sur les parois externes des canalisations. Bien sûr, la nature des effluents est liée à la fonction d'utilisation des équipements qui est définie par la réglementation et qui dépend des moeurs des habitants et du contrôle des usagers, assuré par les agents exploitants du service. En outre, les contraintes exercées à l'extérieur des canalisations dépendent de la nature du milieu environnant (acidité du sol, rôle du trafic, présence d'autres services au voisinage du réseau) ;

- l'entretien du réseau représente le souci du service d'assainissement pour conserver les équipements en bon état ; un niveau satisfaisant d'entretien pouvant, en effet, prévenir ou retarder le mécanisme de la détérioration.

Ayant ainsi identifié les éléments qui déterminent l'état matériel du réseau, nous distinguont trois causes potentielles de sa détérioration : le vieillissement de son matériel ; son usage non approprié ; l'insuffisance de son entretien. Nous ne considérons pas la construction initiale du réseau comme une cause indépendante de sa détérioration. Par contre, nous tenons compte des conditions de construction/conception, en considérant que celles-ci déterminent les modes d'usage et les besoins d'entretient des ouvrages.

a) Le vieillissement du matériel du réseau

Le vieillissement du matériel du réseau est un phénomène, jusqu'à présent mal connu, qui constitue un point de controverse pour les techniciens. Des variations considérables caractérisent, en effet, la durée de vie optimale adoptée pour les canalisations qui se situe en général entre 50 et 100 ans. En particulier, pour la conception des réseaux neufs, il est considéré que la durée de vie moyenne des installations est de l'ordre de 50 ans (1 ).

Mais, la durée de vie des collecteurs dépend des matériaux des tuyaux utilisés. Ainsi, selon les estimations américaines officielles, les canalisations en grès peuvent être utilisées pendant 100 ans, ou même plus (National Clay Pipe Institute), ce matériel présentant une faible sensibilité au vieillissement et une forte inertie à l'attaque chimique. Les conduites en ciment, utilisées généralement pour la réalisation des grands collecteurs, ont aussi une durée de vie de l'ordre de 100 ans (American Concrète Pipe Association), surtout quand il n'intervient pas de phénomènes de corrosion et d'érosion. Par contre, les tuyaux en plastique, en amiante ciment et en ciment renforcé de fibres de verre, sont plus vulnérables à l'effet du temps (1) (2).

Indépendamment de la nature des matériaux utilisés, l'action du temps sur le réseau est directement liée d'une part, à la qualité de la construction initiale de l'ouvrage, d'autre part, à l'historique de la maintenance et de l'usage des équipements. Ainsi, des variations notables caractérisent souvent le niveau de performance des réseaux qui ont le même âge mais qui se situent dans des villes différentes (1 ). En particulier, les réseaux les plus anciens sont construits de telle façon qu'ils s'avèrent plus enclins au vieillissement que ceux réalisés de nos jours selon les nouvelles prescriptions techniques. Ainsi par exemple, les tuyaux en grès, construits à la fin du XIXème siècle, étant de faible longueur pour faciliter leur installation, comptent un grand nombre de joints et, par conséquent, de multiples points favorables à la, détérioration (les jointements des tuyaux en grès et de maçonnerie en briques,

étant réalisés en mortier de ciment, constituent des points propices au développement de fissures et de cassures dans les vieilles canalisations). Malgré leurs insuffisances techniques, plusieurs installations anciennes ont été remarquablement conservées dans le temps (1).

b) L'usage non approprié du réseau

Par usage non approprié, nous entendons ici le fait qu'il s'exerce sur les équipements de réseaux des contraintes (mécaniques et physico-chimiques), autres que celles pour lesquelles ces ouvrages ont été conçus. Cela peut être le résultat, soit d'une erreur lors de la conception et la réalisation des équipements, soit d'une modification du milieu environnant (changement des conditions du sol aux alentours des canalisations, changement des charges de trafic . . . ) , soit de la mauvaise utilisation des équipements (l'utilisation des équipements ne correspond pas aux prescriptions techniques concernant le réseau).

Cette dernière cause de détérioration, directement liée à l'action de production des objets d'assainissement (eaux pluviales, eaux usées ménagères, excréta humains), témoigne de l'inadéquation des équipements aux besoins d'assainissement, tels qu'ils sont développés dans le milieu urbain. Plus précisément, cette discordance entre les capacités des installations d'évacuation et d'épuration des eaux usées et du mode d'utilisation de ces installations, peut être le résultat des conditions suivantes :

- la modification de l'espace bâti et l'augmentation de l'imperméabilisation du sol qui ont des incidences sur la quantité des eaux de ruissellement canalisées vers le réseau ;
- le changement du nombre des usagers qui influe sur la quantité et parfois aussi sur la composition des rejets à évacuer. Il s'agit d'un événement dû soit à l'augmentation ou la diminution du nombre des particuliers raccordés, soit à l'implantation de nouvelles industries, soit à l'extension de la capacité de production des industries existantes. En particulier, une augmentation importante de la quantité des effluents

déversés peut amener à la saturation du réseau, tandis que leur diminution accrue peut entraîner la production nuisible de dépôts ;

- la transformation du comportement des habitants et des activités de la vie urbaine, due à l'évolution ou à la mobilité sociale (changement de la population), qui induisent à des modifications de l'utilisation des équipements.

c ) L'entretien inadéquat du réseau

Les équipements d'assainissement, comme tout autre type de construction, doivent être régulièrement maintenus pour être conservés en bon état. L'action de l'entretien pallie l'effet de l'usure et du vieillissement des installations. Le mode d'entretien approprié pour que le réseau maintienne un niveau satisfaisant de performance, dépend chaque fois de l'état physique de l'ouvrage, déterminé par son âge, par la nature des matériaux qui le composent et par le mode de son usage.

Un entretien "inadéquat", ou autrement inadapté aux caractéristiques et aux besoins des équipements, peut être le résultat de plusieurs conditions. Nous distinguons, en particulier :

- l'incompétence technique du service due, par exemple, à une qualification insuffisante du personnel ou au manque d'organisation de la structure administrative, propre à son exploitation ;
- le manque de ressources nécessaires à la couverture des coûts induits, dû à l'affaiblissement des flux financiers qui alimentent le budget du service (suppression des subventions, diminution du nombre des usagers *. . .)i*
- la sous-estimation de l'importance des anomalies du fonctionnement des équipements d'assainissement, sous la pression de la priorité d'autres projets techniques (raisons techniques ou politiques).

§ 3. Le processus de la dégradation

Un réseau d'assainissement, tel qu'il a été défini dans la première partie, Chapitre- I, constitue un mécanisme avec une structure et un mode de fonctionnement et représente une pratique pour assainir le milieu urbain. De plus, il correspond à un système (système d'assainissement), déterminé dans un contexte socio-économique donné, et se caractérise par un ensemble de fonctions qui conditionnent son comportement et son état physique. Suivant cette optique, nous considérons que la dégradation du réseau, qui se manifeste par la "mauvaise" performance des équipements (le réseau ne remplit pas son rôle), reflète un problème d'incapacité du système d'assainissement à assurer les conditions nécessaires au "bon" fonctionnement des ouvrages. Les mécanismes générateurs d'un processus de dégradation sont plus ou moins compliqués et dépendent des conditions et des éléments propres à chaque système spécifique étudié. Une forte inter-dépendance des facteurs intervenants caractérise, en effet, ces types de mécanismes, de manière à ce que tout effort de description du "processus de la dégradation" du réseau risque de tomber dans une simplification excessive. Ainsi, sans prétendre présenter un modèle exhaustif de l'action de la dégradation, nous proposons, ci-dessous (cf. Figure 13), un schéma général (il caractérise tous les systèmes d'assainissement) du mécanisme du déclenchement et du développement de ce phénomène.

Le schéma 13 forme une illustration de l'analyse des paragraphes précédents. Ici, nous considérons que la détérioration de la structure physique du réseau est le résultat, soit de l'usage non approprié des équipements, soit de l'entretien inadéquat des installations. Le vieillissement du matériel de l'ouvrage n'est pas considéré comme une condition génératrice de la dégradation. En effet, les fonctions de maintenance et de renouvellement des équipements doivent normalement pallier les mauvaises conséquences de l'action du temps.

Dans ce schéma, ne sont pas présentées les causes qui conduisent à la formation (genèse) des trois événements moteurs de la dégradation (l'évolution des finalités associées au réseau, l'usage non approprié et

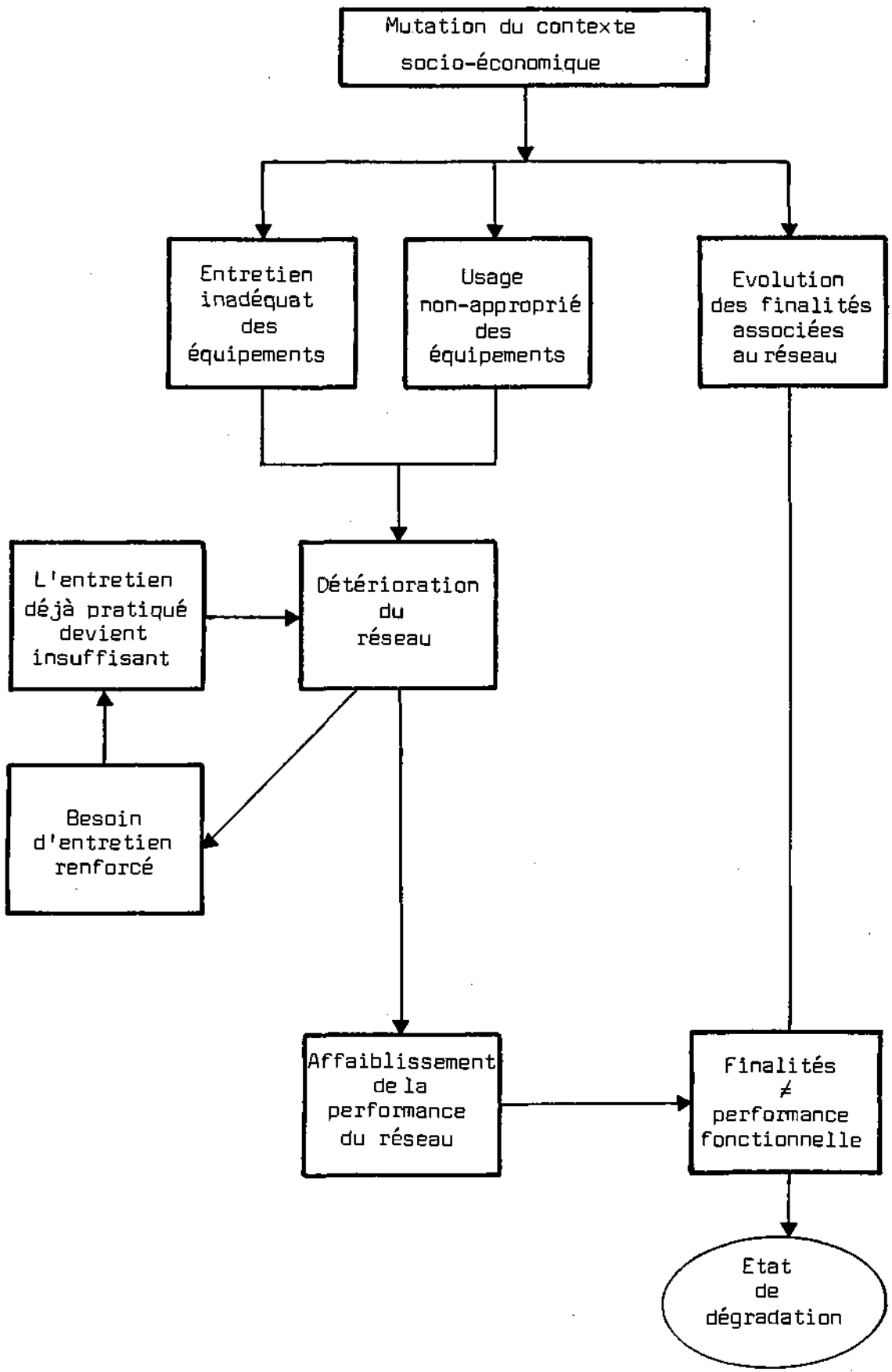



Figure 13 : Le processus de dégradation

l'entretien inadéquat des équipements). Il est simplement indiqué qu'il s'agit d'un état de déséquilibre, dû à des modifications du contexte socio-économique. Mais, nous signalons qu'elles peuvent être multiples et qu'elles dépendent de l'organisation du système d'assainissement et du système social global. Ainsi, dans le cas d'une étude précise, il faut procéder à l'analyse complète du problème, en tenant compte, en particulier, du rôle du financement et du contrôle (contrôle sur les usagers et sur les agents exploitants) du service d'assainissement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA DEUXIEME PARTIE - CHAPITRE I

1 - HUflPHREY (Nan), Factors Affectinq the Condition of Capital Facilities, Washington D.C., Urban Institute , December 1983, 30 p.

2 - REED C.E., "The assessment of the problem in the U.K." in Restoration of seueraqe Systems. Proceeding of an International Conférence organised by the Institution of Civil Engineers, held in London on 22-24 Juin 1981, London, Thomas Telford, 1982, 308 p.

# CHAPITRE II

## DEGRADATION : TYPOLOGIES DES ANOMALIES DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT

Dans le chapitre précédent, nous avons défini la dégradation comme une notion variable par rapport aux finalités du réseau. Nous avons précisément admis que la dégradation des équipements d'assainissement provient de l'écart entre les finalités associées aux ouvrages et leur performance réelle. Nous avons aussi identifié les conditions qui peuvent conduire à un état de dégradation (cf. § les causes de la dégradation), notamment l'évolution des finalités du réseau, l'usage non approprié et l'entretien inadéquat des installations. Mais notre analyse est restée à un niveau très général, de façon que le processus de la dégradation illustré dans la figure 13 peut être transposé à toute sorte d'équipements. En fait, pour parler de la dégradation en tant que phénomène intrinsèque aux équipements d'assainissement, nous sommes obligés de passer à un autre niveau et de spécifier les défauts qui caractérisent le réseau d'évacuation des eaux usées proprement dit.

Dans cette optique, nous allons étudier dans le présent chapitre les différentes formes de défectuosités des équipements d'assainissement. Nous allons concrètement, d'une part analyser "la détérioration du réseau" figurée dans le schéma 13, et d'autre part étudier ses répercussions sur la performance des installations, afin de saisir l'affaiblissement de la performance du réseau. Nous allons adopter pour cela la démarche illustrée dans le schéma 14 qui se réfère à la détérioration des équipements. Dans ce schéma, il est considéré que l'usage non approprié et l'entretien inadéquat des installations engendrent des défauts (ce qu'on appelle ici "défauts élémentaires) sur la structure matérielle des canalisations (fissures, cassures ...) et sur les flux hydrauliques transportés (faible vitesse de propagation, composition corrosive des effluents . . . ) . Ces défauts créent à leur tour des "anomalies" qui affectent la tenue mécanique et/ou le fonctionnement du réseau et qui, par conséquent, conduisent

à l'affaiblissement de la performance des ouvrages. Pour cerner le problème de la dégradation des réseaux d'assainissement, nous allons alors étudier les "anomalies du réseau", ces dernières étant considérées du point de vue des implications qu'elles entraînent sur la performance des équipements.

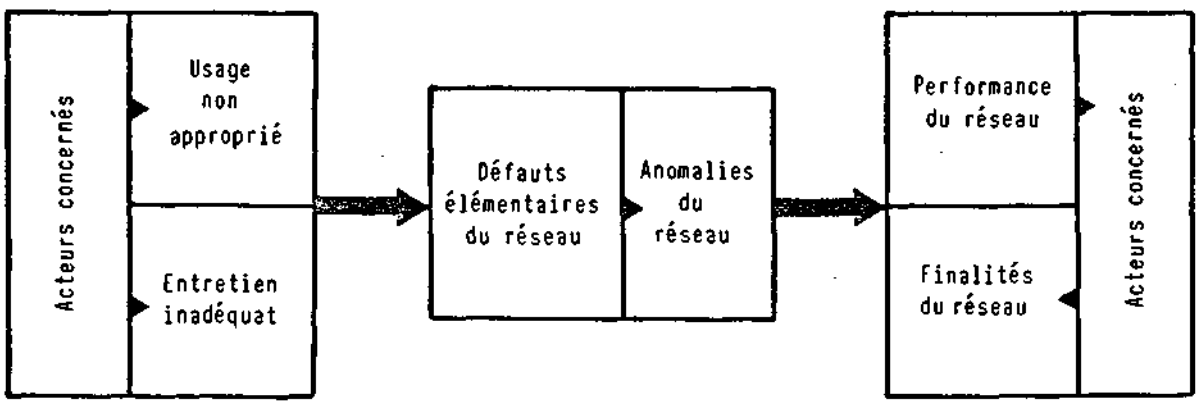



Figure 1** : La détérioration du réseau

Pour identifier les anomalies du réseau, nous allons précisément nous référer à la performance optimale du réseau. Nous rappelons pour cela que ce procédé technique est lié à trois objectifs :

- la lutte contre les inondations ;
- la protection de la santé publique ;
- la protection de l'environnement.

Ces objectifs, ainsi que certaines exigences de caractère économique (rentabilité des équipements), correspondent généralement aux lignes directrices des finalités du réseau. Or, pour atteindre ces objectifs, le réseau, tel qu'il a été défini dans la première partie (Chapitre i), doit remplir les fonctions suivantes.

Fonctions hydrauliques

l'évacuation, en dehors des zones d'habitation, des eaux usées

uniquement en séparatif eaux usées ;

. 1'évacuation des eaux pluviales uniquement, en séparatif eaux pluviales ;

. l'évacuation des eaux pluviales et usées en unitaire ;

. le transport de toutes les eaux sales vers la station d'épuration.

- Fonctions structurelles :

. le bon support du sol aux alentours des canalisations.

En même temps l'ouvrage doit satisfaire certaines conditions techniques telles que :

- il doit permettre un autocurage minimum des canalisations ;
- son entretien doit consister à une activité simple, économique et dont la sécurité est assurée ;
- ses canalisations doivent être plus ou moins étanches.

La performance du réseau dépend de la qualité de ces fonctions et est liée à l'assurance des conditions techniques présentées ci-dessus. Par ailleurs, le niveau de performance souhaité est déterminé par rapport aux finalités du système d'assainissement qui sont conditionnées par des facteurs d'influence locale et nationale. De ce fait, l'exigence de qualité des fonctions et de respect des conditions techniques varie selon les différents contextes socio-économiques. (On voit, par exemple, que la condition d'étanchéité des collecteurs devient, en Angleterre, condition d'étanchéité "raisonnable", tandis qu'aux Etats-Unis, elle n'a de valeur que par rapport aux coûts correspondants à l'épuration des eaux sales. De même, la quantité de la pollution qui doit être éliminée est déterminée par rapport aux priorités politiques et par les capacités financières du service).

Nous distinguons ainsi cinq types d'anomalies du réseau d'assainissement qui influent sur sa performance fonctionnelle. Ce sont :

- la détérioration de la structure matérielle du réseau ;
- la diminution de la capacité d'écoulement des canalisations (nous soulignons que nous ne nous intéressons pas ici à l'insuffisance hydrau-

lique du réseau, liée en général à la question des eaux pluviales) ;
- la présence des eaux parasites ;
- l'existence des fuites ;
- le développement des conditions d'agressivité dans l'environnement du réseau.

Pour chacune d'elles, nous étudierons par la suite :

- les "défauts élémentaires" qui l'engendrent (les causes des anomalies) et les acteurs internes ou externes au système d'assainissement qui interviennent dans la production de ces défauts (il s'agit des acteurs qui interviennent dans l'usage et l'entretien des équipements) ;
- ses conséquences sur la performance du réseau et les acteurs du système social qui sont respectivement concernés ;
- son ampleur dans les trois pays étudiés.

## SECTION I : LA DETERIORATION DE LA STRUCTURE PHYSIQUE DU RESEAU

### § 1 . Définition

Par "détérioration de la structure physique du réseau", nous entendons, dans la présente étude toutes sortes de défectuosités concernant le réseau matériel. Ce défaut, selon son ordre de gravité, peut provoquer le dysfonctionnement du réseau mais aussi menacer la solidité de l'ouvrage.

En particulier, selon le niveau de la structure des équipements que caractérise cette anomalie, nous distinguons :

- Les défauts de structure au niveau de l'ouvrage principal qui comprennent:

  . les fissures ;
  . les cassures ;
  . les fractures (cassures ouvertes longitudinales ou transversales) ;
  . l'absence ponctuelle ou détérioration en surface du mortier de jointement ;
  . les parois internes corrolées ou abrasées ;
  . les maçonnerie déjointée ;
  . les joints fuyards ;
  . les joints déboités ;
  . les joints ouverts (les canalisations adjacentes ont subi un déplacement longitudinal) ;
  . les éléments absents ;
  . la canalisation rompue (canalisation fissurée avec déplacement de tuyaux, déboitement, voire morceau manquant) ;
  . la canalisation déformée (canalisation dont la section n'a plus la forme originale, donc probablement fortement fracturée ; c'est souvent le stade précédant l'effondrement) ;
  . l'effondrement (la canalisation a perdu toute intégrité structurelle et s'est totalement écrasée).

- Les défauts d'alignement des collecteurs. Ces défauts constituent, généralement, une étape préliminaire de la détérioration. Il s'agit des défauts d'alignement dans le plan vertical (contrepentes) et des défauts d'alignement dans le plan horizontal (1).
- Les défauts au niveau des branchements et des ouvrages annexes (regards de visite . . . ) . qui comprennent :
  . les branchements pénétrants ;
  . les branchements fissurés ;
  . les branchements erronés ;
  . les fissures, fractures, cassures dans la structure de l'ouvrage annexe;
  . les joints ouverts ;
  . les cuvettes détériorées (manque d'étanchéité au fond de l'ouvrage);
  . le cisaillement de la canalisation au niveau des regards (1).

§ 2. Les causes de la détérioration physique du réseau

Pour aborder les causes de la détérioration des équipements d'assainissement, nous allons étudier par la suite les différentes conditions qui influent sur l'état du réseau matériel. Hais il faut souligner que les incidents de détérioration sont souvent dus à l'association de plusieurs facteurs et que certains défauts peuvent induire des causes secondaires, susceptibles d'aggraver l'endommagement des ouvrages.

En particulier, nous distinguons cinq types d'éléments qui interviennent dans l'évolution de la structure matérielle du réseau :

- les effluents transportés ;
- le milieu environnant des canalisations ;
- les conditions de construction initiale et de pose des équipements ;
- le mode d'entretien suivi ;
- l'existence d'accidents.

1 . Les effluents transportés

Les effluents transportés par le réseau d'égouts peuvent contribuer, selon leurs caractéristiques, à la détérioration de la structure matérielle des équipements. Ils peuvent entraîner notamment :

- L'érosion des collecteurs, en raison d'une grande vitesse d'écoulement (pente forte, canalisations sous-dimensionnées) et de la présence de matériaux en suspension entraînés par les effluents (1).
- La corrosion de l'ouvrage, due à des terrains lessivés ou à la nature agressive des rejets canalisés. La présence dans les effluents de substances chimiques provoque aussi un vieillissement prématuré des joints (1 ). (Le phénomène de la corrosion est présenté analytiquement dans la Section \/ de ce chapitre ).

Les phénomènes de l'érosion et de la corrosion ne touchent directement que la surface des canalisations. Ils peuvent néanmoins, en s'associant à d'autres contraintes mécaniques (par exemple surcharge hydraulique), susciter à terme le manque de solidité de l'ouvrage et même sa défaillance.

- La surcharge excessive des canalisations, en raison d'une capacité hydraulique limitée du réseau (phénomène étudié dans les sections II et III du chapitre). Les effets de détérioration de la surcharge peuvent être : des fissures longitudinales ou transversales, des joints fuyards, une déformation des conduites à la suite d'une fissuration en croix des ouvrages circulaires, ou même l'effondrement de l'ouvrage (2).

2. Le milieu environnant

Le milieu environnant peut contribuer à la détérioration physique des équipements, en constituant un générateur des contraintes de type mécanique et physico-chimique.

a) Les contraintes mécaniques comprennent :

- Le tassement différentiel, qui est lié essentiellement aux modes d'occupation et d'utilisation du sol (par exemple existence de chantiers de

construction ou d'une circulation importante de véhicules au-dessus des conduites à faible profondeur (*)). Ce type de contraintes peut entraîner la forte compression de 1'ouvrage et conduire finalement à la détérioration du réseau.

Les défauts de structure dus aux tassements différentiels sont, en général : des canalisations rompues, des cas de fissures avec déplacement des tuyaux, des déboitements, des morceaux manquants, et souvent des détériorations au niveau des regards sous chaussée où l'on constate un cisaillement de la canalisation au point de jonction avec le regard (1 ) (2).

- Le mouvement du terrain, qui peut être provoqué par :
  . des mouvements au niveau de la nappe phréatique ;
  . une instabilité du sol, liée à la nature du terrain (sol meuble, marécageux) qui entraîne, en plus, des vides aux alentours des canalisations avec des conséquences perverses pour l'évolution du réseau (3) ;
  . des activités d'occupation du sous-sol particulières, telles que la présence des mines ou l'exécution de travaux au voisinage des conduites. Le rôle des travaux dans la détérioration des réseaux d'assainissement est souvent plus important qu'on l'imagine. Les défectuosités ainsi suscitées, peuvent être soit involontaires, soit volontaires ne serait-ce que pour faciliter le passage en-dessous ou en-dessus (voire à l'intérieur) de la conduite d'assainissement, d'une conduite d'un autre réseau *{h).*

L'effet de ces contraintes mécaniques dépend, bien sûr, directement de l'adéquation de la structure du réseau (souplesse au niveau des joints, résistance mécanique des canalisations, résistance des tuyaux à l'ovalisation, longueur des tuyaux ...) (1).

- La présence des racines : les racines d'arbres, situées aux alentours des canalisations, peuvent constituer un facteur de production des contraintes mécaniques pour l'ouvrage d'assainissement. Elles influent sur la

* On a constaté que les symptômes de détérioration dépendent de la profondeur des canalisations de même que du mode d'occupation de la surface. Notamment, la multiplication des voies de haute circulation et du nombre de véhicules suscitent la multiplication de ces symptômes (3).

structure du réseau, surtout par le fait qu'elles pénètrent dans les canalisations à travers de moindres défectuosités, pour les élargir et pour induire l'affaiblissement de leur solidité structurelle.

b) Les contraintes physico-chimiques

Les principaux facteurs à prendre en compte sont :

- Les variations différentielles de température qui causent la présentation des fissures le long des canalisations ;
- L'agressivité des terrains par suite d'une acidité. Elle peut être due :
  . à la teneur élevée en C02 libre de l'eau de la nappe phréatique, à des acides chimiques, ou à l'oxydation biologique de sulfures naturels en H2S04 ;
  . à la présence d'eau de nappe sélénique qui, au contact du ciment, peut entraîner la formation de sel de Candlot expansif ;
  . à la présence d'eau de nappe saumâtre, la teneur en chlorure étant un facteur important de corrosion.

3. Les conditions de construction initiale et de pose

Les conditions de construction et de pose des installations influent considérablement sur l'évolution de la structure du réseau. D'autant plus que les défauts concernant cette phase initiale de l'ouvra- ge constituent des causes très fréquentes de détérioration (1). Ainsi, on rencontre souvent des cas :

- De canalisations qui comptent des points fuyards dès l'origine et qui sont propices à la pénétration des racines, aux infiltrations et aux fuites ;
- De lit de pose inadéquat : ce qui permet le développement de fissures et de joints fuyards ;

- de pose de tuyaux mal exécutée : ce qui suscite des défauts de joints ouverts et de déplacements longitudinaux des canalisations adjacentes (2);

- de mauvais compactage de remblai : ce qui provoque, en général, des défauts de joints déboités, mais qui peut aussi entraîner la formation de vides dans le sol, au-dessus des collecteurs et par conséquent l'affaissement des réseaux des services voisins (3) ;

- de mauvaise réalisation des joints (jointement au mortier incorrectement réalisé, joint en caoutchouc inadéquat, retrait dû à humidité subit par le mortier de jointement) : ce qui provoque la fracturation des canalisations ;

- d'adaptation d'une pente insuffisante ayant comme conséquence le mauvais fonctionnement du réseau (stagnation des effluents avec problèmes d'encrassement ...) ;

- de branchements mal exécutés : ce qui entraîne des problèmes de fonctionnement du réseau (incidents d'obstruction, fuites, eaux parasites).

### 4. L'entretien des équipements

Le mode d'entretien des équipements est aussi une condition importante de l'évolution de la structure du réseau. Ainsi, l'adoption de mauvaises méthodes de nettoyage et de maintenance peut constituer un facteur de détérioration des ouvrages (*) (aujourd'hui on estime, par exemple, que l'application de nouvelles méthodes de curage hydrodynamique dans les vieux collecteurs en maçonnerie en Angleterre ont nettement contribué à la défaillance de ces installations).

### 5. Les accidents

L'existence d'accidents peut influencer de diverses façons l'état d'un réseau d'assainissement. En général, les détériorations accidentelles des ouvrages ont lieu au cours de travaux de génie civil au voisinage de

* Ici, nous n'examinons pas les conséquences du manque d'entretien, mais surtout l'effet de l'application de mauvais procédés d'entretien.

travaux (fouilles, mise en place de poteaux). Elles peuvent être provoquées, soit directement (perforation, sectionnement), soit induites par des mouvements de terrain (1). Mais l'éclatement des réseaux des services voisins, par exemple des conduites d'approvisionnement en eau potable situées au-dessus des égouts, constitue aussi souvent une cause de détérioration des ouvrages d'assainissement (notamment en Angleterre).

Dans le cas d'accidents, il faut aussi prendre en compte les incidents ponctuels dus à la mauvaise utilisation des équipements de réseau par les individus ou par les industriels. En particulier, le rejet par les industriels des substances explosives et inflammables, telles que l'essence, le benzène, le xylène et le toluène, constitue aujourd'hui une menace pour la structure des équipements, mais aussi pour la sécurité du personnel, du service et du public (5).

## § 3. Les acteurs concernés par les causes de la détérioration

Dans cette partie, nous cherchons à identifier les acteurs qui interviennent dans chaque cause de détérioration du réseau matériel et à étudier leur rôle respectivement. Ainsi, basés sur l'analyse précédente, nous examinons, par la suite, les agents du système social qui sont concernés par les conditions déterminantes de l'évolution de la structure des ouvrages.

Mais, nous soulignons qu'en réalité il est très difficile de préciser les agents responsables de la détérioration des équipements. Notamment dans le cas de l'effondrement des canalisations qui constitue la dernière phase du processus de dégradation (*).

- Les contraintes dues aux effluents transportés : elles sont présentées sous forme de corrosion, d'abrasion ou d'effet mécanique de surcharge. La

* En effet, la connaissance des causes exactes de l'effondrement reste jusqu'à présent limitée, le rapport entre les dégâts de structure et l'affaissement de l'ouvrage n'étant pas toujours direct (6).

nature des effluents transportés, étant directement liée au fonctionnement du réseau d'assainissement, nous distinguons les deux fonctions principales qui déterminent ce type de contraintes : la fonction d'utilisation et la fonction d'entretien et de contrôle (cf. Première Partie, Chapitre I). Les agents du système d'assainissement qui sont respectivement concernés sont les usagers, responsables de la production des effluents, et les gestionnaires du service chargés de l'exploitation des équipements. Ils regroupent en particulier :

- les ménages qui ne portent qu'une faible partie de la res- ponsabilité dans ce cas, étant donné que leur contribution aux effluents agressifs et abrasifs est restreinte et donc, incapable d'entraîner la dégradation de la structure des ouvrages ;
- les industries qui constituent souvent les acteurs principaux de production de cette cause de détérioration, du fait qu'elles rejettent dans les canalisations de volumes importants d'eaux agressives ;
- le gestionnaire du service qui assume la responsabilité du développement de ces contraintes, étant donné qu'en général, c'est à lui d'assurer le contrôle du mode d'utilisation du réseau ainsi que l'entretien de sa structure.

Les eaux de ruissellement, en entraînant des matériaux en suspension de la surface, constituent aussi un facteur important d'érosion et de surcharge des collecteurs. Les acteurs concernés par le ruissellement sont :

. des agents du système d'assainissement : les usagers (particuliers et industriels), les propriétaires des immeubles et des terrains, et finalement le maître d'ouvrage qui décide pour le contrôle et la gestion des eaux pluviales ;

. des acteurs externes du système d'assainissement : les instances publiques responsables de l'aménagement et de l'urbanisme qui établissent les P.O.S., les habitants de la ville qui utilisent la voirie (automobilistes, commerçants) et dont les activités influent sur la composition et la nature des eaux ruissellées.

- Les contraintes dues au milieu environnant : elles résultent, comme nous l'avons déjà précisé, soit du mode d'occupation du sol, soit du mode d'occupation du sous-sol, soit des conditions naturelles.

Le mode d'occupation du sol, c'est-à-dire le type de trafic, le type d'activités (par exemple présence de chantiers), est une condition qui varie dans le temps. Les acteurs qui sont concernés par cet élément sont : les habitants de la ville (particuliers, industriels, entreprises, commerçants), les autorités et les organismes publics (municipalités, Etat, associations, syndicats) qui autorisent et gèrent parfois ces activités. La responsabilité dans ce cas est, en fait, diffuse.

Le mode d'occupation du sous-sol, c'est-à-dire le voisinage d'autres réseaux, l'existence de mines .... Les agents concernés peuvent être les habitants de la ville, les autorités publiques, mais surtout les responsables des autres services souterrains (service de gaz, d'eau potable, mines •••/•

Les conditions naturelles, c'est-à-dire la nature du sol et de l'eau de la nappe phréatique, la présence de racines. . . . Il s'agit, en général, des conditions de caractère permanent qui ne concernent aucun acteur. Mais, étant donné que ces conditions préexistaient à l'implantation du réseau, on peut considérer que l'inadéquation de l'ouvrage à répondre à ce type de contraintes mécaniques et physico-chimiques, représente une erreur à la conception du réseau.

- Les défauts de construction et de pose : toutes les malfaçons de construction et de pose concernent la phase d'installation des équipements et entraînent la responsabilité du maître d'oeuvre, mais aussi du maître d'ouvrage puisque ce dernier accepte de recevoir les équipements (""). Dans cette catégorie de causes de détérioration, il faut aussi ranger les branchements illicites réalisés par les particuliers ou par les indus-

* Nous précisons que la division des responsabilités entre le maître d'oeuvre et le maître d'ouvrage est définie par le type de contrat passé entre eux (cahier de charges).

triels et dont la présence témoigne du manque de contrôle de la part des agents exploitants.

- Les contraintes dues au mauvais entretien : elles concernent exclusivement les agents exploitants (maître d'oeuvre) qui sont chargés de l'entretien des équipements.

- Les contraintes dues aux accidents : elles concernent chaque fois les responsables de l'accident (particuliers, industriels . . . ) .

§ *h.* Les conséquences de la détérioration physique du réseau - Les acteurs concernés

La détérioration physique du réseau peut avoir deux types de conséquences :

- son mauvais fonctionnement, phénomène que nous étudions dans les sections suivantes ;
- l'affaiblissement de la solidité de sa structure qui risque d'amener à l'effondrement de l'ouvrage.

Dans cette section, nous nous intéressons spécifiquement à cette dernière implication de la détérioration et surtout à l'effondrement qui touche directement un grand nombre d'acteurs du milieu urbain. En effet, l'effondrement d'un collecteur, manifesté par l'affaissement de la chaussée placée au-dessus, entraîne l'interruption des services des réseaux voisins, le bouleversement des activités de la surface et parfois aussi des accidents plus ou moins graves ; tous ces événements ayant, évidemment, des conséquences économiques et politiques. L'importance d'un tel incident est, en fait, due à l'ampleur des effets suscités (qui touchent parfois aussi les immeubles voisins à la canalisation écroulée), mais surtout à la longue durée que nécessite la réparation des dégâts produits. Faits qui influent considérablement sur les coûts induits. Par ailleurs, nous signalons que les effets de l'effondrement ne sont pas uniquement de

caractère matériel mais aussi de caractère social et économique (bouleversements des activités commerciales, prolongation des itinéraires, provocation des bruits et de la poussière, pertes de ventes, baisse de la productivité, augmentation des dépenses publiques due aux mesures de sécurité supplémentaires . . . ) .

Les acteurs mobilisés à la suite d'un incident d'effondrement sont : les habitants, les entreprises privées et les autorités publiques qui supportent toutes les conséquences évoquées ci-dessus. Il s'agit de conséquences économiques et sociales qui peuvent avoir des répercussions politiques au niveau local ou même national, selon l'ordre de gravité du problème et l'organisation institutionnelle.

## § 5. L'ampleur du problème dans les trois pays étudiés

### 1 . La France

Il n'existe pas d'analyses statistiques illustrant les différents types de désordres décelés dans les réseaux d'assainissement en France. En effet, les seules données dont nous disposons sur l'état physique des réseaux se limitent à quelques informations générales concernant des cas isolés. Ainsi, d'après nos contacts, les vieux réseaux des centres de certaines communes, construits avant la guerre, sont aujourd'hui fortement détériorés ; par exemple, le réseau d'égout de la ville de Montreuil et aussi les réseaux d'autres petites communes dans le Sud de la France (7) (nous rappelons qu'il existe de vieux collecteurs qui sont pratiquement inaccessibles à cause du manque total des regards de visite).

Mais, on ne fait pratiquement pas état d'incidents d'effondrements concernant les réseaux de collecte d'eaux usées. Seulement, quelques effondrements ont eu lieu dans les collecteurs d'eaux pluviales, notamment dans le bassin d'Adour-Garonne et dans l'Orge (8) (9). Néanmoins, le fait que les canalisations d'égouts des villes françaises ne s'écroulent pas, ne constitue pas une preuve de leur bon état tant qu'il n'y a pas d'enregistrements détaillés de leurs défauts de structure (cassures, fissures . . . ).

## 2. L'Angleterre

Selon les informations dont nous disposons, l'état des réseaux d'assainissement en Angleterre est considérablement détérioré. Avec 3.5DD effondrements estimés par an (Tunnels and Tunneling - October 1983), le phénomène de l'écroulement des canalisations ne représente pas, dans la réalité du contexte britannique un événement possible et abstrait, mais au contraire il constitue un événement quotidien. Par ailleurs, le mauvais état des collecteurs d'évacuation a été dévoilé par les inspections par caméra de télévision, entreprises dans les années 70.

Mais la situation varie parmi les régions. Elle prend des formes dramatiques dans les villes du Nord-Ouest du pays (en particulier, dans la ville de Manchester) et elle est préoccupante dans les régions du Sud (10).

Manchester, l'une des premières villes à être équipée d'un réseau d'égout, a gagné, avec 63 effondrements les 8 dernières années le titre de "Holy City". La taille d'une des cavités produites a atteint les dimensions de la voûte de la cathédrale de Saint-Paul (sa réparation a coûté 900.000 livres) (11 ). L'importance des manifestations d'effondré- ments des canalisations à Manchester a même donné naissance à une nouvelle unité de mesure : le Double-Decker-Bus (D.D.B), introduit par un ingénieur municipal de travaux publics pour décrire les dimensions des cavités causées par l'écroulement des égouts. Un D.D.B représente le volume d'un autobus anglais (la cavité la plus grande produite jusqu'à présent a été de 4 D.D.B) (cf. Figure 15) (12).

D'autres villes, comme Liverpool, Sheffield et Halifax, Harrogate, Leeds, disposent aussi des réseaux qui risquent de s'effondrer. En 1981, Harrogate a eu cinq effondrements sur des réseaux relativement neufs. En effet, *5%* des réseaux de cette ville, construits dans les années 40 et 50, sont aujourd'hui considérés comme fortement détériorés (de même, à Leeds, le tiers des défauts des canalisations dévoilés par les inspections de caméra de télévision, concernent les réseaux qui ont moins de 30 ans) (13).

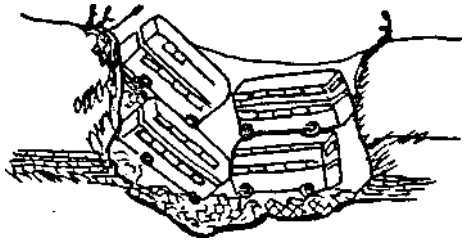


Figure 15 : Un effondrement pouvant contenir *t Double-Decker-Bus (D.D.B.)

La capitale du pays n'échappe pas non plus à cette situation de dégradation généralisée sur tout le territoire. En 1981, l'effondrement de la rue de Petersham, à l'ouest de Londres, a considérablement perturbé les activités du quartier. (Les travaux de réparation ont duré 3 ans et les opérations ont coûté plus d'un million de livres -la réparation la plus coûteuse jusqu'à présent-).

Pour donner une image générale de l'état des réseaux, nous présentons dans le tableau 10, les conseils de districts de l'Angleterre et du Pays-de-Galles qui se caractérisent selon le Uater Research Center, par les plus fréquents incidents de détérioration. En particulier, dans les 32 districts illustrés, le nombre d'incidents d'effondrements et d'obstructions entraînant des excavations est trois fois plus élevé que la moyenne nationale, qui est 6,5 incidents par 10.000 habitants par an (12).

Selon une analyse élaborée en 1981 par le Ulater Research Center, le paramètre "âge" intervient considérablement dans la détérioration de la structure des équipements. Ainsi, dans la région de l'Anglian, le taux d'incidents, nécessitant une excavation, par 1.000kms, a été estimé à 15-20 par an dans la partie des réseaux qui a plus de 80 ans. Mais, il a été estimé à 5-11 par 1 .000kms dans la partie qui a moins de 60 ans. (Nous

Tableau 1D : Zones avec un taux de défectuosités des réseaux d'assainissement élevé, Angleterre et Pays de Galles, 1981

| Région | District | Région | District |
|---|---|---|---|
| North West | Barrüüj | Northumbrian | Easington |
| | Blackpool | | |
| | Chorley | Uales | Aberconuy |
| | Fylde | | Afon |
| | High Peak | | Carmarthen |
| | Macclesfield | | Cynon Valley |
| | Pendle | | Dufor |
| | Rochdale | | Merthyr Tydfil |
| | Rossendale | | Monmouth |
| | Tameside | | Preselei |
| | Uyre | | |
| | | Southern | Medina |
| Wessex | Bath | | |
| | Kennet | South Uest | Caradon |
| | Salisbury | | Carrick |
| | Yeovil | | South Hams |
| Yorkshire | Barnsley | | |
| | Bradford | | |
| | Calderdale | | |
| | Kirklees | | |

Source : KEY (Tony) et MEEGAN (Richard), Urban Infrastructure in the U.K. - Preliminary review, London, C.E.S. Ltd, September 1983, 1»3 p.

Tableau 11 : Fréquence annuelle des défectuosités par l.DDDkm de réseaux (Angleterre et Pays de Galles)

| | Nombre d'incidents | Longueurs des réseaux d'assainissement Km | % | Nombre de défectuosités par 1.000km | Age moyen des réseaux d'assainissement |
|---|---|---|---|---|---|
| Après 1945 | 68D | 103.DDD | 46,8 | 7 | 18 |
| 1918-1944 | 1.060 | 68.DDD | 3D,7 | 16 | 49 |
| 1876-1917 | 1.435 | 40.DDD | 18,5 | 36 | 84 |
| Avant 1876 | 342 | 9.DDD | 4,0 | 38 | 120 |
| Total | 3.517 | 22D.DDD | 100 | 16 | 44 |

*Commentaire* *Les proportions des réseaux d'assainissement construits selon les différentes périodes sont celles déterminées par l'enquête du Severn Trent Water Authority. Les longueurs totales des réseaux sont celles présentées dans le journal du National Water Council de 1982.*

Source : RAMSEY C.R., "Sewer Rénovation - A National Perspective", in Practical Aspects of Sewer Rénovation, Manchester, University of Manchester, Institution of Sciences and Technology, 1983 (Actes du Symposium organisé par l'Institution of Public Health Engineers, 15-16 September 1983).

Tableau 12 : Détérioration selon l'âge des réseaux (Angleterre et Pays de Galles)

| Période de construction | % des canalisations en mauvais état (en km) |
|---|---|
| 1975 - 1980 | 0.0 |
| 1965 - 1974 | 0.6 |
| 1955 - 1964 | 0.6 |
| 1945 - 1954 | 2.9 |
| 1935 _ 19HH | 1.1 |
| 1925 - 1934 | 1.7 |
| 1915 - 1924 | 1.3 |
| 1905 - 1914 | 3-6 |
| 1895 - 1904 | 5-4 |
| 1885 - 1894 | 9.2 |
| Avant 1885 | 13.2 |
| Moyenne | 2.1 |

**Source : Water Research Center, Water Authorities Association, Sewerage Rehabilitation manual, Swindon, Water Research Center, 1983.**

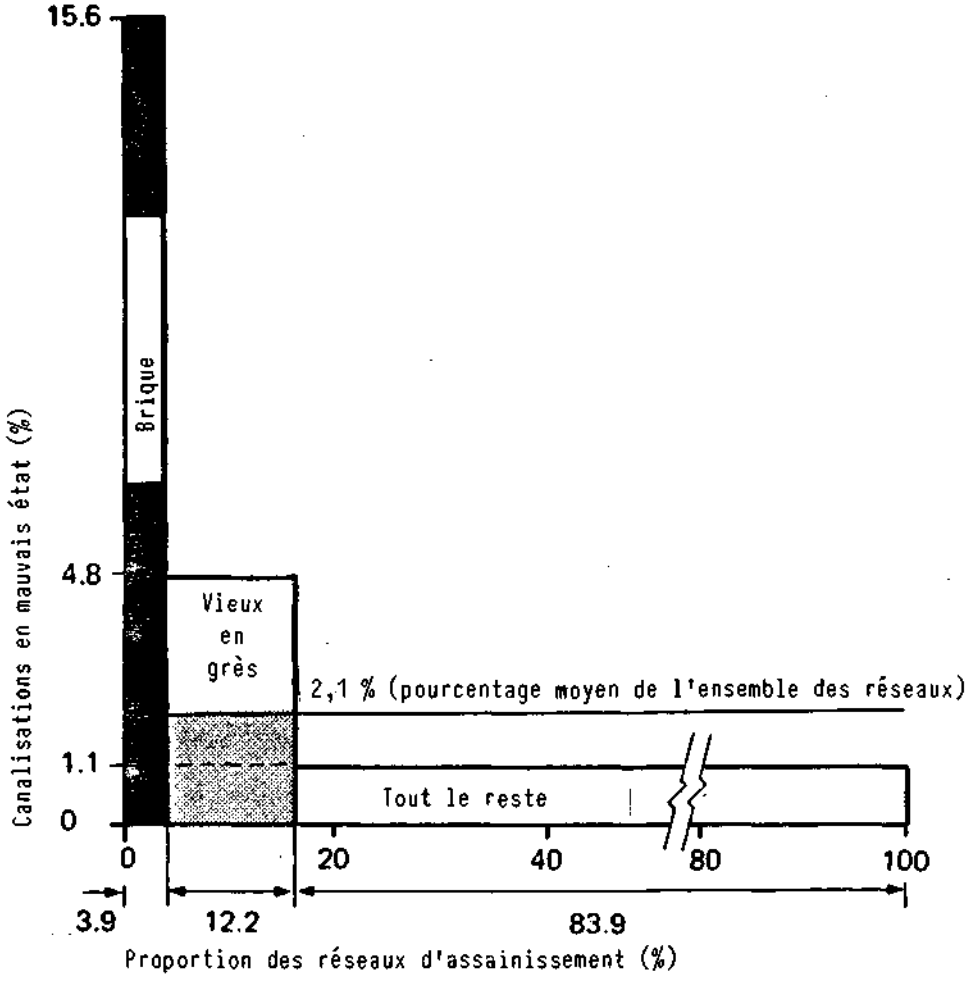



FigurE 16 : Proportion dss réssaux d'assainissErnsnt En mauvais état sslon IES matériaux dE construction (Angleterre et Pays de Galles)

Source : WATER RESEARCH CENTER, WATER AUTHORITIES ASSOCIATION, Sewerage Rehabilitation Manual, Swindon, Water Research Center, 1983.

signalons que dans la même étude, le taux moyen national a été calculé de l'ordre de 20 incidents par 1.OOOkms par an, ce qui représente 5.000 effondrements par an sur tout le pays). Le plus grand nombre de défauts manifestés dans cette région, est situé, selon les responsables, dans les villes de Lancashire et de Yorkshire, qui ont été développées pendant la première révolution industrielle (12).

Il est estimé aujourd'hui que le nombre, des réseaux obsolètes augmente de *2%* à l'âge de .70 ans jusqu'à *'\b%* à l'âge de 100 ans. De ce fait, on peut considérer que le niveau de détérioration s'accroît de l'ordre de *1%* par an après l'âge de 70 ans (14) . Cette situation est aussi présentée dans les tableaux 11 et 12 qui illustrent les résultats des enquêtes pilotées par le UJ.R.C sur l'état des équipements d'assainissement en Angleterre. Dans le tableau 11 , les incidents de détérioration, dont la réparation nécessite l'ouverture de fouilles (cas d'obstructions plus d'effondrements), sont classés selon l'âge des réseaux (*). Le tableau 12 présente l'ampleur de la détérioration des réseaux en fonction de leur âge. Il s'agit des résultats d'une enquête entreprise par le Severn Trent-Uater Authority.

Suivant cette dernière étude, la proportion des réseaux en mauvais état en fonction de la nature des matériaux qui les composent, est celle illustrée par la figure 16. Nous précisons qu'ici le terme "en mauvais état" est utilisé pour caractériser toute sorte de défectuosités. Précisément, les réseaux en mauvais état comprennent : des canalisations effondrées *(5%* des réseaux en mauvais état), des canalisations. comptant des fractures ou déformées (45% des réseaux en mauvais état), des canalisations comptant des fissures *(50%* des réseaux en mauvais état) (6).

### 3. Les Etats-Unis

Selon les informations que nous avons recueillies, l'ampleur du problème de la détérioration des réseaux d'assainissement aux Etats-Unis

* Dans cette étude, les responsables ont supposé que le phénomène de la détérioration est indépendant de la nature des matériaux de construction, et que la distribution des matériaux composants les canalisations des échantillons utilisés pour chaque période d'âge est représentative pour tous les réseaux du même âge \.".5^-

est considérable. Le tiers des communes américaines ne peut pas s'étendre pour des raisons d'insuffisance et d'obsolescence des équipements d'assainissement. Aussi, selon les échos de la presse des centaines de miles de réseaux d'égputs surchargés s'effondrent chaque semaine, presque dans toutes les villes de plus de 50 ans (16).

Mais à part ces estimations générales, si impressionnantes d'ailleurs, il existe très peu de données concrètes à l'échelle nationale qui puissent esquisser la situation. Ainsi, les seules informations dont nous disposons sur l'état physique des réseaux d'assainissement des villes des Etats-Unis, se résument aux résultats d'une étude réalisée par le Urban Institute (organisme de recherches urbaines, non lucratif) et à des informations ponctuelles de caractère général du type :

- à San Francisco, 800 miles d'égouts, dont 100 miles construits en briques avant 1900, se trouvent dans un état détérioré (17) ;
- à Albuquerque, plus du tiers des égouts sont si détériorés qu'ils s'effondrent sous la charge des voiries creusant des trous dans la chaussée (18) ;
- à New York, 6.000 miles d'égouts doivent être reconstruits (11) ;
- à Baltimore, les gestionnaires du service d'assainissement signalent la nécessité de la réhabilitation des installations (on a estimé que ces opérations vont coûter 1.880 dollars par habitant) (19) ;
- la ville de Cleveland est équipée d'un vieux réseau unitaire en briques, qui est aujourd'hui considéré comme étant considérablement détérioré (20) ;
- la ville de Chicago doit réparer ses équipements d'assainissement qui sont en mauvais état (21 ). De plus, en 1971, un des plus grands accidents d'explosion a eu lieu dans les égouts de Chicago, qui a endommagé 1/4 miles des réseaux. Il a été causé par des rejets industriels explosifs (5) ;
- en Février 1981 , un incident d'explosion a eu lieu dans la ville de Louisville au Kentucky, qui a gravement endommagé le système de collecte des eaux usées. Cette explosion, qui a touché 3,2 miles de canalisations, a été apparemment suscitée par la décharge dans les égouts, de 12.000-18.000 gallons (*) d'hexanes (produit chimique de

Tableau 13 : Nombre de ruptures par 1000 miles de réseaux d'egouts* 'Etats Unis^

| Ville | 1978 | 1979 | '1980 | 1978-80 Moyenne |
|---|---|---|---|---|
| Oakland | 626 | 624 | 575 | 608 |
| Houston | 429 | 622 | 663 | 571 |
| Baltimore | | 259 | 398 | |
| Everett | 556 | 250 | 250 | 352 |
| Kansas City | 200 | 224 | 213 | 212 |
| N. Little Rock | 213 | 213 | 147 | 191 |
| Chicago | 144 | 160 | 188 | 164 |
| Seattle | 154 | 171 | 165 | 163 |
| Tulsa | 135 | 168 | 179 | 161 |
| Atlanta | 106 | 76 | 291 | 158 |
| Phoenix | | 80 | 130 | |
| Denver | | 119 | 85 | |
| Enid | 110 | 70 | 63 | 81 |
| Milwaukee | 78 | 71 | 73 | 74 |
| Scranton | | | 58 | |
| Buffalo | 57 | 68 | 45 | 57 |
| Anchorage | 52 | 48 | 62 | 54 |
| Greenville | | 53 | 36 | |
| New York City | 31 | 41 | 36 | 36 |
| San Diego | 31 | 29 | 28 | 30 |
| Washington | 34 | 23 | 19 | 25 |
| Minneapolis | 18 | 30 | 9 | 19 |
| Boston | 14 | 19 | 19 | 17 |
| Wilmington | 17 | 11 | 11 | 13 |
| Pontiaç | 4 | 24 | 0 | 9 |
| Ogden | 5 | 5 | 9 | 6 |
| n = | 21 | 25 | 26 | 21 |
| Moyenne | 144 | 138 | 144 | 143 |

* *Ces données ne comprennent pas la partie des branchements des particuliers. Il s'agit des réseaux eaux usées séparatifs ou unitaires.*

Source : Information relevée par les services locaux d'assainissement, PETERSON E. (George), MILLER, GODWIN (Steve) et SHAPIRO (Carol), Draft Benchmarks of Urban Capital Control, Washington D.C., Urban Institute, February 1983, 77 p.

égouts, de 12.000-18.000 gallons (*) d'hexanes (produit chimique de haute toxicité) (22).

Les informations concernant l'état physique des réseaux d'assainissement relevées par l'étude de l'Urban Institute, sont des données sur le nombre de ruptures enregistrées par 1.000 miles de canalisations. Ce type d'informations disponibles pour une vingtaine de villes sur une période de trois ans (1978, 1979 et 1980) figure dans le tableau 13. Nous précisons qu'il s'agit des résultats des opérations de détection effectuées par les services locaux d'assainissement qui ont été par la suite uniformisées pour être comparables (23). Mais, nous n'avons aucune information supplémentaire sur la nature des cassures décelées (critères de classification) ni sur les moyens utilisés pour leur dévoilement.

En examinant ces données, nous remarquons que les villes avec le plus grand nombre de ruptures sont Houston et Oakland. Le nombre moyen des cassures, entre 1978 et 1980, est plus élevé dans les villes du Sud et de l'Ouest que dans les villes des autres régions du pays. De même, il est plus élevé dans les grandes villes que dans les petites villes.

* Un gallon USA = 3.7M litres.

## SECTION II : LA REDUCTION DE LA CAPACITE D'ECOULEMENT DU RESEAU

### § 1 . Définition

Par "diminution de la capacité hydraulique du réseau d'assainissement nous entendons ici la réduction du volume d'eau qui peut être transporté par le réseau à un moment donné (réduction du débit maximum possible). Cette anomalie peut caractériser les équipements dans une base permanente ou aléatoire, selon les causes qui l'ont provoquée.

### § 2. Les causes de la diminution de la capacité d'écoulement - Les acteurs concernés

Etant donné que la capacité d'écoulement du réseau dépend directement de la section des collecteurs et de la vitesse de propagation des effluents transportés (Q = SxV), nous distinguons deux conditions qui impliquent sa réduction :

- la diminution de la section des canalisations ;
- la diminution de la vitesse d'écoulement des effluents.

Etant donné cette distinction, nous allons, par la suite préciser les causes du développement de ce type d'anomalie et nous allons chercher à identifier les acteurs qui interviennent respectivement dans les deux cas.

#### 1 . La réduction de la section des canalisations

La réduction de la section des canalisations, qui peut être partielle ou totale (incident d'obstruction), résulte, en général, des causes suivantes :

a) La pénétration des racines

Les racines d'arbres, placées près des conduites, peuvent, en provoquant des ruptures de joints, pénétrer à l'intérieur du réseau, entraîner des dépôts et perturber l'écoulement. En effet, les racines, à la poursuite de l'humidité, se dirigent vers les canalisations contenant de l'eau (surtout quand l'humidité du sol est limitée) leur mode d'accroissement cellule par cellule leur permettant la pénétration au travers des défectuosités très petites. Une fois que les racines sont entrées dans la conduite, elles se développent très rapidement et retiennent les matières solides contenues dans les effluents propagés. Elles diminuent ainsi la vitesse d'écoulement à la partie amont du collecteur et elles augmentent la quantité des dépôts produits. (Le développement d'une masse de chevelus, telle que la canalisation en soit complètement obstruée, peut s'effectuer en un an) (24).

Le problème d'intrusion des racines, qui caractérise souvent les branchements du réseau à cause de leur emplacement près de la surface et de leur mauvaise construction initiale, constitue un facteur important d'obstruction des collecteurs, ayant un caractère permanent.

Les acteurs concernés : la pénétration des racines est un phénomène qui a lieu grâce aux défectuosités du réseau dues à la détérioration de sa structure ou à sa mauvaise construction initiale. Donc, les acteurs concernés par le développement de ce phénomène, sont ceux présentés dans la Section I du chapitre et en particulier, le maître d'oeuvre qui est chargé de l'exploitation du réseau et qui est, par conséquent, responsable du nettoyage des collecteurs.

b) Le rejet des objets non conformes aux principes du fonctionnement du réseau

Des incidents d'obstruction sont souvent constatés, dus au rejet de divers types de déchets dans les canalisations d'eaux usées. Rejets des papiers de toilette et d'emballages légers, -mais également rejets des

matériaux les plus hétéroclites, tels que matelas, planches, lits métalliques ..., dont on a peine à imaginer comment ils peuvent s'y trouver (on peut même trouver dans les collecteurs, des engins de travaux, oubliés à l'occasion d'un chantier ...) (25) (24).

Par ailleurs, dans le cas de réseaux unitaires ou séparatifs eaux pluviales, le rejet de la laitance de ciment des chantiers urbains constitue souvent une cause d'obstruction des canalisations. De même, en période automnale, les feuilles mortes peuvent entraîner l'engorgement des conduites de transfert, si les bouches d'égouts ne sont pas régulièrement entretenues (24).

Les acteurs concernés : la diminution de la capacité d'écoulement du réseau par des "corps étrangers" (par corps étrangers, on entend tout ce qui est introduit dans un réseau et qui ne devrait pas y être (24)), présentée ci-dessus, est un phénomène dû à la mauvaise utilisation des équipements. Les principaux responsables sont donc, les usagers (particuliers, habitants de la ville) qui ne respectent pas la conformité nécessaire au bon fonctionnement de l'ouvrage. Le maître d'oeuvre du réseau est, de même, concerné par ce type d'anomalie qui témoigne du manque de contrôle des usagers et de l'insuffisance de l'entretien des équipements.

c) L'encrassement par des dépôts des matériaux solides minéraux ou organiques

L'encrassement des réseaux résulte de la sédimentation des matières solides, véhiculées par les effluents, et dépend des caractéristiques hydrauliques d'écoulement. En effet, un nombre important de matières solides minérales et organiques se trouve dans l'eau usée, dont la composition et la quantité dépendent de la nature des objets d'assainissement : eaux usées domestiques, eaux usées industrielles, eaux pluviales.

Le problème de l'encrassement caractérise, en particulier, les réseaux des zones industrielles où les effluents rejetés contiennent les substances les plus diverses : matières en suspension, matières oxydables, matières nutritives. Mais, il faut aussi souligner la contribution importante des graisses qui représentent 60 à 80% de la charge totale des eaux ménagères. Généralement les dépôts de graisses sont provoqués par un ralentissement de l'effluent, mais également par une mise en turbulence de l'effluent qui, par formation de mousses, entraîne un collage de ces graisses en partie haute de la canalisation. L'encrassement par les graisses est souvent provoqué dans les zones à forte densité de population, par les rejets des industries alimentaires, et par les restaurants (24).

Les acteurs concernés : le problème de l'encrassement constitue un phénomène propre à la fonction du réseau. Il dépend de la nature des rejets et de la capacité d'autocurage des canalisations. Donc, les acteurs concernés par l'apparition de ce problème sont : les usagers, responsables de la nature des effluents (les ménages, mais surtout les restaurants et les industries) et le maître d'oeuvre du réseau, chargé de son exploitation, donc du contrôle des usagers et du nettoyage des canalisations (en fait, l'encrassement des collecteurs résulte d'une insuffisance de curage).

d) L'ensablement dans les réseaux unitaires

Les eaux pluviales transportées par les réseaux d'assainissement unitaires ou pluviaux sont, en général, chargées de sable ou autres matières en suspension, qui se déposent volontiers :

- lorsque les pentes des radiers sont très faibles ;
- lorsque la vitesse d'écoulement est très faible ;
- en amont des seuils de déversoirs d'orage ;
- en général, dans toutes les zones à très faible turbulence (4).

Ces dépôts, qui sont essentiellement composés de galets, .graviers, sables et argiles, sont souvent évacués, en partie ou en totalité, naturellement, par les eaux d'orage qui engendrent des vitesses supérieures à celles constatées par petits débits et provoquent un effet de chasse. Leur évacuation est fonction de la pente des conduites, de la dureté et de la taille des matériaux déposés *(h).*

La présence des sables déposés dans les collecteurs, en occupant un volume non négligeable à l'intérieur des ouvrages, constitue un facteur de réduction de la capacité hydraulique et même d'obstruction du réseau, d'un caractère aléatoire, surtout dans les périodes où on a besoin de toute la débitance (4). Ce problème caractérise, en général, les réseaux unitaires et pluviaux, mais il peut se présenter également dans les réseaux séparatifs d'eaux usées pour différentes causes, telles que la non conformité des branchements individuels, les eaux parasites et les cassures des collecteurs (24).

Les acteurs concernés : le seul responsable de ce type d'anomalie, qui est le résultat d'un entretien inadéquat (manque de curage des canalisations), est le maître d'oeuvre.

2. La diminution de la vitesse de propagation des effluents

La vitesse de propagation des effluents dépend du coefficient d'écoulement, paramètre déterminé par la rugosité des parois des canalisations. La réduction de la vitesse d'écoulement peut être provoquée par la détéoration de la surface interne des collecteurs due à l'effet de la corrosion, de l'érosion, etc. Les acteurs concernés, responsables de la production de ce type de phénomènes, sont ceux présentés dans la Section I du chapitre.

## § 3. La répercussion de la diminution de la capacité hydraulique du réseau sur sa performance fonctionnelle - Les acteurs concernés

La diminution de la capacité hydraulique du réseau, indépendamment des causes qui l'ont provoquée, peut entraîner comme conséquences trois types d'anomalies :

- la mise en charge du réseau ;
- la provocation des débordements ;
- la provocation des inondations.

Les implications de ces anomalies peuvent avoir un caractère permanent (cas d'intrusion de racines), répétitif (cas d'ensablement) ou accidentel (cas de rejets non conformes) et dépendent du volume des effluents transportés, de même que de la capacité d'écoulement du réseau.

### 1. La mise en charge du réseau

La mise en charge du réseau, bien qu'elle constitue une anomalie invisible par les usagers et par les habitants du milieu urbain, provoque :

- la "fatigue" (physique) de la structure de l'ouvrage, fait qui suscite sa détérioration et à long terme, en collaboration avec d'autres types de déficiences, aussi sa défaillance (cf. Section I la détérioration de la structure physique du réseau) ;
- le fréquent fonctionnement des déversoirs d'orage. Phénomène qui concerne uniquement les réseaux unitaires et qui entraîne la dégradation progressive du milieu naturel.

Les acteurs concernés : le phénomène de la mise en charge des collecteurs ne mobilise pas, en fait, les usagers. Ses conséquences, en terme socio-économique, se limitent à la pollution de l'eau des rivières. Les agents donc, qui peuvent être concernés par ces effets de caractère secondaire, sont les écologistes, les usagers des rivières et les instances publiques chargées des problèmes de pollution. Les agents municipaux

peuvent aussi être mobilisés par ce type d'incidents pour des raisons politiques (image de marque de la municipalité).

2. Les débordements et les inondations

Les conséquences impliquées par ces anomalies sont similaires. Elles provoquent, en particulier :

- la destruction des cours et des logements ;
- la perturbation des activités commerciales et du trafic de la ville ;
- la pollution du milieu naturel (surtout quand il s'agit des réseaux unitaires ou séparatifs eaux usées).

De plus, les inondations peuvent aussi provoquer des accidents mortels.

Les acteurs concernés : les débordements des réseaux d'assainissement et les inondations sont des phénomènes qui touchent directement les habitants de la ville. Par ailleurs, d'autres acteurs, qui peuvent être mobilisés par ce type d'incidents, sont : les municipalités, les autres services urbains, les assurances et, dans des cas d'importance exceptionnelle des conséquences socio-économiques induites, les instances publiques (l'Etat).

## § 4. L'ampleur du problème dans les trois pays étudiés

### 1. La France

En France, les incidents d'inondations et de débordements des réseaux d'assainissement sont assez fréquents, surtout dans certaines régions ayant des caractéristiques particulières (par exemple la ville de Bordeaux, le département de Seine-Saint-Denis . . . ) . Mais, ce type de problème est, en général, plutôt lié à l'insuffisance hydraulique des équipements, due à leur mauvaise conception et à la mauvaise prévision de l'extension

urbaine (sous-estimation de l'imperméabilisation des sols), qu'à, la diminution de la capacité d'écoulement des canalisations et à leur obstruction. En particulier, ces dernières anomalies ont en France, un caractère ponctuel et ne constituent pas un problème national.

Par ailleurs, selon les inspections récentes des réseaux non visitables par caméra de télévision de circuit fermé, le phénomène de l'intrusion des racines est très développé. Mais, il est très peu considéré et, de plus, mal connu et détecté par les responsables (9).

Le problème de l'ensablement, lié au phénomène de la pluie, constitue par contre, un sujet bien étudié. Ainsi, aujourd'hui, les responsables estiment que le risque d'inondation, à cause de l'ensablement, est élevé. En effet, la quantité de sable accumulé par an dans les réseaux d'assainissement est importante. En particulier, elle a été estimée de l'ordre de 20.000m3/l00kms au département de Seine-Saint-Denis et de 5.D0Dm3/6DDkms dans la ville de Bordeaux, régions dans lesquelles le problème d'inondation est considérable (4).

2. L'Angleterre

La réduction de la capacité hydraulique des collecteurs, manifestée par des débordements et des inondations, forme un phénomène fréquent en Angleterre. En effet, il est considéré aujourd'hui, que le nettoyage des canalisations par des obstructions absorbe une partie notable des budgets d'assainissement des villes.

Par ailleurs, dans un climat de prise de conscience de la nécessité de bien connaître les réseaux, l'importance de l'identification des incidents de blocage a été ressentie par les responsables (la connaissance de la nature et de la fréquence des engorgements permet en effet, le dévoilement des points faibles des systèmes de réseaux). Dans cette optique, un grand nombre d'études portant sur l'enregistrement et l'analyse de ce type d'incidents ont été mises en place par le W.R.C (10).

Ainsi, selon les résultats de ces études, le taux de blocage des réseaux varie considérablement parmi les régions ; les moeurs des habitants et les politiques locales en matière d'entretien étant des facteurs déterminants dans la production des obstructions. Dans les régions avec le plus grand nombre de problèmes (par exemple à Ayrshire), le taux de blocage des canalisations a été estimé à 1 .000 incidents par an par 100.000 habitants, tandis que le taux le plus habituel est de l'ordre de 100-400 incidents par an, par 100.000 habitants. Par ailleurs, le nombre total d'obstructions produites par an sur tout le pays (l'Angleterre et le Pays-de-Galles) a été estimé, en 1982, à 0,2 millions.

En même temps, plusieurs inondations ont été suscitées par ces obstructions. Une analyse menée sur les inondations à Bolton (une ville située dans le Nord-Ouest du pays), a détectée 278 incidents d'inondations dans la période entre Août 1981 et Mars 1982, dont 58 étaient dus à des obstructions de réseaux collectifs, 58 avaient lieu dans 10 propriétés et 35 ont été produits dans des jardins et des cours (26).

Tableau 11 : Pourcentage d'incidents d'obstruction selon les diamètres des canalisations (Angleterre)

| Diamètres (mm) | 100 | 150 | 225 | 300 | 375 |
|---|---|---|---|---|---|
| Yorkshire Water Authority | 11 | 19 | 26 | 7 | 3 |
| North West Water Authority | 13 | 18 | 33 | 1 | 2 |
| Strathclyde | 26 | 50 | 18 | 1 | 2 |

Source : CULLEN N., "The sewer dereliction problems - Evidence from collapse studies", in Restoration of sewerage Systems, Proceeding of an International Conférence organised by the Institution of Civil Engineers, held in London on 22-2[1]» Juin 1981, London, Thomas Telford, 1982, 308 p.

Le diamètre des canalisations ainsi que les caractéristiques physiques des collecteurs et des effluents propagés influent, bien évidemment, sur la production des blocages. Selon des études menées sur 6.000 incidents observés dans les régions des autorités de Yorkshire, de North West et de Strathcryde, les rapports existants entre le diamètre des canalisations et le pourcentage d'obstruction sont, pour chaque région, ceux figurés dans le Tableau 14. Comme on peut le remarquer, presque *80%* de blocages se produisent dans les tuyaux de moins de 150mm (un grand nombre d'obstructions a été observé aussi au niveau des branchements) (14).

### 3. Les Etats-Unis

Plusieurs villes souffrent aujourd'hui aux Etats-Unis des incidents de débordements des réseaux d'assainissement et des inondations, suivis par des endommagements des caves et des sous-sols.

Mais les données dont nous disposons sur l'ampleur de ce problème, sont limitées. Les seuls renseignements que nous avons recueillis sont quelques informations de caractère général et les résultats de l'étude de l'Urban Institute (cf Annexe 9). Ces données ne sont pas accompagnées des indications sur la nature et les causes des dysfonctionnements. On ne peut donc pas. faire de distinction entre les cas des débordements dus à l'insuffisance hydraulique des équipements et ceux qui sont causés par la diminution de la capacité d'écoulement des réseaux, problème que nous examinons dans cette section.

Dans le tableau 15 figure le nombre d'engorgements par 1.000 miles d'égouts enregistrés dans 33 villes américaines pour les années 1978, 1979 et 1980. Comme on peut le remarquer, ce type d'anomalies est beaucoup plus fréquent que la formation de ruptures dans les canalisations (cf. Tableau 13). Ce problème ne touche pas non plus les villes de la même façon. Ainsi, les incidents d'engorgements sont plus fréquents dans les villes dotées de vieux réseaux et de réseaux unitaires : New-York, Scraton, Boston, Cincinnati, Cleveland et Chicago (selon nos sources d'informations, à Boston, où plus de *10%* des réseaux d'égouts consistent en des

Tableau 15 : Nombre d'engorgements par 1000 miles de réseaux d'egouts par an * (Etats Unis)

| Ville | Proportion des réseaux unitaires | 1978 | 1979 | 1980 | 1978-80 Moyenne |
|---|---|---|---|---|---|
| New York City | 85% | 5458 | 4897 | 4221 | 4859 |
| New Orléans | 100% | | | 4175 | |
| Garland | | 275^ | 3382 | 3657 | 3264 |
| Scranton | 80% | 3558 | 3221 | 2949 | 3243 |
| Boston | 70% | 2268 | 2304 | 1965 | 2179 |
| Baltimore | | | | 1947 | |
| Chicago | 100% | 1127 | 1485 | 1794 | 1469 |
| Washington | 38% | 1336 | 1126 | 507 | 990 |
| Pontiac | | 864 | 1124 | 908 | 965 |
| N. Little Rock | | 838 | 790 | 869 | 832 |
| St. Louis | 42% | 732 | 810 | 705 | 749 |
| Dallas | | 574 | 715 | 684 | 658 |
| Enid | | 353 | 673 | 803 | 610 |
| Buffalo | 95% | 598 | 618 | 470 | 562 |
| San Diego | | 391 | 526 | 577 | 498 |
| Phoenix | | 288 | 263 | 430 | 327 |
| Sioux Falls | | 475 | 380 | 350 | 402 |
| Tulsa | | | 387 | 397 | |
| Wilmington | | 371 | 360 | 354 | 362 |
| Billings | | 411 | 341 | 310 | 354 |
| Oakland | 3% | 274 | 261 | 299 | 278 |
| Iowa City | | | 285 | 254 | |
| Greenville | | | | 207 | |
| Kansas City | ^45% | 164 | 174 | 168 | 169 |
| Minneapolis | 10% | 72 | 80 | 76 | 76 |
| Milwaukee | | 75 | 81 | 51 | 69 |
| Denver | | 52 | 61 | 50 | 54 |
| Lincoln | | 66 | 54 | 43 | 54 |
| Seattle | 54% | 38 | 73 | 47 | 53 |
| Rochester | 80% | 33 | 25 | 28 | 29 |
| Portland | 83% | 77 | 1 | 0 | 26 |
| Charlotte | | 19 | 22 | 25 | 22 |
| Ogden | | 9 | 0 | 5 | 5 |
| n = | | 28 | • 30 | 33 | 28 |
| moyenne | - | 831 | 817 | 889 | 827 |

* *Ces données ne comprennent pas la partie des branchements. Il s'agit des réseaux eaux usées séparatifs ou des réseaux unitaires.*

Source : Information relevée par les services locaux d'assainissement, PETERSON E. (George), MILLER, GODWIN (Steve) et SHAPIRO (Carol), Draft Benchmarks of Urban Capital Control, Washington O.C., Urban Institute, February 1983, 77p.

réseaux unitaires construits avant 1910, les débordements suscités sont dus à l'insuffisance hydraulique des équipements) (21).

Il parait que les situations qui caractérisent les villes périphériques (Garland à Texas et Parma à Ohio par exemple) sont assez typiques du contexte de la réalité américaine. Ces villes présentent des taux de débordements très élevés. Garland, qui est une banlieue de Dallas, est marquée par une augmentation annuelle du nombre de débordements de ses égouts qui est probablement due à l'extension de son espace bâti et à une expansion démographique. Parma, qui est une vieille banlieue de Cleveland, souffre des fréquents débordements de ses réseaux unitaires, situés dans le centre de la ville (23).

Il est intéressant d'évoquer, ici, des exemples isolés, tels que l'inondation de la ville de Johnstown à Pennsylvania (45.000 habitants) qui a eu lieu en Juillet 1977 et qui a affecté pratiquement l'ensemble de la population (500 maisons détruites, 6.000 logements endommagés, 346 établissements d'entreprise sérieusement détériorés ou détruits, 225 miles de réseaux d'assainissement, dont 145 d'égouts, complètement obstrués) (27).

## SECTION III : LES EAUX PARASITES

### § 1. Définition

Le terme français "eaux parasites", équivalent du terme américain "Infiltration/Inflouj", est actuellement utilisé pour caractériser "tout apport d'eau indésirable au-delà d'une certaine quantité dans le réseau d'assainissement" (28).

Pour affronter ce problème, les américains font la distinction entre les divers apports d'eaux indésirables selon leur source de provenance. Ils distinguent, en particulier (*) :

Les eaux d'infiltration (Infiltration) correspondent aux eaux pénétrant dans les canalisations et dans les raccordements aux habitations au niveau du sol par des joints défectueux, des canalisations fendues ou effondrées, des branchements incorrects, des défectuosités des regards de visite, etc. (29) (30).

Bien sûr, une condition préalable à la pénétration des eaux d'infiltration dans les canalisations est que le réseau doit se trouver dans la nappe phréatique de façon permanente ou temporaire. Par ailleurs, le niveau de la nappe étant influencé par le phénomène de la pluie, la quantité des eaux infiltrées est une variable liée à l'intensité de la pluie.

Les eaux de captage (Inflou), concernent toutes les eaux pénétrant dans le réseau par diverses sources, telles que les gouttières des drains des surfaces imperméabilisées, les drains de fondations, les eaux de refroidissement des industries, les captages de sources, les tampons de regards de visite, etc. (2) (30).

* Nous signalons que cette classification est aussi retenue par la littérature française.

Les eaux d'infiltration et de captage (Infiltration/ Inflou), qui sont toutes les eaux pénétrant dans le réseau, qui n'a pas été conçu pour les recevoir, indépendamment de leur nature (29).

La quantité excessive d'eau d'infiltration et de captage : il s'agit, en fait, des eaux parasites qui, selon la définition américaine, constituent la quantité d'eaux indésirables pénétrant dans le réseau, dont l'élimination est jugée comme étant la solution optimale. Cette quantité est déterminée d'après une analyse coût-efficacité, basée sur la comparaison entre les coûts des opérations propres à éliminer les eaux parasites et les coûts correspondants à leur transport et à leur épuration (29) (30).

## § 2. Les causes de l'intrusion des eaux parasites - Les acteurs concernés

Selon la source de provenance des eaux parasites, nous distinguons deux types de défectuosités de la structure du réseau qui permettent la pénétration de ces eaux dans les canalisations.

a) Le mauvais état des équipements, qui est la cause de l'intrusion des eaux d'infiltration. Il est dû, soit à la détérioration de l'ouvrage (cassures, déboitement des joints, érosion du radier . . . ) , soit à sa mauvaise construction (absence des joints, mauvais raccordements particuliers non étanches . . . ) .

b) La mauvaise conformation de la structure du réseau, qui constitue la cause de l'apparition des eaux de captage. Elle est due, soit à la mauvaise conception (erreurs de regards de visites . . . ) , soit à des branchements illicites (branchements d'eaux pluviales dans le réseau séparatif eaux usées, raccordements de réseaux de drainage -drains de fondations de bâtiments, drains de jardins- dans le réseau séparatif eaux usées).

Les acteurs concernés par la formation des conditions permettant la pénétration des eaux parasites sont :

- en ce qui concerne la détérioration des équipements, ceux présentés dans la Section I de ce chapitre ;
- en ce qui concerne les défauts d'implantation des ouvrages, le maître d'oeuvre des opérations de construction.

Quant à la partie des branchements particuliers, la responsabilité appartient aux propriétaires des immeubles correspondants. En effet, les canalisations de raccordement au réseau se trouvent à la charge des particuliers qui doivent en assurer l'entretien. Le service d'assainissement, responsable du réseau collectif, ne peut en général, intervenir dans ce domaine que par l'incitation. De ce fait, les tuyaux des branchements sont souvent laissés à l'abandon, voire "oubliés" et, par conséquent, détériorés. De plus, en étant réalisés dans la plupart des cas par les propriétaires des immeubles, sans aucun contrôle des services publics concernés, ils constituent des sources majeures d'eaux de captage.

## § 3. Les répercussions de la présence des eaux parasites sur la performance des équipements

Les effets de la présence des eaux parasites dans les réseaux d'assainissement sont, en général, indépendants de leur source de provenance. Par contre, le problème peut avoir un caractère permanent, pseudo-permanent ou aléatoire suivant la nature de l'anomalie (captage de sources, captage des eaux pluviales, niveau de la nappe phréatique).

Par ailleurs, dans la majorité des cas, les conséquences des eaux parasites consistent à des désordres de fonctionnement du réseau proprement dit, de ses équipements, et/ou des ouvrages de traitement situés à l'aval (31). En particulier, nous distinguons des impacts sur :

- le réseau d'assainissement ;
- la station d'épuration ;
- la qualité du milieu naturel.

1. Impact sur le réseau d'assainissement

Les eaux parasites, en mobilisant une partie de la capacité d'écoulement du réseau, entraînent :

- l'insuffisance de la capacité hydraulique des collecteurs, fait qui se traduit par la surcharge du réseau, ainsi que par des débordements des cours, des sous-sols, et même de la chaussée ;
- la surcharge temporaire ou continue des stations de relèvement, ce qui induit l'augmentation des frais de pompage ;
- des surverses fréquentes ou continues des déversoirs d'orages (31 ) (30).

Par ailleurs, l'existence des eaux d'infiltration renforce le problème de la pénétration des racines dans les canalisations. En effet, les racines, à la recherche d'humidité, suivent l'eau infiltrée au travers des joints défectueux et des fractures, en aggravant ainsi la détérioration des ouvrages et en entraînant l'obstruction du réseau.

De plus, les eaux d'infiltration provoquent :

- l'entraînement des grains du sol au travers de fissures ou de joints déboités, ayant comme conséquence l'érosion des parois des conduites et la formation des cavités aux alentours des canalisations. L'effondrement de ces cavités suscite, par la suite, la diminution de la résistance mécanique du réseau et l'accélération de la dégradation des collecteurs, en créant des points de rupture ou de contre-pentes ;
- les mouvements de terrain consécutifs à ces affouillements du sous-sol pouvant même, à terme, provoquer l'affaissement de la chaussée. Par ailleurs, l'entraînement des matériaux de remblaiement dans les collecteurs entraîne aussi l'ensablement du réseau et la réduction de sa capacité hydraulique (31) (30).

2. Impact sur la station d'épuration

Les conséquences des eaux parasites sur le fonctionnement de la station d'épuration sont de deux ordres :

- financier d'une part : la présence des eaux parasites entraîne l'augmentation des investissements nécessaires à la mise en place de la station quand son dimensionnement est basé sur les mesures de flux polluants et de charges hydrauliques réels devant être traités (25). De plus, l'augmentation du volume des effluents induite, conduit à des coûts de fonctionnement des équipements, supérieurs à ce qu'ils devraient être (32) ;
- qualitatif d'autre part : l'existence des eaux claires parasites entraîne la dilution des effluents transités et implique, par conséquent, la diminution du rendement des équipements (rendement inférieur à la normale). En effet, la concentration en substrat à dégager étant faible, on ne réussit pas à maintenir des concentrations de boues correspondant à ce que l'on est en droit d'attendre dans une filière biologique (32).

3. Impact sur le milieu naturel

Les implications des eaux parasites sur la qualité de l'environnement se traduisent par :

- le déversement aux exutoires des effluents insuffisamment épurés ;
- le rejet trop fréquent dans le milieu naturel d'eau usées diluées à l'aval des déversoirs d'orages, dû au fonctionnement excessif de ceux-ci (31).

§ A. Les implications socio-économiques de l'existence des eaux parasites - Les acteurs concernés

Pour préciser les implications de caractère économique et social, liées à la présence des eaux d'infiltration et de captage, nous nous

sommes basés sur l'analyse précédente, portant sur le dysfonctionnement des équipements d'assainissement dû à la présence des eaux parasites. Ainsi, nous avons dégagé les conséquences suivantes :

- le besoin de renforcer la structure du réseau, pour qu'elle puisse transporter aussi les eaux excessives d'infiltration et de captage ;
- la limitation de la possibilité d'extension de la commune à cause de la réduction de la capacité hydraulique des équipements ;
- l'augmentation des coûts d'entretien et d'exploitation des installations de pompage ;
- le besoin de nettoyage plus fréquent des canalisations, à cause de l'augmentation des dépôts et des racines d'arbres entraînées par les eaux d'infiltration ;
- le besoin de maintenance renforcée à cause de la détérioration de la structure de l'ouvrage, due à l'effet des eaux d'infiltration ;
- l'augmentation des coûts d'exploitation, impliquée par le besoin de manoeuvrer les débordements locaux produits, de nettoyer les zones inondées, de réparer les endommagements des propriétés privées, de la chaussée et des équipements publics causés par les inondations ;
- l'augmentation des frais de fonctionnement de la station d'épuration ;
- le besoin d'extension de la station d'épuration ;
- le bouleversement des activités urbaines par les inondations et les débordements ;
- la pollution de l'environnement.

Les acteurs qui peuvent être mobilisés par ces événements sont :

- le maître d'ouvrage du réseau qui supporte les coûts, liés à son fonctionnement, et qui est le responsable du service (nous soulignons, néanmoins, que le partage de ce type de responsabilités, entre le maître d'ouvrage et le maître d'oeuvre, dépend de la nature des cahiers de charges) ;
- la municipalité qui est touchée par les inondations et les débordements, ainsi que par les contraintes d'extension (contraintes de développement) ;

- les instances publiques chargées de la qualité des ressources naturelles.

## § 5. L'ampleur du problème dans les trois pays étudiés

### 1. La France

En France, la présence des eaux parasites est aujourd'hui considérée comme l'anomalie la plus importante des réseaux d'assainissement (30). L'ampleur du problème a été mise en évidence depuis quelques années au niveau des stations d'épuration, à l'occasion des visites de contrôle des SATESE (services d'assistance techniques aux stations d'épuration). En particulier, il a été constaté une chute du rendement d'épuration, à cause d'une sous-charge de pollution (28). Le grand nombre des stations dont le fonctionnement est perturbé par les quantités importantes d'eaux souterraines que drainent les réseaux a souligné la gravité du problème. Pour donner un exemple de la situation, nous notons que dans le Bassin Seine-Normandie le coefficient de charge moyen est de 0,55, tandis que l'objectif des Agences Financières de Bassin pour l'an 2000 est d'aboutir à un coefficient de 0,85 (30).

A la suite de ces constatations, qui concernent, en fait, toutes les régions du pays (40% des stations d'épuration au niveau national fonctionnent mal), des recherches ont été entreprises, afin de préciser l'origine des eaux parasites et de mettre en oeuvre des solutions permettant de n'envoyer sur les stations que les eaux pour lesquelles elles avaient été prévues (30). En particulier, des études de diagnostic ont été effectuées après 1981-82 au niveau des communes, lancées par les Agences de Bassin qui, en plus, apportent pour leur élaboration des aides financières. Selon les résultats obtenus, la nature des eaux parasites est :

- des apports des nappes dus à la non-étanchéité des collecteurs ;
- des raccordements des sources et des drainages ;
- des vidanges des réservoirs d'eau potable (33).

Par ailleurs, il a été remarqué que le volume des eaux parasites varie considérablement selon les époques. Ainsi, d'après une étude approfondie sur une année d'observation (1982-83) du réseau d'assainissement de la région Bouloise, portant sur le contrôle des débits transités en de multiples points de l'ouvrage, il a été trouvé que, en période estivale, le réseau véhicule *80%* d'eaux sanitaires et 20% d'eaux parasites, alors que ces proportions sont exactement inverses en hiver. De nombreuses mesures, effectuées en de multiples points du réseau, ont permis de hiérarchiser l'importance des désordres observés et de localiser plus de 75/S des intrusions d'eaux parasites sur moins de 30% du linéaire du réseau. Le surcoût en énergie électrique et en réactifs d'exploitation (traitement physico-chimique) a été calculé de l'ordre de 900.000 Frs par an (34). Mais, ces données financières sont les rares qui existent en France. Il n'y a pas d'autres évaluations économiques des conséquences des eaux parasites. Ce n'est, en fait, que récemment que l'Agence de Bassin de Loire-Bretagne a lancé les premières études comparatives de coût (coût d'extension de la station d'épuration et coût de réhabilitation des réseaux)(8).

2. L'Angleterre

Selon les observations des responsables en Angleterre, une grande quantité d'eaux non identifiables est transportée par les systèmes d'assainissement publics. En 1978, le UI.R.C a estimé que le volume moyen des eaux usées rejetées dans les canalisations, correspondait à 276 litres par habitant par jour, dont *kl* litres d'origine industrielle. Etant donné que la consommation d'eau journalière dévolue aux usagers domestiques représente, en général, 110 litres par habitant par jour, les 119 litres d'eaux par habitant par jour restant, détectées dans les systèmes d'assainissement, sont donc injustifiables (13).

Bien sûr, une grande partie des réseaux d'assainissement en Angleterre est de type unitaire. Par conséquent, quand il pleut, les ouvrages d'assainissement transportent aussi les eaux pluviales. Rais, selon les estimations du UI.R.C, les eaux de ruissellement ne représentent que la

moitié des eaux dites non-justifiables. Le reste, c'est-à-dire approximativement 60 litres par habitant par jour, ce sont les eaux d'infiltration (13). Ainsi, un grand nombre des déversoirs d'orage, construits pour éviter les débordements en temps de pluie, fonctionne aussi souvent pendant des périodes de temps sec (35).

Certaines inspections des réseaux ont été réalisées pour identifier le problème des infiltrations. En particulier, selon une investigation menée par l'autorité de l'eau de la Tamise sur la quantité des eaux usées reçues par les stations d'épuration de 27 réseaux d'assainissement, les eaux parasites représentent parfois même 75% du volume des effluents propagés. En fait, les résultats obtenus varient considérablement, entre les stations, de 173 1/hab/jour à 559 l/hab/jour (13).

Par ailleurs, nous précisons que les ingénieurs anglais ne font pas de distinction entre les eaux de captage et les eaux d'infiltration. Mais, le phénomène de branchements illicites est très courant. Ainsi, souvent, les réseaux séparatifs eaux usées drainent les eaux de surface en suscitant la mise en charge des installations de collecte et d'épuration.

3. Les Etats-Unis

Aux Etats-Unis, l'importance du rôle des eaux parasites a été reconnue, depuis 1972, par le "Fédéral Water Pollution Control Act". Ainsi le "U.S.-Environmental Protection Agency" a imposé la première réglementation (loi publique 92-500) concernant les eaux parasites et cela dans le but de préserver la pollution du milieu naturel (36).

L'ampleur du problème est, selon les premières études réalisées dans le cadre des programmes de l'E.P.A, considérable. En effet, une investigation, faite en 1977, a estimé que la quantité des eaux d'infiltration et de captage représente au niveau national 15% de la capacité hydraulique de tous les réseaux d'assainissement du pays (la longueur des réseaux de toutes les communes de plus de 2.500 habitants étant de l'ordre de 740.000Km, nous savons que 15% de cette longueur correspond à 111.OOOKm,

donc, à la longueur de toutes les villes de plus de 500.000 habitants) (37).

D'autre part, selon les estimations des responsables, la présence des eaux parasites caractérise les réseaux indépendamment de leur âge. Les ouvrages les plus neufs souffrent aussi des problèmes des branchements illicites, des défauts de construction et de déplacement des tuyaux dus au mouvement du sol (38). Ainsi, des villes qui sont relativement jeunes, telles que Dallas, comptent aujourd'hui des quantités considérables d'eaux d'infiltration, dues à la non-étanchéité des collecteurs, et de captage, dues à des branchements illicites (20).

Le rôle des mauvais branchements dans l'apparition des eaux parasites n'a été officiellement reconnu qu'après 1977. Ainsi, d'après une investigation faite en 1983, la quantité des eaux claires, pénétrées dans le réseau au niveau des branchements, est de l'ordre de 50-75% (39). Une grande partie de ce volume est due à des branchements illicites (on a calculé qu'à 10% des raccordements illégaux peut même correspondre 63% des eaux de captage) (38).

## SECTION IV : LES FUITES

### § 1. Définition

Le phénomène de fuites concerne l'écoulement des eaux usées transportées dans les collecteurs du réseau d'assainissement par des issues dues à des défectuosités de la structure des équipements et des erreurs de branchements, dans le milieu environnant.

### § 2. Les causes de l'apparition des fuites - Les acteurs concernés

La provocation des fuites est due, soit à des défectuosités de la structure de l'ouvrage (fissures, joints fuyards ...) liées à sa détérioration physique, soit à des défauts de construction (mauvaise pose, erreurs de branchements, joints manquants . . . ) . Le réseau doit, bien sûr, se situer au-dessus de la nappe phréatique, sinon les fuites se "remplacent" par des infiltrations.

Les acteurs concernés par la production de cette anomalie, qui caractérise les équipements d'assainissement, sont les mêmes que ceux du cas des eaux parasites (cf. Section III).

### § 3. Les effets des fuites - Les acteurs concernés

La principale conséquence des fuites se traduit par le rejet, dans le milieu naturel, d'une charge polluante préjudiciable à la qualité de l'environnement. En particulier dans le cas de raccordements illicites (eaux sales dans les collecteurs eaux pluviales séparatifs), d'importants volumes d'eaux usées ne parviennent pas dans les stations d'épuration mais ils sont déversés sans traitement dans le milieu naturel (40.). De même, une partie des effluents qui transitent dans le réseau, s'infiltre dans le sous-sol et peut polluer une nappe phréatique, un cours d'eau ou même provoquer au milieu urbain d'importantes détériorations dans les ouvrages

enterrés (parking, tunnels, caves). De plus, la fuite de ces eaux entraîne souvent des mouvements de terrain, consécutifs aux affouillements du sous-sol meuble au voisinage de points d'"exfiltrations", importants qui peuvent provoquer des affaissements de routes et de constructions ou simplement une détérioration du réseau de canalisations (ruptures, fissures, contre-pentes) (32).

Les acteurs, qui peuvent être concernés par les effets conséquents des fuites, sont :

- les particuliers (les habitants de la ville et les entreprises privées) et la municipalité (services publics) qui supportent les dégâts de détérioration de leur propriété souterraine. La municipalité supporte de plus, les échos politiques de ces incidents ;
- les instances publiques chargées des problèmes de pollution et les groupes écologiques.

§ A. L'ampleur du problème dans les trois pays étudiés

Le problème des fuites ne constitue un sujet préoccupant dans aucun des trois pays étudiés. Il est simplement évoqué dans la bibliographie française. En effet, les Agences Financières de Bassin reconnaissent aujourd'hui son importance. Mais elles sont surtout soucieuses de la résolution du problème des eaux parasites. Par ailleurs, ce problème ne préoccupe nullement les responsables aux Etats-Unis, ceux-ci étant uniquement intéressés par l'élimination des eaux d'infiltration et de captage. Finalement, la question des fuites ne sensibilise pas non plus les responsables en Angleterre, ceux-ci ayant à affronter le problème de la défaillance des équipements d'assainissement à une échelle nationale.

## SECTION *M* : LES CONDITIONS D'AGRESSIVITE DANS L'ENVIRONNEMENT DU RESEAU

### § 1. Définition

Par "conditions d'agressivité", nous entendons ici la composition chimique de caractère corrosif du milieu, à l'intérieur et à l'extérieur des équipements d'assainissement. Le développement de ces conditions, propices à l'attaque chimique, est, en général, lié à la nature des effluents transportés par le réseau et aux caractéristiques du milieu environnant.

### § 2. Les causes des conditions d'agressivité - Les acteurs concernés

Les causes du développement des conditions agressives se différencient à l'intérieur et à l'extérieur des canalisations. En particulier, les conditions d'agressivité à l'intérieur des équipements sont dues :

- au caractère corrosif des effluents transportés, dû à la nature des rejets. Il s'agit, en général, des rejets industriels qui, surtout quand ils sont en température élevée et quand ils sont déversés en pleine nuit où la quantité des rejets d'origine domestique est faible pour produire leur dilution, contribuent fortement à la corrosion des surfaces internes des canalisations.
- à la formation de fortes concentrations de gaz sulfureux qui, en interaction avec la surface de la partie haute des collecteurs, provoquent la création d'acide sulfurique. Cet acide corrode (ce qu'on appelle la corrosion indirecte) les parois hautes des tuyaux et entraîne l'affaiblissement de la structure du réseau en produisant parfois même des effondrements.

Les facteurs qui peuvent entraîner le développement de ces conditions sont:

- la faible vitesse d'écoulement, induite par des défauts de conception de 1'ouvrage (faible pente) ou par des anomalies de fonctionnement (présence des obstacles qui empêchent la propagation des effluents) ;
- la ventilation insuffisante des collecteurs ;
- la concentration élevée des excréta qui implique la forte concentration de sulfates dans l'eau (41).

Les conditions d'agressivité à l'extérieur des canalisations peuvent être suscitées par :

- une concentration élevée en sulfates due à la nature du sol (sol argileux) ;
- la présence des acides minéraux et des phénols et la concentration élevée en sulfates ou autres produits agressifs, due aux activités industrielles de la surface ;
- la présence des acides organiques, du dioxide de carbone dissous, de faible quantité de solutions alcalines ou de peu d'éléments entièrement dissous. Il s'agit de conditions généralement liées à un faible PH ou à un index Langlier négatif, qui caractérisent les sols tourbeux (42).

Les acteurs concernés par l'apparition de ces phénomènes sont :

- les usagers des équipements, responsables du rejet dans les canalisations des effluents agressifs. Il s'agit, notamment, des industriels qui sont, en général, soumis à la réglementation concernant le mode d'utilisation des installations publiques ;
- le maître d'oeuvre qui entreprend les travaux d'implantation des ouvrages et qui est concerné par les défauts de conception et de construction des équipements ;
- le maître d'ouvrage chargé de l'assurance du service d'assainissement.

Par contre, le caractère agressif du sol aux alentours des canalisations ne concerne pas les acteurs du système d'assainissement. Il s'agit,

en fait, des conditions naturelles ou des conditions impliquées par le mode d'occupation de la surface du milieu urbain.

## § 3. Les répercussions de l'agressivité du milieu sur la performance des équipements

La formation des conditions d'agressivité aux alentours des canalisations implique des conséquences sur l'état physique des équipements et sur le fonctionnement de la station d'épuration située à l'aval du réseau.

### 1. Impact sur l'état physique des équipements

L'attaque chimique, exercée à l'intérieur des canalisations par les effluents transportés et à l'extérieur par le milieu environnant, provoque précisément, la corrosion des équipements (des systèmes de collecte mais aussi des autres ouvrages interposés, stations de relèvement et stations d'épuration) et, par conséquent, l'affaiblissement de la structure des ouvrages. Bien sûr, les implications de la corrosion peuvent être plus ou moins graves, selon les conditions générales qui caractérisent l'état des installations. Ainsi, par exemple, ce type de détérioration peut, en collaboration avec d'autres défectuosités plus ou moins importantes de l'ouvrage, compromettre l'intégrité de la structure du réseau et entraîner même dans les pires cas sa mise hors service (effondrement, affaissement de voûtes) (42).

Par ailleurs, nous précisons que la corrosion des équipements résulte de la réaction chimique entre l'environnement et les matériaux composant des ouvrages. Cependant, deux facteurs conditionnent cette réaction indépendamment de la nature des matériaux : les produits agressifs chimiques doivent être en solution ; l'augmentation de la température accentue la réaction chimique. Mais étant donné que les ouvrages d'assainissement se trouvent en général dans un milieu suffisamment humide pour assurer la production des solutions, la corrosion du réseau est surtout déterminée

par les caractéristiques des effluents transportés et par celles, du sous-sol, de même que par la vulnérabilité des matériaux qui le composent (42). En particulier, les matériaux les plus vulnérables sont l'acier, la fonte et le béton, tandis que le grès, le plastique et le P.V.C s'avèrent pratiquement inertes à l'attaque chimique. Mais même les réseaux comptant des canalisations fabriquées avec ces derniers types de matériaux, peuvent être touchées par l'effet de la corrosion (dans ce cas, la corrosion détériore les joints à base de ciment ou en mortier de ciment, conduisant ainsi à la perte de l'intégrité structurelle de l'ouvrage) (3).

2. Impact sur le fonctionnement de la station d'épuration

Les effluents agressifs transportés par le réseau d'assainissement entraînent en effet le dysfonctionnement de la station d'épuration. Précisément, les rejets industriels corrosifs induisent, quand leur concentration en acide ou en base est élevée, la perturbation des procédés de traitement ; cela en faisant varier le PH des eaux à traiter en dehors des limites normales de 6,5-8,5 ou en produisant, en réaction avec d'autres substances du réseau, des conditions toxiques résultant ainsi l'inhibition du métabolisme bactérien dans les stations de traitement biologique et par conséquent, la diminution de la capacité de dépollution de cette dernière (25) (5).

## § 4. Les implications socio-économiques de l'agressivité des effluents transportés - Les acteurs concernés

L'effet de la corrosion des équipements dû aux conditions d'agressivité, tant qu'il n'y a pas d'incidents d'effondrement, ne mobilise que les agents chargés de l'exploitation du réseau (le maître d'oeuvre) et les agents qui assument la responsabilité de son état physique (en général, la municipalité).

Par contre, l'agressivité des effluents propagés entraîne des. implications de caractère social et économique. Elle suscite en particulier :

- le mauvais rendement de la station d'épuration et donc la pollution du milieu naturel ;
- la mise en cause de la sécurité du personnel égoutier. En effet, les rejets acides concentrés sont susceptibles d'occasionner des brûlures. De plus, la formation des conditions toxiques peuvent menacer la vie des égoutiers.

## § 5. L'ampleur du problème dans les trois pays étudiés

### 1. La France

L'effet de la corrosion sur les réseaux d'assainissement est très mal connu en France. Après 1980, le rôle nuisible des effluents industriels a été sérieusement étudié et des obligations de prétraitement ont été imposées aux industries (Janvier 1984). Ainsi, les eaux industrielles déversées, selon leur nature, doivent désormais transiter par des ouvrages de prétraitement,' de régulation, et de détoxication. Mais en fait, il n'existe pas d'informations concernant la corrosion des structures des réseaux ni d'analyses des conséquences des rejets agressifs dans les collecteurs communaux. Uniquement quelques exemples isolés sont actuellement rapportés, tel que celui de la ville de Caen : "en 1980, l'état corrodé d'une canalisation de 3Km de longueur ; en béton armé centrifugé, construite en 1956, a été décelé. La mise à sec d'un tronçon entre deux regards de visite a mis en évidence des regards sans radier et des tuyaux aux aciers apparents, quand ils n'étaient pas totalement attaqués". La cause des désordres était due à l'action des effluents acides, d'origine industrielle, s'écoulant dans les collecteurs (43).

## 2. L'Angleterre

La masse de réseaux d'assainissement en Angleterre est construite en materieux non vulnérables à l'action de la corrosion. En effet, selon l'inventaire du Mater Research Center, sur 235.000Km de réseaux, 10% sont en briques, 75% sont en grès et le reste est en ciment, en amiante ciment et en plastique (*) (dans le Tableau 16 figure la distribution des matériaux de construction des réseaux selon les époques) (15).

Tableau 16 : Répartition des matériaux de construction des réseaux suivant l'âge (en pourcentage)

| | Brique | | Grès | | Autres | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Enquête du W.R.C. | Enquête du S.T.-W.A. | Enquête du W.R.C. | Enquête du 0•1••"W•ii• | Enquête du W.R.C. | Enquête du S.T.-W.A. |
| Après 19^5 | 0 | 1 | 66 | 78 | 3H | 21 |
| 1918 - 19I4H | 2 | 1 | 91 | 89 | 7 | 10 |
| 1876 - 1917 | 6 | 9 | 89 | 86 | 5 | 5 |
| Avant 1876 | 32 | HO | 57 | 57 | 11 | 3 |

Source : RAMSEY C.R., "Sewer Rénovation - A National Perspective", in Practical Aspects of Sewer Rénovation, Manchester, University of Manchester, Institution of Sciences and Technology, 1983-

* Les matériaux de construction utilisés aujourd'hui, qui sont les plastiques -P.V.C., polypropylène-, s'avèrent plus résistants aux produits acides que le ciment et le grès. Par contre, les matériaux plastiques sont vulnérables aux solvants organiques (ammoniac, phénols) qui constituent souvent les composants des décharges industrielles Ct2).

Le phénomène de la corrosion est donc relativement limité, même si la nature des effluents transportés est en général agressive (grande portion des effluents industriels). Par contre, le problème de la corrosion dite "indirecte", lié à la mauvaise conception des ouvrages, est très répandu et constitue aujourd'hui, une cause majeure d'effondrements (5 effondrements dus à cette cause ont eu lieu à Harrogate, en 1981 (13)). De plus, la corrosion affecte souvent les joints des canalisations en brique réalisés en mortier de ciment, en diminuant ainsi la durée de vie des installations (42).

3. Les Etats-Unis

La corrosion est actuellement considérée aux Etats-Unis comme un des principaux ennemis des équipements d'assainissement, qui attaque les installations indépendamment de leur âge. Plusieurs réseaux construits surtout en ciment ou en mortier de ciment se caractérisent par des effets de corrosion, dite "indirecte", due à un manque d'oxygène dans les canalisations (44).

On constate, en particulier, que l'effet de la corrosion, combiné à d'autres contraintes mécaniques, contribue souvent a la détérioration des réseaux : par exemple dans la ville de Neui York, plusieurs incidents ont été rapportés où les vibrations du sol, dues aux charges du trafic en relation avec la corrosion des joints en mortier de ciment et des vieux collecteurs, ont provoqué la défaillance des canalisations et des effondrements dans la chaussée.

Par contre, une grande portion des réseaux d'assainissement américains, construits en grès, sont aujourd'hui indemnes de toute attaque de corrosion (les canalisations en grès représentent précisément 2/3 du kilométrage total des réseaux d'assainissement aux Etats-Unis) (41).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA DEUXIEME PARTIE - CHAPITRE II

COLIN F. et LE GUILLOU J.F., Etude des procédés de réhabilitation des réseaux d'assainissement t inventaire, conditions de mise en oeuvre, contraintes techniques et économiques, Nancy, Institut de Recherches Hydrologiques, Novembre 1980, 207 p.

CREATE (Centre de Recherche et d'Essais Appliqués aux Techniques de l'Eau), Diagnostic et réhabilitation des réseaux d'assainissement, Colombe, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Mai 1983, 228 P.

REEP C E., "The assessment of the problem in the U.K.", in Restoration of seuierage Systems, Proceedings of an International Conférence organised by the Institution of Civil Engineers, held in London on 22-24 Juin 1981, London, Thomas Telford, 1982, 308 p.

MARCHAND (Jacques), "Objectifs de l'exploitation des réseaux d'assainissement et moyens à mettre en place pour les atteindre", in Actes des Journées de formation continue de l'ENPC du 13-15 Mars 1984, L'exploitation et la réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1984.

MUNCH L. (William), LANYON F. (Richard) et LUE-HING (Cecil), "Keeping hazardons materials out of seuers", in APUIA Reporter. December 1983, pp. 8-9.

UIATER RESEARCH CENTER, DATER AUTHORITIES ASSOCIATION, Seuierage Rehabilitation Manual. Suiindon, Ulater Research Center, 1983.

7 - Propos recueillis auprès de Monsieur BERTHE Patrick, Ingénieur du service technique de la Mairie de Montreùil, lors d'une interview réalisée à Paris le 15-03-1984.

8 - Propos recueillis auprès de Monsieur VACHED, Ingénieur responsable en assainissement de l'Agence Financière Adour-Garonne, lors d'une interview réalisée à Toulouse le 19-04-1985.

9 - Propos recueillis auprès de Monsieur VANDENBOCH, Ingénieur du service assainissement du syndicat intercommunal de l'Orge, lors d'une interview réalisée le 19-11-1985.

10 - MEEGAN A.R., Case study ; water and sewerages facilities in the U.K.. London, CE.S Ltd, April 1984, 53 p.

11 - "Call for Action on aging sewers", in Tunnels and Tunneling, October 1983.

12 - KEY (Tony) et MEEGAN (Richard), Urban Infrastructure in the U.K. - Preliminary review, London, CE.S Ltd, September 1983, 143 p.

13 - PEARCE (Fred), Uatershed - The water cirsis in Britain, London, Society Technology and Sciences, Junction Books, 1982, 198 p.

14 - CULLEN l\l., "The sewer dereliction problems - Evidence from collapse studies", in Restoration of sewerage systems, Proceeding of an International Conférence organised by the Institution of Civil Engineers, held in London on 22-24 Juin 1981, London, Thomas Telford, 1982, 308 P-

15 - RAMSEY C.R., "Sewer Rénovation - A National Perspective", in Practical Aspects of Sewer Rénovation, Manchester, University of Manchester, Institution of Sciences and Technology, 1983 (Actes du Symposium organisé par l'Institution of Public Health Engineers, 15-16 September 1983).

16 - MORRISON (Allen), "Sewers : repairing beats replacing", .in Civil engineering, September 1983, pp. 60-64.

17 - CHOATE (Pat) et WALTER (Susan), America in ruins, Washington D.C., Council of State Planning Agencies, 1982.

18 - BURLEY A. (Charles), "Rôle of public uorks in économie reneuial", in APWA Reporter, July 1981, pp. 36-37.

19 - ALEXANDER (Charles), "Time to repair and restore", in Times, April 27, 1981 , pp. 46-49.

20 - PATTON *V.* (Cari), "infrastructure Decay in the United States", in Built Environment, Vol. 10 n° 4, 1984, pp. 231-244.

21 - "State and Local Government in trouble", in Business Weeks, October 1981, pp. 139-140 (spécial report).

22 - BAMBERGER (Rita), The économie costs of infrastructure détérioration, Washington D.C., Urban Institute, October 1983, 84 p.

23 - PETERSON E. (George), MILLER, GODWIN (Steve) et SHAPIRO (Carol), Draft Benchmarks of Urban Capital Control, Washington D.C., Urban Institute, February 1983, 77 p.

24 - COMPAGNIE GENERALE OES EAUX - MINISTERE 0E L'ENVIRONNEMENT, L'encrassement des réseaux d'assainissement, Paris, Ministère de l'Environnement, Décembre 1982, 153 p.

25 - Analyse et détection des eaux parasites : méthodologie d'étude, Trappes, Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien, Avril 1981, 50 p. (Groupe Environnement).

26 - HIBBERT H., "Assessing the overall performance of sewer systems", in Symposium on deterioration of underground Assets. London, Institution of Water Engineers and Scientists, 1983.

27 - MALYSKO Id. (Robert), "Know - HOUJ Important in Rehabilitating Flooded Seuier Lines", in Public Works, Clay 1978, pp. 62-64.

28 - AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Amélioration de l'état et du fonctionnement des réseaux - Problèmes des eaux parasites, Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Juin 1984, 34 p.

29 - AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, Id.P.C.F, Existing Seuier Evaluation and Rehabilitation, Washington D.C., American Society of Civil Engineers, Water Pollution Control Federation, 1983, 1D0 p.

30 - CESARES J. (David) et FIELD (Richard), "Infiltration-Inflow Analysis", in Journal of the Environmental Engineering Division, October 1975, pp. 775-785.

31 - Analyse et détection des eaux parasites - Les méthodes de détection, Trappes, Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien, Wars 1980, 18 p. (Groupe Environnement).

32 - AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Les études de diagnostic des réseaux d'assainissement. Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Février 1982, 47 p.

33 - RIPOCHE, "Le montage d'appels d'offre pour les études de diagnostic : l'expérience de l'Agence Financière de Bassin Seine-Normandie", in Actes des Journées de formation continue de l'ENPC du 23-25 Avril 1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1985.

34 - SAUNIER - Eau Environnement, in L'eau, l'industrie, les nuisances, Janvier-Février 1984, pp. 20-28.

35 - RUNSHBR00KE N.J., "Underground Dereliction in the North West", in 3.1.U.E.S.S. n° 4, 1981, pp. 310-328.

36 - DECOITE U.C. (Dennis), TSUGITA A. (Ronald) et PETROFF (Ralph), "Infiltration/Inflow source identification dy comprehensive flou monitoring", in Journal W.P.C.F. Vol. 53, n° 11, 1981, pp. 1620-1626.

37 - FOSTER S. (William) et SULLIVAN H. (Richard), Seuier Infiltration and Infloui Control Product and Equipment Guide, Chicago, Environmental Protection Agency, July 1977, 78 p.

38 - "Experts discuss Private Sector Infiltration/Infloui", in Water/ Engineering and Management, September 1983, pp. 32-42.

39 - "Lateral Sealing System Helps Control I/l", in Public Works, November 1984, pp. 58-61 .

40 - AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Vos problèmes, nos recommandations - Branchements au réseau d'assainissement, Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, 1983, 69 p.

41 - HUMPHREY (Nan), Factors Afecting the condition of capital Facilities, Washington D.C., Urban Institute, December 1983, 30 p.

42 - PERKINS H.P., "Corrosion problems in sewerage structures", in Restoration of Seuierage Systems, Proceedings of an International Conference organised by the Institution of Civil Engineers, held in London on 22-24 Juin 1981, London, Thomas Telford, 1982, 308 p.

43 - BOURGOGNE, "L'expérience de la ville de Caen sur les techniques de réhabilitation", in Actes des Journées de formation continue de l'ENPC du 13-15 Wars 1984, L'exploitation et la réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1984.

44 - ANDREWS L. (Paul), "Seuier Maintenance and Rehabilitation Options", in Water Engineering and Management, May 1982, pp. 38-46.

# CHAPITRE III

## EVALUATION DE LA DEGRADATION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT EN FRANCE, EN ANGLETERRE ET AUX ETATS-UNIS

Dans ce chapitre, nous allons procéder à l'évaluation du problème de la dégradation des réseaux d'assainissement dans les trois pays étudiés. En particulier nous allons structurer l'analyse du problème du dysfonctionnement et de la détérioration des équipements de collecte d'eaux usées, que nous étudions ici à une échelle nationale, autour de trois volets.

Nous identifierons dans un premier temps, l'état effectif des installations. Nous considérons pour cela trois types de critères indicatifs que nous allons traiter respectivement. Nous examinerons précisément :

- les informations relatives à des observations faites dans le cadre d'études entreprises par des ingénieurs et à des enregistrements d'incidents d'effondrements ou d'autres types de dysfonctionnement des équipements d'assainissement ;
- les estimations existantes, concernant les dépenses nécessaires pour la mise en état des installations, jusqu'à ce qu'elles se mettent en conformité avec les normes professionnelles. Nous admettons que les normes standardisées établies reflètent chaque fois les objectifs associés aux équipements dans le cadre des programmes nationaux ;
- les effets de caractère socio-économique qu'engendre la manifestation des défauts des réseaux sur le milieu urbain. En particulier nous chercherons à préciser l'ordre de grandeur des dégâts induits (dégâts provoqués sur les édifices riverains par les inondations et les effondrements, la pollution de l'environnement, etc). Cela, dans un souci d'apprécier l'importance de ces anomalies pour les habitants et, donc, finalement la sensibilisation de l'opinion publique à la dégradation des réseaux.

Dans un deuxième temps, nous examinerons les conditions liées à l'organisation du système d'assainissement qui déterminent l'état des réseaux et qui peuvent entraîner leur dégradation. Ces conditions concernent, selon l'analyse faite dans le chapitre I de cette partie, les éléments suivants :

- les finalités associées aux réseaux : ainsi, pour préciser les objectifs liés aux installations d'assainissement dans chaque pays, nous allons nous baser sur les relations existantes entre les agents du système d'assainissement, de même qu'au poids du service dans le contexte local. Précisément, nous allons étudier d'une part l'influence des directions de la politique nationale sur l'établissement des programmes d'assainissement locaux, d'autre part l'influence des conditions locales sur la définition des priorités du service ;
- l'entretien des équipements : nous distinguons deux types d'éléments indicatifs de l'entretien des installations. Ils concernent respectivement le cycle de remplacement des ouvrages, soit l'âge des équipements, et les capacités financières et techniques des organismes gestionnaires. Nous allons donc développer ce thème en tenant compte du rôle influant des acteurs intervenants ;
- l'usage des réseaux : comme nous l'avons vu précédemment, cet élément dépend d'une part des contraintes liées à l'organisation du système (notamment le mode d'utilisation des équipements), d'autre part des contraintes externes au système (par exemple conditions géologiques). Nous allons préciser le premier type de contraintes en tenant compte des fonctions d'utilisation et de contrôle qui caractérisent le système d'assainissement. Quant au deuxième type des contraintes elles vont être examinées dans le cadre de cette analyse uniquement dans le cas où elles concernent des phénomènes d'une envergure nationale (par exemple la présence des mines en Angleterre).

Enfin, dans le dernier volet, nous allons décrire le processus de la dégradation, tel qu'il se présente dans chaque pays. Pour cela, nous suivrons la démarche illustrée dans le schéma 13, en tenant compte des particularités de chaque cas. Ainsi, nous allons identifier l'état de

dégradation des réseaux, c'est-à-dire l'écart entre la performance fonctionnelle des équipements et les finalités du système d'assainissement, et nous allons préciser les causes de cet écart qui peut résulter de : l'évolution des finalités associées au réseau, l'usage non approprié ou l'entretien inadéquat des équipements. Nous allons nous baser pour cela sur l'analyse développée dans le volet précédent qui examine le rôle de l'organisation du système d'assainissement dans la formation de ces événements moteurs de la dégradation.

## SECTION I : LE CAS DE LA FRANCE : LA PRISE DE CONSCIENCE DE L'IMPACT DU FONCTIONNEMENT DU RESEAU SUR L'EFFICACITE D'EPURATION DES EQUIPEMENTS

### § 1. Identification de l'état des réseaux

#### 1 . Les conclusions des études de diagnostic

Il n'existe pas d'études statistiques sur l'état des réseaux d'assainissement en France. Le coût considérable des opérations d'auscultation, l'absence de signes justifiant la nécessité de telles études et surtout l'absence d'effondrements catastrophiques, peuvent expliquer cette situation. D'ailleurs, comme nous l'avons déjà vu, très peu d'informations existent sur les équipements de réseaux, c'est ainsi que dans plusieurs communes on ignore même l'emplacement géographique des canalisations (cf. § l'entretien des équipements, Chapitre II, Première Partie).

Pourtant, d'après les quelques observations existantes des services communaux et les résultats des études de diagnostic réalisées ces dernières années sous l'incitation des Agences Financières de Bassin, il existe un phénomène de détérioration des réseaux d'assainissement en France. Plusieurs installations comportent des défauts de structure, des fissures, des collecteurs corrodés ou obstrués par des racines d'arbres, etc (cf. Chapitre II, Deuxième Partie). A titre d'exemple, nous exposons le cas du réseau géré par le syndicat intercommunal de l'Orge qui, même s'il est relativement jeune (il a été construit en 1976), présente aujourd'hui de forts symptômes de détérioration (1).

Plusieurs communes souffrent aussi de la faible performance de leurs équipements d'assainissement. Cela se manifeste par de fréquents incidents de débordements et d'inondations et par un faible rendement des stations d'épuration. Le dysfonctionnement des stations d'épuration a été décelé en particulier par les S.A.T.E.S.E (Services d'Assistance Technique aux Exploitants de Stations d'Epuration) qui sont des équipes départementales, chargées de conseiller les municipalités à propos de leurs équipements d'épuration. Selon les études des S.A.T.E.S.E les principaux responsables

de cette anomalie sont les réseaux de collecte, en amont des stations (2).

Précisément, il a été constaté que le mauvais rendement des stations d'épuration est causé soit par leur surdimensionnement, résultant d'un taux de raccordement des immeubles insuffisant, ou par un manque d'étanchéité des collecteurs ne permettant pas de drainer tous les effluents vers les stations (fuites) ; soit par leur sous-dimensionnement imputable à des infiltrations (nappe, source dans le réseau, mélange des eaux pluviales et usées), diminuant l'efficacité de l'épuration (effluents d'entrée trop dilués, trop variables en quantité et en qualité) et entraînant une saturation rapide des usines d'épuration, surtout lors de fortes pluies (3). En particulier le rôle des infiltrations dans la faible performance des équipements d'assainissement est très important (cf. § eaux parasites, Chapitre II, Deuxième Partie).

Pour donner un exemple concret, voyons les résultats d'une étude réalisée en 1977 dans le Bassin Seine-IMorrnandie. Il a été montré que sur 1.260 dispositifs d'épuration biologique 1.156 présentaient des anomalies plus ou moins grandes au niveau des réseaux de collecte. Pour l'ensemble du parc de stations étudiées, les principaux défauts constatés sur ces réseaux sont :

- arrivées d'eaux propres parasites (30,4%) ;
- insuffisance du nombre de raccordés (17,4%) ;
- surcharge organique des installations (15,4%) ;
- arrivées d'eaux résiduaires industrielles toxiques (10,6%) ;
- arrivées d'eaux résiduaires agricoles (4,6%) ;
- fosses septiques non by-passées (2,5%) (3).

2. L'estimation des dépenses pour une diminution significative de la pollution rejetée

L'ampleur des anomalies des équipements d'assainissement, présentées ci-dessus, est aujourd'hui mal évaluée. Il n'existe en fait que des estimations générales sur les dépenses nécessaires à l'amélioration de la

performance des ouvrages. Ainsi, selon une estimation du Ministère de l'Environnement, en 1981 les investissements correspondant à une diminution significative de la pollution rejetée, c'est-à-dire à une réduction d'environ 2,5 millions d'équivalent-habitants par an (ce qui permettrait d'atteindre une élimination quasi-totale sur 15 ans) représentaient environ 5,5 milliards de francs par an. Ce montant englobait la totalité des opérations permettant d'aboutir à ces objectifs : achèvement de la construction des stations d'épuration ; amélioration des nouveaux branchements des particuliers ; révision des réseaux existants (A).

### 3. Les effets des déficiences des réseaux : inondations, poilu- tion, surcoûts d'exploitation

Les déficiences des équipements d'assainissement en France, liées soit à l'insuffisance soit à la détérioration des installations, se font sentir en termes socio-économiques à travers : la perturbation et l'endommagement des centres urbains par les inondations ; la pollution des ressources naturelles ; l'augmentation des frais d'exploitation du service.

Après la période 1965-1972 les risques d'inondations en centre-ville par débordement de réseaux sont devenus de plus en plus grands. Ce phénomène qui est dû à la saturation des collecteurs, liée au développement de l'urbanisation dans les zones périphériques et à l'implantation des villes nouvelles, a en effet marqué la vie de plusieurs communes françaises (*). Dans certains cas, il a même pris des dimensions très importantes. Ainsi par exemple, dans le département de la Seine-Saint-Denis, de nombreuses familles étaient touchées tous les ans par les inondations (650 pour l'orage du 13 mai 1971, 325 pour celui du 31 juillet 1972, 310 pour l'orage du 2 juin 1973, 550 pour l'orage du 8 juillet 1975) qui impliquaient des endommagements considérables (les pertes pour l'orage du 26 juin 1983 ont été évaluées à 8 millions de francs). Or, la

* Sur un échantillon de 20 collectivités étudiées par Brigitte LANCELOT, 16 avaient des problèmes de débordements de réseaux plus ou moins importants, dont les villes de Nancy, Nice, Caen, Bordeaux, La Baule, St-Malo, Lille, Le Havre, Lyon, Arras, la Vallée de l'Orge, la Seine-St-Denis et les Hauts-de-Seine, ... (5).

population française devenant de moins en moins tolérante à l'égard de ce type de nuisances, les municipalités les plus frappées sont aujourd'hui sensibilisées à ce problème (cas de la Seine-Saint-Denis, Bordeaux, Nancy, Le Havre) (5).

Le problème de pollution des nappes phréatiques et des eaux de rivière a été accentué après la deuxième guerre mondiale à la suite du développement rapide des villes et des activités industrielles. Parallèlement, le souci de protection de l'environnement a commencé à apparaître dans l'opinion publique vers le début des années 70 (cf. § les conditions déterminantes de l'évolution des réseaux d'assainissement en France, Chapitre II, Première Partie). Ainsi, après 1973, une sensibilité accrue marque le contexte français par rapport à la détérioration de la qualité des eaux qui a favorisé la prise de mesures de dépollution. Malgré le nombre important des travaux réalisés, le niveau de dépollution sur l'ensemble du pays est resté faible. Précisément, en 19B2, il a été calculé que sur un total de B0 millions d'équivalent-habitants de pollution brute produite en un an, environ 67 millions transitaient par les réseaux d'assainissement des communes. Sur ce dernier chiffre, à peine la moitié (29,3 millions d'équivalent-habitants) était drainée par les stations d'épuration, dont uniquement 19,5 millions d'équivalent-habitants étaient éliminés par l'épuration (4). Par ailleurs, même si le mouvement écologique s'est essoufflé ces dernières années, la préoccupation de. préserver les ressources naturelles se manifeste toujours au niveau local. La population y attache de l'importance en particulier lorsque la prise d'eau potable est menacé par les rejets polluants (Nantes, Val-de-Marne) et lorsque le milieu naturel représente un certain potentiel économique : lieu de loisirs (Vallée de l'Orge, Nice, Marseille, Saint-Malo, Le Havre, La Baule) ; lieu d'agriculture (La Baule) (5).

Les surcoûts d'exploitation qui sont dus soit aux inondations (travaux de réparation) soit aux eaux parasites sont apparemment considérables. Mais ce type de problème n'a commencé à préoccuper les responsables que depuis quelques années, quand les impératifs économiques ont imposé une

meilleure performance des équipements. Ainsi, aujourd'hui, plusieurs villes s'intéressent à l'amélioration des conditions de fonctionnement de leurs installations (Nice, Rennes, La Baule, Arras . . . ) . Cette tendance est, comme nous le verrons ci-dessous (cf. les finalités associées au réseau d'assainissement), guidée par les Agences Financières de Bassin.

*h.* Bilan ; une performance fonctionnelle médiocre des réseaux

D'après les données exposées ci-haut, les réseaux d'assainissement en France présentent aujourd'hui des symptômes de détérioration sans néanmoins être en état critique. En effet, même si leurs structures physiques comportent souvent des défectuosités, les incidents d'effondrements sont peu nombreux et les cas d'affaiblissement de la résistance mécanique des ouvrages sont réduits. En fait, l'existence d'effondrements concerne généralement les réseaux d'eaux pluviales et rarement les réseaux d'eaux usées (cf. Section I, Chapitre II, Deuxième Partie).

Quant à la performance fonctionnelle des équipements, elle est médiocre. Les risques d'inondation dans certaines communes sont élevés à cause de l'insuffisance hydraulique des réseaux et en particulier à cause de l'inadaptation des installations anciennes à faire face aux conséquences de l'urbanisation. Par ailleurs, les capacités de dépollution des ouvrages ne sont pas à la mesure des investissements réalisés les 20 dernières années. En effet, selon les estimations du Ministère de l'Environnement, en 1982, le rendement moyen de la majorité des stations d'épuration dépassait rarement 65% tandis que, selon les prescriptions officielles, une station correctement alimentée doit être capable d'éliminer plus de 80% de la pollution qu'elle reçoit *(h).* Cela est dû aux défectuosités des réseaux, les stations par elles-mêmes atteignant un rendement intrinsèque relativement satisfaisant (en moyenne *11%)* (2). Comme nous l'avons déjà vu précédemment, ces défectuosités se concrétisent par : des branchements défectueux, des défauts d'étanchéité et des fissures, le manque de sélectivité parmi les flux transportés, l'interconnexion entre les réseaux eaux usées et ceux d'eaux pluviales ...

## § 2. Les facteurs déterminant l'état des réseaux

### 1 . La "sécurité" des réseaux, une nouvelle finalité proposée par les Agences Financières de Bassin

En France, les seuls responsables des réseaux d'assainissement sont les communes et leurs regroupements. Elles doivent bien sûr respecter les normes et la réglementation fixées par l'Etat (Ministère de la Santé et de l'Environnement). Mais, ce sont elles qui décident des programmes d'investissement et d'exploitation des équipements de collecte et d'épuration des eaux usées.

Toutefois, comme nous l'avons déjà indiqué, de 1945 à 1982 le développement des programmes des villes a été déterminé par l'Etat, de par l'estimation qu'il faisait des besoins. Ainsi à l'aide d'une normalisation contraignante et d'un contrôle financier et juridique très poussé, l'Etat a strictement canalisé le mouvement d'équipement en assainissement jusqu'en 1977. Après 1977, ce contrôle a été légèrement allégé ce qui a permis l'ouverture technico-scientifique du secteur et le développement de nouvelles réflexions autour de l'assainissement (mouvement qui a été concrétisé entre autres par la rédaction de la circulaire Loriferne). Mais cette modification n'a en réalité touché que les services centraux de l'Etat (par exemple création du S.T.U représentant un noyau de réflexion) et quelques grandes agglomérations qui ont commencé à se doter de la capacité d'expertise qui leur avait manqué dans la phase précédente. Les petites et moyennes villes ne disposent toujours pas de moyens leur permettant de développer des démarches autonomes, étant donné leur structure.

Dans ces conditions, nous admettons que les finalités associées aux équipements d'assainissement sont dans l'ensemble des communes françaises, la traduction au niveau local de la politique nationale en assainissement. Jusqu'en 1980, cette politique se concrétise par la priorité en faveur de la réalisation des travaux de collecte et des stations d'épuration pour rattraper le retard en équipement de la France par rapport aux autres pays industriels. Les objectifs du système d'assainissement sont précisément :

- la protection de la santé publique ;
- la protection contre les inondations. Cette préoccupation a été davantage accentuée durant les années 70 à la suite de l'émergence de nouveaux besoins d'évacuation, dus à l'accroissement de l'urbanisation périphérique ;
- la protection de l'environnement : la sensibilisation des élus locaux à ce problème a été accentuée après 1970. Le rôle des Agences Financières de Bassin, dans la consolidation de cette tendance, a été prépondérant. Ainsi, après 1978, des objectifs de qualité ont été établis au niveau de chaque département, respectant les normes imposées par le Ministère de l'Environnement.

Après 1980, mais surtout après la décentralisation, les moyens de l'Etat de guider les tendances locales en assainissement diminuent considérablement. Conditions propices à l'affaiblissement des exigences en matière de finalités associées aux équipements de collecte et d'épuration ? Il est encore tôt pour tirer des conclusions. Pour le moment, un nouveau thème de préoccupation se révèle : l'efficacité des équipements. Ce nouvel objectif du système d'assainissement français a été lancé et nourri par les Agences Financières de Bassin qui, grâce à la diminution des investissements des dernières années, ont été libérées d'une partie de leurs charges financières (*) et de leurs occupations et ont pu ainsi aborder des pistes d'intervention nouvelles. Ainsi, l'augmentation du rendement des équipements d'assainissement est devenue le thème "fort" des Agences en matière de collectivités locales ; cela, dans le double objectif : d'une part d'améliorer la qualité du milieu naturel, d'autre part pouvoir faire face aux difficultés financières actuelles : assainir mieux au moindre coût, c'est-à-dire en évitant les investissements inutiles (par exemple extension des stations d'épuration) et en réduisant les coûts d'exploitation (B).

Précisément, cet intérêt pour l'amélioration de l'efficacité des installations d'assainissement a été focalisé sur le sujet des réseaux de collecte qui bénéficient depuis des aides financières des Agences. Dans ces conditions, la sensibilisation des élus locaux aux défectuosités des

* Les charges des Agences dépendent des investissements des collectivités locales et de 1' industrie qu'elles sont amenées à financer.

réseaux a été accentuée. Mais, les intervenants locaux ne sont pas toujours conscients des impératifs économiques ou écologiques posés par les Agences. Le plus souvent, leur attention se limite au dysfonctionnement de leurs réseaux (dégagements d'odeurs ...) (*). Toutefois, la notion de "sécurité" des collecteurs est entrée dans le vocabulaire des services communaux. Parallèlement, "l'amélioration des conditions d'accueil et d'acheminement des effluents vers les stations d'épuration pour l'assurance de la bonne adéquation entre charges polluantes et capacités de dépollution" a fait partie des objectifs de la politique d'assainissement, développée par le Ministère de l'Environnement ; cela, dans le but de préserver la qualité des ressources naturelles (A).

2. Les conditions d'entretien des réseaux d'assainissement

a) Des équipements récents

Il n'existe pas de standards officiels ni d'études approfondies sur les besoins de renouvellement des équipements d'assainissement en France. Simplement, les responsables situent l'âge-limite des réseaux d'égouts approximativement à 50 ans ; après , "on doit les remplacer" (8). Néanmoins, la politique suivie jusqu'à nos jours par les exploitants du service était d'intervenir sur les installations et les reconstruire uniquement quand celles-ci tombaient en défaillance (cf. § l'entretien des équipements, Chapitre II, Première Partie). La durée de vie des ouvrages était alors déterminée par leur tenue mécanique.

Ainsi, aujourd'hui, les réseaux qui équipent certaines villes sont ceux construits à la fin du siècle dernier. Mais, la plupart des réseaux d'assainissement français sont relativement jeunes. Comme nous l'avons déjà vu, ils ont généralement moins de 30 ans. D'ailleurs, la majorité des vieux réseaux en maçonnerie (briques, pierres) ont été utilisés après la deuxième guerre mondiale, uniquement pour l'évacuation des eaux pluviales.

*** En effet, en 1986, sur les 100 démandes d'études de diagnostic faites par les exploitants locaux dansle Bassin Loire-Bretagne, seulement une a abordé le problème financier (?).**

b) Les capacités d'entretien du service

Comme nous l'avons déjà vu (cf. § les agents du système d'assainissement, Chapitre I, Première Partie) en France l'entretien des réseaux d'assainissement relève de la responsabilité des communes qu'elles assurent elles-mêmes l'exploitation de leurs équipements ou qu'elles la confie à des entreprises privées spécialisées ou aux D.D.E-D.D.A. Quant aux méthodes d'entretien suivi, de façon générale elles dépendent de la taille des communes mais aussi de caractéristiques des réseaux, ainsi que d'autres conditions propres aux particularités locales. Néanmoins, des points communs se dessinent, marquant l'entretien des équipements de collecte et d'épuration des eaux usées dans l'ensemble du pays. Pour les dévoiler, nous allons ici étudier les éléments du système d'assainissement qui influent sur les capacités financières et techniques du service.

1) Des services communaux peu qualifiés

Jusqu'aux années 70 les communes, d'une manière générale, ne disposent pas de services techniques compétents. En effet, les grilles du statut des personnels communaux empêchent les collectivités locales de recruter des techniciens et des gestionnaires de haut niveau (rémunération imposée par l'Etat très basse, système de promotion interne entravant l'embauche de nouveau personnel, cloisonnement important de fait des carrières). Forcément donc, les responsables locaux concèdent la réalisation des études, la mise en place de nouveaux équipements et l'entretien de leurs installations, soit aux services de l'Etat (D.D.E, C.E.T.E), soit à une échelle moins importante aux sociétés privées (cf. Chapitre II, Première Partie).

Mais le problème de l'assainissement devenant, pendant les années 60 et 70, un des thèmes centraux des politiques locales (construction massive de nouveaux équipements, émergence des questions environnementalistes), les villes d'une certaine taille supportent de plus en plus mal la tutelle des administrations déconcentrées. Elles recrutent donc progressivement du personnel qualifié. Aussi plus récemment, depuis la reconnaissance de nouveaux besoins en assainissement (accentuation des conséquences des eaux

pluviales, augmentation et précision des exigences de dépollution), certains services (les départements de Seine-Saint-Denis, Hauts-de-Seine, Val-de-Marne, les villes de Bordeaux, Nancy, Lyon, Toulon, Marseille, Le Havre, Orléans) embauchent pour la première fois de jeunes ingénieurs ayant un profil de formation différent de l'ingénieur T.P.E, traditionnellement rattaché aux collectivités locales (des hydrauliciens, chimistes, informaticiens, hydrologues ...) (5).

Néanmoins, seules les collectivités locales les plus importantes, qui disposent des moyens financiers suffisants, peuvent se doter des services compétents, leur assurant une autonomie. Ce sont soit des grandes villes (plus de 50.000 habitants), soit des regroupements de communes, tels que les districts, les communautés urbaines, les syndicats intercommunaux qui, dans leur majorité, gèrent leurs équipements d'assainissement en régie directe. Par contre, tout le reste des communes n'a pas de disponibilités techniques suffisantes pour établir ses propres programmes d'exploitation. D'ailleurs, bien fréquemment, ces communes utilisent le même personnel pour le service d'assainissement et la voirie. Elles font donc appel à l'intervention extérieure pour l'entretien de leurs installations. Les communes moyennes (20.000-50.000 habitants) retiennent le plus souvent le système d'affermage et elles confient la gestion de leur service à des sociétés privées spécialisées. Par ailleurs, la plupart des petites communes assurent le service d'assainissement en régie directe et s'appuient sur la capacité d'expertise des services techniques de l'Etat pour faire face aux problèmes de dysfonctionnement de leurs équipements.

### 2) L'aisance financière des services d'assainissement

Comme nous l'avons déjà précisé (dans la Première Partie), depuis 1960 au niveau de certaines communes et, depuis 1968 au niveau de l'ensemble du pays, le service de l'assainissement français est doué de l'autonomie financière. La recette principale de son budget est la redevance d'assainissement qui est affectée au financement des charges du service. Précisément, le taux de la redevance est fixé (par l'assemblée délibérante de la collectivité ou par l'établissement public exploitant ou concédant

le service) pour que son montant total équilibre la section de fonctionnement du budget annexe d'assainissement.

Dans ces conditions, qui permettent de faire payer le service à son prix, les communes jouissent d'une certaine aisance financière. Cela d'autant plus que jusqu'aux dernières années elles ont été allégées du financement des travaux neufs. En effet, les subventions de l'Etat et des Agences de Bassin couvraient une partie des investissements (80 % pour les communes rurales). Le reste était couvert essentiellement par des emprunts à taux privilégié.

Bien sûr, le taux de la redevance ne peut pas dépasser certains niveaux, imposés soit par les municipalités pour des raisons politiques (crainte de mécontenter les électeurs (*)), soit par l'Etat (le taux de la redevance doit être en conformité avec la politique générale du gouvernement en matière de prix). Cette contrainte limite en fait les capacités financières du service et notamment dans les plus petites communes où le nombre des habitants supportant les coûts est réduit. D'ailleurs, cette situation d'aisance financière a disparu ces dernières années. En effet, la participation de l'Etat aux investissements d'assainissement a été diminuée, déjà durant les années 70, et par conséquent, la réalisation de nouveaux équipements a été mise à la charge totale des collectivités locales. De plus, après 1983, à la suite des mesures de rigueur prises par le gouvernement, les taux d'intérêt réels des emprunts ont augmenté, tandis que la hausse des tarifs de la redevance a été plafonée. Précisément, après le blocage des prix des services d'eau et d'assainissement institué en 1982 (loi n° 82-660), les hausses de redevance de 1983 ont été limitées à *7%* par rapport à 1982 et à *[1]}6%* par rapport à 1981 (9) (cette loi n'a pas été votée en 1986).

* Toutefois du fait que la redevence d'assainissement figure dans la facture d'eau potable et est recouvrée par le gestionaire du service de l'eau, c'est-à-dire le plus souvent par une société privée, l'augmentation du taux de redevence n'entraine pas de conséquences politiques directes pour la municipalité.

3. L'usage des réseaux ; un contrôle limité aux industriels .

Trois types de conditions, ayant une envergure nationale, déterminent le mode d'usage des réseaux d'assainissement en France. Il s'agit particulièrement :

- De la mise en charge des réseaux lors de fortes pluies : comme nous l'avons déjà vu, après les années 70, ce phénomène a touché un nombre important de communes. Il est dû à la mauvaise conception des équipements, cette dernière liée à la sous-estimation de la nature et de la complexité des interactions entre urbanisme et hydrologie urbaine.

- De l'absence de contrôle dans la réalisation des branchements : le raccordement aux réseaux collectifs étant jusqu'à récemment sous la charge financière et sous la responsabilité entière des particuliers, plusieurs branchements sont mal exécutés de façon qu'ils permettent les fuites et l'intrusion des eaux parasites, provoquent l'obstruction des collecteurs, etc. Pour donner un exemple, nous présentons les résultats d'une enquête réalisée en 1983 pour la ville de Caen : sur E25 installations de raccordements 32 seulement étaient conformes à la réglementation. La non conformité était due, pour 45% des cas, à l'inertie des propriétaires et de l'administration et, pour 16%, au faible revenu des usagers (10).

- De l'existence d'une réglementation contraignant le rejet des effluents industriels : comme nous l'avons déjà vu (cf. l'utilisation des équipements, Chapitre I, Première Partie), la législation française donne le droit aux communes de refuser dans les réseaux publics tout déversement d'eaux industrielles jugé soit comme dangereux pour le personnel d'exploitation, soit incompatible avec les équipements. Bien sûr, à cause du manque d'expérience et de capacité d'expertise des services communaux, le contrôle des rejets industriels n'a pas été toujours efficace. Néanmoins, après les années 70, grâce à l'intervention des Agences Financières de Bassin et du Ministère de l'Environnement (imposition des normes de qualité des eaux usées -circulaire ministérielle du 19 mars 1978-), les responsables locaux ont été sensibilisés aux mauvaises conséquences de ces types d'effluents.

## § 3. Le processus de la dégradation

### 1. Des réseaux peu fiables

D'après notre bilan de l'état des réseaux d'assainissement en France, il existe un problème de faible performance des équipements qui se concrétise par l'existence de débordements et d'inondations dans certaines communes, et par une capacité de dépollution médiocre en général ; ces deux types de dysfonctionnements étant liés respectivement à l'insuffisance quantitative et qualitative des réseaux.

Par ailleurs, comme nous l'avons vu précédemment (cf. § "la sécurité des réseaux, une nouvelle finalité proposée par les Agences Financières de Bassin), après 1980 les responsables centraux et en particulier les Agences Financières de Bassin et le Ministère de l'Environnement, en prenant conscience de l'importance du rôle des conditions de collecte dans le traitement des effluents, ont mis l'accent sur l'insuffisance qualitative des réseaux d'assainissement. Autrement dit, il y a eu une reconnaissance officielle de l'incapacité des équipements de collecte à tenir le nouveau rôle qui leur avait été attribué, c'est-à-dire de permettre l'efficacité de la chaîne de dépollution dont ils font partie (4).

Donc, suivant nos définitions présentées dans le Chapitre I, Deuxième Partie, les réseaux d'assainissement dans leur ensemble se trouvent aujourd'hui en état de dégradation. Précisément, la dégradation des équipements de collecte réside dans l'incohérence entre la qualité des conditions d'acheminement des charges polluantes et le niveau de performance des stations d'épuration. Comme disent les responsables : "On se trouve devant une situation des stations modernes, couplées à des réseaux de collecte vétustés, bouchés, perméables" (2).

Dans cette optique, l'état de dégradation des ouvrages se concrétise par des anomalies telles que : mauvais raccordements ; branchements mal exécutés ; défauts d'étanchéité ; déversoirs d'orage mal réglés. L'insuffisance quantitative des équipements manifestée par des inondations et des

débordements, de même que l'existence de défectuosités de structure constituent aussi des signes de dégradation. Mais, cela se limite au niveau des communes qui ont été touchées par ces types de problèmes et qui les ont reconnues comme tels (par exemple ville de Montreuil).

2. Les causes de la dégradation ; l'évolution des principes techniques de l'assainissement

Le problème de dégradation qui caractérise les réseaux d'assainissement français est directement lié à une évolution des principes techniques de l'assainissement. En effet, depuis quelques années, le réseau d'assainissement s'est vu attribuer une nouvelle fonction qui n'est plus simplement d'évacuer, de façon continue et rapide, les eaux usées et de les diriger vers la station d'épuration située à l'aval, mais il doit également satisfaire des conditions techniques bien particulières, garantissant l'efficacité des équipements (cf. § la "sécurité" des réseaux, une nouvelle finalité proposée par le Agences Financières de Bassin). Précisément, il doit : être étanche ; respecter des obligations précises vis-à-vis du type de rejet qu'il doit recueillir; et dans le cas des réseaux unitaires, limiter au maximum les rejets directs d'eaux usées par les déversoirs d'orage. Or, l'importance de ces exigences techniques n'étant pas reconnue, il n'existait pas, jusqu'à nos jours, de réglementation relative vraiment contraignante. Par ailleurs, le manque de personnel qualifié au niveau local (cf. § les capacités techniques du service) ne permettait pas la prise de conscience, par les exploitants municipaux, des besoins techniques en assainissement, ni non plus le contrôle des nouvelles installations (contrôle des conditions de mise en place des canalisations et des branchements). De ces faits, la majorité des équipements de réseaux sont aujourd'hui non conformes avec ces nouvelles directives techniques ; et cela davantage dans le cas des constructions échappant au contrôle technico-administratif public (opérations "anormales"), généralement marquées par la politique du "moins disant" et donc par la recherche de l'économie au détriment de la qualité des matériaux et des méthodes utilisées (11 ) (cas de certains lotissements (11) (12)).

Dans cette optique, l'état de dégradation actuel des résea.ux est dû principalement à 1'évolution des directives officielles concernant la fonction de collecte des eaux usées. Il s'agit en fait d'un mouvement qui résulte de la conjonction :

- d'une part, de la meilleure connaissance des questions techniques d'assainissement acquise grâce aux expériences des vingt dernières années et aux développements technico-scientifiques réalisés (évolution de l'informatique, de la métrologie ...) ;
- d'autre part, de la volonté des Agences Financières de Bassin et du Ministère de l'Environnement, concernés par les questions de pollution des eaux, d'augmenter la fiabilité des équipements dans le but d'atteindre les objectifs de leur politique de préservation des ressources naturelles.

La détérioration physique des équipements de réseaux est apparemment peu avancée. En effet, les installations de collecte des eaux usées sont dans leur majorité relativement jeunes (cf. § les conditions d'entretien des réseaux d'assainissement). Elles ne présentent donc pas de symptômes importants de vieillissement. Cela d'autant plus que le mouvement d'équipement, après la guerre jusqu'au milieu des années 70 (ce qui correspond à un grand nombre d'installations), a été marqué par une normalisation et une standardisation extrêmement poussées (cf. Chapitre II, Première Partie), garantissant la fonctionnalité et la fiabilité des ouvrages (par rapport bien entendu aux normes imposées pendant cette période là) (11).

Par ailleurs, au niveau général, les capacités d'entretien du service permettent, dans le cadre précis des conditions actuelles, la préservation des équipements. En effet, l'autonomie financière du service (cf § les conditions d'entretien des réseaux d'assainissaiment) empêche de laisser à l'abandon les ouvrages. Les dépenses consacrées à l'entretien des équipements varient bien sûr parmi les communes selon leur taille et leurs propres caractéristiques. Le manque d'expertise qui marque la majorité des services locaux, gérés en régie direct (donc *T\%* des communes équipées), ne permet pas par contre les opérations non conventionnelles et donc les démarches avec action préventive. Toutefois, même a posteriori, ce qui est

le cas en.général, on intervient, à l'aide des services de l'Etat ou des sociétés privées, sur les réseaux pour apporter des remèdes aux.anomalies détectées. Ce mode d'action n'est pas adéquat quand il existe des problèmes d'entretien particuliers. Mais, dans le cadre actuel de la France où les réseaux sont plutôt jeunes et la qualité de leur construction généralement bonne, ces cas sont réduits. Il existe néanmoins des réseaux avec des besoins d'entretien élevés. Ce sont précisément des ouvrages installés dans les centres de vieilles villes qui présentent des problèmes particuliers dûs à leur âge (installations qui datent du siècle dernier), leurs matériaux, et leur mode de construction (matériaux et méthodes primitifs) (13). Mais ces cas ne font pas la règle en France.

Quant à l'influence des conditions d'usage des ouvrages sur leur état physique, nous disposons de peu d'informations pour tirer des conclusions. Nous nous contentons donc de faire quelques remarques générales à propos de cette question :

- l'exécution des travaux de raccordement sans aucun contrôle augmente les risques d'endommagements accidentels des collecteurs communaux ;
- la mise en charge des canalisations, même si elle a un caractère aléatoire, risque de contribuer à long terme à la détérioration physique des ouvrages ;
- le développement des conditions agressives à l'intérieur des collecteurs est limité par la réglementation qui introduit le contrôle des rejets industriels. Celle-ci n'a pas été toujours mise en application par les responsables locaux (cf. § l'usage des réseaux : un contrôle limité aux industriels). Toutefois, la prise en considération des mauvaises conséquences des effluents industriels a succédé au mouvement d'industrialisation du pays. Donc, il y a de fortes chances que la corrosion soit peu développée dans les réseaux collectifs. Il existe bien sûr des exceptions (cas de la ville de Nîmes (14)).

Les conditions d'usage des équipements de réseaux ne nous semblent pas particulièrement mauvaises. Elles peuvent néanmoins contribuer au déclenchement d'un processus de détérioration en relation avec d'autres éléments exogènes (vieillissement des ouvrages).

## CONCLUSION

Il existe un problème de dégradation des réseaux d'assainissement en France qui caractérise les équipements indépendamment de leur âge. Il se présente sous forme de faible fiabilité des ouvrages. Ce problème est dû par excellence à l'évolution récente du rôle des réseaux, provoquée par la prise de conscience de l'impact des conditions de collecte sur la performance de l'ensemble des équipements. Il s'agit d'un mouvement qui est piloté par les agents centraux du système d'assainissement, chargés des questions d'environnement (Agences Financières de Bassin, Ministère de l'Environnement). En particulier, ce mouvement qui est basé sur une meilleure appréhension du problème technique de l'assainissement par réseau, a pu se développer grâce à l'existence d'une organisation institutionnelle favorable à la préservation de l'environnement.

Par contre, les équipements de réseaux comptent aujourd'hui peu de symptômes évidents de détérioration physique. Leur jeunesse, ainsi que la qualité de leur construction d'une part, et l'existence d'une organisation du système d'assainissement permettant jusqu'à nos jours le conditionnement des ouvrages d'autre part, pourraient donner une première justification de cette situation. Néanmoins, l'absence presque totale de données concrtètes sur l'état des équipements nous oblige à rester prudents dans notre conclusion.

## SECTION II : LE CAS DE L'ANGLETERRE : DES RESEAUX DETERIORES

### § 1. Identification de l'état des réseaux

#### 1 . Les résultats des enquêtes des R.UI.A.

Les données dont nous disposons sur l'état des réseaux d'assainissement en Angleterre résultent d'une enquête nationale menée sous l'égide du Ulater Research Center (UI.R.C), en 1978-1979. Il s'agit des résultats d'une série d'investigations sur les déficiences des réseaux d'assainissement au niveau de chaque autorité régionale de l'eau (*). En particulier, dans le cadre de cette enquête, les incidents de détérioration des collecteurs d'eaux usées ont été enregistrés et analysés. Parallèlement, des informations supplémentaires sur l'âge des canalisations, leurs longueurs, dimensions, emplacement et autres paramètres caractéristiques ont été recherchées. Comme indicateur de l'état des équipements a été utilisé le risque imminent d'effondrement et plus particulièrement le développement des défectuosités, entraînant des travaux d'excavation. Ainsi, selon les résultats obtenus, le nombre d'incidents d'écroulement des canalisations plus d'obstruction dont la réparation nécessite l'ouverture des fouilles (ou autrement ce que les responsables anglais appellent simplement "effondrement") s'élève sur l'ensemble du pays , à 5.000 cas par an (15).

Approximativement, 900 "effondrements" par an ont été observés dans la région du Nord-Ouest. Mais d'autres régions, telles que le Yorkshire, le Strathclyde et le Sud-Ouest, se distinguent par des taux "d'effondrement" aussi élevés que ceux de la zone du Nord-Ouest. Par ailleurs, le taux moyen "d'effondrement" sur l'ensemble du pays a été estimé à 5 par an par 100.000 habitants desservis (15) (la figure 17 illustre les districts de l'Angleterre et du Pays-de-Galles, où le taux d'incidents critiques de détérioration a été, en 1981, plus que le double du taux moyen national).

* Ces investigations ont commencé dans les régions du Nord-Ouest,.du Yorkshire et de Strathclyde et ont été progressivement poursuivies dans le reste du pays (15).

Figure 17 : La détérioration des réseaux d'assainissement en Angleterre et au Pays-de-Galle, 1981. Districts avec un taux d'incidents de défaillance au mains deux fais supérieur au taux moyen national.

Source : WATER RESEARCH CENTER, WATER AUTHORITIES ASSOCIATION, Sewerage Rehabilitation Manual, Swindon, Water Research Center, 1983.

Mais en fait, le niveau élevé de détérioration des réseaux d'égouts de la ville de Manchester et de la région du Yorkshire, même s'il marque le secteur de l'assainissement en Angleterre, ne caractérise pas l'ensemble des villes du pays. Ainsi, selon une enquête portant sur les réseaux du Severn Trent-UJater Authority (S.T-UJ.A), réalisée en 1980 (*), seulement une partie limitée des canalisations (2,1%) se trouve en mauvais état et doit être remplacée dans une période de 10 ans (16). De même, selon une enquête similaire à celle du S.T-UJ.A, mise en place par le Ulessex-Ulater Authority, la partie des réseaux obsolètes se limitait à *2%* de l'ensemble des équipements (**) (17).

Par ailleurs, le nombre d'incidents de blocage sur l'ensemble du pays a été estimé beaucoup plus élevé que celui "d'effondrement" des collecteurs (0,2 millions d'obstructions par an, en Angleterre et au Pays-de-Galles) (cf. Section II, Chapitre III, Deuxième Partie). Dans les régions de Yorkshire et du Nord-Ouest (chacune comptant approximativement 2 millions d'habitants), le nombre de blocages observés a été respectivement 340 et 130 ; les taux les plus élevés au niveau de districts étant, à l'égard de chacun des deux régions, 630 et 480 (***) (15). L'apparition de fréquents débordements a été le résultat de ces obstructions. Phénomène qui a été aussi aggravé par la présence de quantités considérables d'eaux parasites (de l'ordre de 43% du volume des effluents propagés) (cf. Section III, Chapitre II, Deuxième Partie).

En ce qui concerne le problème de la corrosion des canalisations, il apparaît relativement limité, étant donné que les matériaux composant les réseaux anglais s'avèrent pratiquement inertes à l'effet des effluents

* L'enquête portait en réalité sur un échantillon représentatif des réseaux de l'autorité, correspondant à 1,8% de toute la longueur des canalisations. Les résultats obtenus ont é par la suite extrapolés sur l'ensemble du réseau (16).

•* La méthode d'analyse utilisée par le Wessex-Water Authority a été différente de celle du Severn Trent-Water Authority. Dans la première, tous les tronçons comptant des défauts plus sévères qu'un certain niveau ont été considérés déficients. Par contre, dans la' deuxième, les critères étaient moins sévères, les défauts révélés étant indépendamment examinés (16).

*** Pour les autres régions, en 1982, les taux d'obstruction n'étaient pas encore calculés (

agressifs. Par contre, la corrosion dite "indirecte", due à la mauvaise conception des réseaux, constitue une cause majeure d'effondrement des ouvrages (cf. Section V, Chapitre II, Deuxième Partie).

2. L'estimation des dépenses pour la remise en état des réseaux

La première analyse détaillée, sur l'état des réseaux d'assainissement en Angleterre, a été réalisée en 1977 par le "Standing Technical Committee on Sewers and Water Mains" qui avait été créé par le National Water Council conjointement avec le Ministère de l'Environnement.

Dans cette étude, les longueurs, les dimensions, les coûts de construction, la vie effective et les facteurs d'indemnités des investissements des résaux ont été pris en compte pour calculer le coût total de remplacement de l'ensemble des canalisations d'évacuation des eaux sales. Ce montant, en prix constant 1981, a été estimé à 47 milliards de livres, et les dépenses nécessaires au renouvellement des installations, de l'ordre de 529 millions de livres par an, donc largement supérieures aux dépenses annuelles effectuées (voir figure 11) (17).

L'estimation de l'importance considérable des coûts de conditionnement des ouvrages a soulevé toute une série de critiques, basées sur l'argument du manque de fiabilité et du caractère restreint des données disponibles. Il a été dit que ce rapport surestimait la réalité et le besoin d'une meilleure information sur l'état des équipements a été souligné par les responsables. Dans ce cadre, sous l'incitation du Water Research Center, la majorité des autorités de l'eau ont procédé depuis à l'inspection de leurs installations souterraines et à l'élaboration des évaluations des coûts correspondant à la remise en état de leurs réseaux. Ainsi d'après l'enquête que nous avons présentée précédemment, du Severn Trent-Water Authority, sur l'état des réseaux, les dépenses nécessaires estimées pour apporter un remède aux problèmes de détérioration des canalisations de l'autorité se montent à 10-20 millions de livres par an (prix Novembre 1980) sur une période de 10 ans. Ces dépenses extrapolées sur toute la Grande-Bretagne atteignent 70-140 millions de livres par an. Par ailleurs,

les valeurs obtenues en extrapolant les données de l'enquête du Wessex-UJ.A, sont encore plus élevées. Mais, même si ces montants se situent à des niveaux inférieurs à ceux de l'Evaluation Nationale du 1977, ils doivent être comparés avec les dépenses annuelles totales du service qui se limitent à 200 millions de livres (1 6).

En même temps, pour l'ensemble du pays, le coût total de réparation des cas critiques de déficiences a été estimé ,; par le Water Research Center, à 100 ± 40 millions de livres (prix 1982) (-'). Selon les ingénieurs responsables, *20%* de ces capitaux correspondent à 16^ des incidents observés, donc à une partie limitée des réseaux (9955 du montant des coûts estimés correspondent à 60% des incidents). Parallèlement, le coût annuel de désobstruction des collecteurs a été estimé à 12 millions de livres (prix 1980) (**) (pour cela un taux moyen de blocage de 340 par an par 100.000 habitants et un coût de désobstruction de l'ordre de 70 livres par cas, ont été supposés) (15).

Mais, pour une évaluation précise des coûts de réparation des canalisations en mauvais état, les responsables du Water Research Center suggèrent qu'il faut aussi prendre en compte les nouveaux besoins qui vont apparaître d'ici au jour de la réhabilitation des ouvrages (***). Dans cette optique, ils ont proposé aux ingénieurs des autorités régionales de comparer les coûts de réparation des "effondrements" aux dépenses suscitées par l'adoption des démarches d'entretien préventif pour choisir la solution optimale (19).

### 3. Les effets des déficiences des réseaux î effondrements, pollution

Les déficiences des réseaux d'assainissement en Angleterre ne sont pas perçues uniquement par les egoutiers et les ingénieurs du service. Au contraire, l'état de détérioration des équipements s'est manifesté dans le

* Les coûts correspondants à un incident d'Vfondrement sont de l'ordre de 0,75 millions de livres (18).

** Pour la même année, le budget de fonctionnement du service a été de l'ordre de 40 millions de livres. Donc, dans les zones avec un taux de blocage élevé, plus de la moitié du budget de fonctionnement devait être dépensée pour le nettoyage des points engorgés.

*** En effet, les ingénieurs du W.R.C., en projetant le taux d'incidents estimé en 1981, ont calculé que le nombre d'effondrements va augmenter de 3% par an dans les 20-30 prochaines années (d'autant plus qu'une grande portion des réseaux anglais a plus de 70 ans) (19)..

milieu urbain par une série d'événements qui touchent directement la population. En effet, depuis quelques années, la phase finale de l'obsolescence des ouvrages, c'est-à-dire l'effondrement, se produit régulièrement dans plusieurs villes. Ce phénomène, davantage accentué dans la région du Nord-Ouest, risque aujourd'hui d'être considéré comme une menace sur la vie des citadins (des organismes tels que le "Pipe Jacking Association" signalent le danger potentiel pour la vie et la santé du public (20)).

Les conséquences socio-économiques de ces incidents (perturbation des activités commerciales, affaires manquées, destruction des bâtiments riverains, etc.) sont d'une telle ampleur que les responsables ont été forcés de prendre en compte, dans leurs études sur la détérioration des réseaux, le paramètre "coût social" (15) (cf. Annexe 8).

Pour montrer l'importance du problème, nous exposons ci-dessous les effets socio-économiques de quelques incidents d'écroulements des canalisations :

- En 1957 l'effondrement d'une canalisation du réseau d'assainissement de la ville de Bolton, déroulé en trois heures, a provoqué l'ouverture d'un cratère d'une longueur de 36,57m, d'une largeur de 5,48m et d'une profondeur de 3,65m. Il a impliqué : l'évacuation de 129 logements (337 personnes) ; la démolition de 17 bâtiments ; l'interruption du service d'assainissement pour 99 logements pendant la période de réparation.
- En 1976 un autre incident d'effondrement, d'une canalisation de 305mm de diamètre, à Bolton, a causé l'évacuation de B maisons et la démolition de 3 édifices (21).
- Entre Juin 1978 et Mars 1979, trois effondrements de canalisations d'eaux usées ont eu lieu dans la rue de Petersham à Londres. Il s'agit de l'incident d'effondrement le plus coûteux jusqu'à présent. En effet, la longueur considérable du tronçon endommagé ainsi que l'étroitesse de la rue ont rendu très difficile les interventions de réparation, en accentuant parallèlement les conséquences des perturbations entraînées (un détournement du trafic avec prolongation de l'itinéraire de 7km a été

Tableau 17 : Les dépenses suscitées par l'effondrement du réseau d'assainissement dans la rue de Petersham, à Richmond en 1978-1980 (prix en £)

| Organismes supportant les coûts | Dépenses |
|---|---|
| **THAMES WATER AUTHORITY** | |
| Détournement (by passe) des flux , diagnostic, investigation ..... | 500 000 |
| Remplacement du tronçon endommagé ..... | 1 000 000 |
| Rénovation du réseau ..... | 175 000 |
| Rétablissement des branchements ..... | 100 000 |
| Rétablissement de la chaussée ..... | 150 000 |
| Dommages causés aux propriétés voisines ..... | |
| Indemnisations, pertes commerciales ..... | 200 000 |
| Evoluments des ingénieurs, coûts administratifs, surveillance du chantier ..... | 200 000 |
| **LONDON ELECTRICITY BOARD** | |
| Certains câbles électriques ont été endommagés mais le service n'a été que peu affecté et les coûts entraînés ont été finalement absorbés par les coûts réguliers de maintenance. | |
| **NORTH THAMES GAS** | |
| Ce service a profité de la situation pour reviser ses installations. | |
| **BRITISH TELECOM** | |
| Amélioration du service ..... | 1 500 |
| **ARRONDISSEMENT DE RICHMOND** (municipalité) | |
| Coûts des travaux présentés ci-dessus, supportés par la commune (il s'agit d'un des 33 arrondissements de Londres) ..... | 20 000 |
| Transport public, perte de temps ..... | 2 000 000 |
| Coûts additionnels par kilométrage ..... | 3 500 000 |
| **LONDON TRANSPORT** | |
| Transport public, fourniture de navettes ..... | 1 000 000 |
| Coûts additionnels pour la perturbation des services postaux, ambulances, défense contre les incendies, polices ... Les coûts n'ont pas été es-identifiés ni estimés | |

Source : Probert, Holmes and Flemons (1982).

imposé). Nous illustrons les dépenses correspondantes aux dommages provoqués, de façon analytique, dans le Tableau 17. Elles sont classées selon les organismes qui supportent les coûts (22). Comme on peut remarquer, les coûts "indirects" aux travaux de réparation ,••, supportés par la commune sont presque trois fois plus élevés que les coûts "directs" d'ingénierie et d'administration supportés par le Thames-Water Authority.

La question des effondrements, à cause de l'importance des effets suscités dans le milieu urbain, a été fortement accentuée par la presse (cf. Annexe 9) et a considérablement préoccupé la population. Par contre, l'opinion publique, semble être plus tolérante en matière d'autres manifestations de déficiences des réseaux, c'est-à-dire les incidents de débordements et la question de pollution du milieu naturel. En effet, même si les inondations des caves et des sous-sols des immeubles constituent un phénomène très fréquent dans certaines villes en Angleterre, les plaintes des citadins adressées aux instances publiques sont relativement peu nombreuses. Selon les ingénieurs du W.R.C, cette attitude reflète la crainte des propriétaires de voir leurs propriétés diminuer de valeur (en effet, la reconnaissance de l'existence d'inondations risque de peser sur la valeur des immobiliers) (18).

Par ailleurs, la sensibilisation des habitants, aux questions de pollution des ressources naturelles, varie considérablement selon les régions. En fait, la démarche suivie par l'Autorité du bassin de la Tamise, en 1979, pour l'épuration de l'eau du fleuve de la capitale, visant à la réintroduction du saumon (23), ne reflète pas une position nationale au sujet de la protection de l'environnement. Ainsi, comme on peut remarquer dans le Tableau 18, en 1980 le taux de pollution éliminée par les stations d'épuration, de chaque Autorité, varie de 30% dans la région de Northumbrian à *96%* dans le bassin de la Tamise (24).

Le problème de pollution des rivières en Angleterre est en effet important. Mais il paraît que, dans les régions avec le plus grand nombre de déficiences des équipements, l'opinion publique est peu concernée par ce type de question. Nous basons cette affirmation sur le fait qu'en 1978,

plusieurs Autorités Régionales de l'eau, et en particulier la Nqrth-UJest-UJater Authority, ont abaissés leurs normes de pollution pour éviter les poursuites judiciaires (23).

Tableau 18 : Taux de pollution éliminée par les stations d'épuration des dix Autorités de l'eau en Angleterre en 1980

| Water Authority | % |
|---|---|
| Thames | 96 |
| Severn Trent | 95 |
| Anglian | 82 |
| Yorkshire | 80 |
| Wessex | 75 |
| Southern | 68 |
| North West | 58 |
| South West | 55 |
| Welsh | 51 |
| Northumbrian | 30 x |
| Moyenne | 77 |

Source : National Water Council (1982).

*Commentaire : Ce tableau concerne uniquement les eaux sales qui reçoivent un traitement. Il ne comprend pas la pollution non-traitée en station d'épuration (rejetée directement dans le milieu naturel).*

4. Bilan : l'état critique des réseaux

Les éléments que nous avons présentés ci-dessus, concernant les résultats des enquêtes entreprises par les Autorités de l'eau et le Water

Research Center, nous amènent à conclure que le service d'assainissement en Angleterre se trouve face à des problèmes notables de déficiences des équipements. En effet, l'obsolescence des réseaux d'évacuation d'eaux usées constitue aujourd'hui une réalité préoccupante, le risque imminent d'effondrement des canalisations ; étant très important. De même, les inondations et les débordements marquent la vie quotidienne du service. Par ailleurs, comme on peut le remarquer dans la Figure 17 et le Tableau 18, la situation varie considérablement d'une région à l'autre. Les régions situées dans le Nord-Ouest et le Sud comptent le plus grand nombre de défauts critiques. En même temps, les régions du Nord et de l'Ouest comportent le niveau de dépollution le plus bas.

Selon les responsables, la fréquence des incidents d'effondrements diffère aussi parmi les districts de chaque région ; le comportement de la structure des collecteurs étant déterminé par plusieurs facteurs, tels que l'âge des ouvrages, la nature des matériaux composants, les conditions géologiques, etc. Nous signalons que, selon les résultats de la plus large enquête réalisée jusqu'à présent en Angleterre, les réseaux en brique et les vieux réseaux en grès comportent le plus grand nombre de canalisations détériorées (25) (cf. Figure 16).

Mais l'importance du problème de la détérioration des réseaux n'est pas uniquement liée à la fréquence des incidents d'effondrement des équipements. Comme nous l'avons vu -, un effondrement, selon son emplacement, peut avoir des conséquences socio-économiques très importantes. Nous pouvons donc dire que dans toutes les villes du pays, même dans celles où le nombre des réseaux en mauvais état est limité, la situation est préoccupante. D'autant plus que les vieux réseaux qui, selon les études, souffrent le plus du problème de détérioration, se situent en général dans les centres des villes, là où les suites des dommages coûtent socialement le plus cher.

## § 2. Les facteurs déterminant l'état des réseaux

### 1. La remise en état des réseaux, premier objectif des R.W.A.

Comme nous 1'avons vu dans la première partie, Chapitre III, de cette étude, jusqu'en 1974 le service d'assainissement constitue en Angleterre un service fiscalisé, géré par les conseils de districts. Les programmes d'assainissement sont soumis à la réglementation (Public Health Acts de 1936 et de 1875). Ils sont aussi influencés par les incitations financières du gouvernement central, notamment les subventions destinées aux nouvelles constructions. Mais, en fait, les seuls acteurs maîtres du service sont les gouvernements locaux qui, en jouissant d'une autonomie considérable, déterminent leur programme par rapport aux priorités politiques, aux besoins locaux et, bien évidemment, à leurs capacités financières. Par ailleurs, le service de l'assainissement, en représentant dans la réalité du contexte anglais un héritage du siècle dernier, donc un bénéfice gagné, voire donné à la population, ne constitue pas à lui seul un point central dans la politique municipale. Dans ce cadre, les finalités du service se limitent ., dans la période la plus récente , à l'achèvement de l'oeuvre Victorienne c'est-à-dire à l'extension des équipements d'assainissement, suivant les principes établis au XIXème siècle. Aussi, depuis l'après-guerre, et surtout après 1960, en raison de l'intervention financière de l'Etat, le rôle de l'assainissement comme étant un moyen de lutte contre la pollution de l'eau des rivières a été accru au niveau national. Ce mouvement s'est concrétisé par la multiplication des stations d'épuration et par le développement des systèmes existants (cf. § le contexte anglais avant et après la reforme de 1974, Chapitre III, Première Partie).

Mais, après le grand changement dans l'organisation de l'industrie de l'eau en 1974, le pouvoir des gouvernements locaux s'est réduit considérablement. Officiellement, toutes les opérations du secteur, même si elles sont mises en place par les conseils de districts, doivent avoir l'approbation des autorités régionales de l'eau qui financent tous les travaux en assainissement. Ainsi, depuis 1974, c'est au niveau régional que se définissent les directives générales en assainissement, mais aussi

les programmes locaux d'équipements de réseaux et de stations d'épuration. L'influence des R.UJ.A sur les instances publiques locales est d'autant plus importante que ces organismes de l'eau disposent d'une compétence technique meilleure que celle des conseils de districts. De plus, leurs organes de coordination, notamment le National Ulater Council et le UJater Research Center, au moyen de la diffusion des informations (organisation des séminaires et des colloques) et par le lancement de recherches et d'études ont considérablement contribué à l'imposition aux gouvernements locaux des programmes élaborés au niveau régional. Le N.UJ.C et le UI.R.C ont eu par ailleurs une grande influence sur la définition et la coordination des politiques des R.UJ.A. De ce fait, nous considérons que pendant cette période les finalités associées aux réseaux d'assainissement en Angleterre s'identifient aux directives des programmes des R.UJ.A, ces dernières étant dans toutes les régions du pays basées sur les mêmes principes (cela davantage après 1983 quand la représentation des communes aux R.UJ.A. a été supprimée).

Dans le climat d'hostilité qui caractérise les relations entre les agents locaux et régionaux (cf. Chapitre III, Première Partie), les nouvelles autorités de l'eau ont défini comme objectif prioritaire de leurs programmes la connaissance de l'état des réseaux. En effet, les R.UJ.A avaient intérêt à révéler la situation réelle des canalisations qui, selon les indices existants, se trouvaient en mauvais état, pour apporter une preuve de l'inefficacité des services des districts et par conséquent une justification de l'opportunité de leur existence. Par ailleurs, le gouvernement central a soutenu et encouragé cette attitude qui lui permettait de confirmer sa politique (le vote de la loi sur l'eau de 1973). Ainsi, pendant cette période, tous les programmes de classification et d'inspection des réseaux ont été réalisés en collaboration avec le Ministère de l'Environnement (26). Dans ces conditions, vers la fin des années 70, les R.UJ.A ont imposé comme priorité du service la remise en état des ouvrages. Pour affirmer leur pouvoir vis-à-vis des gouvernements locaux, mais aussi vis-à-vis du gouvernement central qui tend après 1977 à réduire leur autonomie financière, elles se sont présentées comme étant les "sauveteurs" des équipements.

Le rôle des équipements d'assainissement comme étant un moyen de protection de l'environnement, a été aussi maintenu. Mais depuis, la lutte contre la pollution ne constitue pas une priorité politique en Angleterre. Elle ne mobilise ni l'intérêt ni les ressources des R.W.A. En effet, après 1974, les dépenses relatives à l'épuration des effluents diminuent constamment (de 1974 à 1982 les investissements en stations d'épuration ont été réduits de 50$). Aussi, pendant cette période > les limites de pollution consenties par les Autorités de l'eau n'ont été respectées ni par elles-mêmes ni par les industriels raccordés. Même si les R.W.A. ont reconnu en 1982 que la pollution de l'eau des rivières commençait à s'aggraver, de manière générale > elles ont pris très peu de mesures (24).

2. Les conditions d'entretien des réseaux d'assainissement

a) Des réseaux anciens

Comme nous l'avons déjà précisé (cf. Première Partie, Chapitre III), les premières installations des réseaux d'assainissement en Angleterre ont été faites entre 1820 et 1860. Une grande partie des équipements utilisés de nos jours pour l'évacuation des eaux urbaines sales consistent en ces ouvrages initialement mis en place. Il s'agit alors de très vieilles installations. En effet, selon les estimations récentes du Water Research Center, *b%* des réseaux d'assainissement anglais datent de plus de 130 ans, 15% de plus de 100 ans, 30% remontent à la période de l'entre-deux-guerres et seulement 40% ont moins de 30 ans (1B). L'âge des égouts varie, bien sûr, selon les régions. La masse des vieux collecteurs se concentre dans les villes des premières zones industrielles (Yorkshire, Lancashire). Par contre, les régions d'expansion récente disposent de réseaux relativement jeunes (par exemple la région de East Anglia où 64% des réseaux ont moins de 20 ans et seulement 5% ont plus de 100 ans) (19).

Une partie importante des réseaux qui équipent les centres des villes, ce qui représente 20% de l'ensemble des canalisations du pays, est constituée d'installations qui ont plus de 100 ans, donc d'ouvrages qui atteignent, ou qui dépassent même, leur durée de vie théorique ; cette dernière, étant de l'ordre de 120 ans. Nous voyons que le cycle de

renouvellement des équipements de réseaux en Angleterre tend à excéder l'espérance de vie des ouvrages. Fait qui peut être le résultat soit de l'ignorance des capacités des équipements soit d'une décision politique d'utiliser le plus longtemps possible les installations, en prenant forcément des risques.

Mais les responsables anglais soutiennent aujourd'hui que la durée de vie des ouvrages n'a pas une valeur constante. Il s'agit d'une variable fonction du niveau de l'entretien suivi et donc liée aux dimensions des canalisations. Ainsi, comme il est présenté dans le Tableau 19, l'espérance de vie des équipements varie entre 100 et 125 ans. On considère que la vie des canalisations de diamètre de plus de 1.000mm est plus longue parce qu'il s'agit des réseaux visitables, donc faciles à réparer (17). Dans cette optique, il est admis que la détérioration des ouvrages d'assainissement commence à se développer 25 ans après l'implantation des équipements dans le cas où l'entretien suivi n'est pas suffisant. De même

Tableau 19 : La durée de vie des réseaux en fonction du diamètre des canalisations

| Diamètre (mm) | Espérance de vie des ouvrages (ans) |
|---|---|
| Supérieur à 1000 | Supérieur à 125 |
| 300 à 1000 | 125 |
| Inférieur à 300 | 100 |

Source : EDWARDS G., "The renevnl of urban water and sewerage Systems", in Planning and Civil Engineer, London, Thomas Telford Ltd, 1982, pp.

après 100 ans, un réseau mal entretenu doit en général être rénové ou remplacé. Par contre, la vie de la majorité des installations peut être prolongée en suivant un programme d'entretien systématique. Ainsi, il est actuellement considéré officiellement que la vie effective d'un réseau peut atteindre 150 ans (27). Cela donne à penser que les Anglais cherchent à justifier par des arguments scientifiques le caractère très long du cycle de remplacement de leurs équipements d'assainissement.

b) Les capacités d'entretien du service

Selon les informations dont nous disposons (cf. les fonctions du service d'assainissement, Chapitre III, Première Partie), le niveau d'entretien des réseaux d'assainissement en Angleterre varie considérablement selon les communes (*). Fait qui est d'autant plus vrai qu'il n'existe pas de recommandations officielles pour l'exploitation des équipements. Aussi, afin de cerner les capacités d'entretien du service, nous allons étudier ici l'influence de l'organisation du système d'assainissement sur les capacités techniques et financières du service.

1) L'amélioration des capacités techniques du service après 1974

Comme nous l'avons déjà vu, jusqu'en 1974, le service d'assainissement est intégré dans l'organisation des districts (métropolitains ou ruraux), ces derniers étant parallèlement chargés d'autres services urbains tels que la voirie, les infrastructures, la planification locale, etc. (cf. § les agents du système d'assainissement, Chapitre III, Première Partie). Dans ce cadre, l'entretien et la maintenance des équipements d'assainissement sont le plus souvent assurés par le même personnel que celui de la voirie (les communes utilisent aussi les mêmes véhicules et le même

* Ainsi, par exemple en 197^, il a été constaté par le Nord-West-Water Authority que la ville d'Oldham dépensait 1^8.000 livres par an pour l'entretien de ses réseaux, tandis que la ville voisine de Rochale, qui a une taille et des équipements d'assainissement similaires, dépensait seulement ^8.000 livres. Par ailleurs, le minuscule district de South Lakeland à Cumbria dépensait plus que chacune d'elles *(2h).*

équipement pour l'exploitation des réseaux d'égouts et des routes). Par ailleurs, ce personnel n'est pas en général qualifié, l'exploitation des équipements d'assainissement étant considérée comme une tâche facile à accomplir sans besoin d'analyses particulières détaillées (ce qui n'est pas le cas, par contre, du service du gaz, pour lequel il existe depuis 1950 un grand nombre d'études) (15). Néanmoins, étant donné que le service de l'assainissement existe depuis le XIXème siècle et qu'il est traditionnellement exploité au niveau local par les équipes municipales, on peut penser que ces dernières disposent d'une grande expérience sur le terrain ainsi que des moyens élémentaires nécessaires à l'entretien des canalisations. Mais, les capacités techniques des services varient aussi selon les communes. Ainsi, dans certains districts métropolitains, les équipes responsables de l'assainissement sont hautement qualifiés (cf. § les agents du système d'assainissement, Chapitre III> Première Partie).

Après 1974, les services locaux continuent à assurer l'exploitation des réseaux d'assainissement, sauf dans le cas de certaines grandes canalisations (par exemple à Londres) qui sont directement prises en charge par les administrations centrales des R.UI.A. Nous rappelons ici que les ingénieurs des Autorités régionales ont souligné l'intérêt d'une gestion des équipements de réseaux effectuée par les équipes locales, ces dernières connaissant bien les ouvrages (cf. § le contexte anglais avant et après la reforme de 1974, Chapitre III, Première partie). Néanmoins, nous considérons que, pendant cette période, deux éléments nouveaux ont conduit à l'amélioration des capacités techniques des services de districts : l'assistance technique du personnel d'expertise des R.W.A, mais surtout la contribution du National Uater Council et du Uater Research Center à la formation du personnel local par l'organisation des échanges d'expérience entre les techniciens des R.W.A, du W.R.C et des collectivités locales et par la diffusion du savoir-faire.

2) Des services financièrement autonomes après 1974

Jusqu'en 1974, les impôts locaux, qui alimentent parallèlement le budget général des districts, constituent la seule source de revenu du

service d'assainissement qui couvre les dépenses d'entretien des équipements. Donc, les capacités financières du service sont d'une part forcément accordées à la capacité fiscale des quartiers correspondants et d'autre part directement liées aux priorités politiques des communes ; ou mieux, elles dépendent de l'interface de ces deux conditions d'influence.

Par ailleurs, comme nous l'avons vu précédemment, pendant cette période, la question de l'assainissement ne constitue pas dans la réalité du contexte anglais un enjeu électoral. Par conséquent, elle ne représente pas une priorité pour les conseils de districts qui sont chargés aussi des questions de planification locale, de construction et de gestion du logement social, c'est- à-dire des préoccupations d'ordre social. On peut voir là les raisons qui ont conduit à la sous-alimentation du service (par contre, cette sous-alimentation du service ne concerne pas le mouvement de construction en assainissement, étant donné que ce dernier fait l'objet des subventions de l'Etat). Cela surtout depuis la guerre, car les questions du logement et de l'aménagement urbain (édification d'ensembles résidentiels, rénovation des centres, aménagement d'aires de loisirs) ont alors été imposées comme étant prioritaires dans la politique municipale en Angleterre.

Bien évidemment, cette situation a été plus accentuée dans les quartiers les plus défavorisés, notamment les zones industrielles et les zones internes des villes où les budgets municipaux sont les plus faibles et où la masse de problèmes sociaux se concentre. Mais, étant donné que presque toutes les métropoles anglaises ont été stigmatisées par la détresse économique d'une partie de leurs quartiers (*), on peut dire que les difficultés financières ont touché, après la guerre, l'ensemble des réseaux d'assainissement du pays.

Après 1974, les dépenses d'assainissement sont équilibrées par les redevances sur services, calculées par rapport aux coûts effectifs d'exploitation des équipements et dans un degré moindre par rapport aux

* Depuis la deuxième guerre mondiale, le phénomène du déclin de plus vieilles parties des centres des villes, lieux de résidence, des catégories moins favorisées, a marqué les agglomérations urbaines en Angleterre (28). Ce problème a pris une ampleur dramatique surtout après la désindustrialisation récente d'une grande partie des régions du pays (nous signalons que seule la région du Nord-Ouest a perdu de 1978 à 1982 le quart d'un million de postes d'emploi) (29).

investissements envisagés (cf. § le financement du service, Chapitre III, Première Partie). Nous considérons alors que depuis cette période, les conditions de financement des réseaux d'assainissement ont été nettement améliorées. D'autant plus que les redevances sont imposées et perçues par les R.W.A, c'est-à-dire par des organismes non élus qui, en tant que tels, peuvent augmenter le taux de la redevance sans être touchés par l'opinion publique. Néanmoins, cette augmentation ne pouvant pas dépasser les limites imposées par le gouvernement central, la perception des redevances n'a couvert, jusqu'à présent, qu'une partie des dépenses d'investissements (33% en 1978). Donc, une portion notable des travaux de nouvelles constructions mais aussi de grands travaux de réparation (notamment la rénovation des équipements) a été touchée par les contraintes financières imposées par le Secrétariat d'Etat à l'Environnement après 1978.

### 3. L'usage des réseaux : l'absence de contrôle des usagers

Nous avons déjà examiné la réglementation concernant l'utilisation des équipements d'assainissement en Angleterre dans le Chapitre III de la Première Partie. Nous rappelons alors ici que jusqu'en 1974, il n'existait pas de restrictions concernant le droit au raccordement aux réseaux collectifs. Il n'existait pas non plus de recommandations officielles définissant les conditions de réception par les conseils de districts des équipements neufs. Ainsi, après la guerre, les responsables locaux, contraints d'étendre le service, ont adopté une attitude de tolérance qui a conduit à la surestimation des capacités des ouvrages existants et souvent aussi à l'infraction à la réglementation (l'Autorité régionale de Yorkshire a accusé certains gouvernements locaux d'avoir fermé les yeux à la réalisation des branchements illicites (24)) (*). Ces pratiques ont abouti à la mise en charge des canalisations et des stations d'épuration.

Après 1974, pour envisager la surcharge excessive des équipements d'assainissement, les R.Ui.A ont imposé des limites aux droits de raccordement aux réseaux collectifs. En particulier, elles ont interdit le développement urbain et industriel dans certaines régions, notamment dans le Sud-Ouest (nous précisons qu'en 1982 ce type de restrictions touchaient

* La réalisation de mauvais branchements par les promoteurs immobiliers est un phénomène caractéristique du mouvement récent de construction (en particulier dans les régions rurales) (30).

173 "parishes", tandis que des embargos ont été mis à 112 "parishes" (24) (*). Mais, en fait, comme il n'y a pas eu de déconnexion d'une partie des quartiers raccordés, le problème de surcharge des réseaux demeure aujourd'hui.

On doit aussi recconaître que l'absence de mesures de contrôle significatif sur la nature des effluents rejetés, la majorité des industries étant raccordées aux équipements publics, a contribué au développement des conditions v d'agressivité à l'intérieur des ouvrages, dans les zones industrielles.

Deux autres conditions d'envergure nationale caractérisent le mode d'usage des réseaux d'assainissement en Angleterre. Il s'agit en particulier :

- de l'existence des mines au voisinage d'un grand nombre des villes (en effet, depuis le début du XXème siècle, une grande partie de la population britannique se trouve concentrée en un réseau d'agglomérations situées à proximité de gisements de charbon (28)). Or, les activités minières entraînent la production de nouvelles charges mécaniques exercées sur les canalisations ;
- de l'obsolescence des autres infrastructures souterraines dans les centres des vieilles villes. En particulier, les réseaux d'approvisionnement en eau potable qui équipent les centres des villes anglaises se caractérisent aujourd'hui par de forts symptômes de détérioration qui permettent les fuites et qui conduisent souvent même à l'éclatement des canalisations. Se développent alors des phénomènes d'érosion du sol aux alentours des conduites d'assainissement, placées au-dessous des réseaux d'eaux potables, menaçant ainsi la solidité structurelle de ces premières (31).

* Des embargos ont été mis dans les villes de Liskeard, Westward Ho, East Knowstone, Dartington, Bridford, Ashburton, Buckfastleigh, Ghudleigh, Bampton, Crediton, Honiton, Ottery St Mary, Fowery, Golant, Padstow, Wadebridge, Barnstaple, Chivenor, Dartmouth, Salcombe, Stoke Gabriel et Teignbridge *(2h).*

## § 3. Le processus de la dégradation

### 1 . La détérioration des réseaux

Comme nous l'avons précisé dans le paragraphe précédent, l'objectif prioritaire de l'ensemble des services d'assainissement en Angleterre se focalise après 197A sur la préservation des conditions d'écoulement libre dans les réseaux et en particulier sur la prolongation de la vie effective des équipements. Il ne s'agit pas ici donc, de l'évolution des finalités associées aux réseaux, mais plutôt d'une conservation des principes techniques et des ouvrages existants. Dans cette optique, l'état de dégradation des installations d'assainissement en Angleterre est représenté par l'état de détérioration des canalisations de collecte que nous avons exposé dans le premier paragraphe de cette section. Ainsi, comme nous l'avons vu, la détérioration des réseaux est considérable et le risque d'effondrement marque la vie quotidienne du service.

### 2. Les causes de la détérioration

Nous considérons que la détérioration des réseaux d'assainissement en Angleterre résulte d'une part du mauvais usage des équipements et d'autre part de l'insuffisance de leur entretien.

#### a) L'usage non approprié des équipements

Le mode d'utilisation des installations d'assainissement, de même que les conditions développées aux alentours des canalisations, liées à l'utilisation du sous-sol et de la superficie, ont contribué, au niveau national, au mauvais usage des équipements et finalement à leur détérioration. Bien sûr, l'effet des charges produites par ces deux types de conditions varie selon la solidité et les caractéristiques des ouvrages. Ainsi, les canalisations implantées avant 1860-1880 et entre 1950 et 1960, construites selon des standards de piètre qualité ( cf. § le contexte anglais avant et après la reforme de 1974, Chapitre III, Première Partie) ont souffert le plus des fréquentes surcharges, des conditions corrosives développées dans les collecteurs et des autres charges mécaniques exercées

sur les ouvrages. Ce fait a été aussi vérifié par les inspections récentes des réseaux (cf. Tableau 20). Par ailleurs, la réalisation '"après la guerre de mauvaises constructions^a constitué en Angleterre- un phénomène d'une ampleur considérable (cf. § le contexte anglais avant et après la reforme de 1974, Chapitre III, Première Partie), plusieurs installations ont été détériorées à cause des charges spécifiques, liées à des erreurs de conception. Entre autres : la corrosion indirecte des collecteurs due à la formation du gaz sulfureux ; l'éclatement des collecteurs en P.V.C, après quelques années de service (24) ; la détérioration des canalisations non étanches, en grès et en brique, à cause de l'effet des infiltrations (16).

Fiais plus généralement, tous les équipements de réseaux réalisés jusqu'en 1960 et même jusqu'à récemment, selon les principes établis au siècle dernier, ne possèdent pas les qualités requises pour le type d'usage qui a été développé dans le temps, suivant l'évolution de l'utilisation des réseaux et du mode d'occupation du sous-sol et de la surface environnante (cf. § l'usage des réseaux : l'absence de contrôle des usagers ). Ainsi, ils ont vieilli prématurément d'où un besoin d'entretien renforcé. On peut en particulier remarquer que la mauvaise influence des activités minières a été tellement importante qu'elle a été spécifiquement prise en compte par la réglementation (à Burusley, 200km de réseaux ont été endommagés à cause de ce type de charge) (24). De même, l'augmentation considérable des charges de tonnage depuis 1958 est aujourd'hui officiellement considérée comme une cause de la détérioration des réseaux (il a été constaté que 60% des canalisations effondrées se situent au-dessous des routes à grande circulation (15)).

b) L'entretien inadéquat des installations

Nous estimons que l'entretien des réseaux d'assainissement, suivi dans l'ensemble des districts en Angleterre, a été insuffisant pour pallier le vieillissement des ouvrages de même que l'effet des nouvelles formes de charges exercées sur les canalisations. En effet, une grande partie des réseaux ont été mis en place au siècle dernier et souvent dans des

conditions qui ne favorisent pas les bonnes constructions, d'où un besoin d'entretien renforcé et de renouvellement des installations. Or, jusqu'en 1973, comme nous 1'avons vu dans le paragraphe précédent, ni les capacités financières ni les capacités techniques du service, ni non plus le climat politique local et national qui détermine les priorités du secteur, n'ont permis l'adoption d'une telle attitude permettant d'éviter la détérioration des ouvrages. Au contraire, les cycles de remplacement des collecteurs ont été très longs et les installations existantes ont été laissés pratiquement à l'abandon en faveur des travaux d'extension, d'implantation des stations d'épuration, et d'autres services publics assurés au niveau des districts.

Quant à la période de 1973 à 1974, date après laquelle la réparation des réseaux d'assainissement est devenue le thème prioritaire du service, elle a été celle du transfert des responsabilités entre les autorités locales et régionales, caractérisée par un climat d'hostilité entre ces deux types d'agents, mais aussi par la préoccupation des responsables d'évaluer avec exactitude l'état de détérioration des réseaux (des investissements importants ont été faits dans le domaine d'inspection des canalisations, d'enregistrement et de classification de leurs caractéristiques). Elle constitue, ainsi, plutôt une période de recherches et de tâtonnements que d'action et d'intervention sur les réseaux.

## CONCLUSION

La dégradation des réseaux d'assainissement en Angleterre constitue aujourd'hui un problème d'une ampleur considérable et concerne proprement la détérioration de la structure matérielle des équipements. En effet, le système d'assainissement, tel qu'il était organisé jusqu'en 1974, s'est montré incapable d'assurer le conditionnement des ouvrages. En particulier, la gestion du service au niveau municipal, en concurrence avec d'autres services publics financés par le même budget, n'a favorisé ni le bon entretien des équipements ni le contrôle de leur utilisation et le respect à la réglementation. Cela d'autant plus qu'il n'y a pas eu

d'incitations financières ni de recommandations au niveau national visant cette direction. En effet, vis-à-vis des réseaux, le gouvernement central, soit adopte une attitude de tolérance, soit encourage les autorités locales à laisser à l'abandon leurs équipements existants (période après la guerre). Ce type de conditions, renforcées par le caractère vieux du service, n'a pas non plus favorisé le développement d'une réflexion autour de l'assainissement qui puisse permettre le renouvellement des principes techniques et la modernisation du secteur. Ainsi, face à cette situation, les réseaux d'assainissement, dont une grande partie a été implantée au siècle dernier, ont été détériorés sous l'effet du temps et l'exercice de multiples charges développées suivant l'évolution du mode d'utilisation des équipements, du mode d'occupation du sous-sol et de l'espace urbain.

## SECTION III : LE CAS DES ETATS-UNIS : L'AUGMENTATION DES EXIGENCES EN ASSAINISSEMENT : RESULTAT D'UNE POLITIQUE FEDERALE DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

### § 1. Identification de l'état des réseaux

#### 1. Les résultats des enquêtes municipales

Les seules données uniformisées concernant ce type de critère, que nous avons recueillies, se limitent aux résultats de l'étude de l'Urban Institute que nous avons exposés dans le chapitre précédent (Sections I et II). Il s'agit des enregistrements des cassures et des incidents d'engorgements des réseaux de collecte des eaux usées sur une trentaine de villes américaines.

Selon les résultats de cette enquête, les villes dont les réseaux comportent le plus grand nombre de ruptures sont en général les villes du Sud et de l'Ouest en expansion (cf. Tableau 13). En particulier pour l'année 1980, si on convertit ces données en km, on a une cassure tous les 2,42km à Houston, une cassure tous les 2,72km à Oakland et une cassure tous les 4,04km à Baltimore. Par ailleurs, selon les observations des responsables locaux en assainissement, la présence des ruptures dans les canalisations semble être moins déterminée par l'âge des installations que par les problèmes de pénétration des racines, des mouvements de terrain, des défauts de construction et de pose (lit de pose inadéquat, protection des canalisations insuffisante vis-à-vis des contraintes exercées sur leur structure par le poids du sol au-dessus du réseau ... ).

Par contre, les villes qui comptent les réseaux avec les plus fréquents incidents d'engorgements sont celles équipées de vieux réseaux unitaires (aux Etats-Unis, approximativement 17,79% de la population urbaine est desservie par un réseau unitaire). En particulier pour 1980, si on convertit les données du Tableau 15 en km, on a un engorgement tous les 0,381km à New-York, un engorgement tous les 0,385km à New-Orléans, un engorgement tous les 0,82Gkm à Baltimore. Le problème d'engorgement est

causé dans plusieurs villes par l'incapacité hydraulique des réseaux à évacuer tout le volume des effluents d'eaux usées et d'eaux pluviales (réseaux unitaires) ; situation due à une extension urbaine imprévue (soulignons que dans certaines communes, les canalisations des réseaux unitaires se mettent en charge même en période de temps sec (32)). Depuis 1972, il a été reconnu par les responsables que le problème de l'insuffisance hydraulique des réseaux est aussi directement lié à la présence des eaux parasites dans les canalisations (comme nous l'avons précisé dans le chapitre précédent, le volume des eaux d'infiltration et de captage représente 15% de la capacité hydraulique de tous les réseaux d'assainissement du pays).

Aussi, d'après les ingénieurs municipaux, le problème de la corrosion des ouvrages est considérable surtout dans les canalisations en ciment. Il semble que la corrosion indirecte, liée à la mauvaise conception des ouvrages et à la nature des effluents est un phénomène assez fréquent. Mais nous ne disposons pas d'informations concrètes concernant ce type de problème (par exemple, nombre d'incidents de défaillance des réseaux dus à la corrosion indirecte).

2. L'estimation des dépenses pour la mise en conformité des équipements avec les standards fédéraux

Les informations existantes, concernant ce type de critère, sont relatives aux évaluations des besoins au niveau national, réalisées tous les deux ans par le "U.S-Environmental Protection Agency" (*).

Pour l'année 1974, selon ces estimations, les capitaux nécessaires à la mise en conformité des équipements d'assainissement, avec les normes imposées par le "UJater Pollution Control Act", étaient de l'ordre de 342 milliards de dollars (EPA-Capital Needs Report of Congress, 1974). 235 milliards de dollars de ces capitaux étaient nécessaires pour le contrôle

* La première évaluation de 1973 a été basée sur des études déjà existantes. Celle de 197^ a été fondée sur des enquêtes des gouvernements des Etats et a été compilée par l'E.P.A. Après 1976, les études d'évaluation ont été réalisées par un conseil d'experts avec l'aide des bureaux régionaux de l'E.P.A. (33).

de la pollution ,due aux eaux pluviales, tandis que l'essentiel, du solde des capitaux était destinée à l'amélioration et au remplacement des installations existantes. Précisément : une dépense de 28,4 milliards de dollars était envisagée pour équiper les systèmes d'assainissement existants avec des procédés de traitement secondaire et tertiaire ; 12,5 milliards de dollars pour le remplacement et la réparation des réseaux dans le but d'éliminer les eaux parasites ; 31 ,1 milliards de dollars pour la correction du problème de débordements des réseaux unitaires ; et finalement 35,4 milliards de dollars pour l'implantation des réseaux neufs et des émissaires dans les nouveaux quartiers résidentiels (34).

Pour l'année 1978, les estimations des besoins nationaux s'élevaient à:

- 2,44 milliards de dollars pour l'élimination des eaux parasites ;
- 4,88 milliards de dollars pour la réhabilitation et le remplacement de vieux réseaux ;
- 19,02 milliards de dollars pour la construction des réseaux neufs ;
- 25,74 milliards de dollars pour la réalisation de nouveaux émissaires. C'est-à-dire, au total, 52,08 miliards de dollars (prix 1978).

Tous ces besoins dépassaient largement le montant du total des aides fédérales qui étaient autorisées les 8 dernières années dans le cadre du programme de l'EPA, destiné au contrôle de la pollution des ressources naturelles (25,6 milliards de dollars) (35). Une assistance supplémentaire était donc nécessaire pour que les gouvernements locaux puissent répondre aux obligations fédérales.

Pour l'année 1980, l'évaluation des besoins en équipements d'assainissement par ville (B2 villes), réalisée sous la direction de l'E.P.A, figure dans le Tableau 20. Enfin, la totalité des besoins en assainissement, estimés depuis 1972, figurent de façon analytique dans le Tableau 21 (33).

Tableau 20 : Evaluation des besoins en assainissement pour 1980 réalisée par l'E.P.A*.
(en milliers de dollards)

| Uille | Epuration | Amelioration des canalisations 2 | Nouvelles • canalisations ' |
|---|---|---|---|
| Albany | 4 099 | 0 | 0 |
| Anchorage | 111 792 | 23 926 | 18 280 |
| Arvada | 0 | 0 | 1 257 |
| Atlanta | 28 7D7 | 196 | 68 859 |
| Baltimore | 114 987 | 1 602 844 | 8.188 |
| Billings | 0 | 0 | 6 303 |
| Bloomington | 0 | 0 | 0 |
| Boston | 0 | 55 401 | 5 238 |
| Buffalo | 0 | D | 40 391 |
| Charlotte | 16 746 | 8 877 | 29 822 |
| Chicago | 863 522 | 58 856 | 87 646 |
| Cicero | 0 | 0 | 0 |
| Cincinnati | 273 317, | 248 | 132 '710 |
| Cleveland | 20 391 | 0 | 46 781 |
| Dallas | 50 471 | 5 837 | 202 331 |
| Denver | 20 796 | 108 109 | 36 686 |
| Détroit | 682 074 | 54 137 | 181 758 |
| Enid | 628 | 0 | D |
| Eugene | 91 450 | 6 109 | 29 105 |
| Everett | 19 450 | 0 | 46 176 |
| Garden Grove | O | 0 | 11 005 |
| Garland | 1 947 | 0 | 39 495 |
| Green Bay | 0 | 202 | 6 181 |
| Greenville | 12 952 | 4 871 | 38 527 |
| Hampton | 0 | 0 | 10 733 |
| Houston | 234 810 | 63 953 | 362 954 |
| Independence | D | 0 | 972 |
| Iowa City | 30 578 | 446 | 19 014. |
| Kansas City | 117 887 | 350' | 147 737 |
| Lexington | 72' 720 | 5 169 | 57 663 • |
| Lincoln | 16 113 | 0 | 14 663: |
| Louisville | 125 471 | 19 644 | 361 357 |
| Meriden | 0 | 0 | 5 595 |
| Miami Beach | 0 | 0 | |
| Milwaukee | 459 090 | 59 646 | *333 052* |
| Minneapolis | 0 | 6 000 | 0 |
| Newark | 478 139 | D | 96 9D9 |
| New Orléans | 14 701 | 2 210 | 14 138 |
| New York City | 1 064 226 | 1 317 469 | 0 |
| N. Little Rock | 591 | 0 | 30 034 |
| Oakland | 14 467 | 0 | 10 922 |
| Ogden | 3 480 | 7 556 | 1 25G |
| Parma | O | 0 | 0 |

Tableau 20 ::5ul±e (en milliers de dollards)

| Ville | Epuration[1] | Amélioration des canalisations[2] | Nouvelles canalisations^ |
|---|---|---|---|
| Philadelphia | 162 865 | 0 | 0 |
| Phoenix | 63 138 | 0 | 50 883 |
| Pittsburgh | 5 858 | . 0 | 3 820 |
| Pontiac | D | 0 | 67 491 |
| Portland | 23 766 | 127 | 222 074 |
| Rochester | 2 428 | 6 908 | 113 922 |
| St. Louis | 448 774 | *33* 255 | 232 423 |
| San Diego | 281 658 | 41 967 | 177 945 |
| San José | 57 164 | 0 | 218 578 |
| Scranton | 5 909 | 0 | 0 |
| Seattle | 216 534 | 139 545 | 110 945 |
| Shreveport | 15 618 | 0 | 33 374 |
| Sioux Falls | 41 234 | 849 | 2 540 |
| Tucson | 38 358 | 0 | 15 864 |
| Tulsa | 37 338 | 677 | 81 084 |
| Union City | D | 0 | 0 |
| Washington | 8 049 | 15 168 | 0 |
| Ulorcester | 2 277 | 0 | 10 460 |

; * : *Ce tableau ne comprend pas le contrôle des' déversoirs d'orage*

*1 : Cette rubrique comprend l'épuration secondaire et tertiaire des eaux usées*

*2 : Cette rubrique comprend l'élimination des eaux parasites et la réhabilitation des réseaux*

*3 : Cette rubrique comprend l'implantation de nouveaux collecteurs et de grands émissaires.*

Source : PEÎERSON E. (George), MILLER (Mary John), GODWIN (Steve) et SHAPIRO (Carol), Draft benchmark;? nf urhan capital condition , Washington D.C, Urban Institute.• February 1983, 77p.

Tableau 21 : Besoins en assainissement aux Etats Unis, estimés par l'E.P.A. pour les années 1973, 74, 76, 78,. 80 et 82

(en milliards de dollars, prix courant)

| Type de besoins | 1973 | 1974 | 1976 | 1978 | 1980 | 1982 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Traitement secondaire | 17 | 13 | 13 | 15 | 29 | 31 |
| Amélioration du traitement secondaire | 6 | 16 | 21 | 21 | 4 | 5 |
| Amélioration des stations d'épuration | | | | | 1 | 1 |
| Eaux parasites | 1 | 5 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| Infiltrations | | 7 | 6 | 5 | 6 | 5 |
| Nouveaux collecteurs | 14 | 18 | 17 | 19 | 18 | 21 |
| Nouveaux émissaires | 11 | 18 | 18 | 18 | 21 | 18 |
| Contrôle des déversements des réseaux unitaires | 13 | 31 | 18 | 26 | 37 | 36 |
| Sous-total | 60 | 108 | 96 | 106 | 120 | 118 |
| Réseaux séparatifs eaux pluviales | | 235 | 54 | 62 | 114 | 23 |
| TOTAL | 60 | 343 | 150 | 168 | 234 | 212 |

**Source : O'DAY (Kelly), NEUMANN (Lance), "Assessing Infrastructure Needs : the state of the art", in Perspective on Urban Infrastructures, Washington D.C., National Academy Press, 198[1]», pp. 67-101.**

### 3. Les effets des déficiences des réseaux : inondations, surcoûts d'exploitation

Les défauts des équipements d'assainissement aux Etats-Unis ont des conséquences les milieux urbains et ruraux : fréquentes inondations des sous-sols des immeubles, contamination des nappes phréatiques, mauvaise qualité des cours d'eau (36). Priais il n'existe pas de données sur les implications sociales de ces phénomènes. Apparemment, il y a une tolérance de la part de la population vis-à-vis des problèmes de débordements, tandis que les problèmes de pollution ne sont pas directement perçus par les usagers des équipements, étant donné que les effets de pollution touchent en général les zones situées à l'aval des réseaux. Nous précisons, par contre, qu'en ce qui concerne la sensibilisation des Américains en matière de problèmes de pollution, il existe aux Etats-Unis de très actives associations pour la protection de l'environnement qui exercent une influence considérable sur la définition des programmes d'assainissement aux niveaux fédéral, national et local (37).

I^ais en réalité le secteur de l'assainissement ne se caractérise pas par des événements catastrophiques, susceptibles de secouer l'opinion publique. En effet, selon nos informations il n'y a pas d'incidents d'effondrements dus à l'état détérioré des équipements. Les quelques cas de défaillance des réseaux rapportés concernent des accidents d'explosion provoqués par la décharge dans les égouts des rejets industriels (explosion des réseaux de la ville de Louisville en 1981 et de la ville de Chicago en 1971) (cf. Section I, Chapitre II, Deuxième Partie). Ces derniers types d'incidents ont provoqué des réactions auprès de la population et ont été sérieusement traités par la presse. Il faut aussi noter que ces accidents ont suscité des dommages considérables sur les propriétés publiques et privées des villes. Ainsi, à titre d'exemple nous présentons dans le Tableau 22 les estimations des coûts de réparations des dégâts, provoqués à Louisville (38). 5.200.000 dollars représentent vraiment une somme importante d'où une sensibilisattion des responsables, d'autant plus qu'un grand nombre de compagnies et de services publics a été touché par cet événement.

Tableau 22 : Evaluation des endommagements des propriétés publiques et privées, causés par l'explosion du réseau d'égout de la ville de Louisville aux Etats Unis

| Endommagements de la propriété publique (en dollards) | |
|---|---|
| district métropolitain d'assainissement | 16.CDD.000 |
| Réparation des routes des la ville | 2.<t00.000 |
| Compagnie de l'eau de Lousville | ^62.000 |
| Université de Louisville | *500.DDD* |
| Coûts totaux estimés | 18.362.000 |
| **Endommagements de la propriété privée (en dollards)** | |
| Pertes des compagnies : | |
| Chevron, American Standard et Celanese Corporation | i*03.000 |
| 39 petites entreprises | 1.700.000 |
| Kentuchy Lumber Company | 3.000.000 |
| Restaurant de Masterson | 100.000-250.000 |
| Coûts totaux estimés | 5.203.000-5.313.000 |

Source : Metropolitan Sewer District, Louisville Department of Public Works, Kentucky Lumber Company, Masterson's Restaurant and related newspaper coverage of the event.

En ce qui concerne les conséquences économiques des déficiences des réseaux, il existe actuellement aux Etats-Unis plusieurs calculs des coûts supplémentaires dus aux eaux parasites. Ainsi, les coûts correspondants au transport et au traitement de ces quantités excessives d'eau ont été estimés de l'ordre de 0,58 dollars par litre (prix 1975) (39). Il s'agit des augmentations des dépenses d'exploitation des équipements d'assainissement et des augmentations des investissements (besoin d'extension des installations de traitement) (cf. Section III, Chapitre II, Première Partie).

4. Bilan : l'écart entre les estimations des besoins au niveau local et au niveau de l'E.P.A.

Comme nous pouvons le constater, d'après la partie des données résultent des observations faites par les ingénieurs municipaux sur les équipements d'assainissement aux Etats-Unis (cf. Tableaux 13 et 15), l'état des réseaux de collecte des eaux usées varie selon les villes du pays. Ainsi, ce ne sont pas les villes ayant les réseaux avec le plus grand nombre de ruptures qui comptent aussi le plus grand nombre d'incidents de débordements et inversement (par exemple New-York qui se caractérise pour une fréquence élevée d'engorgements de ses égouts - un incident tous les 0,381 km durant l'année 1980 - ne comporte qu'une cassure tous les 44,69km pendant la même année). Fiais, nous pouvons esquisser, de façon générale, la situation des réseaux sur l'ensemble du pays, à partir des deux remarques suivantes.

D'une part, il existe un problème de détérioration de la structure matérielle des réseaux (la fréquence des cassures constitue une mesure de l'état de la structure des ouvrages) qui caractérise plusieurs villes, mais qui n'est pas critique, dans le sens où il n'y a pas d'incidents d'effondrement des canalisations. Nous signalons que la présence des ruptures peut ou non entraîner des risques pour la perte de l'intégrité structurelle des ouvrages, selon que les conditions environnantes sont ou non favorables. Etant donné que nous ne disposons pas d'autres informations pouvant nous permettre une caractérisation complète de la gravité de ces défectuosités (dimensions des cassures, nature des matériaux composants des tuyaux, types de contraintes exercées sur les installations ...) nous ne pouvons tirer des conclusions précises concernant la solidité des réseaux. En tout état de cause, cette situation ne touche pas les usagers des équipements ni les citadins en général pour lesquels elle passe inaperçue. Elle préoccupe uniquement les agents exploitants du service.

D'autre part, les événements de dysfonctionnement des réseaux, sous forme d'engorgements forment des éléments de la vie quotidienne du service dans un grand nombre de villes (la production d'un incident

d'engorgement tous les 0,385km à New Orléans et même tous les 0,896 à Chicago, sur une période d'un an, témoigne incontestablement de l'existence d'un problème). Fiais même si ces anomalies entraînent par nature des implications plus ou moins graves sur le milieu environnant, la mobilisation des habitants vis-à-vis de ce type d'incident s'avère faible. Le citoyen américain se montre plutôt inerte face aux problèmes concernant le dysfonctionnement des équipements d'assainissement (*) (au contraire, il réagit de manière très dynamique quand il s'agit de défendre ses intérêts fiscaux : cas d'impôts locaux (cf. § le financement du service, Chapitre III, Première Partie)). On pourrait donc supposer, dans une première phase, mais en gardant toujours en mémoire le fait que plusieurs villes sont actuellement confrontées à de graves problèmes financiers, que les débordements provoqués par les engorgements des réseaux sont d'une ampleur limitée.

Par contre, si on se réfère aux données comprenant les évaluations des besoins en équipements d'assainissement réalisées par l'E.P.A (cf. Tableaux 20 et 21), on remarque que le montant des besoins estimés en termes financiers, dans l'ensemble du pays, est énorme (uniquement les dépenses nécessaires pour la réhabilitation des égouts se montent à 12,50 milliards de dollars en 1974, 7,32 milliards de dollars en 1978 et 9 milliards de dollars en 1980). En fait, le bilan que l'on tire à partir de ces données n'est pas cohérent avec l'image que nous avons présentée plus haut sur l'état des réseaux. Nous pouvons néanmoins donner deux types d'explications de cette divergence.

Premièrement, les évaluations des besoins estimées par l'E.P.A sont soumises au Congrès dans le but de débloquer des fonds fédéraux pour le financement des programmes lancés par l'Environmental Protection Agency (EPA's Municipal Construction Grants Program). De ce fait, on peut supposer que le bilan proposé surestime plus ou moins la réalité, dans la logique que "plus on demande, plus on obtient".

* Les plaintes en matière de débordements des sous-sol sont peu nombreuses : "Les habitants ont vécu avec ce type d'anomalie depuis tellement longtemps qu'ils s'y attendent chaque fo qu'il pleut" Ct0).

Deuxièmement, l'évaluation de ces besoins est basée sur des standards nationaux, concernant la qualité de l'eau, établis par la législation : "Fédéral Water Pollution Control Act" de 1972 (P.L 92.500) et "Clean Water Act de 1977 (P.L 95.217). Donc, ces données ne s'accordent pas toujours avec les estimations des agents municipaux, basées sur les priorités locales en assainissement. Fait qui explique la divergence existante dans certaines villes entre les capitaux estimés nécessaires à la réparation des canalisations et le nombre de cassures détectées (par exemple, on estime les dépenses de renouvellement des réseaux de New-York à 1.317.4E9.000 dollars, tandis que le nombre de ruptures enregistrées est faible ; une rupture tous les 44,6km. Par contre, pour la ville de Houston, les valeurs correspondantes sont respectivement : 63.953.000 dollars et une fracture tous les 2,42km). Et cela parce que les travaux de renouvellement des réseaux comprennent souvent aussi des opérations visant à l'élimination des eaux parasites et à l'étanchéité des canalisations, donc des réparations des joints, des fissures et des branchements.

Les évaluations de besoins de l'E.P.A "n'ont en fait qu'une valeur relative en tant que données pour l'estimation de l'état des équipements. Elles n'expriment que les priorités établies par cet organisme fédéral, chargé de la protection de l'environnement (*). Elles se modifient donc dans le temps pour s'accorder aux finalités de la politique fédérale.

## § 2. Les facteurs déterminant l'état des réseaux

### 1. Les finalités associées aux réseaux

Comme nous l'avons précisé dans la première partie de cette étude (cf. § le contexte américain : l'action fédérale depuis 1972 aux Etats-Unis, Chapitre *I\I)* les équipements d'assainissement aux Etats-Unis se distinguent par deux grandes caractéristiques. Ce sont des ouvrages publics

* Les évaluations de besoins en étant basées sur les critères de performance adoptés par l'E.P.A., sont focalisées exclusivement sur les questions de pollution de l'environnement. Précisément, dans l'inventaire'de1980, les besoins en assainissement sont regroupés en 't thèmes : l'épuration des effluents ; la réhabilitation-réfection des réseaux pour l'élimination des eaux parasites ; les nouvelles constructions ; le contrôle des déversements des réseaux unitaires (contrôle de la pollution due aux déversoirs d'orage, contrôle des débordements).

qui sont gérés au niv/eau local ou au niweau régional dans certains cas des stations d'épuration et des émissaires intercommunaux. Par ailleurs, ils s'intègrent dans les programmes de la politique fédérale. Nous admettons alors que les objectifs en assainissement sont définis dans la réalité américaine par cette double caractéristique du secteur, ou autrement dit par l'interférence des rapports déweloppés entre les acteurs du système, attachés aux contextes local et national/fédéral. Dans une tentatiwe de saisir le rôle et la portée des réseaux d'égouts dans les milieux urbains nous allons, par la suite, examiner les éléments de l'organisation du système d'assainissement américain, de caractère local et fédéral, qui interwiennent dans la définition des finalités du service.

a) L'assainissement, un serwice peu prioritaire à l'échelle locale

On peut dire que les programmes d'assainissement aux Etats-Unis sont déterminés par deux types de conditions, liées à l'organisation locale du serv/ice.

D'une part, l'assainissement est sous la responsabilité des gouwernements locaux. En particulier, les trawaux concernant les équipements de collecte et d'épuration des eaux usées s'inscriwent dans les programmes des willes et les coûts correspondants sont couwerts par les ressources financières de ces organismes publics (cf. Chapitre IV, Première Partie).

D'autre part, il n'existe pas de standards officiels uniformes pour l'implantation des installations nouwelles ni pour l'entretien des équipements existants (cf. § l'entretien des équipements, Chapitre IV, Première Partie).

Dans ce cadre, les finalités associées aux réseaux d'assainissement, gérés par les municipalités en tant qu'équipements urbains liés à un serwice public, sont définies par rapport aux spécificités techniques locales, aux priorités politiques des communes et aux ressources disponibles. Elles doiwent aussi respecter la réglementation nationale et fédérale. _Quant aux serwices gérés au niweau des districts, leurs finalités

sont déterminées par des principes techniques et suivent généralement les objectifs des programmes nationaux en assainissement. En effet, les districts spéciaux qui sont des unités autonomes et à un certain niveau autofinancées, suivent des démarches moins influencées par les enjeux locaux.

Comme nous l'avons déjà vu (cf. Chapitre IV, Première Partie), l'intervention des districts est encore limitée à la gestion des stations d'épuration et des collecteurs intercommunaux. La plupart des réseaux des centres urbains en étant donc sous la charge des municipalités, nous distinguons deux dimensions de caractère local qui touchent le service d'assainissement dans l'ensemble du pays : le rôle de la politique, et l'importance des contraintes financières dans le secteur.

Le rôle de la politique : dans l'organisation municipale, l'assainissement constitue une fonction des municipalités parmi d'autres, assurée parellèlement à l'approvisionnement en eau potable, à la voirie, à la police ...; l'ensemble de ces services étant alimenté par le même budget. Par ailleurs, le pouvoir de décision pour la réalisation des travaux est, selon les architectures organisationnelles, soit concentré au niveau du maire, soit détenu par le conseil municipal, soit partagé entre les deux (cf. Chapitre IV, Première -Partie). La prise des décisions est donc forcément influencée par l'enjeu électoral (*). Dans ces conditions, l'assainissement, en tant que service qui ne concerne qu'indirectement les habitants et dont les implications de dysfonctionnement ne s'extériorisent dans le milieu urbain que dans le cas de graves défectuosités, n'est pas favorisé par rapport à d'autres services plus visibles par les électeurs. Cette tendance varie bien sûr selon les villes, suivant les spécificités des services correspondants (existence ou non d'un "city-manager", dynamisme et qualification du personnel, etc).

* IL est officellement soutenu dans la presse scientifique que le rôle des ingénieurs qui travaillent pour les municipalités doit être concentré sur l'assurance du service et la proposition des projets, dans l'optique de minimiser les plaintes des citadins C»1)*

Les contraintes financières des municipalités : un grand nombre de villes américaines se trouve aujourd'hui face à des problèmes financiers importants que l'on peut regrouper sous trois volets : le déclin des vieilles villes du Nord-Est qui amène à la crise fiscale des municipalités (phénomène accentué surtout après 1960) ; la diminution des impôts immobiliers dans certains Etats (en Californie en 1978, à Massachusset en 1980) provoquée par la révolte des contribuables ; la diminution des emprunts à long terme, due à l'augmentation des taux d'intérêts en 1974 et en 1980, et aux contraintes imposées par les habitants pour l'engagement financier des villes (désapprobation des General Obligation Bonds) (cf. Chapitre I\J, Première Partie).

Nous voyons alors qu'au niveau local, le secteur de l'assainissement peut très difficilement constituer un point prioritaire dans les programmes municipaux, tant qu'il ne s'agit pas des cas d'incidents d'urgence ou d'implantation de nouveaux réseaux (donc, de l'installation de nouveaux quartiers) ; c'est-à-dire des cas qui sensibilisent les habitants ou autrement les électeurs.

b) La lutte contre la pollution, une finalité dominante après l'intervention fédérale de 1972

Comme nous l'avons déjà vu, depuis 1972, le secteur de l'assainissement est influencé au niveau fédéral par les implications du "Fédéral Ulater Pollution Control Act" qui se concrétisent en particulier par quatre types de mesures :

- l'imposition de normes officielles de pollution que les collectivités locales doivent respecter dans une période limite déterminée (*) ;

* Nous soulignons que les conséquences de la nouvelle réglementation ont été considérables. Ainsi, dans plusieurs villes, les Etats onît imposé des moratoires limitant temporairement l'attribution du permis de construire et des branchements aux réseaux d'égouts. Selon une enquête réalisée par le "National Association of Home Bulders", les moratoires ont touché des communes dans 80% des Etats et plus largement ceux du Nord-Est et du Centre-Nord. Précisément, le nombre des moratoires a augmenté de 60% entre 1976 et 1979, étant donné le • manque de capacité des installations d'épuration Ct2).

- l'allocation des aides considérables aux gouvernements locaux pour qu'ils puissent se conformer à la nouvelle réglementation (les capitaux autorisés en 1972, pour une période de 5 ans, ont été renouvelés en 1977 par le "Clean Water Act") ;
- l'élaboration par le "United States-Environmental Protection Agency" des inventaires des besoins existants au niveau national ;
- le lancement des recherches de la part de l'E.P.A, focalisées sur les différents problèmes en assainissement (pour le problème des eaux parasites, l'E.P.A proposait des directives pour l'analyse et l'évaluation du problème ; de même, pour le problème de traitement des effluents et des projets de réhabilitation des réseaux).

Grâce à tous ces moyens, l'Etat Fédéral intervient de façon déterminante dans la définition des programmes locaux en assainissement. En effet, à l'aide du double système -imposition des obligations aux municipalités avec allocation parallèle des subventions- l'E.P.A a réussi, durant les années 70, à canaliser les programmes locaux concernant la collecte et l'épuration des eaux usées vers les axes prioritaires de sa politique, qui favorisent surtout les questions de protection de l'environnement. Ainsi, plusieurs municipalités ont développé leurs programmes, séduites plus par l'opportunité des aides fédérales (26 milliards de dollars en 10 ans) que par les besoins réels de leurs services. D'autant plus que les ressources traditionnelles municipales diminuent constamment pendant cette période. On peut alors dire que les finalités du système d'assainissement, dans l'ensemble des villes du pays, s'accordent depuis 1972 avec les directives de la politique lancée par cet organisme fédéral. Ce dernier étant chargé de la préservation du milieu naturel, les finalités associées au réseau d'égouts consolident, depuis, son image dans le domaine de la lutte contre la pollution.

### 2. Les conditions d'entretien des réseaux d'assainissement

#### a) Des cycles de renouvellement très long des équipements

Aujourd'hui, les responsables américains estiment que les cycles de remplacement et de réparation des réseaux d'assainissement sont très

longs. En effet, dans plusieurs villes, les cycles de remplacement des canalisations dépassent largement la durée de vie de 100 ans, qui est considérée comme normale pour les systèmes de collecte des eaux usées. En particulier, selon une étude réalisée par le Urban Institute en 1978, le cycle de remplacement des réseaux d'égouts à New-York est de l'ordre de 360 ans et à Cincinnati de l'ordre de 285 ans (nous signalons que les réseaux d'égouts de Cincinnati sont considérés comme étant en très bon état) (35).

Ainsi, l'effet du vieillissement des installations n'étant que très partiellement compensé, une grande partie des équipements urbains d'assainissement sont constitués par des canalisations très vieilles. Plusieurs centres de villes américaines sont en effet encore aujourd'hui équipés des réseaux implantés au siècle dernier, selon les normes de construction de l'époque (par exemple à Boston, l'évacuation des eaux sales est assurée par des canalisations en bois) (42).

Cette situation qui caractérise en général ;:toutes les vieilles villes du pays -Chicago, San Francisco, Los Angeles, Saint-Louis- reflète, en fait, une tendance des gouvernements locaux, vis-à-vis des réseaux d'assainissement a laisser à l'abandon les équipements existants, ou autrement dit à utiliser au maximum leur capacité. Cette tendance a pu se développer entre autres à cause de la méconnaissance du phénomène du vieillissement des installations. Il y a en effet aujourd'hui un manque d'expérience sur la durée de vie de certains types d'infrastructures, dont l'assainissement, et il n'existe pas de normes fixes pour leur remplacement (A3).

b) Les capacités d'entretien du service

Comme nous l'avons présenté dans la Première Partie, Chapitre IV, de cette étude, l'entretien des équipements d'assainissement aux Etats-Unis varie considérablement d'une ville à l'autre. Les normes nationales ne concernant pas la maintenance des installations, nous allons étudier par

la suite les éléments du système d'assainissement qui délimitent l'entretien des réseaux, c'est-à-dire les capacités techniques et financières des services exploitants.

1 ) Les capacités techniques variant selon le type d'organisation des services

Comme nous l'avons dajà vu, les services chargés de l'exploitation des résaux d'assainissement aux Etats-Unis sont soit intégrés dans l'organisation municipale, soit rattachés à des autorités autonomes (districts, commissions). Dans le premier cas, l'entretien des équipements peut être assuré par le même personnel que la voirie (cas des petites villes) ou encore par une subdivision du service chargé des travaux publics, spéciale pour l'assainissement. Souvent, cette subdivision est aussi chargée de la distribution de l'eau potable. Dans le deuxième cas, le service technique se préoccupe exclusivement des équipements qui se trouvent sous la responsabilité des districts. Etant donné que les districts spéciaux sont, en général, chargés des fonctions spécifiques (souvent l'assainissement et l'approvisionnement en eau potable sont assurés par une même autorité), nous admettons que ce dernier type d'établissement dispose d'une capacité technique et d'une expertise scientifique supérieure à celle des institutions municipales.

Mais nous rappelons qu'aujourd'hui un nombre de plus en plus important de gouvernements locaux (des municipalités mais aussi des districts) confie l'entretien de ses équipements d'assainissement à des sociétés privées spécialisées. Il s'agit d'un mouvement qui témoigne (cf. § l'entretien des équipements, Chapitre IV, Première Partie) de l'incapacité technique des services à répondre aux exigences actuelles, trop élevées, des performances des installations, mais qui embrouille, en fait, le classement des capacités des services selon l'organisation institutionnelle de ces derniers.

2) Les difficultés financières des services municipaux-

Il faut encore faire ici la distinction entre les services municipaux et les districts. Dans les premiers, les capitaux nécessaires pour le recouvrement des coûts d'entretien résultent des taxes immobilières, et dans une moindre mesure, des redevances sur des services rendus, des emprunts et des émissions d'obligations pour les grandes opérations de maintenance. Dans les deuxièmes, par contre, les principales sources de revenu constituent les redevances pour des services et les emprunts gagés sur des ressources affectées (Revenu Bonds). Ainsi, tandis que les services des districts jouissent d'une autonomie, voire d'un équilibre financier, grâce à leur type de ressources (*), les services municipaux se trouvent depuis la fin des années 60 face à des problèmes considérables de budgets, dont la tendance est à la baisse (cf. § le financement du service, Chapitre IV, Première Partie). Situation qui est davantage accentuée dans les villes en détresse.

Un autre élément, qui influence aussi considérablement la capacité financière des services, est constitué par les subventions de l'E.P.A, allouées aux gouvernements locaux (municipalités et districts) pour la réalisation des travaux d'assainissement. Mais nous rappelons que les travaux éligibles pour les subventions fédérales ne comprennent pas les opérations d'entretien des équipements, ni de maintenance, en règle générale. Ce n'est que seulement en 1977, avec le "Clean Water Act", que les travaux de réparation et de réhabilitation font l'objet des aides fédérales dans certaines conditions (cf. Chapitre IV, Première Partie).

3. L'usage des réseaux ; le contrôle des industriels après 1972

Les seules réflexions que nous pouvons faire sur le mode d'usage des réseaux aux Etats-Unis à un niveau général, étant donné qu'il n'existe pas de particularités topograhiques géologiques d'une envergure nationale,

* Cela est dû entre autres au fait que les Revenu Bonds (R.B.) ne sont pas soumis au référendum comme le sont les General Obligation Bonds (G.O.B.) qui constituent le moyen traditionnel de financement des équipements urbains.

concernent le mode d'utilisation des réseaux que nous avons développé dans la première partie. Ainsi nous remarquons que, jusqu'en 1972 -, il n'existe pas de restrictions sur le mode d'utilisation des équipements d'assainissement ni sur la nature des effluents déversés dans les réseaux. Ce n'est, en fait, qu'avec le Water Pollution Control Act que le rôle nuisible de certaines substances, et surtout des rejets industriels, a été reconnu aux Etats-Unis. Depuis lors, le prétraitement des rejets industriels a été généralisé et la décharge dans les canalisations collectives des substances susceptibles d'endommager les ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées a été, pour la première fois, mise sous le contrôle des services municipaux.

## § 3. Le processus de la dégradation

### 1. La non conformité des réseaux avec les normes fédérales

Comme nous l'avons précisé dans le paragraphe précédent, les finalités associées aux réseaux d'assainissement aux Etats-Unis sont considérablement influencées, ou même déterminées, par les directives politiques de l'E.P.A qui visent exclusivement les questions de pollution de l'environnement. Donc, l'état de dégradation des équipements étant défini comme l'écart entre les objectifs liés aux réseaux, tels qu'ils sont fixés par le système d'assainissement et la performance fonctionnelle des équipements, nous considérons que, pour l'ensemble des villes américaines, il est représenté de façon plus ou moins approximative par les valeurs figurées dans le Tableau 18, concernant les estimations des besoins, réalisées par l'E.P.A. Autrement, nous admettons que les réseaux d'assainissement, dans un nombre important de villes (cf. Tableau 17), se trouvent en état de dégradation puisqu'ils ne réussissent pas à atteindre les objectifs qui les délimitent.

En particulier, pour les réseaux de collecte, la dégradation se concrétise par la non-étanchéité des canalisations (donc, par l'intrusion des eaux parasites) et spécifiquement pour les réseaux unitaires par le rôle nuisible des déversoirs d'orage. Bien sûr, cette image, qui caracté-

rise en général l'ensemble du pays, peut varier selon les conditions particulières et les priorités politiques de chaque unité urbaine, en portant aussi sur d'autres aspects de l'affaiblissement de la performance des réseaux (par exemple le problème des débordements).

2. Les causes de la dégradation

L'état de dégradation qui caractérise les réseaux d'assainissement aux Etats-Unis peut être lié à trois types de conditions : l'évolution des finalités du système d'assainissement depuis 1972 ; l'entretien inadéquat des équipements ; et leur mauvaise utilisation.

a) L'augmentation des exigences en assainissement

L'imposition du décret du "Fédéral Clean Water Act", en 1972, a entraîné un changement très important dans le domaine du contrôle de la pollution, en accentuant les questions du fonctionnement des stations d'épuration et des conséquences des déversements des eaux sales dans les ressources naturelles (*). En particulier, cette nouvelle loi a suscité l'augmentation des exigences pour la qualité de l'environnement et introduit de nouveaux critères de performance en assainissement. Il s'agit d'une évolution des objectifs associés aux équipements d'assainissement, qui a conduit à la dégradation des ouvrages. En effet, toutes les installations non conformes à la nouvelle réglementation ont été automatiquement considérées comme dégradées.

Concrètement, ce mouvement se manifeste de la façon suivante. En renforçant les normes pour le rendement optimum des stations d'épuration, la présence des eaux parasites, nuisible pour l'efficacité des installations de traitement, a été identifiée à un indice d'affaiblissement de la

* Les amendements du Fédéral Water Pollution Control Act de 1972 ont été imposés par le veto du président Nixon qui avait centré sa campagne électorale, entre autres, sur la question de la préservation de l'environnement. Leur imposition a rencontré plusieurs réactions de la part des responsables des équipements et des discussions controversées à propos de leur mode d'application ont duré pendant 5 ans (M). Nous signalons toutefois que l'opinion publique à l'égard de la santé publique et de la préservation de la nature dans le souci d'utiliser les rivières pour des activités de loisirs, a fortement soutenu l'établissement de la nouvelle réglementation Ct5). D'ailleurs, la distribution des subventions considérables, qui a suivi cette nouvelle loi, a séduit en général les gouvernements locaux Ct6).

performance des ouvrages. De même, en augmentant les normes de pollution concernant les ressources naturelles, l'utilisation des déversoirs d'orage pour éviter les débordements dans les réseaux unitaires a été envisagée comme une solution indésirable qui affaibli la performance fonctionnelle du réseau.

b) L'utilisation non appropriée des équipements

Nous ne disposons pas de données solides pour développer suffisamment le chapitre de l'utilisation des équipements et du rôle de cet élément dans la dégradation des réseaux. Nous nous limitons donc à des hypothèses basées sur des données générales du contexte de la réalité américaine. Ainsi, nous considérons que l'absence de restrictions, concernant la nature des eaux rejetées dans les collecteurs jusqu'en 1972, a facilité la mauvaise utilisation des réseaux d'égouts de la part des particuliers et des industriels. D'ailleurs, nous pouvons supposer que le mode d'organisation des services municipaux, pour les mêmes raisons qu'il ne privilégie pas les opérations d'entretien, ne permet non plus le contrôle efficace des usagers.

D'autre part, étant donné que les vieilles villes américaines du Nord-Est se trouvent en état de déclin et de détresse, on peut émettre l'hypothèse que leurs équipements d'assainissement sont plus ou moins mal utilisés (le cadre bâti en étant en mauvais état, les possibilités de trouver des objets hétéroclites dans les réseaux d'égouts augmentent). De même, pour des raisons de pauvreté le niveau d'entretien des équipements d'hygiène, dans les logements, risque d'être faible, fait qui favorise les perturbations au niveau des branchements.

D'ailleurs, plusieurs nouvelles implantations de réseaux étant réalisées durant les années 70 très rapidement, dans un climat d'extension rapide des banlieues urbaines, nous pouvons supposer que ces projets n'ont pas été accompagnés par des études poussées de la question du ruissellement et de la capacité hydraulique supplémentaire des installations

existantes. Hypothèse consolidée par le nombre important de débordements, des réseaux unitaires qui se situent dans les centres des vieilles villes.

c) L'entretien inadéquat des installations

On peut dire que le type d'entretien, suivi par les services d'assainissement aux Etats-Unis, a été en général insuffisant pour que les équipements maintiennent le niveau de performance exigé depuis 1972, mais insuffisant aussi pour le simple conditionnement des ouvrages. En effet, même si le niveau d'entretien des réseaux varie parmi les villes du pays, selon les capacités financières et l'organisation de leurs services exploitants, la réalité autour des fonctions de nettoyage, réparation/remplacement des équipements a été délimitée au niveau national par deux types de conditions, concernant respectivement l'organisation institutionnelle municipale et l'intervention fédérale, qui ont favorisé l'abandon des installations.

L'organisation institutionnelle municipale aux Etats-Unis permet en particulier :

- la définition des programmes des gouvernements locaux selon les critères de la recherche du bénéfice politique ;
- … l'intervention des citoyens dans la prise des décisions pour les engagements financiers des municipalités (approbation par le corps électoral municipal des General Obligation Bonds).

Il s'agit de conditions qui incitent les maires et les conseils municipaux à privilégier les opérations visibles par les habitants appartenant à leurs circonscriptions électorales, c'est-à-dire selon les différents modes de scrutin, toute la population de la ville ou les habitants de certains cantons. De même, elles permettent au corps électoral de la ville de priver la municipalité des fonds nécessaires à la réalisation des travaux, tant qu'il juge que les projets proposés pour être financés par des obligations ne sont pas utiles (en fait, les électeurs "achètent" les services qu'ils désirent).

Dans ces conditions, l'entretien et le renouvellement des équipements ont été différés au profit de travaux neufs qui sont en général souhaités par un grand nombre d'habitants/acteurs (promoteurs immobiliers, entrepreneurs fournisseurs, commerçants . . . ) . L'existence de ces conditions explique d'ailleurs pourquoi même si les débordements des égouts représentent un problème quotidien dans plusieurs villes n'ont pas provoqué des réactions puissantes de la part des usagers ni des responsables. En effet, les débordements sont : d'une part, ressentis uniquement par les habitants de certains quartiers, donc d'influence politique restreinte ; d'autre part, ils nécessitent des solutions avec interventions sur l'ensemble du réseau et, par conséquent, très chères (44). Or, il est très difficile que la ville vote en faveur d'un engagement financier dont seuls quelques quartiers peuvent profiter.

Cette situation caractérise les villes de toutes sortes et d'une grande variété dans les formes de gouvernements municipaux (les "city managers" semblent être autant influencés par les déclarations des besoins exprimés par les citoyens que les maires élus). Par contre, précisons que les districts spéciaux sont soustraits de ce schéma institutionnel qui esquisse le contexte municipal. Leurs programmes sont, en fait, beaucoup moins influencés par les enjeux politiques (les districts peuvent augmenter les taux de redevances sur service jusqu'à ce qu'il est nécessaire pour équilibrer leurs budgets, tandis que les gouvernements municipaux, pour des raisons politiques, évitent la prise de telle sorte de mesures - cas par exemple de la ville de Boston- (47)). De même, leurs sources de revenu ne comprennent pas les émissions d'obligations qui sont soumises au référendum.

Depuis le début des années 70, le climat d'austérité financière, généralisé dans un grand nombre de villes, a considérablement accentué les implications de ce mode de financement, en renforçant la tendance de

différer l'entretien des installations. En effet, les gouvernements municipaux, en essayant de pallier les conséquences de la réduction de leurs budgets, ont diminué les dépenses consacrées à l'entretien des équipements urbains, donc aussi des réseaux d'assainissement (*). Fait qui reflète aussi sur le Tableau 9 concernant le taux de nettoyage des réseaux des trente villes pour les années 1978, 1979 et 1980.

L'intervention fédérale. L'E.P.A, par l'allocation aux gouvernements locaux d'aides très importantes, destinées exclusivement à la réalisation des nouveaux équipements, a contribué à la laisse à l'abandon des installations déjà existantes. "Pourquoi entretenir puisqu'on peut remplacer en supportant seulement *25%* du coût total d'investissement ?" (48) En particulier, selon une étude récente, l'intervention fédérale dans le domaine de l'assainissement a entraîné une diminution des dépenses au niveau des Etats et des gouvernements locaux de l'ordre de 22 milliards de dollars (prix 1978) (43). De plus, le Clean Mater Act de 1972, en imposant des périodes limites pour la mise en conformité des installations avec la nouvelle réglementation, qui a brusquement renforcé les normes de pollution, a obligé les exploitants des équipements d'assainissement à consacrer une partie notable de leurs ressources financières à l'amélioration des installations concernées, donc surtout les stations d'épuration, en dépens de l'entretien et la maintenance des réseaux de collecte.

## CONCLUSION

Il existe un problème de dégradation des réseaux d'assainissement aux Etats-Unis, qui caractérise en général l'ensemble des villes du pays. En effet, le système d'assainissement américain s'est avéré impuissant à préserver les conditions d'une bonne performance des équipements. La principale cause de cette situation est l'incohérence entre les deux types de mécanismes, celui qui délimite les finalités associées aux réseaux et

Les travaux d'entretien sont toujours les premiers types d'opérations a être influences par les restrictions financières. Les responsables ont tendance a différer les interventions^ d'entretien pour les raisons suivantes : les conséquences de cette attitude ne sont pas immédiates ; on ne dispose pas encore de moyens pour mesurer ou estimer avec précision les implications de cette attitude sur l'état des ouvrages (33).

celui qui détermine le conditionnement des équipements, ou autrement dit les fonctions d'entretien-contrôle et d'utilisation des installations. L'établissement des objectifs des réseaux a été fortement marqué par 1'intervention fédérale qui se préoccupait de l'intérêt national pour la protection de l'environnement sans tenir compte des réalités locales (besoins et capacités des services locaux). L'entretien et l'utilisation des équipements étaient, par contre, déterminés par des conditions liées à l'organisation municipale, qui favorisaient le développement des tendances conduisant à la détérioration des installations (entretien inadéquat, mauvaise utilisation). Ces conditions, qui permettaient difficilement la prise de mesures contre les mouvements de détérioration déclenchés, ont été encore plus renforcées par l'intervention fédérale dans le secteur. L'état de dégradation varie bien sûr parmi les villes, selon les caractéristiques du système spécifique d'assainissement correspondant (nature des ressources financières du service, forme d'organisation du service-municipalité, district . . . ) .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA DEUXIEME PARTIE - CHAPITRE III

1 - Propos recueillis auprès de Monsieur VANDENBOCH, Ingénieur du service d'assainissement du Syndicat Intercommunal de l'Orge, lors d'une interview réalisée le 19-11-1985 à l'Orge.

2 - TISSIER (Maryvonne), "L'assainissement en France : bilan et critique" in Science et Techniques, n° 95, Juin-Juillet 1983, pp. 22-23.

3 - AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Amélioration de l'état et du fonctionnement des réseaux - Problèmes des eaux parasites, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Juin 1984, 34 p.

4 - MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, L'assainissement des collectivités locales (Actualités - Environnement), Ministère de l'Environnement, 9 Juin 1982, n° 18, 4 p.

5 - LANCELOT (Brigitte), La gestion automatisée des réseaux d'assainissement. Analyse d'n processus d'innovation technique, Paris, CERTES-ENPC, Mars 1985, 236 p. (Thèse de 3ème cycle en Sciences et Techniques de l'Environnement, Université Paris Val-de-Marne, ENPC).

6 - AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, "Les réseaux d'assainissement et la pollution du milieu naturel", in Les dossiers de l'Agence, 1983, pp. 12-15.

7 - Témoignage de Madame Corinne PICHOU, chargée d'études à l'AFB-SN, Octobre 1986.

8 - Propos recueillis auprès de M. MARCHAND, Directeur de la Division des Etudes de Réseaux Urbains, DRE Ile-de-France, lors d'une interview réalisée à Paris le 26-10-1983.

9 - COHEN J . , GRUSSON C, Tarification des services publics locaux, Paris, La Documentation Française, Février 1983, 147 p.

10 - BOURGOGNE, Intervention à la journée-débat du 10 Janvier 1984, L'assainissement et la ville, organisée par Pont-à-Mousson S.A. à Champs-sur-Marne.

11 - CENTRE D'OBSERVATIONS ET D'ETUDES URBAINES ET REGIONALES, INSTITUT D'URBANISME DE PARIS, Technique et ségrégation urbaine ; le cas des V.R.D, Université Paris Val-de-Marne, Novembre 1976, 95 p.

12 - MARCHAND (Alain), Intervention aux journées de formation continue de l'ENPC du 23-25 Avril 1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1985.

13 - Propos recueillis auprès de M. BIENVENUE directeur adjoint du STU, lors d'une interview réalisée le 2-11-1983 à Paris.

14 - GERVAIS (Bureau Central d'Etudes Outre-Mer-France), Intervention à la première rencontre internationale du 16-18 Avril 1985, Eau - Facteur de développement, Montpellier, District de Montpellier.

15 - CULLEN N., "The semer dereliction problem-evidence from collapse studies", in Restoration of seuierage Systems, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p. (Proceeding of an International Conférence organized by the Institution of Civil Engineers, held in London on 22-24 June 1981).

16 - LOFTHOUSE (P.), "Assessment of the scale and nature of the problems", in Sumposium on underground Assets, London, Institution of Uater Engineers ans Scientists, Décember 1983.

17 - EDWARDS G., "The renewal of urban water and seuerage Systems", in Planning and Civil Engineer. London, Thomas Telford Ltd, 1982, pp. 39-45.

18 - RUSHBROOKE J.N., "Underground dereliction in the North Wrot", in J. I. 111. E. 5. 5., 35, n° 4, 1981, pp. 310-328.

19 - KEY (Tony) et MEEGAN (Richard), Urban Infrastructure in the U.K - Preliminary review, London, C.E.S, September 1983, 143 p.

20 - ANDREWS (Wendy), "Sewers - Replace or renovation", in Tunnels and Tunneling, March 1982, pp. 45.

21 - HIBBERT H., "Assessing the overal performance of sewer systems", in Sumposium on deterioration of underground Assets, London, Institution of Water Engineers and Scientists, December 1983.

22 - PROBERT A.L., HOLMES J.E.V., FLEMONS K.J., "Petersham Road, Richmond, sewer failure", in Restoration of sewerage systems, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p. (Proceedings of an International Conference organized by the Institution of Civil Engineers, held in London on 22-24 June 1981 .

23 - AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Seine Tamise, Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, 1983, 35 p.

24 - PEARCE (Fred), Watershed - The Water Crisis in Britain , London, Junction Books (Society, Technologie and Sciences), 1982, 198 p.

25 - WATER RESEARCH CENTER, WATER AUTHORITIES ASSOCIATION, Sewerage Rehabilitation Manual, Swindon, Water Research Center, 3 Vol. 1983.

26 - STANDING TECHNICAL COMMITTEE ON SEWERS AND WATER MAINS, Sewers and water main records, Department of the Environment, National Water Council, London, June 1980, 103 p.

27 - COX C. (Graham), "Underground heritage ; a study of dereliction of sewers and water mains", in Chartered Municipal Engineer, Vol 108, October 1981, pp. 225-239.

28 - CHALIN (Claude), L'urbanisme en Grande-Bretagne, Paris, Arma.nd Colin, 1972, 208 p.

29 - MEEGAN A.R., Case study ; mater and seueraqe facilities in the U.K. London, CE.S, April 1984, 53 p.

30 - EAST L.E. et PAYNE N.L., Problems of seuerage, Sussex, The Institution of Municipal Engineers, 10 June 1976, 4 p. (paper n° 6, third technical session).

31 - DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, 3 Underground Services in the Inner City, London, Department of the Environment, November 1979, 93 p. (Inner Cities Research Programme).

32 - PETERSON E. (George), MILLER (Mary John), G00WIN (Steve) et SHAPIRO (Carol), Draft benchmarks of urban capital condition, Washington D.C, Urban Institute, February 1983, 77 p.

33 - O'DAY (Kelly), NEUMANN (Lance), "Assessing Infrastructure Needs : The state of the Art", in Perspectives on Urban Infrastructures, Washington D.C, National Academy Press, 1984, pp. 67-101.

34 - PETERSON E. (George), Capital Spending and Capital Obsolescence ; the outlock for cities, Washington D.C, Urban Institute, 6 April, 1978, 45 p.

35 - SULLIVAN H.R., FOSTER F.W., "Status of sanitary and combined Systems in U.S.A", in Restoration of sanitary and combined Systems, London, Thomas Telford Ltd, pp. 45-53.

36 - MINS C. (Lamber), "The problems uith our infrastructure", in Urban Resources, University of Cincinnati, Vol. 1, n° 2, 1983, pp. 3-4.

37 - Propos recueillis auprès de Madame Stéphanie PINIETL , chercheur à U.C.L.A, le 15-01-1986 à Noisy-le-Grand.

38 - BAMBERGER (Rita), The economic costs of infrastructure deterioration, Washington D.C, Urban Institute, October 1983, 84 p.

39 - "Lateral Sealing System Helps Control I/I", in Public Works, November 1984 , pp. 58-61.

40 - "Experts Discuss Private Sector Infiltration/Inflow", in Water Engineering and Management. September 1983, pp. 32-42.

41 - GOETSCH A. (Herbert), "A talent for consensus - a tolerance for ambiguity", in A.P.W.A Reporter, September 1980, pp. 20-21.

42 - DROUET (Dominigue), "Les filières technigues urbaines aux Etats-Unis: Diagnostic", in Les Annales de la Recherche Urbaine, Dunon, n° 13, 1981 , pp. 105-139.

43 - SANDER T. (Heyuiood), "Politics and Urban Facilities", in Perspectives on Urban Infrastructure, Washington D.C, National Academy Press, 1984, pp. 143-177.

44 - BAGLEY H. (Harry), "A critical appraisal of proposed changes to the 1972 Water Pollution Control Act", in Civil Engineering, A.S.C.E, November 1977, pp. 66-69.

45 - DUPUY (Gabriel), TARR (Joël), "Seuier and Cities : France and United States Compared", in Journal of the Environmental Engineering Division, A.S.C.E, Vol. 108, n° EE2 , April 1982, pp. 327-338.

46 - Témoignage de Monsieur John FLOWERS, chief of Small Communities Section of Wastewater Facilities Management Branch, du 6 Août 1986.

47 - HOWITT M. (Arnold), LADD F. (Helen), LEONARD B. (Herman), WEEKS B. (Ann), "Physical Infrastructure in Boston", in Urban Resources, Vol. 2, 1983, pp. 5-10.

48 - GOETSCH A. (Herbert), "Accelerating change : federalistn and public Works", in A.P.lil.A Reporter. Nouetnber 1982, pp. 14-15.

Troisième partie

# LES REPONSES DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT A LA DEGRADATION DES RESEAUX LA SOLUTION DE LA REHABILITATION

# CHAPITRE I

## LES IMPLICATIONS DE LA DEGRADATION DU RESEAU SUR LE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT. LA VOIE DE LA REHABILITATION

Nous allons examiner dans ce chapitre les conséquences de la dégradation des équipements de réseaux sur le système d'assainissement. Autrement dit, nous allons étudier le mouvement de régulation du système, déclenché par l'état de déséquilibre, qui est dû au fait que le réseau remplit mal ou même pas du tout son rôle. En particulier, nous allons insister sur la solution de la réhabilitation des équipements, en tant que remède à la dégradation, pour laquelle nous allons préciser les différentes variantes existantes.

### § 1. L'évolution du système d'assainissement face à la dégradation du réseau

La dégradation du réseau d'assainissement, telle que nous l'avons définie dans la deuxième partie-(cf. Chapitre I, § l'état de dégradation), suscite automatiquement la mise en cause du système d'assainissement. En effet, l'état de dégradation, concrétisé par l'incapacité des équipements d'accomplir leurs fonctions, se répercute sur le milieu urbain et/ou rural interne et/ou externe au système d'assainissement et entraîne des implications d'ordre socio-économique, qui conduisent forcément à la réorganisation du système d'assainissement, jusqu'à ce que ce dernier retrouve son état d'équilibre.

Concrètement, d'après l'analyse présentée dans le chapitre I de la deuxième partie (cf. Figure 15), nous distinguons deux types de réactions qui peuvent pallier l'état de dégradation du réseau :

- soit ce sont les finalités associées aux équipements d'assainissement qui se modifient pour s'accorder à la performance effective des ouvrages ;
- soit c'est la performance du réseau qui s'améliore et s'adapte aux finalités du système d'assainissement.

Il s'agit des réactions qui sont conditionnées par des logiques socio-techniques relatives au réseau et qui impliquent l'évolution du système d'assainissement de façon déterminée par les logiques socio-économiques qui sont à l'oeuvre dans la société. Bien évidemment, les effets de ces deux mouvements de régulation sur l'évolution du réseau matériel ne sont pas les mêmes, étant donné qu'ils contribuent différemment au processus de la dégradation. En particulier, le changement des finalités du réseau n'intervient pas sur le phénomène de la détérioration de la structure des équipements, permettant ainsi le développement d'un nouvel état de dégradation. Par contre, l'amélioration de la performance du réseau est cohérente avec l'interruption du processus de la détérioration des équipements.

Nous étudions par la suite analytiquement ces deux mouvements.

1. Le changement des finalités du réseau

Ce mouvement peut prendre deux formes : soit les exigences de qualité du service et donc les finalités du réseau se rapprochent du rendement réel des ouvrages ; soit les choix fondamentaux sur lesquels repose la conception du réseaux changent.

a) L'adaptation des finalités du réseau : ici, aucune politique d'intervention ne se met en place pour faire face au problème de la mauvaise performance des équipements. Ce sont, par contre, les usagers et les autres agents concernés qui adaptent leurs besoins et leurs exigences en assainissement aux potentialités des équipements. Une telle réponse au problème témoigne, en fait, de l'impuissance du système d'assainissement à apporter un remède aux déficiences du réseau. Cela, soit à cause du manque

de moyens techniques et financiers, soit à cause d'une décision volontaire du service exploitant de négliger les équipements d'assainissement pour privilégier, par exemple, d'autres types de services. Mais l'état d'équilibre obtenu par ce type de régulation n'a, en fait, qu'un caractère précaire. Les effets de la détérioration s'accumulent et aggravent la situation suscitant ainsi, dans une période plus ou moins longue, le déclenchement d'un nouvel état de dégradation et, donc, du besoin de réadaptation des finalités. Ce mouvement risque, en effet, à terme, de conduire à la défaillance du réseau et, par conséquent, du système.

b) La mise en cause du concept du réseau : dans ce cas, le système d'assainissement se transforme profondément. Il s'agit d'un mouvement lié à l'apparition de nouvelles formes d'organisation du milieu urbain qui affecte les besoins en assainissement (changement de. mentalités). Le mode de production des déchets-rejets change et de nouveaux procédés d'assainissement (par exemple assainissement autonome) se substituent progressivement au réseau ancien. Ce mouvement, qui reflète une évolution du système et une redéfinition du territoire, ne peut se développer que par étapes : le réseau ancien se réduit et le système correspondant se transforme dans des durées fort longues, déterminées par la rigidité de la structure du système et par celle de l'ouvrage même (1 ).

2. L'amélioration de la performance du réseau

Ce type de réponse à la dégradation concerne un ensemble d'interventions qui visent à pallier les effets du mauvais fonctionnement du réseau et à accorder la performance fonctionnelle des équipements aux finalités du système. Dans ce cas, les choix fondamentaux, sur lesquels repose la conception du système, ne sont pas mis en cause.

Nous distinguons, en particulier, deux types d'opérations qui affectent la performance du réseau : la modification du mode d'usage des équipements et l'intervention sur le réseau proprement dit (sa structure matérielle et son mode de fonctionnement).

a) L'intervention sur le mode d'usage du réseau : elle consiste à l'aménagement externe du réseau et comprend :

- la modification du milieu environnant des installations ; ce dernier étant déterminé par la nature du sol aux alentours des canalisations, la présence d'autres services souterrains (par exemple des mines), la nature du trafic de la voirie placée au-dessus des canalisations (on peut, par exemple, interdire la circulation de certains types de véhicules lourds) ;
- la modification/contrôle de la fonction d'utilisation des équipements.

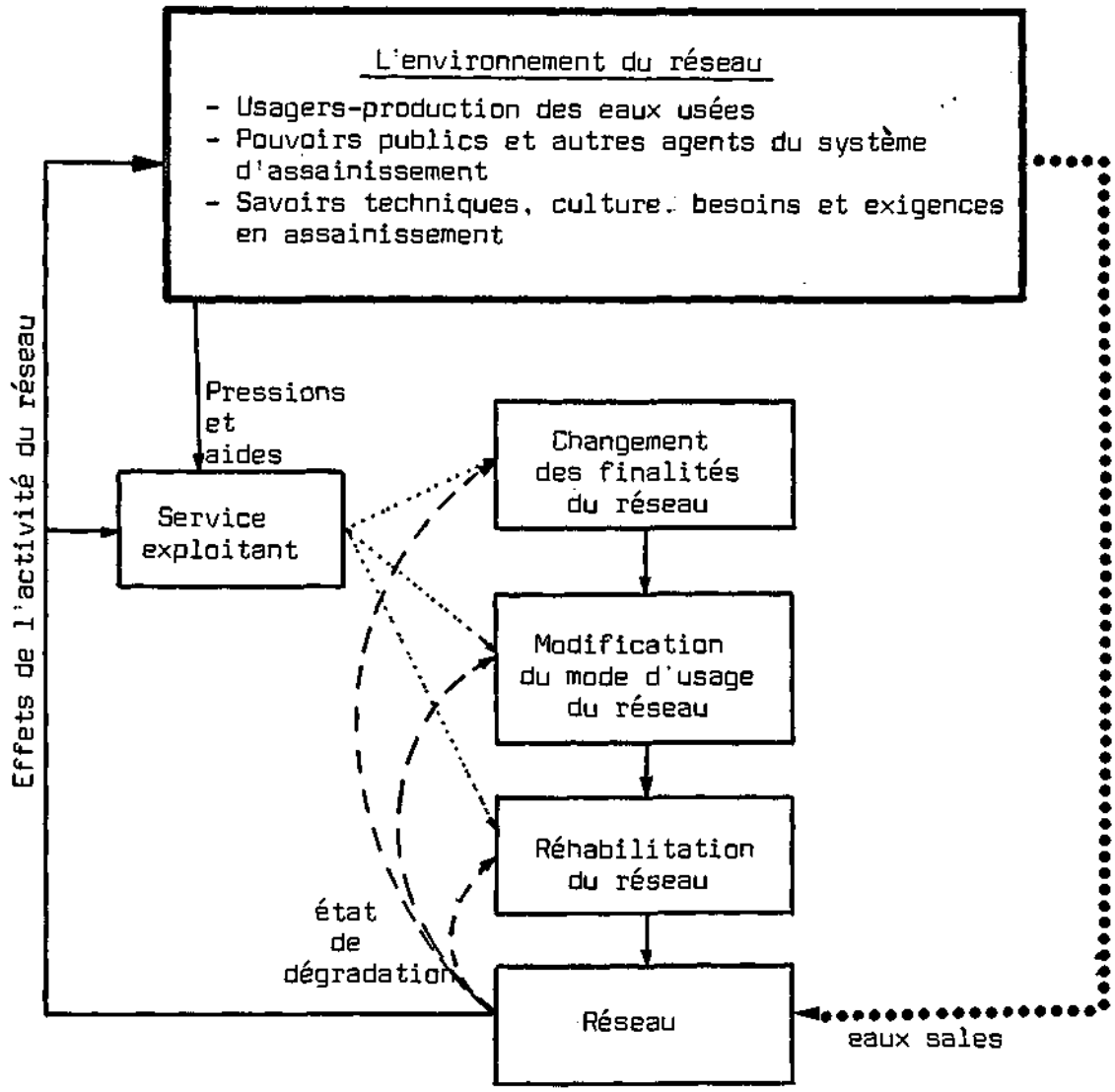
En particulier, ce dernier mode d'intervention peut prendre les deux formes suivantes :

- la diminution du volume des rejets déversés dans les canalisations : il s'agit, en général, du contrôle des eaux pluviales, avant leur rejet dans les collecteurs, au moyen de l'insertion des bassins de retenue et de la rétention-stockage transitoire des eaux de ruissellement (stockage en toiture, utilisation de la chaussée poreuse, etc.). Mais, le contrôle du volume des effluents peut, également, comprendre d'autres formes d'intervention telles que : l'élimination des eaux de captage, c'est-à-dire la mise en conformité des branchements des ménages, ou aussi la mise hors service de certaines régions desservies à la suite d'une décision politique de changer le territoire du réseau ;
- l'imposition de contraintes pour la nature des rejets déversés dans les canalisations : ce type de contraintes touche, en général, les industriels, mais parfois aussi, les particuliers (cas, par exemple, de l'imposition de l'installation de débourbeurs-séparateurs de graisses dans les restaurants). Par ailleurs, cette intervention peut affecter même le mode de production des eaux usées (modification du cycle de production industrielle et adoption des technologies "propres", modification du mode d'évacuation des excréta humains impliquant la diminution de la quantité d'eaux usées produites).

L'intervention sur le mode d'utilisation des équipements d'assainissement, concrétisée par le contrôle du volume et de la nature des effluents rejetés dans les canalisations, concerne, en fait, une évolution du réseau. Précisément, il s'agit d'une transformation des ouvrages annexes situés en amont et pas du réseau proprement dit, qui implique néanmoins des changements dans la conception technique de l'ouvrage. De plus, ce type de réponse suppose la modification du système d'assainissement. Elle correspond, en effet, à une intervention sur les relations socio-techniques du système qui se concrétise par la modification de la réglementation. Ce mouvement affecte, autrement dit, l'organisation du système. Précisément, il suppose des transformations telles que : la diminution du nombre des usagers dans le cas de la déconnexion de certaines zones desservies ; la redéfinition des rapports entre les usagers des équipements, les exploitants du service et les acteurs de l'aménagement du territoire ; la redéfinition des compétences et des rôles des services techniques traditionnellement dépositaires du savoir.

b) L'intervention sur le réseau (réhabilitation) : dans ce cas, on aboutit à l'amélioration de la performance du réseau par l'intervention, sur la structure ou/et sur le mode de fonctionnement de l'ouvrage. Ces types d'opérations concernent notamment la réhabilitation du réseau que nous examinons analytiquement dans le paragraphe suivant.

Les réponses du système d'assainissement à la dégradation du réseau, que nous avons décrites ci-dessus, ne constituent pas des mouvements "naturels". C'est le service exploitant qui prend en charge ces interventions sous les pressions des acteurs, internes et/ou externes au système d'assainissement, qui sont touchés par les effets de la dégradation en mettant en oeuvre les moyens institutionnels financiers et techniques dont il dispose. Le type d'interventions retenu dépend d'une part de la nature des dysfonctionnements du réseau et des défectuosités de sa structure, d'autre part de la composition du système d'assainissement et du système social global. Par ailleurs, chaque mode d'intervention (soit la réhabilitation du réseau, soit la modification de son mode d'usage, soit le changement de ses finalités) implique des transformations différentes,




Légende : ●●●●●●●● Flux hydrauliques
——————— Relations logiques

Figure 18 : L'"adaptation" du système d'assainissement à la dégradation du réseau.

*- La réhabilitation du réseau étant limitée à des interventions sur la structure matérielle des ouvrages, suppose peu de transformations du système d'assainissement. Le mode d'utilisation des équipements et le rôle du réseau se conservent dans ce cas intacts ;*

*- La modification du mode d'usage des équipements déborde du cadre étroit du réseau proprement dit et touche l'organisation du système d'assainissement. Elle implique en particulier la contribution/collaboration des usagers. Par conséquent, elle introduit le besoin des moyens d'exploitation nouveaux: basés sur l'information et l'éducation des usagers ;*

*- Le changement des finalités du réseau correspond à un niveau d'adaptation du système d'assainissement encore plus élevé. Cette façon de- régler le problème de la dégradation déborde en fait du champ d'interventions du service exploitant et implique des transformations d'ordre social, politique et culturel.*

plus ou moins importantes du système d'assainissement, fait qui influe aussi considérablement sur la nature des choix effectués. Il s'agit en particulier des transformations allant de pair avec la prise de mesures contre la dégradation et des transformations résultant de l'application de ces mesures. Bien sûr, la combinaison de deux, ou même plus, des modes d'intervention peut être envisagée pour faire face à l'état de dégradation. Cependant, les opérations choisies doivent avoir le même but : la conservation ou l'abandon des équipements concernés. Ainsi, par exemple, une série d'opérations de réhabilitation peut être mise en place parallèlement à la modification du mode d'usage du réseau.

Pour illustrer l'adaptation du système d'assainissement à la dégradation des équipements, nous nous sommes directement inspirés du modèle "Monde-Réseau-Entreprise" de Georges AMAR (2). Ainsi, en privilégiant la représentation de l'acteur "service exploitant", nous présentons dans la figure 18 les trois niveaux de réponses à la dégradation que nous avons dégagés dans l'analyse précédente. Ici, les trois niveaux de régulation sont hiérarchisés par rapport à la portée des transformations du système d'assainissement sur le service exploitant.

## § 2. La réhabilitation du réseau

La réhabilitation du réseau, comme nous l'avons définie ci-dessus, représente une réponse du système d'assainissement à la dégradation. Son objectif est la conservation du réseau (la prolongation de sa vie effective). La réhabilitation comprend alors l'ensemble des opérations qui permettent de rétablir l'état physique des ouvrages et les conditions techniques appropriées pour le bon fonctionnement du réseau. Il s'agit en fait d'une façon de régler le problème par l'amélioration de la performance du réseau sans avoir recours à des niveaux plus élevés d'adaptation du système d'assainissement et précisément sans modifier le mode d'usage des équipements. Par ailleurs, d'après le modèle illustré dans la figure 1B, la réhabilitation représente pour le service exploitant (organisé selon des formes traditionnelles) le niveau de régulation qu'il maîtrise

le mieux et, donc, sa première réponse au problème. Ce n'est, par conséquent, que dans des conditions financières et techniques particulières, où la faisabilité et l'efficacité de la réhabilitation se mettent en cause, que cette dernière sera remplacée ou complétée par d'autres niveaux de régulation, tels que la modification du mode d'usage et le changement des finalités du réseau.

Nous distinguons, en particulier, deux modes de réhabilitation : la réhabilitation structurelle et la réhabilitation hydraulique. Nous signalons, néanmoins, que les frontières entre ces deux formes de réhabilitation ne sont pas toujours distinctes, étant donné que toute intervention sur la structure des équipements se répercute directement sur les caractéristiques des flux.

### 1. La réhabilitation structurelle

La réhabilitation structurelle constitue une intervention sur la structure de l'ouvrage qui vise à modifier le réseau matériel pour éliminer les conséquences de la détérioration. Elle se concrétise par la remise en état des équipements (renforcement de l'intégrité structurelle des ouvrages) et par l'adaptation des ouvrages aux nouvelles contraintes mécaniques et physico-chimiques développées (le développement de nouvelles contraintes peut être lié à l'apparition de nouvelles exigences en matière d'assainissement : par exemple imposition de conditions d'étanchéité, de forte résistance à l'attaque chimique . . . ) .

Une telle intervention peut se limiter à des opérations partielles, sous forme de réparations des tronçons détériorés. Parfois, elle peut aussi être accompagnée par une révision globale du fonctionnement du réseau. La réhabilitation structurelle concerne donc des transformations plus ou moins importantes du réseau matériel. Par ailleurs, elle peut conduire à l'accroissement ou la diminution de la capacité hydraulique des canalisations par la modification du diamètre et de la rugosité des parois internes des tuyaux. Mais, il ne s'agit pas d'une modification de la conception technique du réseau. Elle n'affecte pas non plus le mode

d'utilisation des équipements. Ce sont au contraire les ouvrages qui "s'adaptent" aux conditions "extérieures" (par exemple nouveaux types de rejets industriels). Cependant, l'utilisation de nouveaux matériaux peut influencer les modes d'entretien des ouvrages (besoin d'adaptation, par exemple, des techniques de nettoyage). De plus, la mise en oeuvre des opérations de réhabilitation peut impliquer, comme c'est le cas aux Etats Unis (cf. chapitre II, troisième partie), des transformations dans l'organisation et le financement du service dues aux coûts considérables et aux nouvelles connaissances et capacités techniques que nécessitent ces opérations (donc apparition de nouveaux agents -fournisseurs de services- et de nouveaux modes de financement).

La réhabilitation structurelle du réseau comprend, en particulier :

- la rénovation du réseau, qui regroupe toutes les méthodes de remise en état d'une canalisation, sauf les opérations de maintenance, telles que les réparations locales (par exemple les changements des bouches d'égouts), le nettoyage par des racines et des dépôts. Un grand nombre de techniques de rénovation des réseaux d'assainissement a été développé, depuis quelques années, dans les pays industriels (nous les examinons analytiquement dans le Chapitre III de la Troisième Partie). Mais, l'idée de rénover n'est pas nouvelle. En effet, les inspections récentes des réseaux ont révélé des exemples de travaux de réhabilitation exécutés il y a 100 ans, qui varient de la réfection partielle des canalisations jusqu'à la provision des briques additionnelles ou des baleines d'acier pour renforcer la résistance structurelle des ouvrages. De tels travaux de rénovation se limitent, bien sûr, aux canalisations visitables (diamètre de plus de 0,9m) (3) ;
- le remplacement intégral ou partiel du réseau, qui se concrétise par l'implantation de nouvelles conduites à la place des ouvrages anciens. Les nouveaux collecteurs remplacent les anciennes canalisations ou se construisent parallèlement à celles-ci. Les fonctions des nouveaux équipements peuvent être les mêmes ou améliorés par rapport à celles de l'ouvrage primitif. Le remplacement du réseau est une méthode classique, couramment utilisée jusqu'à présent, pour faire face à la détérioration du matériau des équipements. Mais, ce type d'intervention, qui exige des travaux

d'excavation, représente, en fait, une solution de plus en plus chère, dont les possibilités d'application sont limitées étant donné que l'ouverture de chantiers dans les centres des grandes villes, très gênante, est aujourd'hui très difficile.

2. La réhabilitation hydraulique

Il s'agit des opérations qui visent à promouvoir la performance hydraulique des équipements. Ces interventions impliquent des modifications plus ou moins importantes sur la structure matérielle du réseau, mais cela, dans le but d'influencer son fonctionnement. La réhabilitation hydraulique comprend, en particulier, un ensemble d'actions, dont les implications sur le système d'assainissement diffèrent. Ainsi, selon les conséquences des opérations de réhabilitation sur l'évolution du réseau et du système correspondant, nous distinguons quatre types d'interventions, destinées respectivement : à la régulation des flux, à l'augmentation de la capacité hydraulique des installations, à la diminution et à l'aménagement des flux.

a) La régulation interne des flux ' il s'agit d'une intervention sur le mode d'écoulement des effluents dans les canalisations, mais qui n'affecte pas le volume effectif des eaux transportées. Aujourd'hui, les méthodes utilisées pour la régulation des flux sont les suivantes.

- L'injection des produits chimiques dans les collecteurs, qui suscitent l'augmentation de la fluidité des effluents. Cette action permet, en particulier, l'augmentation ponctuelle de la capacité hydraulique des installations. Fiais, ses résultats sont d'une courte durée.

L'injection des polymères dans les réseaux d'assainissement est connue et appliquée depuis 1968-70 aux Etats-Unis où plusieurs études ont été effectuées concernant l'impact de ces substances chimiques sur le fonctionnement des stations d'épuration. En France, la technique de l'injection de macro-molécules est expérimentée (octobre 1985) par le service d'assainissement départemental de Seine Saint-Denis. Les responsables

français ont estimé l'augmentation du débit de transfert 50-100% et le prix du produit de l'ordre de quelques francs/m3. Par ailleurs, l'utilisation de ce produit, aux Etats-Unis et en Angleterre, a donné des améliorations de capacité de l'ordre de 25-40% (3).

Cette technique n'entraine aucun changement sur la structure du réseau. Mais, selon les ingénieurs responsables, elle ne doit être utilisée que dans le cas où les autres solutions techniques s'avèrent inapplicables. Il s'agit d'une solution non permanente, qui ne permet que d'éviter momentanément les inondations. Elle nécessite une bonne connaissance du réseau du fait qu'elle déplace le problème d'amont en aval (elle suscite la formation d'une vague, due à l'augmentation brutale de la vitesse d'écoulement qu'elle provoque) (3) (4).

- Le stockage des effluents dans les collecteurs. Il s'agit d'une intervention sur le réseau, visant à apporter un remède au problème de surcharge, dû au phénomène de la pluie (il concerne donc exclusivement les réseaux unitaires ou pluviaux séparatifs). En particulier, on procède, ici, au stockage des effluents dans le réseau (interposition des réservoirs de détention sur lignes ou en parallèle), dans le but de diminuer le débit de pointe, afin que ce dernier ne dépasse pas le débit maximum possible à surface libre correspondant à la canalisation.

Cette technique implique une modification de la structure matérielle du réseau. Mais, il ne s'agit pas d'une évolution importante de l'ouvrage. Par contre, l'application de cette méthode de régulation des flux peut introduire le besoin d'un entretien supplémentaire (évidemment, le nettoyage des points de stockage), surtout dans le cas des réseaux unitaires (problème de sédimentation).

Ces deux interventions, visant à la régulation des flux, ne concernent pas une évolution importante du réseau. Elles n'impliquent pas non plus la transformation du système d'assainissement. En effet, elles ne touchent pas les pratiques d'utilisation du réseau. De même, les transformations

qu'elles entraînent sur le mode d'entretien-gestion des équipements ne sont pas significatives.

b) L'augmentation de la capacité hydraulique du réseau : l'objectif de ce procédé de réhabilitation est de permettre la propagation de 1'hydrogramme provenant des tronçons amonts dans le collecteur sans que cet hydrogramme soit transformé. La capacité hydraulique d'un réseau étant déterminée par les caractéristiques de sa structure matérielle (c'est-à-dire la taille et la forme des canalisations, leur pente et la rugosité de la surface interne des tuyaux), les techniques visant son amélioration comprennent des opérations intervenant sur ces variables. Précisément, nous distinguons cinq types de techniques que nous présentons ci-dessous :

- le remplacement qui constitue la solution traditionnelle adoptée pour le problème de surcharge hydraulique. Il se définit comme la substitution d'une conduite nouvelle de taille plus importante à la conduite surchargée existante. La possibilité d'augmentation de la capacité hydraulique est, dans ce cas, illimité. Les seules contraintes impliquées sont la capacité des tronçons aval qui ne vont pas être remplacés, les coûts entraînés et les perturbations produites dans le milieu urbain par l'installation des chantiers ;
- le renforcement du réseau : il s'agit de la construction d'une conduite additionnelle qui, conjointement avec les conduites existantes, va augmenter la capacité d'écoulement du réseau. La conduite additionnelle peut être posée en parallèle à la canalisation surchargée pour transporter une partie des effluents du point amont de la section surchargé à un point à l'aval du même réseau. Les difficultés et les limites de cette technique sont similaires à celles de la technique de remplacement ;
- la transformation du réseau unitaire en réseau séparatif. Quand un réseau unitaire souffre des problèmes de surcharge pendant les périodes de pluies intenses, il est possible de soulager les installations existantes en construisant un nouveau réseau en parallèle de l'ancien pour l'évacuation des eaux pluviales. En réalité, cette technique n'est pratiquement pas réalisable dans les régions déjà urbanisées (manque de place, coûts de mise en place excessifs) ;

- la rénovation du réseau : certaines techniques de rénovation, en suscitant une diminution de la rugosité de la surface interne des canalisations, permettent une augmentation suffisante de la capacité hydraulique du réseau ;

- le nettoyage-curage du réseau : la capacité d'écoulement du réseau peut aussi être améliorée par le nettoyage-curage des équipements, qui provoque d'une part, l'augmentation du diamètre effectif des canalisations, d'autre part, la diminution de la rugosité des parois internes des collecteurs. Ce type d'interventions concerne, en particulier, l'élimination des dépôts de caractère permanent et des racines d'arbres (de nos jours, le contrôle et la suppression des racines au moyen des produits chimiques sont largement connus et appliqués aux Etats-Unis, où plusieurs types de produits herbicides avec une grande efficacité sur une durée de 3-4 ans sont utilisés (5)).

Ces techniques de réhabilitation, visant à l'augmentation de la capacité hydraulique du réseau, concernent (excepté le cas de l'injection des produits chimiques dans les canalisations) des interventions sur la structure physique des ouvrages. Il s'agit d'une adaptation des équipements aux charges hydrauliques imposées par le mode d'utilisation des installations ("), qui ne met pas en cause la conception technique du réseau. Ces interventions impliquent des transformations dans le système d'assainissement, similaires à celles de la réhabilitation structurelle.

c) La diminution du volume des effluents : nous distinguons deux techniques, qui permettent la diminution du volume des effluents transportés, que nous présentons ci-dessous :

- l'ouverture de déversoirs d'orage : les déversoirs d'orage assurent le rejet direct au milieu naturel d'une partie du débit. En particulier, cette technique est utilisée dans le cas de réseaux unitaires. Mais, les déversoirs d'orage doivent fonctionner uniquement en cas de pluie pour des raisons de protection de l'environnement. En effet, leur principale contrainte d'utilisation est le risque de polluer le milieu récepteur.

* L'augmentation de la capacité hydraulique des canalisations nécessite parla suite l'extension des installations d'épuration ainsi que l'augmentation de la capacité des stations de relèvement.

L'application de cette technique doit, donc, tenir compte de la capacité d'auto-épuration de ce dernier ;

- l'élimination des eaux d'infiltration : il s'agit des interventions sur la structure matérielle du réseau qui visent à assurer l'étanchéité des canalisations et à corriger les erreurs de raccordement au réseau. Ces interventions se concrétisent par le remplacement et la rénovation des équipements (il s'agit de la réhabilitation structurelle).

Ces techniques de réhabilitation, visant à la diminution du volume des effluents transportés, impliquent la modification de la structure matérielle du réseau. Elles affectent également la conception et le rôle du réseau. En effet, l'élimination des eaux d'infiltration introduit le principe de l'étanchéité, jusqu'à récemment étranger aux réseaux d'assainissement. Quant à l'ouverture des déversoirs d'orage, qui permet d'"augmenter" la capacité hydraulique du réseau aux dépens de la qualité de l'environnement, elle influe directement sur les finalités du réseau.

d) L'aménagement des flux : il s'agit des interventions concernant le contrôle des effluents à l'intérieur du réseau qui se concrétisent, en particulier, par la dérivation des eaux propagées vers d'autres canalisations. L'aménagement des flux est précisément obtenu à l'aide de l'interconnexion des différentes parties du réseau et vise à l'utilisation optimale de la capacité des équipements. Ainsi, quand une partie se met en charge, le volume excessif est détourné vers des conduites en capacité disponible. Cette capacité disponible peut être produite grâce à la déconnexion de certains points d'entrée des effluents (situation de caractère permanent) mais également, grâce à une répartition spatiale non uniforme de l'événement pluvieux (situation de caractère temporaire, qui concerne uniquement les réseaux pluviaux séparatifs et unitaires).

Dans le cas où la disponibilité de capacité supplémentaire du réseau est permanente, la meilleure solution d'interconnexion peut être identifiée à l'aide d'un modèle de simulation des écoulements (on doit connaître -donc pouvoir mesurer- les débits propagés). Par contre, dans le cas de temps de pluie, la répartition optimale des eaux est une opération très

compliquée. Elle présuppose la disponibilité de moyens de prévision de la pluie (connaissance de la répartition spatiale et prévision des précipitations) et du ruissellement (calcul des hydrogrammes de ruissellement), ainsi que l'existence d'un système informatique pour la simulation en temps réel des écoulements et, donc, la révélation des disponibilités du réseau au cours de l'événement pluvieux. Par ailleurs, dans les deux cas, la répartition des débits peut être effectuée à l'aide d'un système automatique (centralisé ou décentralisé) plus ou moins poussé (système de télécommandes) (6) (7).

Ce dernier mode de réhabilitation hydraulique constitue une forme de gestion automatisée des équipements d'assainissement et implique des transformations importantes sur le réseau et sur le système d'assainissement. Il s'agit, en fait, d'un nouveau mode de gestion des équipements qui renforce la notion de globalité du réseau et qui entraîne des modifications majeures dans la conception technique de l'ouvrage. En effet, le caractère automatique du fonctionnement du réseau (cf. Chapitre I, Première Partie) se met ici en cause (avec la gestion automatisée, on intervient sur et on transforme l'écoulement des flux hydrauliques). Par ailleurs, ce mode d'intervention implique le changement du mode d'exploitation du réseau (entre autres, il introduit le besoin d'une discipline d'entretien des ouvrages) et de l'organisation du service (changement du rôle et des compétences du service). De ce fait, il peut favoriser l'apparition de nouveaux acteurs dans le système d'assainissement (ingérence du secteur privé dans l'exploitation des équipements, création de nouveaux centres de recherche, etc.).

Comme nous l'avons vu, toutes les techniques de réhabilitation hydraulique du réseau constituent des solutions au problème de l'insuffisance hydraulique des ouvrages, qui est surtout lié aux phénomènes pluvieux. Il s'agit, en particulier, des techniques qui permettent d'éviter les débordements et les inondations mais qui influent également sur la quantité de pollution déversée par le réseau dans le milieu naturel. En effet,

l'adoption de procédés tels que l'ouverture des déversoirs d'orage, la transformation du réseau unitaire en réseau séparatif sans traitement des eaux pluviales, l'augmentation de la capacité des équipements sans extension parallèle de la station d'épuration, peuvent conduire à la pénalisation du milieu récepteur. Par contre, à l'aide de l'aménagement et de la régulation des flux, on peut réussir à diminuer la quantité de la pollution déversée. En particulier, pour répondre à cette double question (insuffisance hydraulique du réseau, lutte contre la pollution), certains services, notamment le département de Seine Saint-Denis en France, ont adopté, dans les années 70, une nouvelle attitude face aux réseaux d'assainissement. Cette attitude se concrétise par la recherche du contrôle des effluents et de leur maîtrise au moment des crises (orages, pollution) à l'aide de moyens faisant appel à l'hydrologie, l'hydraulique avancée, l'informatique, l'électronique et l'automatisme. Il s'agit plus précisément d'un ensemble d'actions visant à améliorer la performance hydraulique du réseau, grâce à son contrôle continu (contrôle des canalisations et des ouvrages spéciaux interposés) couplé, soit à la recherche d'une optimisation de l'utilisation de ses capacités existantes, soit à une minimisation des rejets polluants le milieu naturel (8).

Outre leur efficacité à propos des questions de pollution/insuffisance hydraulique, les techniques de réhabilitation hydraulique varient aussi selon l'importance de leurs implications sur le réseau (sa structure et ses principes de fonctionnement) et sur le système d'assainissement. Ainsi, comme nous l'avons précisé, les techniques liées à l'aménagement et la diminution des flux, ayant des répercussions sur le "milieu externe" à l'aval et en amont du réseau, représentent une forme d'intervention plus importante que celles liées à la régulation des flux et à l'augmentation de la capacité hydraulique du réseau. Par contre, ces deux derniers types de réhabilitation hydraulique ont des implications restreintes sur le système d'assainissement, du même ordre que la réhabilitation structurelle.

Mais, nous rappelons que la présente recherche ne porte pas sur les problèmes spécifiques posés par le phénomène de la pluie. En effet, les

questions engendrées par le dysfonctionnement des équipements d'assainissement dû à leur insuffisance hydraulique (liée le plus souvent aux questions de ruissellement) n'ont pas donné lieu à une analyse dans les chapitres précédents. Dans le même esprit, nous n'allons pas non plus étudier, dans les chapitres qui suivent, les techniques utilisées pour apporter des remèdes à ce type de problèmes. Par contre, nous allons insister sur les types d'anomalies des réseaux dégagées dans le chapitre II de la deuxième partie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA TROISIEME PARTIE - CHAPITRE I

1 - DUPUY (Gabriel), Systèmes, réseaux et territoires (principes de réseautique territoriale, Paris, Presses de l'E.N.P.C, 1985, 161 p.

2 - AMAR (Georges), "Essai de modélisation conceptuelle d'un réseau de circulation", in Groupe Réseaux. Novembre 1985, Cahier n° 3, pp. 61-72.

3 - Seueraqe Rehabilitation Manual. Swindon, Water Research Center , 1985.

4 - HELARY, "Injection des macro-molécules dans un collecteur", in Actes des Journées de recherche, organisées dans le cadre de la manifestation SITE 85, 22-23 octobre 1985, Eau dans la uille, Paris, Ministère de l'Urbanisme du Logement et des Transports, Ministère de la Recherche et de la Technologie, 1985.

5 - AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, Existing semer évaluation and rehabilitation, New York, ASCE, 1983, 100 p.

6 - BACHOC A., "Logiciel d'aide à la conduite pour la gestion optimisée d'un réseau d'assainissement/application au réseau de Seine Saint-Denis", in Actes de journées de recherche organisées dans le cadre de la manifestation SITE 85, 22-23 Octobre 1985, Eau dans la ville, Paris, Ministère de l'Urbanisme du Logement et des Transports, Ministère de la Recherche et de la Technologie, 1985.

7 - JACQUET (Guy), "Les débuts de l'utilisation du radar météorologique en hydrologie urbaine", in Actes des Journées de recherche, organisées dans le cadre de la manifestition SITE 85, 22-23 octobre 1985, Eau dans la uille, Paris, Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, Ministère de la Recherche et de la Technologie, 1985.

8 - LANCELOT (Brigitte), La gestion automatisée des réseaux d'assainissement» Analyse d'un processus d'innovation technique, Paris, CERTES (ENPC), Mars 1985, 236 p. (Thèse de 3ème cycle en Sciences et Techniques de l'Environnement, Université Paris-Val-de-Marne, ENPC).

# CHAPITRE II

## REACTIONS A LA DEGRADATION ET OBJECTIFS DE LA REHABILITATION DANS LES TROIS PAYS

A ce point de notre analyse, nous allons étudier le mouvement de réactions développé au sein du système d'assainissement face à la dégradation des réseaux pour les cas de la France, de l'Angleterre et des Etats-Unis. Nous allons précisément identifier .et analyser les mesures prises contre la dégradation dans chacun des pays, afin de saisir le rôle et la portée de la réhabilitation. Nous allons, ainsi, spécifier les objectifs poursuivis dans les actions de réhabilîTiation menées dans ces pays.

D'après l'analyse présentée dans le chapitre précédent (cf. Figure 18), il ressort trois niveaux d'intervention capables de pallier la dégradation qui portent respectivement sur les finalités, le mode d'usage et la structure physique du réseau. Chaque niveau d'intervention apporte des réponses d'ordre varié aux anomalies détectées, conduisant à des modifications différentes sur le réseau et par conséquent sur le système d'assainissement. Par ailleurs, chaque niveau d'intervention nécessite des moyens institutionnels, financiers et techniques particuliers pour sa mise en oeuvre, c'est-à-dire une organisation du système d'assainissement appropriée. Dans cette optique, le mouvement des réactions contre la dégradation est à chaque fois déterminé, d'une part par la nature des anomalies auxquelles les responsables veulent remédier, donc par la façon selon laquelle le problème est posé, d'autre part par les potentialités du système d'assainissement au moment de la reconnaissance du problème. Nous référant au raisonnement ci-dessus, nous allons, dans les trois premières sections de ce chapitre, étudier les réactions à la dégradation pour chacun des pays. Nous allons structurer notre analyse de la façon suivante.

- Dans un premier temps, nous allons spécifier les conditions dans lesquelles la dégradation des réseaux est prise en considération par les agents du système d'assainissement : conditions internes au système (qui a soulevé le problème ? Comment l'a-t-il posé aux autres ?) et conditions externes au système (crise économique ...) ; cela, dans le but d'évaluer l'attitude des responsables face a la dégradetion.

- Dans un deuxième temps, nous allons identifier les mesures prises contre la dégradation en précisant chaque fois : la nature des remèdes apportés, donc les transformations du réseau/système impliquées ; qui intervient dans l'application de ces mesures ? Comment ? Il s'agit de mouvements de réactions qui s'inscrivent dans les trois niveaux d'intervention présentés dans la figure 18.

- Dans un dernier temps, nous allons étudier les composants (institutionnels, techniques, financiers ...) du système d'assainissement qui soutiennent et assurent la mise en oeuvre de ces mesures. Il s'agit d'éléments dont l'apparition va de pair avec celle de la dégradation et conduit à la transformation du système d'assainissement.

Enfin, dans la quatrième section de ce chapitre nous allons, à partir de notre analyse sur les situations de dégradation et des pratiques de réhabilitation traitées jusqu'ici, identifier les approches de la réhabilitation en France, en Angleterre et aux Etats Unis. Nous allons, ainsi, préciser les objectifs de la réhabilitation poursuivis dans ces pays.

## SECTION I : LE CAS DE LA FRANCE : POUR UNE VALORISATION DES RESEAUX

### § 1. La fiabilité des réseaux : un problème posé aux services municipaux

En France, comme nous l'avons vu précédemment, la dégradation des réseaux d'assainissement a été envisagée par les responsables nationaux et régionaux après 1982. Précisément, ce problème a été soulevé dans le cadre du IVème programme d'intervention 1982-1986 des six Agences Financières de Bassin et a marqué les objectifs de la politique d'assainissement du Ministère de l'Environnement. Le problème de l'insuffisance qualitative des réseaux, intégré ainsi dans les directives nationales en matière d'équipement d'assainissement, est descendu progressivement au niveau des collectivités locales. La reconnaissance du mauvais état des canalisations d'eaux usées a été en particulier concrétisée par les démarches suivantes:

- des études de diagnostic ont été lancées par les Agences de Bassin, destinées à établir un bilan des installations d'assainissement existantes et à étudier un certain nombre de solutions visant à améliorer ces ouvrages tant dans leur structure que dans leur fonctionnement **(D;**
- des études inter-agences ou pilotées par le Ministère de l'Environnement ont été menées sur les problèmes de réseaux (rôle des eaux parasites, des mauvais branchements ...) (2) (3) (4) ;
- de nouvelles recommandations techniques ont été établies afin d'instaurer une plus grande rigueur dans la conception et la réalisation des ouvrages (recommandations en matière de réception des nouvelles installations et de réalisation des branchements) (4) (5).

Toutes ces démarches, guidées par les Agences Financières de Bassin et le Ministère de l'Environnement, visaient le perfectionnement des équipements dans le but de contribuer à la sauvegarde du milieu naturel. Mais, la question de la mauvaise qualité des réseaux intéressait beaucoup moins les gouvernements locaux qui, confrontés aux difficultés financières des dernières années, se préoccupaient davantage des nouveaux besoins en

équipement, encore importants à cette période (cf. § conditions déterminantes de l'évolution des réseaux d'assainissement en France, un nouveau contexte après 1982, Chapitre II, Première Partie). De plus, les collectivités locales, dépourvues d'une capacité d'expertise propre, appréciaient mal l'importance de l'amélioration des réseaux.

Pour sensibiliser les responsables locaux au problème des réseaux d'assainissement, dans cette période de décentralisation, où les moyens d'intervention de l'Etat sont réduits (cf. Chapitre II, Première Partie), les Agences de Bassin en collaboration avec les Ministères concernés (Ministère de l'Environnement et de l'Agriculture) ont utilisé énergiquement les moyens dont elles disposaient. Notamment :

- l'information et le conseil. Ils ont organisé des réunions et des colloques avec les maires, les services exploitants et les autres acteurs concernés (entrepreneurs) pour exposer l'importance du problème ;
- l'incitation financière. Des aides spécifiques, destinées aux réseaux, ont été attribuées par les Agences après 1983. Pour assurer l'équilibre de ce nouveau programme d'intervention, il a été instauré un coefficient majorateur, dit "coefficient de collecte" qui intervenait dans le calcul des redevances dues par les usagers domestiques (B).

Le problème de l'insécurité des réseaux existants a été posé ainsi au niveau des collectivités locales. Mais les responsables communaux, même s'ils sont aujourd'hui sensibilisés vis-à-vis de ce problème, ne semblent pas prêts de prendre des mesures pour y apporter des remèdes et de dépenser leurs ressources pour une question qu'ils maîtrisent mal et qui, en réalité, ne les menace pas. En effet, le mauvais état des réseaux n'emprunte pas de formes critiques et surtout il reste souvent inaperçu* aux usagers.

La reconnaissance de la dégradation des réseaux est alors aujourd'hui un mouvement guidé et "nourri" par les instances publiques chargées de la préservation de l'environnement qui n'a pas sa propre dynamique. Par conséquent, les mesures prises pour apporter des remèdes à ce problème

ce problème sont strictement déterminées par la politique des Agences de Bassin et du Ministère de l'Environnement.

Cependant, il existe des cas isolés de services, notamment le département du Val-de-Marne, qui échappent à ce modèle général, ayant adopté une position forte vis-à-vis de la dégradation des réseaux d'assainissement (cf. § la transformation du système d'assainissement : vers la modernisation). Mais il s'agit d'exceptions. Par ailleurs, nous soulignons qu'ici nous ne traitons pas le problème de l'insuffisance hydraulique des réseaux, qui a marqué les services d'assainissement de certaines villes et entraîné, ces dernières années, des mobilisations particulières, entre autres, le développement de la gestion automatisée des réseaux d'assainissement.

## § 2. Les mesures prises ; pour une amélioration des réseaux

Le problème de l'insuffisance qualitative des réseaux d'assainissement, posé seulement depuis quelques années et dans les conditions que nous avons présentées ci-dessus, est aujourd'hui timidement évoqué dans les programmes des services communaux. Les premières mesures visant l'amélioration de la performance des ouvrages sont en train d'être mises en place. Il s'agit, en effet, d'un mouvement qui, animé par les agents régionaux et nationaux du système d'assainissement, se concrétise par des interventions sur le mode d'utilisation des équipements collectifs et sur la structure physique des réseaux proprement dite.

### 1. L'intervention sur le mode d'utilisation des équipements

L'importance de la qualité des branchements et de la nature des effluents transportés dans le conditionnement et le fonctionnement des réseaux et des stations d'épuration a été signalée à plusieurs reprises, ces dernières années, par les Agences Financières de Bassin. Certaines, pour favoriser l'amélioration des conditions de raccordement aux réseaux

collectifs, participaient même au financement des branchements des particuliers dans les communes qui avaient signé une convention avec elles (l'Agence Nord-Artois-Picardie accordait une subvention de 20 à 40%). Parallèlement, elles incitaient les collectivités locales à l'information du public afin d'obtenir la collaboration des habitants (dans le Bassin Artois-Picardie, ces campagnes bénéficiaient d'une subvention de 70$) (7). Ces démarches, accompagnées de nombreuses réunions de communication et des publications, à propos du raccordement aux réseaux publics, ont réussi à éveiller l'intérêt des responsables locaux.

Dans ces conditions, les services techniques d'assainissement des communes interviennent aujourd'hui de plus en plus en cours d'exécution des travaux, pour contrôler la mise en conformité des nouveaux branchements (le plus souvent les travaux sont confiés à des entreprises agréées par les communes) (8). La question des branchements reste néanmoins un sujet ambigu et cela pour des raisons politiques. En effet, à cause des interventions de type particulier/particulier, que nécessite la mise en conformité des branchements illicites ou en mauvais état, elle risque de susciter le mécontentement des habitants, d'autant que ces travaux sont généralement à la charge des propriétaires. Par conséquent, les maires sont réticents vis-à-vis de ces opérations. Ainsi, même si le contrôle des conditions de raccordement aux réseaux collectifs est de nos jours une réalité dans le cas des nouvelles constructions, les communes interviennent rarement dans le cas des vieilles installations. Les services locaux, dans leur ensemble, ne sont pas prêts à utiliser les moyens de pression que leur accorde la loi pour obtenir la mise en conformité des branchements (A). Toutefois, il existe des exceptions (nous rappelons notamment le cas de la ville de Toulouse qui, en 1982, a imposé aux restaurateurs l'installation de séparateurs de graisse pour remédier à l'encrassement du réseau d'eaux usées collectif (9)).

Quant au rejet des effluents industriels, nous signalons que depuis 1984, le Ministère de l'Environnemnt a imposé aux industriels de nouvelles contraintes, dans le but de protéger les installations d'assainissement collectives (cf. l'utilisation des équipements, Chapitre II, Première

Partie). De nouvelles conventions, précisant les modalités de rejet et les ouvrages nécessaires pour respecter la réglementation, ont été passées entre les municipalités et les industries, permettant une meilleure utilisation des équipements.

2. L'intervention sur les ouvrages de réseaux

Après 1982, les Agences Financières de Bassin ont concentré leurs efforts sur l'amélioration de la qualité des ouvrages de réseaux. Elles se sont préoccupées, en particulier, du manque d'étanchéité des canalisations (vue l'importance des eaux parasites détectées) et de ses implications sur le rendement des stations d'épuration (cf. § les eaux parasites, Chapitre II, Deuxième Partie). Ainsi, soutenues par le Ministère de l'Environnement, elles ont construit leur politique dans le but, d'une part, de faire réaliser des équipements futurs étanches et plus fiables, d'autre part, de faire réhabiliter les canalisations existantes pour éliminer les eaux claires parasites. Leurs interventions ont donné des résultats positifs puisque ces deux questions préoccupent actuellement la majorité des services techniques d'assainissement.

a) L'amélioration de la qualité des réseaux neufs

Après 1982, les essais de réception sur les réseaux d'assainissement neufs ont été fermement conseillés par les Agences de Bassin dans la recherche d'une meilleure qualité des équipements. Il s'agit de la surveillance des chantiers et, plus précisément, du contrôle de l'étanchéité des conduites, de la qualité des remblais, de la pose des tuyaux et des matériaux composant les ouvrages (tuyaux, raccords, regards de visite . . . ) . Ainsi, progressivement la pratique des épreuves de réception, empruntée aux Allemands (les techniques utilisées pour les épreuves ont été importées en France par l'Alsace), a été adoptée par les communes françaises (10). Parallèlement, les premiers systèmes de construction garantissant la sécurité et la fiabilité des réseaux (l'étanchéité totale,

la résistance aux agressions d'ordre chimique ...) ont été lancés par les industriels de l'assainissement (par exemple les canalisations INTEGRAL en fonte ductile proposées par Pont-à-Mousson) (11 ).

Après 1984, à la suite d'une convention passée entre le Ministère de l'Environnement et les professionnels de l'assainissement (fabricants de matériaux, entrepreneurs), les essais de réception ont été définitivement introduits dans les contrats de construction des réseaux. De plus, les Agences Financières de Bassin, pour préserver l'étanchéité des ouvrages, ont imposé les essais d'étanchéité à l'eau comme une condition préalable à l'attribution de la totalité des subventions qu'elles accordent (6). Certaines Agences, notamment Rhin-Meuse, participent aussi à la couverture du surcoût des travaux améliorés (12) (*).

Dans ces conditions, l'étanchéité des réseaux d'assainissement est aujourd'hui exigée des entrepreneurs par les maîtres d'ouvrages. Dans le cas contraire, les entrepreneurs doivent procéder à la "réhabilitation" des réseaux pour obtenir leur étanchéité (colmatage ou réfection des joints). En effet, l'opportunité de construire des réseaux d'assainissement fiables et vraiment étanches est devenue un impératif auquel les fabricants de matériaux et les entreprises de construction commencent à se conformer.

b) La réhabilitation des réseaux existants

Après 1982, les Agences Financières de Bassin, dans le cadre de leurs interventions auprès des collectivités locales, ont mis l'accent sur les conséquences négatives des eaux claires parasites, dans la majorité des réseaux separatifs d'eaux usées existants, et sur la nécessité de leur élimination. De façon concrète, pour affronter ce problème, les six Agences avec le Ministère de l'Environnement ont décidé de consacrer une

* Aujourd'hui, on évalue à *2-3%* du marché le coût propre à l'épreuve à l'eau. L'augmentation moyenne des marchés tenant compte à la fois de l'essai d'étanchéité, du choix des matériaux, de la baisse des cadences et de toutes les nouvelles prescriptions des cahiers des clauses techniques générales et particulières, peut être estimée à 8$ du coût total (5).

partie de leurs ressources pour recruter des techniciens supplémentaires, destinés à l'étude du problème d'étanchéité des réseaux communaux (une personne par S.A.T.E.S.E). Parallèlement, des "groupes diagnostic" ont été créés au sein des Agences qui ont mis en place des opérations pilotes (par exemple, 10 dans le bassin Adour Garonne), visant l'amélioration des réseaux ; les Agences prenaient en charge les études préliminaires de diagnostic. Il s'agissait d'opérations légères, basées sur des inspections visuelles qui concernaient généralement de petites communes, et dont les coûts se situaient entre 20 et 50.000 Frs.'L'Agence indiquait à la commune les problèmes existants et les travaux nécessaires à leur résolution. Pour l'établissement des programmes de travaux, les Agences offraient leur contribution scientifique (13) (dans l'annexe 10, nous présentons la méthodologie d'analyse et de détection des eaux parasites proposée aux communes (14)).

Par ailleurs, les Agences ont instauré des aides financières spéciales pour les études de diagnostic et la réhabilitation des réseaux (dans l'annexe 11 , nous présentons la nature et les montants des aides accordées par les six Agences de Bassin (15)). Parallèlement, pour forcer les communes à intervenir sur leurs réseaux et les mettre en conformité, elles refusaient toute aide financière à d'autres types de travaux (notamment l'extension de la station d'épuration) avant l'élimination des eaux parasites (13). Ainsi, par l'incitation et par l'information, les Agences de Bassin ont réussi progressivement à sensibiliser les responsables locaux à la question des eaux parasites. En effet, de plus en plus de communes procèdent à l'inspection et au diagnostic de leurs réseaux, soit de leur propre initiative, soit poussées par les D.D.E-D.D.A (en général, les villes qui exploitent elles-mêmes leur station d'épuration perçoivent facilement l'opportunité de ces opérations).

Signalons que, depuis 1986, les Agences de Bassin ne réalisent plus elles-mêmes les études de diagnostic. Les communes s'adressent directement aux D.D.E ou aux entreprises privées. Les Agences subventionnent néanmoins les travaux de diagnostic et de réhabilitation (leurs aides financières

concernent uniquement les réseaux qui aboutissent à une station d'épuration qui fonctionne mal par temps sec). Elles donnent aussi leurs avis sur les solutions à adopter. Elles proposent généralement trois formes de réhabilitation, selon l'importance des anomalies détectées :

- l'entreprise de petits travaux de correction permettant la réparation des plus gros dégâts, souvent responsables de l'intrusion de grandes quantités d'eaux parasites ;
- le développement d'une démarche plus fine de réhabilitation entraînant le remplacement ou la rénovation de certaines parties du réseau (elle doit être précédée d'une étude de diagnostic bien détaillée) ;
- la restructuration du réseau, c'est-à-dire la reconstruction du réseau, en tenant compte des nouveaux desoins hydrauliques.

La majorité des interventions entreprises jusqu'à présent a été du premier type. Confrontées aux difficultés financières des dernières années (cf. § conditions déterminantes de l'évolution des réseaux d'assainissement en France, un nouveau contexte après 1982, Chapitre II, Première Partie), les Agences Financières de Bassin n'ont pas pu mettre au point un programme ambitieux de réhabilitation. Elles se sont limitées à la réparation des plus grosses anomalies des réseaux communaux. Toute forme de réhabilitation, même la plus primaire, fait aujourd'hui l'objet de négociations. Ainsi, par exemple, sur 100 études de diagnostic effectuées dans le Bassin "Seine-Normandie", une trentaine seulement a abouti à des interventions sur le réseau. Quant aux méthodes de réhabilitation utilisées, il s'agit généralement du remplacement et plus rarement de la rénovation. Les Agences ne privilégient aucune des deux méthodes (6). fiais, la plupart des communes ignorent les techniques de rénovation (16). En réalité, "la rénovation n'a pas même l'occasion d'entrer en concurrence avec le remplacement" (17).

## § 3. Les transformations du système d'assainissement ; vers la modernisation

Les interventions sur le mode d'utilisation et sur la structure physique des réseaux d'assainissement présentées ci-dessus, résultant de la reconnaissance de la dégradation des équipements, ne constituent pas un mouvement très développé. L'ampleur et l'importance des opérations entreprises restent jusqu'à nos jours limitées, la campagne pour l'amélioration des équipements d'assainissement lancée par les Agences de Bassin, étant envisagée par les responsables locaux avec scepticisme. Ces interventions ont été engagées sous l'incitation des Agences et soutenues scientifiquement et financièrement par ces dernières. Il ne s'agit donc pas de conditions qui annoncent la modification du système d'assainissement. Néanmoins, depuis quelques années, de nouvelles tendances sont apparues dans le secteur. Nous discernons, en particulier, un certain changement de mentalités vis-à-vis des réseaux d'assainissement, suivi par quelques tentatives de modernisation du service.

En effet, à force de visiter les canalisations souterraines à l'occasion des études de diagnostic proposées par les Agences, les responsables locaux ont constaté que ces ouvrages se détériorent souvent plus vite qu'ils ne l'imaginent. Ils ont donc progressivement changé leur attitude vis-à-vis des réseaux et de leur entretien en particulier. Certaines grandes villes se sont aussi orientées vers l'entretien avec action préventive des équipements. Nous notons, par exemple, le cas du département du Val-de-Marne qui est en train de mettre au point une nouvelle méthode de programmation des travaux d'entretien et des visites de surveillance, permettant de passer progressivement de l'intervention curative à une politique de prévention (18). Le programme a été suivi d'un ensemble de réflexions et d'études sur les conditions de vieillissement des équipements (par exemple, l'étude effectuée par le Laboratoire de Recherche de l'Est Parisien sur les risques de dégradation des réseaux dus aux paramètres géologiques et hydrogéologiques) (19). Le cas du département du Val-de-Marne reste néanmoins exceptionnel dans le contexte de la réalité

française, à cause du caractère original et très ambitieux de ses objectifs (utilisation d'un Système Expert comme outil d'aide à la gestion des équipements d'assainissement). La majorité des communes adoptent des demandes plutôt "archaïques". Toutefois, le vieillissement du patrimoine d'assainissement préoccupe aujourd'hui un nombre de plus en plus important d'intervenants. En effet, le thème de la rénovation/réhabilitation des réseaux, devenu fait d'actualité, fait l'objet de colloques, séminaires et journées d'études (journées de formation de l'E.N.P.C en 1985 et 1986, du CREATE-Agence Financière de Bassin en 1986, des Ingénieurs des Villes de France en 1986 ...) .

Par ailleurs, influencés par les interventions et les réunions de conseil des Agences de Bassin, les responsables locaux sont devenus conscients de l'importance des réseaux dans la performance des équipements d'assainissement et en particulier dans leur efficacité de dépollution. Le besoin d'une meilleure gestion des réseaux tenant compte de l'ensemble de leurs éléments intrinsèques, c'est-à-dire de leur structure physique et de leur flux hydraulique, a été ressenti dans les plus grandes villes (nous ne négligeons pas ici la contribution de certains services dynamiques, notamment du département de Seine-Saint-Denis, dans le développement de nouvelles approches de gestion des réseaux).

Dans ces conditions, une tendance de modernisation du service d'assainissement s'est faite jour. Elle se concrétise, au niveau des responsables nationaux et régionaux, par le financement et l'encadrement des recherches et des expérimentations menées sur plusieurs thèmes : les équipements d'auscultation de canalisations (appareillages de détection, de mesures des débits ... ) ; la modélisation mathématique du fonctionnement des ouvrages ; les équipements de curage .... Mais cet effort reste limité au stade de la recherche et de l'expérimentation. Les collectivités locales sont, en fait, peu touchées par ce mouvement de modernisation (20). Néanmoins, on remarque aujourd'hui une certaine évolution dans l'organisation des services d'assainissement des grandes communes qui se concrétise, d'une part, par le recrutement de personnel qualifié (cf. § les capacités d'entretien du service, Chapitre III, Deuxième Partie) capable

de mettre au point une nouvelle forme de gestion, d'autre part, par l'équipement des services en matériel d'inspection des réseaux (de plus en plus les communes s'équipent de la caméra de télévision pour l'inspection des canalisations non visitables, du test à la fumée pour la recherche des raccordements mal conçus et des tests à l'air, à l'eau, pour le contrôle de l'étanchéité des joints (21)).

Ces nouvelles tendances dans le secteur de l'assainissement stimulent l'intérêt des responsables en faveur des réseaux. Elles encouragent ainsi l'amélioration des équipements, et donc, la réhabilitation. En effet, comme disent les intéressés aujourd'hui : "Il semble que les activités de réhabilitation vont s'accroître dans les années qui viennent" (22). Dans ces conditions, les grandes sociétés, placées dans le secteur de l'assainissement, commencent à s'intéresser à cette nouvelle ouverture du marché et à investir dans la rénovation (SOGEA, Pont-à-Mousson). Mais, le développement d'un tel mouvement nécessite, en réalité, des appuis supplémentaires d'ordre financier et technique.

## CONCLUSION

Le problème de la faible fiabilité des réseaux d'assainissement et de leur mauvais impact sur le rendement des stations d'épuration, soulevé par les Agences Financières de Bassin et le Ministère de l'Environnement après 1982, a été posé au niveau des responsables communaux par le biais de l'information/conseil et l'incitation financière. Les mesures prises contre ce problème, soutenues scientifiquement et financièrement par les Agences Financières de Bassin, ont porté en particulier sur : la réhabilitation des réseaux existants pour l'élimination des eaux claires parasites ; la recherche de l'étanchéité des nouvelles installations ; l'amélioration de la qualité des branchements des particuliers. Ce mouvement, de plus en plus important dans le cas des nouvelles constructions, reste peu développé dans le cas des installations déjà existantes. Les responsables communaux, généralement prêts à imposer les nouvelles recommandations techniques aux entrepreneurs des travaux d'assainissement, hésitent à

s'engager dans la voie de réhabilitation qu'ils maîtrisent mal et qui n'est pas porteuse sur le plan électoral (l'existence des eaux parasites est une anomalie difficilement perçue par les usagers des équipements et les citadins). Par ailleurs, les moyens d'incitation dont disposent les Agences Financières de Bassin étant de caractère incitatif et peu puissants après les restrictions financières de 1982 (cf. Chapitre II, Première Partie) ne s'avèrent pas suffisants pour mobiliser les services communaux. Il s'agit, en fait, d'un contexte qui n'implique pas de modifications du système, d'assainissement. Néanmoins, de nouvelles tendances apparaissent visant la modernisation du service. Parallèlement, la réhabilitation gagne progressivement l'intérêt des responsables et des grandes sociétés placées dans le secteur de l'assainissement.

SECTION II : LE CAS DE L'ANGLETERRE : UNE REPONSE TECHNIQUE A LA CRISE

§ 1. La détérioration des réseaux, un problème soulevé par les R.U.A.

La détérioration des réseaux d'assainissement a été reconnue en Angleterre en tant que problème national vers la fin des années 70. Comme nous l'avons vu précédemment (cf. § la remise en état des réseaux, premier objectif des R.U.A., Chapitre III, Deuxième Partie), la mise en évidence du mauvais état des équipements a été recherché après 1974 par les autorités régionales de l'eau (R.U.A) qui voulaient affirmer leur pouvoir. De même, le gouvernement central, pour valoriser sa politique (la réorganisation du secteur de l'eau), a soutenu les démarches entreprises dans cette direction. Ainsi, en 1977, la première enquête portant sur l'évaluation des réseaux d'assainissement au niveau national a été réalisée, sous l'égide du National Uater Council et du Ministère de l'Environnement. Les résultats obtenus à l'issue de cette enquête ont permis l'officialisation de la détérioration des équipements.

Depuis, de nombreuses études ont été faites pour identifier l'ampleur du problème au niveau de chaque région. Le rôle du Uater Research Center, dans le développement de ce mouvement, a été fondamental. Cet organisme de recherche, qui guide et coordonne les démarches des R.U.A, a favorisé la diffusion des informations par l'organisation de séminaires, facilitant ainsi l'application des programmes régionaux au niveau des districts. Les institutions techniques et scientifiques concernant le secteur ont également contribué à la reconnaissance du problème de détérioration des réseaux d'assainissement (séminaire organisé par l'Institute of Civil Engineers sur les résultats des enquêtes entreprises par les R.U.A en 1981, symposium organisé par l'Institution of Uater Engineers and Scientists sur la détérioration des réseaux en 1983 (23)).

Dans ces conditions, l'identification et la résolution du problème de détérioration des réseaux d'assainissement ont été proposées comme les thèmes principaux de la politique des Autorités de l'eau après 1978. Mais,

en même temps, le gouvernement central a imposé aux R.W.A toute une série de restrictions financières, visant à réduire leurs dépenses, qui limitaient forcément la mise en place de leurs programmes. La question de la détérioration des canalisations d'eaux usées est redevenue, alors, un sujet de discussions et de confrontations, mais cette fois entre le gouvernement central et les R.W.A (en 1982, le mauvais état des réseaux a été étudié dans l'enquête du "House of Lords Select Committee on Science and Technology" portant sur l'industrie de l'eau en Angleterre (23)).

Face à cette situation, qui menaçait leur autonomie et leur pouvoir, les autorités régionales de l'eau ont dû suivre trois types de démarches :

- se limiter aux projets jugés comme étant les plus valorisants ;
- en s'associant avec le W.R.C, procéder à des investigations détaillées sur la détérioration des canalisations afin d'évaluer avec précision l'état des équipements et de justifier ainsi leurs programmes et leurs dépenses ;
- développer, à l'aide du W.R.C, une stratégie de réhabilitation, basée sur des critères coût-efficacité.

## § 2. Les mesures prises ; pour une remise en état des réseaux

Les réactions des responsables anglais face à la dégradation des réseaux d'assainissement s'inscrivent en trois types de mouvement : le relâchement des normes de pollution ; le changement du mode d'usage des réseaux ; la réhabilitation des réseaux.

### a) Le relâchement des normes de pollution

Vers la fin des années 70, les Autorités de l'eau en Angleterre, bloquées par la réduction de leurs ressources et préoccupés par la détérioration de leurs équipements qui avait été portée à la connaissance du gouvernement central mais aussi du public, ont admis, au moins

officieusement, que la lutte contre la pollution de l'environnement représente un objectif secondaire. Cette position a été aussi adoptée par le W.R.C qui, en 1981, a décidé d'arrêter ses recherches en matière d'infiltrations et de fuites. Dans ces conditions, un grand nombre des R.W.A a assoupli les normes de pollution dans les rivières.

Cette attitude varie selon les régions, en fonction de l'importance des déficiences du service. En particulier, la région du Nord-Ouest a procédé à l'abaissement des normes le plus considérable de tout le pays. En effet, en 197B, pour éviter les poursuites judiciaires par les habitants, elle a modifié les niveaux de pollution, permettant ainsi à 74 stations d'épuration de déverser une quantité de pollution trois fois plus importante qu'auparavant. D'autres autorités ont aussi révisé leurs standards dans la même année, mais sans jamais atteindre le niveau adopté par la North West W.A. Signalons, par ailleurs, que ce relâchement considérable des normes n'a pas été suffisant pour la mise en conformité des installations d'épuration dans cette région caractérisée par le maximum de problèmes de détérioration des équipements d'assainissement. Ainsi, en 1981 , 38 des 108 plus grandes stations d'épuration de la région n'ont pas atteint les nouvelles conditions établies (*).

En général, deux tiers des R.W.A n'ont pas atteint leurs normes de pollution. Ainsi, en 1982, 1.000km de rivières et d'estuaires étaient considérés comme extrêmement pollués et 2.200km comme étant trop pollués pour que les poissons y survivent. Selon les déclarations des responsables (en particulier, du directeur du Yorkshire W.A), les objectifs de pollution ne seront pas respectés, au moins jusqu'en 1990 (24).

Le développement d'une telle attitude, qui entraîne la détérioration de l'environnement, a été favorisé par l'organisation du système

* 13 grandes installations de traitement recevaient des effluents supérieurs d"1/3 de ce qui avait été prévu. Précisément, la station de Glazebury à proximité de Manchester recevait <186 % des effluents estimés, la station de Keswich à Cumbria 322 %; la station de Parwen à côté de Blackpool 278 % et la station de Mossley au oisinage de Manchester 23't % (2h).

d'assainissement en Angleterre qui accorde la fonction d'exploitation, donc la responsabilité du service, et les fonctions d'imposition des normes et de contrôle du service à un seul organisme, c'est-à-dire aux R.W.A. Ce type d'organisation, dans le climat politique que nous avons décrit plus haut, a permis l'assouplissement des standards de pollution presque sans aucune difficulté. En effet, pendant cette période, le gouvernement central, préoccupé par les restrictions financières, ne se montre guère sensible vis-à-vis de la préservation de l'environnement. Par ailleurs, les services locaux se trouvent après 197A complètement exclus de la gestion des stations d'épuration. Donc, ils n'exercent aucune influence sur les décisions concernant l'épuration des eaux sales. Quant aux pressions des habitants, elles ne constituent pas, selon nos informations, un levier puissant de freinage de ce mouvement (en effet, les poursuites judiciaires engagées par les habitants dans la région du Nord-Ouest, basées sur le Public Health Act de 1936, se sont avérées d'une efficacité limitée (24)).

b) L'intervention sur le mode d'usage des réseaux

Après 1974, les Autorités de l'eau ont été sérieusement préoccupées par le poids des charges mécaniques et physico-chimiques exercées sur les canalisations. Ainsi, elles se sont adressées au W.R.C pour la mise en place d'une série de recherches portant sur l'analyse et l'évaluation des effets du trafic, des mouvements de terrains, de la surcharge hydraulique et de la corrosion sur le comportement de la structure matérielle des équipements (-•'). Mais, leurs démarches pour empêcher, voire éviter le développement de ce type de charges ont été beaucoup plus lentes et, en fait, peu puissantes. Néanmoins, nous distinguons le développement de deux types de mouvements visant à modifier le mode d'usage des réseaux, qui se concrétisent en particulier par :

- l'imposition des limites au raccordement aux réseaux publics et des contraintes de développement dans les zones équipées de réseaux déjà

* Pour la réalisation de tel type de recherches, les autorités régionales se sont adressées aussi aux Universités (en 1982, le North West-W.A. a mis en place un projet de recherche en collaboration avec l'Université de Manchester (Department of Geology) (25)).

surchargés. Il faut ajouter ici le renforcement, ou mieux l'application pour la première fois, du contrôle des nouveaux branchements ;

- la considération du rôle du trafic et l'entreprise des démarches pour empêcher l'augmentation du tonnage des grands camions. En fait, le rapport entre les lourds véhicules et l'endommagement des réseaux souterrains n'est pas encore bien établi. Néanmoins, les responsables du service estiment que son existence est évidente. Ils proposent donc l'interdiction de toute augmentation concernant les charges de tonnage (25).

Ces mouvements reflètent la reconnaissance par les responsables du besoin d'intervenir sur le mode d'usage des réseaux, pour empêcher le processus de la détérioration. Mais cette tendance ne vise nullement à modifier le mode d'utilisation des équipements (au moins pour les usagers déjà raccordés), ni à transformer le rôle des usagers. En effet, aucune mesure efficace n'a été prise contre les branchements illicites déjà construits (*), ni non plus contre la nature des rejets déversés dans les collecteurs communaux. Ainsi, même si les R.UJ.A ont largement insisté sur les conséquences des effluents corrosifs, sous l'argument qu'il est très difficile à mesurer l'impact de ces effluents sur les matériaux, l'expression de cet intérêt n'a pas donné lieu à des suites concrètes. Néanmoins, des négociations sont aujourd'hui menées à propos de la responsabilité des industriels dans l'endommagement des collecteurs (25).

c) La réhabilitation des réseaux

La réhabilitation représente la réponse fondamentale des responsables anglais face à la détérioration des réseaux d'assainissement. En effet, à la suite de la reconnaissance du mauvais état des équipements, les R.UJ.A, en collaboration avec le UJ.R.C, ont recherché une solution technique efficace qui leur permettrait d'atteindre leurs objectifs. Ils ont élaboré un programme d'action basé sur le critère coût-efficacité qui propose une résolution systématique et économique du problème. Ce programme, publié en

* Selon les responsables, l'ampleur du problème des mauvais branchements est tellement considérable que toute intervention pour apporter des remèdes à ce problème s'avère économiquement irréalisable *(Zh)*.

1983, a été officiellement soutenu par le gouvernement central,, de sorte qu'il influe aujourd'hui considérablement sur la politique d'assainissement en Angleterre (*). En réalité, il constitue un lien qui permet les négociations entre les autorités de l'eau et le gouvernement central : il justifie la nécessité des dépenses, mais en même temps, il respecte les restrictions financières imposées par le Secrétariat d'Etat à l'Environnement (**).

Précisément, la stratégie élaborée par le W.R.C est basée sur deux points principaux que nous développons ci-dessous.

- D'une part, appuyée sur le fait que le volume des dépenses effectuées correspond à une petite partie des réseaux (80% des dépenses correspondent à 10% des incidents "d'effondrements" (cf. § l'estimation des dépenses pour la remise en état des réseaux, Chapitre III, Deuxième Partie), elle propose l'application d'une investigation uniquement dans la partie des réseaux jugés comme étant dans un état critique. Pour le reste, donc la masse des équipements, une approche de crise doit être suivie. Ainsi, ce programme recommande la classification des collecteurs en trois catégories (A, B, C). Les deux premières représentent les réseaux étant dans un état critique et concernent les canalisations où les défauts hydrauliques et de structure sont les plus importants. En particulier, dans les catégories A et B, ont été classés les réseaux dont la défaillance est trop coûteuse (en coûts financiers et sociaux). Les caractéristiques qui accompagnent précisément ces réseaux sont :

* En 1982, la Direction des Autorités de l'eau et le Département d'Etat à l'Environnement ont souligné le besoin de prendre en compte cette stratégie dans l'établissement des objectifs du service. Aussi, la "House of Lord Select Committee" a recommandé aux gouvernements locaux l'adoption de cette stratégie (26).

** Précisément, les objectifs de ce programme consistent à :

. offrir une qualité de service acceptable en tenant compte : des coûts ; des conséquences dans l'environnement ; et du besoin d'apporter des remède à la dégradation dans une période considérée comme raisonnable ;

. atteindre les objectifs précédents aux moindres coûts en cherchant une amélioration continue de la performance et en utilisant de la meilleure façon la main-d'oeuvre et les équipements ;

. se conformer aux limites financières imposées par le Secrétariat d'Etat à l'Environnement (26).

- la qualité médiocre du sol ;
- la grande profondeur des tuyaux ;
- l'utilisation de la brique comme matériau de construction ;
- le large diamètre des canalisations ;
- leur emplacement au-dessous des rues de forte circulation ;
- leur emplacement dans les centres des villes et au-dessous des immeubles (23).

La catégorie C représente les réseaux en état non critique et concerne les canalisations qui sont en bon état, ainsi que celles dont l'effondrement ou la mise hors service ont un coût relativement peu élevé (aujourd'hui, on estime que la catégorie A correspond approximativement à *b%* des réseaux britanniques (12.000km), la catégorie B à 15% et la catégorie C à 80%) (26).

- D'autre part, cette stratégie propose une démarche de caractère prévisionnel permettant l'amélioration/adaptation continue des réseaux. Précisément, elle vise l'anticipation des besoins futurs pour la mise à jour des projets et le contrôle des dépenses de réhabilitation au fur et à mesure que les installations vieillissent. Dans cette optique, ce programme recommande l'application d'une investigation centrée sur l'état physique des équipements et -en même temps sur leur performance hydraulique. L'étude doit être organisée par bassin versant et doit permettre le développement d'un programme d'intervention à long terme en tenant compte de toutes les anomalies identifiées dans chaque région drainée. Hais cette investigation, appelée "investigation complète", n'est recommandée que quand les canalisations qui se trouvent dans un état critique sont surchargées ou quand la réhabilitation structurelle semble être conditionnée par des problèmes hydrauliques. Dans le cas contraire, une investigation simplifiée doit être adoptée. La remise en état des ouvrages est en fait jugée prioritaire par rapport à l'amélioration de leur performance fonctionnelle (la figure 19 présente l'organigramme analytique de l'investigation "complète" et la figure 20 l'organigramme de l'investigation "simplifiée") (26).

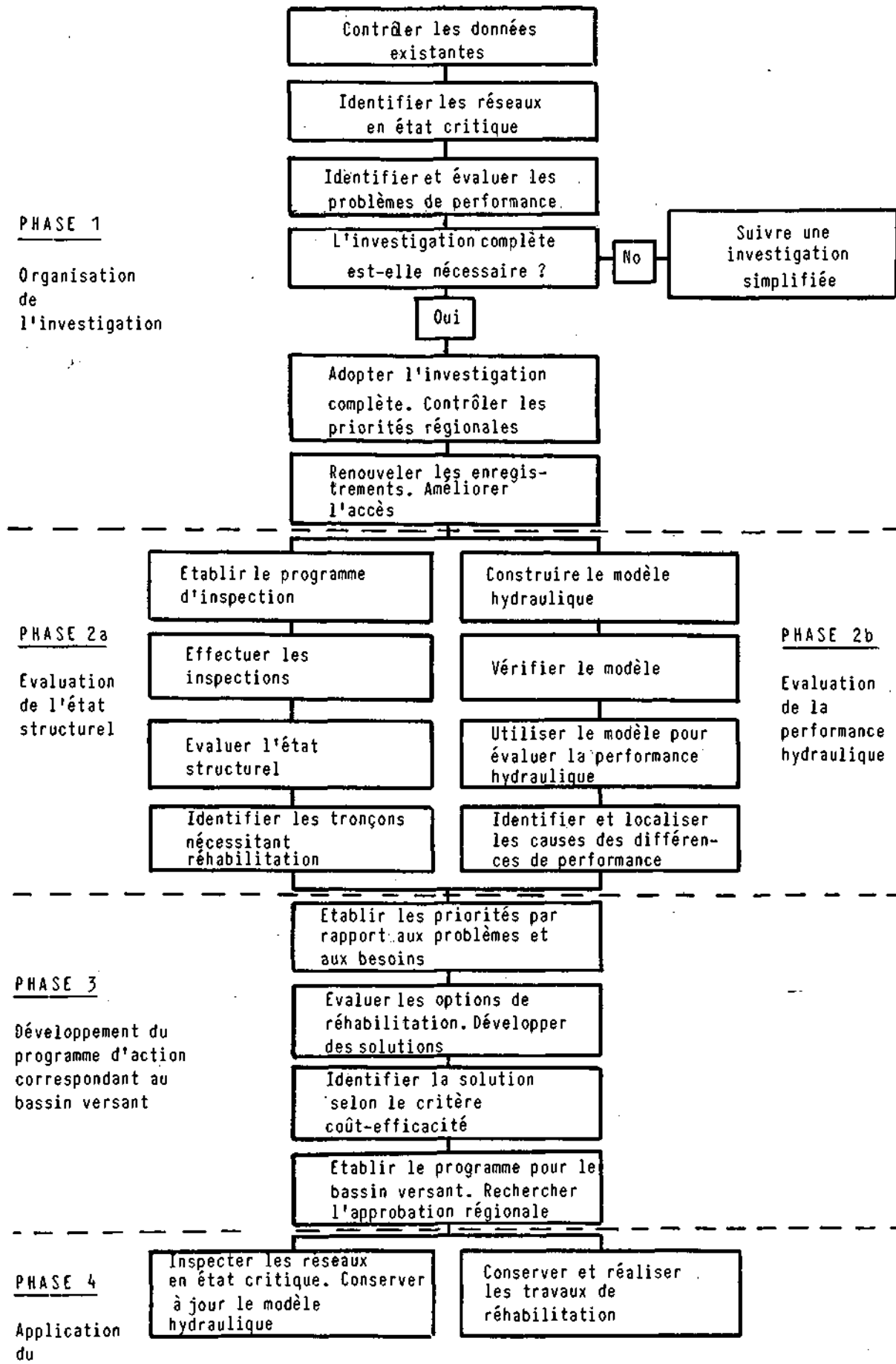



Figure 19 : Organigramme de l'"investigation complète" de l'état des réseaux

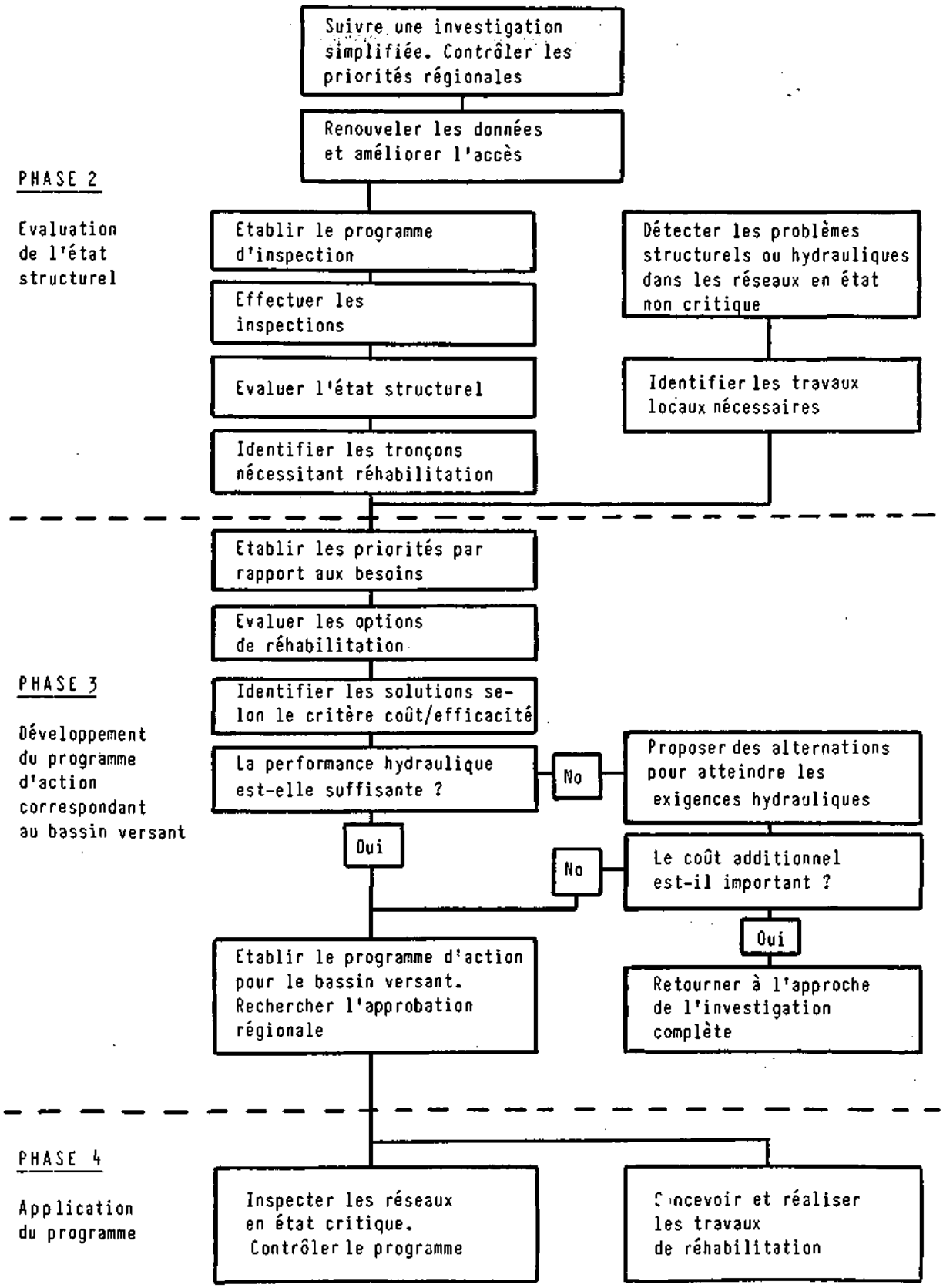



Figure 20 : Organigramme de l'"investigation simplifiée" de l'état des réseaux

Source : WATER RESEARCH CENTER, WATER AUTHORITIES ASSOCIATION, Sewerage Rehabilitation Manual, Swindon, Water Research Center, 1983.

Aujourd'hui le programme décrit ci-dessus se trouve dans .une phase d'expérimentation. En effet, en 1983, tous les R.W.A (excepté la Severn Trent Water Authority (*)) ont accepté d'appliquer cette approche dans un de leurs districts pendant 2-3 ans, afin de la tester. Mais, cette stratégie de sélection des canalisations à réparer a été critiquée par plusieurs responsables régionaux et locaux. Le classement des réseaux en catégories, basé sur des critères sociaux (ampleur des conséquences et des coûts sociaux suscités), se confronte à des questions politiques (pour sa part, le W.R.C précise que le critère dominant pour le classement des canalisations doit être la contrainte de trafic) (27).

Pour la réhabilitation des installations, cette stratégie favorise la rénovation plutôt que le remplacement. En effet, selon les responsables du W.R.C, mais aussi des R.W.A, le service ne peut pas, actuellement, supporter les coûts (financiers et sociaux) prohibitifs qui accompagnent le remplacement des réseaux d'une manière traditionnelle. L'adoption des techniques de rénovation, qui permettent d'éviter les travaux d'excavation, s'avère donc indispensable (28). Pour résoudre le problème de la surcharge hydraulique, les méthodes de réduction du volume des effluents et d'aménagement des flux ont été fermement conseillées par rapport au remplacement et au renforcement des réseaux. L'ouverture des déversoirs d'orage est ainsi largement utilisée en Angleterre pour éviter les inondations et les débordements, au détriment de la qualité de l'eau des rivières, (les régions caractérisées par un niveau de déficience des équipements élevé comptent le plus grand nombre de déversoirs d'orage (**)).

La rénovation des réseaux avait été favorisée par la politique des R.W.A, déjà depuis 1974. Plusieurs opérations de rénovation ont été réalisées durant cette période, et surtout après la fin des années

* Le Severn Trent Water Authority a été orienté vers une version légèrement modifiée de cette stratégie (23).

* Dans la région du Nord-Ouest il existe 1.600 déversoirs d"orage. ce qui représente un nombre plus élevé que celui des déversoirs d'orage du reste du pays (29)- En particulier, le ˙éseau d'égouts qui équipe le centre de la ville de Bolton compte 100 ouvertures de déversoirs d'orage au lieu de 15-20 qui serait le maximum permis pour préserver le qualité de l'environnement (30).

70 (*)• l^ais, les travaux de rénovation ont été sensiblement augmentées après 1983 (en 1982 les dépenses de réhabilitation de l'ordre de 70 à 100 millions de livres, dont 7 à 8 millions pour la rénovation (26) (27), se sont élevés en 1984 à 180 millions de livres, dont 65 millions de livres consacrés à la rénovation (28) (31)).

§ 3. Les transformations du système d'assainissement ; les nouvelles orientations après 1974

Comme nous venons de le voir, toutes les mesures prises contre la détérioration des réseaux d'assainissement concernent des interventions de caractère technique. Aucune collaboration avec les usagers n'a été proposée pour apporter des solutions au problème et très peu de contraintes ont été imposées pour l'utilisation des équipements (**). Cela n'est pas surprenant étant donné que les Autorités de l'eau, qui définissent depuis 1974 les programmes en assainissement, sont dirigées par des ingénieurs. Elles favorisent donc la technicisation du service et les solutions techniques qui les valorisent (rappelons que cette caractéristique intrinsèque à l'organisation des R.W.A a constitué le principal argument de leur efficacité par rapport à celle des services de district, pour justifier le transfert du pouvoir du niveau local au niveau régional).

Les trois niveaux de réponses à la dégradation des réseaux, présentés ci-dessus, expriment, en fait, et consolident les nouvelles tendances développées au sein du système d'assainissement après la réorganisation de l'industrie de l'eau de 1974, c'est-à-dire : la centralisation du pouvoir; l'apolitisation du service ; la consolidation du profil technologique du secteur.

* La ville de Manchester avait développé son propre programme de réhabilitation en 1980 (25).

** Néanmoins, au niveau des districts, il y a eu des démarches pour informer le public à propos du mauvais état des ouvrages et cela, en particulier, dans les régions caractérisées par des effondrements. La ville de Manchester a, par exemple, ouvert un dialogue régulier avec les Chambres de Commerce pour discuter les propositions faites et les mesures prises à la suite de l'apparition des effondrements (29).

a) La centralisation du pouvoir

Comme nous l'avons déjà vu dans la première partie de ce travail, le contrôle du service est passé, après 1974, aux mains des Régional UJater Authorities. Théoriquement, les décisions concernant le secteur sont prises par les ingénieurs-experts des R.W.A avec les membres représentant les districts. Or, la divergence des valeurs et des intérêts (*)> qui caractérise ces deux types d'agents, n'a pas permis le développement d'un dialogue constructif entre eux. Au contraire, les ingénieurs des R.W.A, en utilisant leurs connaissances techniques et leurs capacités d'expertise, ont très vite bloqué les représentants locaux. De plus, l'adoption des solutions basées sur la technique, dans ce climat d'antagonisme, a laissé très peu de possibilités d'intervention aux agents municipaux. La présence de ces derniers a été jugée inutile et même gênante pour l'application de la politique proposée. Ce qui a permis, en fait, au gouvernement central de supprimer facilement, en 1982, les membres des R.W.A représentant les districts. De plus, la nouvelle loi sur l'eau de 1982 a donné aux R.W.A le droit de gérer seules les réseaux d'assainissement des communes sans entrer en relation d'agence avec les districts (cf. Chapitre III, Première Partie). La technicisation du service a alors permis la concentration du pouvoir au niveau des dix autorités régionales, créées en 1974.

Mais en même temps, le gouvernement central, visant à affaiblir le pouvoir des R.W.A tout en minimisant les dépenses publiques, a réduit aussi le personnel des autorités régionales (**). De même, il a remplacé le National Water Council, qui était devenu un pôle puissant d'influence dans le secteur, par le Water Authorities Association, cette dernière étant limitée à un rôle de coordinateur (cf. les agents du système d'assainissement, Chapitre III, Première Partie). En réalité, ces modifications ont accentué le rôle du Water Research Center qui dispose toujours

* En effet, les agents locaux, en tant que corps élus, définissent leurs programmes visant à des objectifs sociaux (la réduction du chômage, l'amélioration des équipements communaux, etc.). Par contre, les ingénieurs régionaux sont des professionnels de l'eau qui favorisent des solutions basées sur le critère économique classique coût-efficacité (32).

** Entre 1979 et 1983, les effectifs employés des R.W.A ont été réduits de 8% (23).

des moyens techniques et du personnel qualifié nécessaires pour mener une politique basée sur l'efficacité et la technique. En particulier, le UJ.R.C, en ayant une fonction d'assistance scientifique et de coordination, voire de diffusion du savoir-faire, a considérablement influencé, durant toute cette période, la politique nationale d'assainissement. Le lancement du nouveau programme de réhabilitaiton que nous avons présenté plus haut, proposé par cet organisme de recherche, constitue le point culminant de ce mouvement d'influence. En effet, en le proposant comme une solution technique qui vise des objectifs strictement déterminés, ce programme conduit finalement à la concentration du pouvoir du service aux mains des quelques experts membres du UJ.R.C et des directions des R.UJ.A (nommées par le Ministère de l'Environnement). De plus, il favorise la consolidation du contrôle du service par le gouvernement central, étant donné qu'il permet à ce dernier d'intervenir sur le secteur en définissant simplement les objectifs de ce programme technique (rappelons que le respect des contraintes financières imposées par le Ministère de l'Environnement a conditionné les finalités du programme proposé par le W.R.C).

b) La dépolitisation du service

La technicisation du service a favorisé la dépolitisation des décisions concernant le secteur. En effet, les démarches adoptées, abritées derrière l'argument de la neutralité technique, sont présentées comme apolitiques, et finalement, comme les seules démarches capables d'apporter des solutions efficaces. Comme disent actuellement les responsables de l'eau : "l'Angleterre est le premier pays du monde dont les politiciens ont accepté que l'eau constitue plutôt un problème scientifique et technique qu'un problème politique" (33). Ainsi, durant les années 70, l'assainissement cesse d'être considéré comme un service chargé de la sauvegarde de la santé publique et devient un service à caractère industriel, qui vise à une gestion basée sur le principe coût-efficacité. L'organisation des R.UJ.A, en tant qu'institutions dirigées par des ingénieurs non élus, a consolidé cette tendance. Parallèlement, l'instauration de la redevance sur service pour le financement des opérations a concrétisé ce nouveau profil du secteur vis-à-vis de l'opinion publique (en obligeant l'usager à

payer pour ce qu'il consomme/utilise, ce nouveau mode de financement a rendu l'objet de l'assainissement un bien de marché).

L'affaiblissement du rôle social du service d'assainissement a permis en 1983 l'élaboration des premières propositions pour la privatisation des R.UI.A. La thèse développée dans la période Victorienne, selon laquelle le pouvoir de vie et de mort, c'est-à-dire la santé publique» ne doit pas être laissé entre des mains privées avait en effet perdu de son poids (23).

c) La consolidation du profil technologique du secteur

Après 1974, le développement de nouveaux types de technologies a été envisagé en Angleterre comme indispensable à la résolution du problème de dégradation des réseaux. L'existence du W.R.C a renforcé cette position. Dans ce cadre, la création d'un ensemble d'entreprises spécialisées dans l'inspection et la réhabilitation des canalisations a été encouragée par l'Etat (34). Ces nouveaux organismes ont collaboré avec le W.R.C et ont contribué au développement de son programme de recherche (32).

Par ailleurs, la politique adoptée par les R.W.A, ainsi que le programme de réhabilitation proposé par le W.R.C en 1983 contre la détérioration des canalisations, en se focalisant sur l'identification des réseaux en mauvais état et sur leur rénovation, ont accentué le besoin de techniques performantes d'inspection et de réhabilitation. Ainsi, plusieurs recherches et études ont été entreprises par le W.R.C avec la collaboration des R.W.A et le soutien du Ministère de l'Environnement, pour le perfectionnement des méthodes de diagnostic et le développement de nouveaux matériaux et techniques de rénovation (*).

Il s'agit d'un climat qui a favorisé l'innovation et qui a entraîné le renforcement des capacités technologiques du secteur de l'assainissement. Ce mouvement a suscité, en particulier, le développement de quatre domaines que nous examinons ci-dessous.

* Plusieurs essais ont été effectués dans le site d'expérimentation du W.R.C à Wroughton. Aussi l'application de nouvelles techniques dans les réseaux publics a été encouragée par le Ministère de l'Environnement. Pour ces dernières expérimentations- réalisées sous la surveillance du W.R.C. les R.W.A ont mis à sa disposition une partie de leurs réseaux. Le risque d'échec était partagé par les clients, les fabricants et les entrepreneurs (35)-

- L'inspection des réseaux : depuis 1974, un progrès considérable a été fait dans l'utilisation de la caméra de télévision pour l'inspection des collecteurs non visitables. Ce moyen de détection a été perfectionné, devenant ainsi un appareil automatisé sophistiqué. L'intérêt des recherches a été concentré surtout sur l'amélioration de la qualité des données obtenues (qualité de l'image) et de leur stockage (enregistrement sur magnétoscope). Aussi, des recherches sont actuellement en cours pour la mise au point d'une caméra de T.V permettant la prise d'une photo suivant l'axe vertical et non uniquement suivant l'axe longitudinal des canalisations.

De plus, de nouveaux appareils de détection ont été recherchés. Citons ici l'expérimentation d'un détecteur de cavités situées aux alentours des canalisations, mise en place en 1980.

- L'archivage des données et la classification des collecteurs : deux tendances ont été encouragées : la standardisation des défectuosités ; l'utilisation de l'informatique pour l'archivage et la diffusion des données. Ainsi, depuis 1980, une codification uniforme a été utilisée au niveau national pour la description et l'enregistrement des défauts des canalisations (36) (37). De plus, la diffusion et le perfectionnement des archives à microfilms, déjà utilisés, ont été stimulés (26).

- L'étude du comportement du réseau : l'analyse hydraulique des systèmes d'assainissement, à l'aide de modèles mathématiques, s'est considérablement développée ces dernières années, dans un souci de meilleure connaissance du comportement hydraulique du réseau et pour permettre le choix des solutions appropriées de réhabilitation (26) (38).

Parallèlement, plusieurs recherches portant sur le comportement structurel des canalisations ont été effectuées. Notons ici les études faites sur : la solidité des différents types de collecteurs (en brique ou en grès ..., circulaires ou ovoïdes ...) sous l'effet des charges verticales (charge de trafic) et horizontales (mouvement de terrain) (*) (39) (40) ;

* Les organismes et les laboratoires de recherche, concernés par les questions des routes et du trafic, ont aussi collaboré à l'élaboration de ces recherches.

le vieillissement des matériaux et la détérioration-déformation des canalisations ; l'évolution des défauts de structure des canalisations dans le temps (26) (41). Des modèles analytiques ont été créés, qui permettent de définir rapidement et avec précision la solidité de l'ouvrage et le "risque d'effondrement" (40.).

- La réhabilitation des réseaux : une grande variété de nouvelles techniques de rénovation (que nous étudions dans le chapitre III) a été développée. Il s'agit, en particulier, des méthodes qui permettent la réparation et le renouvellement des canalisations sans besoin de travaux d'excavation. La diffusion de ces techniques a été suivie par le perfectionnement des systèmes de désobstruction des canalisations (utilisation des procédés mécaniques ou hydro-pneumatiques téléguidés) et le développement des systèmes automatiques (contrôlés à distance) capables d'accomplir des tâches auxiliaires à la mise en oeuvre des techniques (appareils automatiques pour connecter et déconnecter les branchements) (35).

Par ailleurs, depuis 1979, de nombreux tests ont été effectués pour identifier l'effet des substances agressives et pour développer les matériaux les plus appropriés à la rénovation des réseaux (aujourd'hui il est officiellement admis que ces matériaux doivent offrir une garantie d'une durée de vie d'au moins 50 ans) (35).

Ce développement technologique du secteur de l'assainissement, dans les années 70, a permis à l'Angleterre de se placer au premier rang de la technologie de restructuration des réseaux d'assainissement et de devenir, ainsi, un fort concurrent sur le marché international. En effet, ces dernières années, les Services Consultatifs Internationaux des R.W.A, les sociétés d'ingénierie, les entrepreneurs et les fabricants, ont travaillé ensemble pour promouvoir l'exportation des techniques et des projets britanniques (Thames Uater Authority a accueilli 1 .050 visiteurs étrangers de 36 pays différents pendant l'année 1982-83 (35)). Parallèlement, de nouveaux organismes spécialisés aux affaires internationales ont été créés. Ainsi, en Septembre 1983, le UJ.R.C et un certain nombre de sociétés d'ingénierie ont constitué le Advanced Water Technology (A.W.T) couvrant

les activités de réhabilitation des canalisations, d'inspection hydraulique et d'évaluation structurelle des réseaux. Son objectif est précisément d'adapter la technologie anglaise aux besoins des pays étrangers (35).

## CONCLUSION

Le problème de la détérioration des réseaux d'assainissement a sérieusement préoccupé les R.UJ.A après 1977. Dans le climat des restrictions financières, imposées par le gouvernement THATCHER après 1978, et dans le souci de faire preuve de leur efficacité (d'une part pour justifier leurs programmes et, donc, leurs dépenses au gouvernement central, d'autre part pour s'imposer aux autorités locales, réclamant la gestion du service d'assainissement), les R.UJ.A, en collaboration avec le UJ.R.C, ont développé une approche technique pour la remise en état des canalisations. Elles ont précisément élaboré une stratégie de réhabilitation ayant des objectifs strictement déterminés et hiérarchisés visant à éviter les catastrophes, c'est-à-dire les effondrements les plus lourds sur le plan économique. La protection de la santé publique et la protection de l'environnement sont des objectifs non prioritaires dans cette stratégie. La pollution de l'environnement, causée par le mauvais état des équipements, a été ainsi envisagée par l'abaissement des normes de pollution. Pour faire face à l'état critique des réseaux, les démarches de réhabilitation ont été accompagnées par des mesures contre la surcharge des canalisations. Toutefois, l'orientation principale de la stratégie des R.UJ.A contre la dégradation des réseaux d'assainissement porte essentiellement sur l'adaptation des ouvrages aux contraintes physico-mécaniques et chimiques exercées, c'est-à-dire sur leur restructuration. Cette attitude face à la détérioration des équipements exprime les nouvelles orientations du service d'assainissement après la réorganisation du secteur de l'eau de 1974. Ces nouvelles orientations consistent en particulier à : centraliser le service au niveau des directions des R.UJ.A et du UJ.R.C, c'est-à-dire finalement du gouvernement central ; soustraire au service son rôle social ; consolider le profil technologique du secteur par le développement de

nouveaux outils techniques en uue d'une approche scientifique de gestion/préseruation du patrimoine des réseaux. Il s'agit d'une transformation des structures du système d'assainissement (on passe d'un système qui intègre un service public à un système organisé selon les principes d'une entreprise).

## SECTION III : LE CAS DES ETATS-UNIS : UNE REPONSE ADAPTEE AUX .NOUVELLES EXIGENCES D'ASSAINISSEMENT

### § 1. La non conformité des réseaux, un problème imposé aux services locaux

Comme nous l'avons présenté dans la Deuxième Partie, Chapitre III, la dégradation des réseaux d'assainissement aux Etats-Unis s'explique, d'une part, par l'évolution des finalités associées aux équipements de collecte et d'épuration des eaux usées qui a eu lieu après 1972, d'autre part, par l'incompétence du système d'assainissement à assurer la préservation des ouvrages. L'état de dégradation qui caractérise le secteur depuis les années 70 reflète précisément l'écart entre la performance effective des installations et les normes établies par l'Environmental Protection Agency (E.P.A). La responsabilité du service d'assainissement étant à la charge des gouvernements locaux, donc nettement séparée de la définition des normes et des standards, réalisée au niveau fédéral par l'E.P.A, il n'y a pas eu de compromis sur la question de la dégradation. D'autant plus que l'E.P.A est aussi directement chargé de la police des eaux, donc du contrôle des gouvernements locaux. Ainsi, par une série de mesures, telles que l'imposition des périodes limites pour l'amélioration des ouvrages, la pénalisation des services d'assainissement non conformes (*), et l'allocation des subventions fédérales pour la réalisation de travaux apportant des remèdes, l'E.P.A a fait prendre conscience de la dégradation des réseaux aux responsables locaux.

Depuis 1982, l'intervention fédérale dans la réalisation des travaux municipaux a diminué, fait qui reflète la conviction du nouveau gouvernement que les équipements urbains se conçoivent comme une responsabilité entièrement locale. Les montants des subventions, de même que le nombre de travaux bénéficiant des aides financières, ont été réduits pour finalement être supprimés en 1984. Par ailleurs, la politique financière adoptée par l'administration de REAGAN a entraîné la diminution des ressources traditionnelles communales (cf. § le financement du service, Chapitre IV, Première Partie). Désormais les collectivités locales se trouvent, donc, privées des moyens nécessaires pour pallier l'état de dégradation de leurs

* Plusieurs sont les cas où l'EPA a porté en justice les autorités locales (municipalités et districts) pour les obliger à se conformer à la régmementation (par exemple, la ville de Boston) Ct2).

équipements d'assainissement. D'autant plus qu'elles sont confrontées aux problèmes d'une crise générale d'infrastructure (cf. Annexe 7 ).

Devant cette situation, les gouvernements locaux diminuent forcément leurs investissements. Mais, étant toujours contraints par le système de normes et de mesures de contrôle imposé par l'E.P.A, ils s'orientent vers de nouveaux modes d'organisation et de financement du service d'assainissement pour faire face à l'état de dégradation des équipements.

## § 2. Les mesures prises : pour une adaptation des équipements

Les réactions des responsables du service aux niveaux local, fédéral et national, contre la dégradation des réseaux d'assainissement s'inscrivent en trois types de mouvements : l'assouplissement des standards d'épuration ; la modification du mode d'utilisation des équipements ; la réhabilitation des réseaux.

### a) L'assouplissement des standards d'épuration

Après 1981, devant la crise fiscale qui touche l'ensemble des villes des Etats-Unis et le refus du gouvernement fédéral de financer les programmes d'assainissement, les objectifs de l'E.P.A ont été révisés et les exigences en matière de réduction de la pollution réexaminées, afin de rapprocher les besoins estimés des moyens financiers disponibles. De plus, les responsables de cet organisme, chargé de la préservation de l'environnement, 11 ans après les premières enquêtes d'évaluation des besoins, ont reconnu que les objectifs de dépollution initialement établis étaient très ambitieux (les coûts réels pour la mise en conformité des équipements d'assainissement durant les années 70 dépassaient largement les coûts escomptés). Une tendance s'est développée alors, depuis le début des années 80, qui vise à l'assouplissement des normes et des standards en matière d'épuration des eaux usées (43).

Rappelons que le Clean Water Act, en 1977, avait déjà apporté une première série de transformations au décret de 1972, en abaissant les normes de pollution concernant les eaux pluviales et les exigences pour le traitement des eaux usées dans les communes littorales, fiais, la particularité du mouvement de transformations, suscité après 1981 , porte sur son action modificatrice des orientations générales des programmes lancés par l'E.P.A. Ces derniers sont désormais déterminés par rapport à des objectifs spécifiques de qualité des eaux, donc, des objectifs strictement définis et non par rapport à la réglementation (43). Ainsi, l'utilisation des méthodes alternatives, pour le vraitement secondaire, est agréée par les responsables, tant que les normes de pollution sont respectées. Dans la même optique, le dépassement des taux-limites pour les effluents déversés est autorisé, tant que la station d'épuration municipale peut traiter ces types de rejets et que les normes de pollution sont suffisamment respectées (cf. § l'utilisation des équipements, le rôle des industriels, Chapitre IV, Première Partie).

Jusqu'à nos jours, cette tendance d'adapter les procédés d'épuration aux capacités financières des services n'exprime pas la volonté d'affaiblir les normes de pollution mais plutôt l'intention d'orienter les responsables locaux vers des solutions réalistes. A ce propos, nous soulignons que l'Administration de M. REAGAN, face à la sensibilité grandissante de l'opinion publique aux problèmes de pollution, a été obligée de réviser sa position première qui soutenait l'abaissement des exigences de qualité de l'environnement. Ainsi, l'application rigoureuse des normes de qualité semble dominer durablement la direction des programmes d'assainissement aux Etats-Unis, après la tentative inverse des débuts des années 80 (44). Néanmoins, le fait qu'on introduise l'idée de la tolérance (pour le moment uniquement dans le cas où la qualité de l'environnement n'est pas en danger) s'accompagne toujours du risque de créer des conditions d'inégalité selon les villes (on peut, par exemple, tolérer la faible performance des équipements dans les villes en détresse tant qu'elle n'implique pas de conséquences de pollution dans les zones environnantes et, donc, autoriser la détérioration des installations dans certaines communes). L'expression de ce risque n'est bien sûr qu'une

hypothèse, toutefois renforcée par le climat général qui caractérise aujourd'hui le contexte urbain aux Etats-Unis (crise fiscale des villes, tendance de la politique fédérale à laisser à l'abandon les villes en déclin . . . ) . D'ailleurs, nous signalons que les délais limites, pour la mise en conformité des équipements, ont été prononcés après 1982 au niveau national.

b) La modification du rôle des usagers

Le décret de 1972 (Fédéral Water Pollution Control Act), en imposant une série de limites pour les rejets admissibles dans les canalisations publiques, a rendu une partie de la responsabilité du service aux usagers. Ces mesures, prises contre la dégradation des équipements collectifs, concernaient particulièrement les industriels qui, d'une certaine façon, sont devenus depuis des partenaires des agents exploitants au aonditionnement des ouvrages (dans plusieurs villes les taux limites pour les effluents rejetés étaient même définis en collaboration avec les industriels) . Cette loi a eu des conséquences importantes sur la perception de la responsabilité du service. Elne a permis en particulier le développement d'une nouvelle mentalité, selon laquelle les industriels doivent informer les responsables d'assainissement locaux sur leurs activités et sur les moyens de production qu'ils utilisent, afin de justifier la naturg de leurs effluents (45).

Après .1981, les gouvernements locaux, contraints par la crise fiscale, et par le climat politique général (contrôle par les électeurs des budgets municipaux, revendication des contribuables en faveur de la diminution des impêts, position négative des habitants à l'égard de la réhabilitation et de l'entretien des équipements), se sont orientés vers une nouvelle redistribution des responsabilités du service. La nécessité de la sensibilisation du public en matière de besoins en assainissement et du développement de collaboration entre les usagers et les agents municipaux a été sérieusement envisagée pour la résolution du problème de dégradation des équipements. Ainsi, dans plusieurs villes, les particuliers ont été

encouragés à procéder eux-mêmes à la réparation de leurs branchements dans le cas d'intrusion des eaux parasites.

La nécessité de coopération des particuliers à l'amélioration de l'état des branchements a été reconnue, en particulier, vers la fin des années 70 aprs l'échec des opérations de réhabilitation visant à la réduction des eaux parasites. En effet, il a été constaté que la partie privée des réseaux, que constituent les branchements, contribue fortement à la canalisation dans les collecteurs des eaux d'infiltration et de captage. Une nouvelle démarche s'avérait donc indispensable pour que les gestionnaires du service puissent intervenir dans le domaine privé des équipements (jusqu'en 1977, même si la recommandation de l'E.P.A indiquait l'importance des sources d'eaux parasites situées dans le secteur privé, à cause des multiples problèmes juridiques (*) que posait une intervention dans ce domaine, les opérations de réhabilitation se limitaient dans la partie publique des réseaux (**) (47)).

Pour répondre B ces nouvelles conditions, la réglementation de plusieurs villes a été modifiée, d'une part pour autoriser les agents des gouvernements locaux à pénétrer dans les logements et inspecter les branchements, d'autre part pour forcer les propriétaires à les réparer, quand ils sont en mauvais état, ou à les déconnecter, quand ils sont illégaux. La nouvelle réglementation a donné aux agents exploitants des moyens très puissants pour faire face à la question des mauvais raccordements. Si les particuliers refusent de se mettre en conformité (sur une période de 60 jours), la municipalité ou l'autorité locale/district a le droit d'interrompre le service d'approvisionnement en eau potable, et parfois même d'assainissement. Mais en réalité, ces moyens de pression ne qont envisagés qu'en dernier recours. En général, les responsables du service essaient d'entretenir des rapports de collaboration avec les habitants. Ils les informent, donc, sur l'utilité des opérations. Dans plusieurs villes, les Associations de Propriétcires jouent aussi un rôle

* Le secteur privé ne bénéficiant pas des subventions fédérales, le financement de la réparation des branchements posait des problèmes considérables. Souvent les propriétaires refusaient de prendre la responsabilité des branchements illicites ; cela sutrout quand ils n'étaient pas ceux qui les avaient construits mais les propriétaires précédents (les coûts de réparation d'un branchement montent à 3-000-3-600 dollars -prix 198^) Ct6).

** Généralement les municipalités interviennent dans le secteur privé, uniquement pour remplacer des branchements effondrés ou complètement obstrués Ct6).

important dans le développement de ce climat de participation, en persuadant leurs membres d'adhérer à ce type d'actions. Parfois, ces associations exercent elles-mêmes les fonctions de police-contrôle. Les particuliers sont, ainsi, incités à entretenir les branchements de leurs logements à leurs propres dépenses (les exploitants des services techniques apportent pour leur part leurs capacités d'expertise, en suggérant les méthodes de réparation les plus convenables) (47).

On observe que depuis le début des années 70, mais surtout depuis 1981, de nouvelles conditions se développent, qui affectent le comportement et les responsabilités des usagers vis-à-vis des équipements d'assainissement. Les uqagers deviennent désormais juridiquement responsables de l'état des installations. Ils doivent respecter des normes liées au mode d'utilisation des ouvrages et ils doivent mettre en conformité les équipements d'assainissement, situés sur leur propre terrktoire, avec les standards officiels. Ce mouvement, qui reflète de la part des services responsables une volonté d'associer les habitants à la question de la dégradation des réseaux, conduit finalement à la personnalisation du service. Cette tendance est gn plus renforcée par l'orientation d'un nombre de plus en plus important des villes vers des moyens de financement basés sur le système de redevance (on fait payer le service non plus par les contribuables mais par l'usager) (cf. § les transformations du qystème d'assainissement : l'évolution des services urbains face à la crise des infrastructures).

c)' La réhabilitation des réseaux

Après 1972, les gouvernements locaux dans l'ensemble du pays commencent, sous l'influence de l'E.P.A et du nouteau climat de contraintes imposé par les amendements du Fédéral Ulater Pollution Control Act, à se préoccuper de l'amélioration de l'état de leurs équipements d'assainissement. En ce qui concerne les réseaux de collecte, ils se sont centrés, en particulier, sur les questions des eaux parasites et les conséquences des déversoirs d'orage, c'est-à-dire sur les points désignés par les programmes de l'E.P.A.

La présence des eaux parasites affectait les conséquences des déversoirs d'orage (elle accentuait nés événements de déversements) et le fonctionnement des stations d'épuration (elle diminuait leur rendement de pollution), c'est-à-dire les deux pôles de préoccupation des programmes fédéraux, focalisés sur la préservation de l'environnement. De ces faitq, l'élimination des eaux parasites a constitué, durant les années 70, un point central des objectifs nationaux en assainissement.

Pour inciter les responsables locaux à s'intéresser à ce problème, l'E.P.A a imposé, après Juillet 1973, une série des cmntraintes financières. Précisément, pour que les projets d'extension des installations de traitement bénéficient des aides fédérales les gouvernements locaux devaient démontrer que leurs systèmes de collecte d'eaux usées (systèmes séparatifs),"ne se caractérisaient pas par des "quantités excessives" d'eaux parasites ; la "quantité excessive" des eaux parasites étant déterminée à partir d'une analyse coût-efficacité basée sur la comparaison des opérations propres à empêcher l'intrusion des eauz parasites et des coûts correspondants au transport et à l'épuration de ces eaux indésirables. Dans le cas contraire, les services locaux devaient procéder à la réhabilitation des réseaux. Nous signalons, néanmoins que les déficiences de structures, qui l'étaient pas soumises au critère coût-efficacité, n'étaient pas recommandées-pour être- réparées (48). Toutefois, dans des cas particuliers, notamment : difficultés à la réalisation de la station d'épuration ; environnement fragile qui exige une intervention rapide contre la pollution ; situation critique à l'égard de la santé publique ; ou implication d'autres facteurs économiques et environnementaux similaires, des critères supplémentaires étaient pris en compte dans la définition des travaux nécessaires à réaliser (49).

Pour aider les gestionnaires des services à affronter ces contraintes, les ingénieurs de l'E.P.A offraient parallèlement leur contribution scientifique. En particulier, ils proposaient une directive générale pour l'organisation des travaux d'évaluation, qui comprenait trois phases : une analyse des eaux parasites (Infiltration Inflou Analysis) sur l'ensemble

du système de réseaux (elle ne devait pas être limitée par les juridictions politiques, districts, municipalités) ; une enquête d'évaluation du système de réseaux (Seuer System Evaluation Survey), c'est-à-dire une étude de diagnostic ; et finalement une analyse des coûts correspondants. (Dans le schéma 21 , nous illustrons analytiquement la démarche proposée par l'E.P.A.) (49). En ce qui concerne les opérations de réhabilitation, le U.S-E.P.A proposait, à titre de conseil, une série de recommandations (*) avec des indications sur les techniques adaptées.

Dans ces conditions, après 1973 et surtout après 1975, plusieurs opérations de réhabilitation ont été réalisées par les gouvernements locaux, suivant les lignes d'orientation proposées par l'E.P.A (**). Mais, les résultats obtenus par les opérations d'élimination des eaux parasites, durant les années 70, ont été très peu satisfaisants. Ainsi, vers la fin des années 70, l'efficacité des projets de réhabilitation a été fortement critiquée (certains observateurs soutenaient même que le programme de l'E.P.A était un échec et que les fonds nationaux avaient été imprudemment-dépensés) (52). En effet, les quantités d'eaux d'infiltration éliminées par la rénovation des réseaux n'étaient pas celle indiquées initialement dans les programmes. Selon une estimation faite en 1980, sur 18 opérations de réhabilitation, financées par l'E.P.A, aucune n'avait atteint les seuils envisagés pour la réduction des eaux parasites. En particulier, tandis que l'objectif de la rénovation était une réduction de l'ordre de AO à *90%* des eaux indésirables, le niveau atteint était de l'ordre de 0 à 6% (un seul projet avait dépassé 25%) (53). Les causes de l'échec de ces opérations résident, d'après les investigations poursuivies, dans l'insuffisance de la méthodologie d'analyse adoptée ("le problème des eaux parasites était plus compliqué qu'on ne le croyait, toute évaluation

* Il conseillait, par exemple, la rénovation ou le remplacement de toute la longueur des tronçons pour lesquels plus de 2/3 de la longueur était fracturée ou cassée Ct8).

** Nombreuses sont les villes qui ont procédé à la réhabilitation de leurs réseaux d'égouts, parce que l'E.P.A refusait de financer l'extension de leurs émissaires et de leurs stations d'épuration (New York, Washington, Hamilton Township, New Jersey, Newport, .News Virginia, Wishito, Kansas ...) (50) (51).

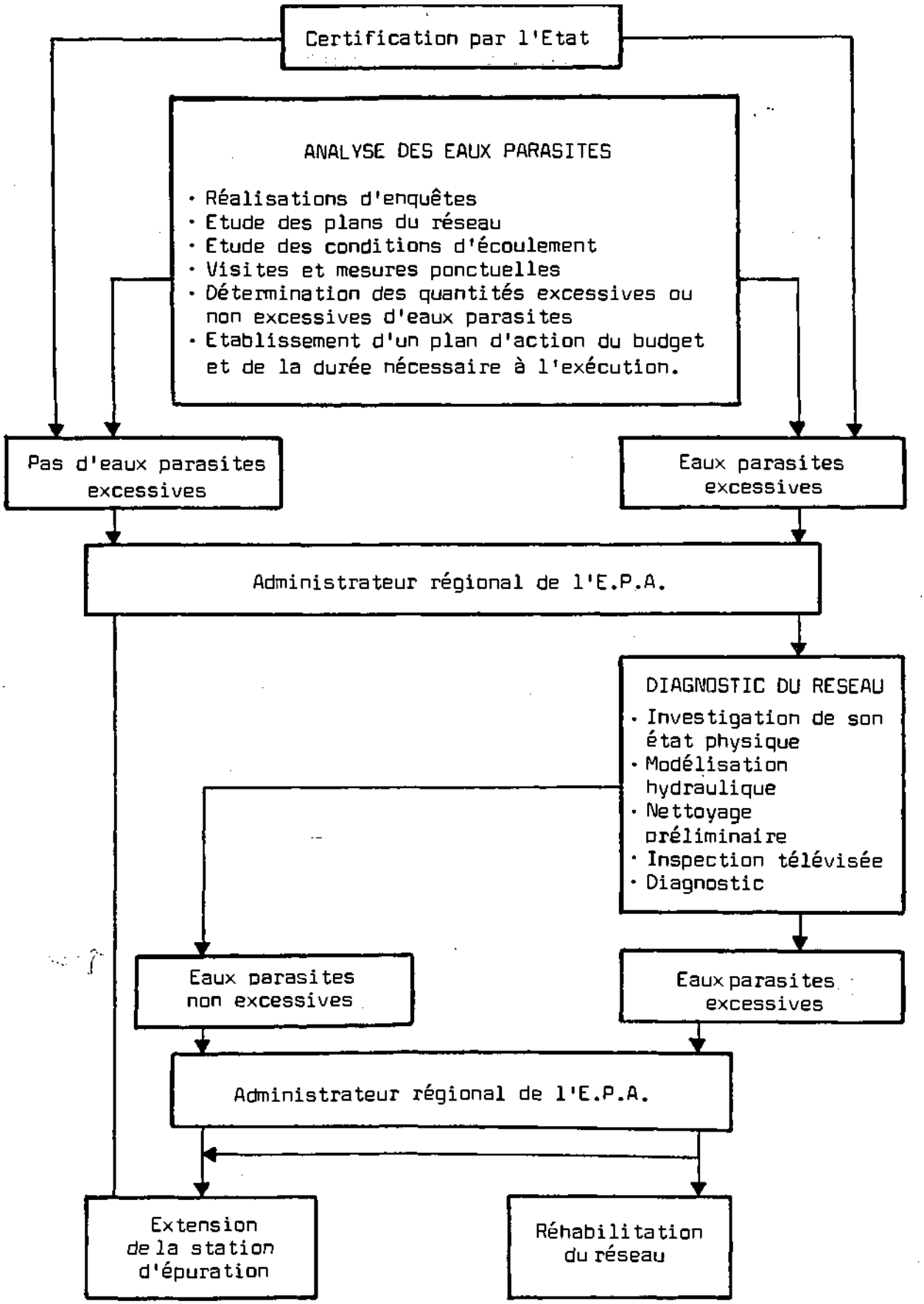



Figure 21 : Les étapes du diagnostic et de la réhabilitation des réseaux d'assainissement proposées par l'E.P.A.

SOURCE : - SULLIVAN H. (Richard), COHN M. (Morris), CLARK J. (Thomas), THOMPSON (William) et ZAFFLE (John), Sewer System évaluation, rehabilitation and new construction - A manual of practice, Cincinnati, E.P.A, 1977.

nécessitant une très bonne connaissance du comportement hydraulique du réseau" (*) (52).

Après 1977, l'état fédéral a davantage mis l'accent sur la rénovation des réseaux en finançant, pour la première fois, ces types de travaux. Parallèlement, sous l'impulsion de l'E.P.A, une nouvelle attitude a été adoptée à l'égard des équipements d'assainissement, qui vise à l'augmentation de leur efficacité. La réhabilitation est ainsi, depuis, envisagée comme un outil indispensable à la préservation des bonnes conditions de fonctionnement et, en particulier, comme un moyen d'entretien préventif des installations. Dans ces conditions, l'élimination des eaux parasites est de plus en plus considérée comme une pratique d'entretien (**). Comme soulignent les responsables de l'E.P.A : "la question des eaux d'infiltration et de captage ne peut pas être résolue avec des interventions discontinues, étant donné qu'il y aura toujours de nouvelles sources d'apport d'eaux indésirables à contrôler" (49).

Après 19B2, la participation fédérale à la réalisation des opérations de réhabilitation, de même qu'à l'implantation des équipements neufs a été freinée pour être finalement interrompue en 1984. L'accent a alors été mis sur la question des coûts des opérations qui étaient depuis exclusivement à la charge des collectivités locales. L'exigence de l'économie délimite donc les objectifs de réhabilitation des réseaux d'assainissement (47).

* Le contrôle des eaux parasites constitue encore aujourd'hui un sujet de recherche mal connu. Mais, d'après des études récentes menées sur cette question, 3 types de conditions ont contribué à l'échec des opérations de réhabilitation réalisées dans les années 70. En particulier :
  . la méconnaissance du phénomène des eaux d'infiltration et de captage et la sous-estimation de la quantité maximume d'eaux infiltrées. Cela à cause de la complexité du problème, qui dépend de plusieurs facteurs, tels que : le changement du niveau de la nappe phréatique, le phénomène de la pluie, le comportement hydraulique du système ... (5[1]») ;
  . le caractère local et fragmenté des interventions de rénovation. En réalité, ces dernières ne faisaient que déplacer le problème vers les parties non rénovées du réseau (53) î
  . la méconnaissance du rôle des branchemets dans la contribution des apports d'eaux parasites Ct7).

** Parallèlement, de nouvelles approches d'exploitation des équipements ont été avancées (55). Plusieurs communes équipées de leur propre matériel d'inspection ont procédé à des essais de réception des installations neuves (cela surtout pour amortir leurs investissements en matériel qui s'élevaient de l'ordre de 95-000 à 125.000 dollars) (51).

### 3. Les transformations du système d'assainissement : l'évolution des services urbains face à la crise des infrastructures

Les trois niveaux de mesures prises contre la dégradation des réseaux d'assainissement, présentés ci-dessus, ont été accompagnés par un mouvement de transformation du système d'assainissement. Il s'agit de modifications d'ordre institutionnel, financier et technique qui s'inscrivent dans le mouvement général de réactions des responsables des équipements publics face à la crise fiscale et la crise des infrastructures qui touchent, depuis 1981, l'ensemble des villes du pays (cf. Annexe 7). En particulier, nous avons dégagé trois modalités de transformations du système d'assainissement qui affectent l'organisation institutionnelle, le mode de financement et les capacités techniques du service.

#### a) La modification de l'organisation institutionnelle du service

Depuis la fin des années 70 mais surtout depuis 1982, dans un climat de difficultés et de contraintes financières accentué par la crise générale des infrastructures, la nécessité de réexaminer le rôle des différents niveaux de gouvernement (fédéral, d'état et local) a été ressentie par les responsables (56). En particulier, l'organisation traditionnelle du service d'assainissement (basée sur le système municipal) étant impuissante à répondre aux impératifs impliqués par la reconnaissance de la dégradation, l'adoption de nouveaux modes d'organisation s'avérait indispensable.-Cette situation a suscité la redistribution des responsabilités du service et, en particulier, le déclenchement de deux types de mouvements, concernant respectivement la prolifération des autorités locales spécialisées en assainissement et l'ouverture du service vers de nouveaux partenaires à la définition des programmes d'équipement, d'entretien et de réhabilitation.

##### 1) La prolifération des autorités locales

Incité par la crise fiscale et les obligations réglementaires pour l'amélioration de l'état des équipements, un nombre de plus en plus

important de villes confie le service d'assainissement à des .districts spéciaux (entre 1977 et 1982, le nombre de districts a été augmenté de l'ordre de 3% (cf. Annexe 12)). Ce mode d'organisation permet en effet :

- de mieux gérer le service. L'exploitation des réseaux est confiée à des équipes spécialisées, dégagées des enjeux électoraux (raison qui a conduit, en 1977, à la création du Boston Water and Sewer Commission pour l'exploitation du service de distribution d'eau potable et de collecte d'eaux usées dans la ville de Boston) (42) ;
- d 'éviter les restrictions financières liées au système municipal. Les ressources financières des districts ne sont pas, en règle générale, alimentées par des General Obligation Bonds, soumis à un référendum (*). De plus, la création de districts au niveau des counties, par le regroupement d'un ensemble de communes (par exemple le centre d'une agglomération et ses banlieues) permet l'élargissement des capacités d'emprunt du service, en renforçant sa solvabilité (cette raison a conduit à la création d'une autorité indépendante -County Seuer District- pour la prise en charge du service d'assainissement dans la ville de Lackawanna, à New-York, en 1984) (58).

La création des autorités spécialisées, organisées au niveau local ou régional, a fait ainsi apparaître de nouvelles possibilités de gestion dans le domaine de l'assainissement, de même que dans les autres services urbains. Mais, le phénomène de la prolifération des districts autonomes ne se limite- pas à cette transformation institutionnelle du service. Il conduit au changement de l'organisation urbaine. En effet, la ville devient un lieu de juxtaposition de services que les usagers-habitants réclament et paient.

* Soulignons que même pour les Générales Obligations Bonds, les districts organisés au niveau des Counties sont soumis à des restrictions plus légères que les municipalités. Ainsi, une approbation par la simple majorité de l'électorat est suffisante pour les engagements d'emprunt des districts contrairement à la contrainte d'application par les 2/3 imposée aux municipalités (57).

2) L'ouverture du service vers de nouveaux partenaires

Depuis 1982, une tendance pour l'adhésion de nouveaux partenaires à l'exploitation du service d'assainissement s'est manifestée dans plusieurs villes du pays. Il s'agit, en particulier, d'une orientation vers la participation du secteur privé au financement des équipements, des usagers au conditionnement des ouvrages (cf. § la modification du râle des usagers) et des compagnies du secteur assainissement (sociétés d'ingénierie, entreprises de travaux, fabricants des équipements) à la réalisation de programmes d'équipement, d'entretien et de réhabilitation.

En effet, à la suite de la diminution de l'importance des subventions fédérales (*) et à cause des difficultés financières des villes et des besoins de réhabilitation révélés, de nouvelles possibilités ont été offertes au secteur privé pour intervenir dans l'exploitation des équipements. Ainsi, un nombre de plus en plus important de communes fait appel à des sociétés privées pour la gestion du service et l'entreprise des travaux de réhabilitation. De plus, en 1984, les premières opérations, pour la "privatisation" des stations d'épuration, ont été mises en place dans certaines villes, dans le sens qu'elles confient à un même groupe privé la conception, le financement, la construction et l'exploitation des installations (les entreprises privées exploitent entièrement 100 stations et partiellement 200 (60)). Ce mouvement a entraîné la multiplication des entreprises, qui offrent des services complets d'exploitation et d'entretien, et l'ouverture du domaine de l'assainissement à l'initiative privée (A4) / *"£*

b) La recherche de nouvelles sources de financement

Les estimations' des dépenses nécessaires à la réhabilitation des équipements d'assainissement, très importantes, dépassent largement les dépenses courantes des villes, et même leurs capacités financières *{**)).*

* L'existence des subventions fédérales réservées aux systèmes publics avait empêché, auparavant, l'intervention du secteur privé dans le domaine de l'assainissement (59).

** Le manque de conscience de la part de la population, de la nécessité de la réhabilitation des réseaux, empêche par ailleurs l'utilisation des méthodes classiques des General Obligation Bonds, pour le financement des travaux de réparation, étant donné que l'influence des habitants sur ces engagements financiers des villes est considérable (57).

Ainsi, les responsables locaux (surtout depuis 1982, quand la politique fédérale a aggravé les contraintes fiscales des collectivités locales) abandonnent progressivement les sources traditionnelles de revenu et s'orientent vers de nouveaux modes de financement introduisant de nouveaux partenaires économiques. Parmi les solutions envisagées, nous distinguons en particulier :

- L'établissement de taxes spéciales sur l'usager et des charges pour le service rendu. Ces systèmes consistent à faire payer le service par l'usager et non par le contribuable. Précisément dans le premier cas, il s'agit d'une taxe ad valorem, tandis que dans le deuxième, d'une redevance basée sur le volume d'eaux usées produit. Aujourd'hui, le système de charges sur service est considéré comme plus approprié, étant donné qu'il conduit à une utilisation meilleure et plus économique des ouvrages. De plus, ce système de paiement permet la sensibilisation des usagers au fonctionnement des installations (quand c'est l'usager qui paie pour l'épuration et le transport des eaux claires parasites, il s'intéresse forcément à leur élimination). Ainsi, ce mode de financement est imposé aux gouvernements locaux par l'E.P.A comme une contrainte pour l'obtention des subventions (*) (60).

L'adoption de cette nouvelle méthode de financement, qui implique une révision radicale des questions "qui paye" et "qui tire bénéfice", reflète un changement de mentalité et de valeurs sociales qui se déroule dans la société américaine avec des conséquences politiques à l'égard du râle du public, ""des usagers et de l'équité (61 ). Il s'agit d'une modification fondamentale du système d'assainissement qui peut entraîner des transformations considérables des réseaux (elle peut par exemple conduire à l'adoption de solutions telles que : laisser à l'abandon, ou même déconnecter, un quartier quand ses habitants n'ont pas les moyens de payer, ou ne le veulent pas, en favorisant ainsi d'autres procédés d'assainissement, de caractère semi-collectif, ou même autonome).

* Mais, en 1977, le sujet des charges sur service avait soulevé de vives controverses parmi les responsables, appuyées sur l'argument que ce système aggravait la situation des plus défavorisés. Le Clean Water Act de 1977 permettait son application seulement dans les cas où l'avis de l'E.P.A était favorable Ct8).

- La création de ressources, consacrées à un service précis désigné ; ce système a été adopté dans un souci de limiter l'influence politique dans la définition des programmes d'assainissement. Au niveau local, ce mode de financement passe, en général, par des taxes spéciales, que nous avons présentées ci-dessus. Mais, il peut se présenter aussi sous d'autres formes, comme celle de la ville de Cleveland, où la municipalité a demandé aux électeurs d'approuver une augmentation des taxes pour la réhabilitation des équipements urbains (62). En fait, ce type de solutions pour le recouvrement des coûts des travaux de réhabilitaiton n'implique pas de transformation institutionnelle du service, mais il fait surtout appel à la participation des citoyens au financement des opérations. Il suppose donc une éducation du public afin de le sensibiliser aux questions de dégradation. Bien sûr, les démarches pour l'éducation peuvent aussi être accompagnées d'obligations (cf. § la modification du râle des usagers))

- La "privatisation" des équipements. Elle consiste à confier à une entreprise privée tout ou partie de l'exploitation du service. Cette solution, qui est déjà appliquée dans le cas des stations d'épuration, peut aussi être envisagée dans le futur comme un moyen de faire face aux importants besoins de réhabilitation des réseaux de collecte. D'autant plus que la nouvelle mentalité développée à l'égard des services publics, selon laquelle les programmes correspondants doivent être fondés sur le critère coût-efficacité et que l'usager doit payer en contre partie des services rendus, permet de dégager du profit pour les entreprises exploitantes. ;-

c) Le recours à l'innovation technologique

La nécessité de s'appuyer sur la technologie, pour faire face à l'état de dégradation des équipements, a été fortement ressentie par les responsables depuis quelques années. En effet, les seules mesures institutionnelles et économiques ne permettent pas une résolution durable du problème. D'autant plus qu'il s'agit d'une période de crise financière et que l'échelle de l'obsolescence, étalée sur presque tous les équipements urbains, est considérable. L'importance de la recherche et de l'innovation

a été alors soulignée par les corps des ingénieurs, qui soutiennent qu'une réfection à l'identique à l'aide des méthodes traditionnelles, empruntées dans leur majorité à la technologie de construction neuve, dépasse les capacités financières du pays (63). L'application de technologies nouvelles, à la réparation et la rénovation des équipements, qui offrent des gains de productivité, d'efficacité et de qualité et qui suscitent parallèlement la diminution des coûts correspondants, est selon les ingénieurs et les chercheurs américains indispensable pour une résolution à long terme du problème de dégradation.

En particulier, trois principaux champs d'innovations technologiques sont actuellement envisagés comme étant capables de soutenir un tel choix d'orientations : l'automatisation et la robotique ; l'informatique ; et le développement de nouveaux matériaux.

- L'automatisation et la robotique qui offrent de nouvelles possibilités d'inspection et de réhabilitation des équipements. Des systèmes automatisés (ou contrôlés à distance) sont déjà appliqués à l'auscultation et à la réparation des canalisations non visitables. Il s'agit d'instruments de détection qui sont souvent couplés avec des équipements de réparation.

Jusqu'à présent, l'application de ce type de technologies nécessitait la surveillance humaine pour évaluer les défectuosités observées par les appareils de détection et pour commander le matériel de réparation.

Cependant, dans le futur, ces systèmes pourront être complètement automatisés, éliminant ainsi le besoin d'intervention humaine. Dans cette direction, des recherches sont actuellement en cours, portant sur la construction de machines intelligentes et de robots programmables. Quelques prototypes ont été mis en place.

Un autre domaine d'application de l'automatisation, qui offre de nouvelles possibilités d'auscultation et de diagnostic des équipements,

concerne les tests non-destrùctifs de la résistance mécanique des ouvrages. Il s'agit d'un mode de détection plus sophistiqué qui permet en plus de déduire les causes de détérioration. L'idée de ce système est basée sur l'utilisation d'instruments combinant plusieurs méthodes de mesures, telles que les ultra-sons, les ultra-violet, les radars, des méthodes optiques et électroniques. L'utilisation de l'automatisation et de la robotique sont ainsi envisagés pour la détection et la gestion des équipements d'assainissement ; en particulier, pour l'intervention sur les points difficilement accessibles et pour le contrôle en temps réel de la structure des ouvrages, donc, pour l'exploitation optimale des équipements.

- L'informatique qui offre de nouvelles possibilités de connaissance et de gestion des équipements. Plusieurs recherches, portant sur le développement de nouveaux langages et de techniques de programmation, sont actuellement réalisées. De plus, des études sont menées pour le développement et le perfectionnement des systèmes experts qui visent à formaliser l'expertise collective des professionnels et à utiliser de façon optimale des critères subjectifs et des évaluations objectives des équipements. L'intelligence artificielle est aussi envisagée pour l'augmentation des capacités de connaissance des ouvrages. Elle permet d'interpréter les signaux obtenus par les instruments de détection et de déduire la condition structurelle des équipements, d'évaluer et de diagnostiquer des situations observées, de déterminer l'état des ouvrages et de prévoir son évolution future.

- Le développement de nouveaux matériaux de réhabilitation et de construction des réseaux qui permettent l'amélioration de la performance structurelle des équipements. Les ouvrages réparés ou neufs deviennent ainsi plus résistants à l'action du temps, ce qui permet la prolongation des cycles de réparation et de remplacement des équipements et, par conséquent, la diminution des coûts de fonctionnement et la simplification de l'exploitation du service. De plus, l'utilisation de matériaux plus inertes aux effluents agressifs permet l'assouplissement des restrictions à l'utilisation des installations (61 ).

Le perfectionnement et le développement de ces nouvelles technologies doivent, selon les responsables américains, soutenir le mouvement de reconstruction des équipements et l'amélioration de leur performance dans les années qui viennent. Mais, étant donné que ces moyens techniques introduisent de nouvelles règles d'utilisation et d'exploitation des équipements, leur application implique de nouveaux modes d'organisation du système d'assainissement (l'utilisation de nouveaux matériaux résistants aux substances corrosives suppose par exemple le changement des rapports entre les usagers, les équipements et les agents exploitants). Le système américain nous semble, à première vue, suffisamment souple pour permettre ces types de transformations. Certains exemples actuels renforcent notre hypothèse. Ainsi, certaines municipalités s'associent aujourd'hui pour supporter les investissements importants en équipements d'auscultation et de réhabilitation des réseaux (ville de Pittsburgh à Pennsylvania et de ses banlieues (64)). Dans la même logique figure également le cas de la ville de Washington où l'application d'un procédé de réhabilitation jugé innovant, a été envisagé par la modification des contrats de modalité passés entre le maître d'ouvrage (municipalité) et le maître d'oeuvre (une entreprise privée) (65).

## CONCLUSION

L'incompatibilité de la qualité des équipements de collecte des eaux usées avec, les nouvelles exigences d'assainissement, imposées par la loi contre la pollution des eaux de 1972, a été soulevée par l'E.P.A. Ce problème a été posé au niveau des responsables locaux par le biais des mesures dissuasives et incitatives importantes (poursuites judiciaires, allocation des subventions considérables). L'E.P.A a encouragé, ainsi, les autorités locales à opérer la réhabilitation des réseaux de collecte pour l'élimination des eaux parasites dans un esprit coût-efficacité (ces démarches se limitaient dans les cas où la réhabilitation représentait une solution économiquement optimale par rapport au transport et à l'épuration des eaux parasites). Parallèlement, il a imposé aux industriels les premières limites au raccordement aux réseaux publics. Après 1981, les

programmes de réhabilitation s'étant heurtés à des difficultés financières (crise fiscale des villes) et techniques (la réparation des ouvrages limitée au niveau des réseaux collectifs ne s'avérait pas suffisante pour la résolution du problème), certaines autorités locales ont pris des mesures imposant aux particuliers la réparation des branchements. A la même époque, face à la politique financière de M. REAGAN réduisant les subventions fédérales, l'E.P.A a mis en question les exigences de qualité stipulées par la loi de 1972 et s'est orienté vers l'assouplissement des standards d'épuration en agréant l'utilisation des méthodes alternatives de traitement. Ces réactions des responsables du service au niveau local et fédéral face à la dégradation des équipements d'assainissement s'inscrivent dans les orientations lancées par l'E.P.A pour une gestion optimale du service de l'assainissement visant à la protection de l'environnement (respecter les normes de pollution et les principes de l'économie). Elles ont été accompagnées par un mouvement de modifications du système d'assainissement résultant de la réorganisation des services urbains et de la mobilisation des organisations professionnelles face à la crise fiscale et la crise générale des infrastructures qui touchent les villes américaines depuis 1981. Il s'agit des modifications d'ordre institutionnel, financier et technique qui visent à faire face aux exigences actuelles d'amélioration des équipements et qui expriment deux nouvelles tendances : la redistribution des responsabilités (financières et de gestion) du service (ouverture vers de nouveaux partenaires, individualisation des charges, privatisation ...) ; le recours à la technologie pour le développement, d'outils innovants ouvrant de nouvelles possibilités en matière de gestion et d'adaptation des équipements aux exigences actuelles et futures.

## SECTION IV : LES OBJECTIFS DE LA REHABILITATION

### § 1. Les approches de la réhabilitation en France, en Anqletterre et aux Etats-Unis

Dans notre analyse précédente, concernant la dégradation et la réhabilitation des réseaux d'assainissement en France, en Angleterre et aux Etats-Unis, nous avons dégagé trois situations caractérisées par des processus de dégradation et des politiques de réhabilitation différents. En Angleterre, la situation est marquée par la détérioration physique des équipements, qui est considérable. Par contre, en France et aux Etats-Unis, les contextes révèlent principalement une évolution des finalités des équipements de collecte des eaux usées qui s'exprime par l'augmentation des exigences en assainissement. Mais, en France, le problème des réseaux se pose presque exclusivement en termes d'inadaptaion des ouvrages aux nouvelles prescriptions techniques concernant les modalités de collecte des eaux usées (cf. § les causes de la dégradation, Section I, Chapitre III, Deuxième Partie). Tandis qu'aux Etats-Unis le problème de la dégradation emprunte une double forme, l'augmentation des exigences en assainissement étant souvent accompagnée par la détérioration physique des équipements (cf. § le processus de la dégradation, Section III, Chapitre III, Deuxième Partie). Autrement, si on se réfère à l'illustration du processus de la dégradation de la Figure 13, on observe pour les cas des trois pays que (cf. figure 22) :

*?"*

- en France, la situation réelle correspond à la seule partie du graphe qui porte sur l'"évolution des finalités associées au réseau" ;
- aux Etats-Unis, la situation correspond à la totalité du graphe avec toutefois une prédominance de la partie "évolution des finalités associées au réseau" ;
- en Angleterre, la situation réelle correspond uniquement à la partie "détérioration du réseau".

De même, les mouvements de réactions contre la dégradation qui sont manifestés dans les trois pays, s'alignent sur les situations présentées

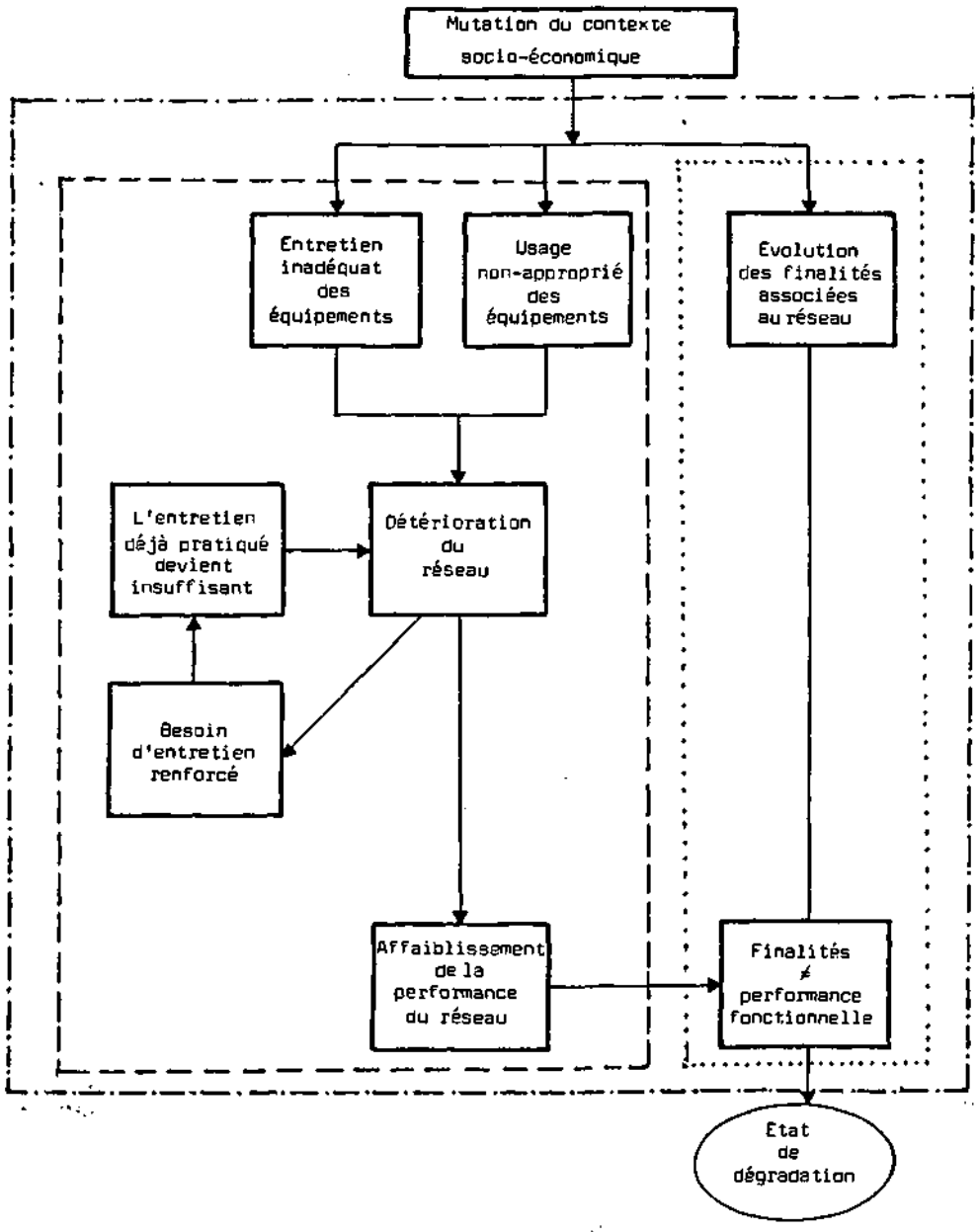



Figure *2'd* : Les situations de dégradation en France, en Angleterre et aux Etats Unis

Légende ..... FRANCE

– – – – ANGLETERE

–·–·– ETATS – UNIS

ci-dessus. En France, ce mouvement repose sur une volonté de valorisation des réseaux d'assainissement et se concrétise par la prise des mesures visant en même temps à protéger les équipements des pratiques d'utilisation non appropriées et à améliorer leur performance. Aux Etats-Unis, les mesures prises contre la dégradation visent par excellence la mise en conformité des équipements avec les exigences fédérales et portent sur l'amélioration des conditions d'utilisation des réseaux et sur l'augmentation de la rentabilité des équipements à l'aide de la réhabilitation. En Angleterre, les réactions des responsables contre la dégradation se focalisent sur la pérennité des ouvrages et plus particulièrement sur la remise en état des équipements.

Au travers de ces trois cas, deux principales approches en matière de réhabilitation transparaissent. La première vise à la prolongation de la durée de vie des équipements et la deuxième à l'amélioration, voire à l'adaptation, des équipements face à de nouvelles exigences d'assainissement. Comme nous l'avons vu dans l'analyse des chapitres précédents, les contraintes qui influencent les attitudes des responsables à l'égard des réseaux, diffèrent d'un pays à l'autre, ce qui explique la variété des programmes de réhabilitation mis en oeuvre. Nous allons alors rappeler ces contraintes afin de spécifier les objectifs partiels de ces deux approches en matière de réhabilitation.

a) La prolongation de la durée de vie des équipements

Prolonger la durée de vie des équipements c'est le thème central de la politique de réhabilitation en Angleterre. Dans une logique différente, cette préoccupation marque aussi les programmes de réhabilitation aux Etats-Unis. Il s'agit de situations qui sont marquées par :

- la détérioration des équipements ;
- l'existence d'une organisation favorable à la maintenance des équipements.

La détérioration des réseaux d'assainissement résulte, comme nous l'avons déjà vu (cf. Chapitre I, Deuxième Partie), de la superposition de deux types de conditions : l'usage non approprié et l'entretien inadéquat des équipements. Ces deux conditions se rencontrent d'une manière générale dans l'ensemble des villes en Angleterre avant 1974 et dans plusieurs villes aux Etats-Unis. Elles caractérisent en particulier les cas où le service d'assainissement est intégré dans l'organisation municipale et alimenté par le budget général des communes. Cette situation favorise la mise à l'écart des opérations non séduisantes sur le plan électoral, en particulier la maintenance/renouvellement des réseaux d'assainissement et l'imposition des limites aux usagers. La tendance des responsables municipaux aux Etats-Unis et en Angleterre à différer l'entretien des ouvrages et le contrôle sur les usagers a été encore plus accentuée par un ensemble de contraintes liées à l'organisation nationale/fédérale et à l'organisation urbaine (cf. Chapitre III, Deuxième Partie) de manière à entraîner la détérioration des équipements.

Le phénomène de la détérioration est notamment présent dans les villes en difficulté financière (inner-cities en Angleterre, villes du Nord-Est en déclin aux Etats-Unis). Dans ces villes, à l'abandon des équipements s'ajoute le caractère ancien et l'inadaptation des ouvrages aux contraintes physico-chimiques nouvelles supportées par les canalisations au long des années (charges de trafic, surcharge hydraulique des canalisations, environnement corrosif dû aux rejets industriels . . . ) .

Par ailleurs, en Angleterre et aux Etats-Unis, l'organisation du secteur de l'assainissement s'est avérée favorable à la préservation des équipements. Les moyens utilisés dans les deux pays diffèrent néanmoins. En Angleterre, le service d'assainissement, depuis 1974, est intégré dans une structure très centralisée et dispose de moyens techniques considérables (cf. § les transformations du système d'assainissement : les nouvelles orientations après 1974, Section II, Chapitre II, Troisième Partie). Il s'agit d'un contexte propice à la réalisation de travaux décisifs d'un poids technique important. Ainsi, dans un climat politique favorable au renouvellement et à la maintenance des équipements (cf. § le

contexte anglais avant et après la réforme de 1974, Chapitre III., Première Partie), des programmes de rénovation des réseaux d'une grande ampleur, avec des objectifs strictement hiérarchisés selon les principes de l'efficacité et l'économie, ont été développés. Ces programmes apportent des solutions purement techniques. L'organisation centralisée et la technicisation du service ont en effet rendu difficile l'adoption de solutions reposant sur la coopération des usagers et la modification du mode d'utilisation des équipements (cf. § les mesures prises : pour une remise en état des réseaux, Section II, Chapitre II, Troisième Partie). Dans ces conditions, l'objectif central des actions de réhabilitation en Angleterre est devenu la remise en état des équipements et précisément la reconstitution et l'adaptation des canalisations aux contraintes physico-chimiques et mécaniques développées dans leur environnement. L'amélioration de la capacité de dépollution des équipements n'a pas fait partie des objectifs de ces actions, la protection des ressources naturelles n'occupant pas une place prioritaire dans la politique des Régional Water Authorities.

Aux Etats-Unis, l'organisation du système d'assainissement après 1972 a encouragé aussi le développement de programmes de rénovation et de maintenance des équipements. Hais l'objectif central de ces programmes a été l'adaptation des installations aux nouvelles exigences fédérales en assainissement.

b) L'adaptation des réseaux aux nouvelles exigences d'assainissement

De nouvelles exigences en matière de conditions de collecte des eaux usées se sont manifestées aux Etats-Unis après 1972 et en France après 1982. Elles expriment la préoccupation des responsables d'augmenter l'efficacité d'épuration des équipements d'assainissement afin de préserver la qualité de l'environnement et respecter les principes de l'économie. Aux Etats-Unis, cette préoccupation a été stimulée par l'imposition de nouvelles normes de pollution et a accompagné la réalisation des stations d'épuration dans les années 1970. En France, elle a suivi l'implantation des stations d'épuration et reflète le souci des responsables nationaux de

faire respecter les objectifs de qualité établis dans les années 1970 et de porter la capacité des ouvrages à la hauteur des investissements déjà réalisés.

Dans les deux pays, le besoin d'augmenter l'efficacité des équipements a été ressenti par les responsables grâce à une structure institutionnelle favorable à la préservation de l'environnement. Cette structure se concrétise par :

- une organisation indépendante chargée de la protection des ressources naturelles ;
- une réglementation sévère contre la pollution.

Une organisation autonome qui défend la qualité de l'environnement est représentée en France par les Agences Financières de Bassin et aux Etats-Unis par l'Environmental Protection Agency. La structure de ces organismes diffère ainsi que leurs moyens d'action. Mais, dans les deux cas, par leur influence sur les responsables locaux, ces organismes ont contribué à la mise en place des programmes de réhabilitation pour 1'etanchement des réseaux et l'élimination des eaux parasites. Aux Etats-Unis, le principe coût/efficacité domine ces opérations. L'impératif de reconstituer les installations accompagne aussi les actions de réhabilitation (cf. Section III, Chapitre II, Troisième Partie). Par contre, en France, les besoins en matière de reconstitution sont réduits, les équipements ne présentant pas une détérioration avancée (cf. Section I, Chapitre III, Deuxième Partie). La recherche de l'économie domine la réhabilitation en France.

Les Agences Financières de Bassin en France et l'Environmental Protection Agency aux Etats-Unis ont aussi poussé les responsables locaux à contrôler les usagers afin de les faire respecter les modalités d'utilisation imposées par la réglementation. Aux Etats-Unis, contraints par des difficultés financières et par la position très sévère de l'E.P.A, les agents exploitants sont plus enclins au partage de la responsabilité du service avec les usagers qu'en France. Pour les mêmes raisons, ils sont aussi plus ouverts aux nouveaux modes d'organisation, afin de se procurer

des moyens institutionnels, financiers et économiques nécessaires à la réhabilitation (cf. Chapitre II, Troisième Partie).

§ 2. Quels objectifs pour la réhabilitation ?

A travers ces deux approches en matière de réhabilitation, trois objectifs distincts apparaissent dans les actions de réhabilitation. Ce sont :

- La reconstitution des équipements : cet objectif reflète la volonté de rénover les équipements, de les rétablir dans leur frome et dans leur état d'origine afin de prolonger leur durée de vie. Il accompagne les actions de réhabilitation dans les cas d'ouvrages qui présentent des défauts de structure et de symptômes de détérioration physique plus ou moins avancés (Angleterre, Etats-Unis). D'une façon concrète, on cherche à réparer les défectuosités des ouvrages, à renforcer leur structure afin qu'ils retrouvent leurs propriétés mécaniques initiales.

- L'adaptation des équipements à leurs modes d'usage : cet objectif reflète la volonté de préserver les équipements afin de prolonger leur durée de vie. Il accompagne les actions de réhabilitation lorsqu'on veut éviter de prendre des mesures contraignant les pratiques d'utilisation des installations et les modes d'occupation de leurs milieux environnants (surface, sous-sol) (Angleterre). On cherche alors à renforcer la structure des ouvrages pour améliorer leur comportement vis-à-vis de phénomènes tels que : les mouvements de terrain ; l'attaque chimique ; l'érosion ; la surcharge hydraulique, ce qui se concrétise par l'augmentation respectivement de : la flexibilité des canalisations ; leur résistance à la corrosion ; leur résistance à l'abrasion ; leur capacité hydraulique.

- L'adaptation des équipements aux nouvelles exigences d'étanchéité : cet objectif accompagne les actions de réhabilitation visant à augmenter l'efficacité de dépollution des équipements (Etats-Unis, France). On cherche à rendre les canalisations étanches afin d'éliminer les eaux parasites.

Ces trois objectifs concernent la nature des remèdes à la dégradation qu'on veut appliquer aux équipements à l'aide de la réhabilitation. Mais il faut traiter aussi des contraintes et conditions de mise en oeuvre de la réhabilitation. Dans ce domaine il est difficile de généraliser (au moins pour le cas de la France et des Etats-Unis). Les potentiels financiers et techniques des services d'assainissement qui déterminent les moyens disponibles pour la réalisation des opérations, varient au sein même de chaque pays selon les formes d'organisation des services (districts, municipalités, régie directe ...) et les capacités financières des communes correspondantes (cela est moins vrai dens le cas de l'Angleterre où l'organisation du service d'assainissement est très centralisée). Néanmoins, des tendances générales se dessinent au niveau des trois pays qui concernent les contraintes de mise en oeuvre de la réhabilitation et qui se répercutent sur les objectifs poursuivis. Il s'agit :

- de la prédominance du principe coût/efficacité ce qui est le cas de l'Angleterre et des Etats-Unis. Cette tendance aboutit à la définition des programmes de réhabilitation selon des objectifs économiques (éliminer les eaux parasites excessives aux Etats-Unis, éviter les effondrements les plus chers sur le plan financier et social en Angleterre ) ;
- de la modernisation et de l'amélioration des capacités techniques des services. De plus en plus de services d'assainissement disposent aujourd'hui du matériel nécessaire à la réhabilitation. Des recherches réalisées au niveau national consolident et soutiennent cette tendance dans les trois pays. Ce mouvement revêt toutefois des formes beaucoup moins développées en France qu'aux Etats-Unis et en Angleterre ;
- de la recherche de solutions qui n'entraînent pas de perturbations en surface (perturbation du trafic . . . ) . Cette tendance est particulièrement visible en Angleterre et aux Etats-Unis où les interventions de réhabilitation, d'une ampleur importante, se situent au coeur des grandes villes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA TROISIEME PARTIE - CHAPITRE II

1 - AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Les études de diagnostic des réseaux d'assainissement, Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Février 1982, pp. 47.

2 - LEFEBRE (Bruno), Les essais de réception sur les réseaux d'assainissement , Agence Financière Artois-Picardie, Septembre-Décembre 1981, 31 p. (document inter-agence de bassin).

3 - LABORATOIRE REGIONAL DE L'OUEST PARISIEN (Groupe Environnement), Analyse et détection des eaux parasites, Paris, Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, Mars 1980.

4 - AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Vos problèmes, nos recommandations - Branchements au réseau d'assainissement, Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, 1983, pp. 69.

5 - AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Recommandations de l'Agence de Bassin Seine-Normandie en matière de réception de réseaux d'assainissement, Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Décembre 1983.

6 - Propos recueillis auprès de M. RIPOCHE, Chargé d'Etudes à l'Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, lors d'une interview réalisée à Nanterre le 25-11-1986.

7 - AGENCE DE L'EAU NORD-ARTOIS-PICARDIE, Les aides de l'Agence de l'eau aux collectivités locales, Douai, Agence de l'eau Nord-Artois-Picardie, Août 1982, 8 p.

8 - CLAVERIE (Gilles), Ingénieur en chef du service assainissement de la ville de Toulouse, intetervention au colloque du 19-04-1985 à Toulouse, Syndicats d'hygiène publique Midi-Pyrénées.

9 - VIGNOLES, "La séparation des graisses à la source - Application concrète à la ville de Toulouse", in Actes des Journées de Recherche du 22-23 Octobre 1985, Eau dans la ville, Paris, Ministère de l'Urbanisme du Logement et des Transports, Ministère de la Recherche et de la Technologie, 1985.

10 - Propos recueillis auprès de M. AUREOL, Ingénieur chef des collectivités locales à l'Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, lors d'une interview réalisée à Paris le 5-03-1984.

11 - PONT-A-MOUSSON S.A, Actes de la Journée-Débat du 10 Janvier 1984, Sécurité et fiabilité des réseaux d'assainissement. Champs-sur-Marne, Pont-à-Mousson, 1984.

12 - AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE, Le programme d'assainissement des collectivités locales. Moulin-les-Metz, Agence de l'eau Rhin-Meuse, 1982.

13 - Propos recueillis auprès de M. UACHED, Ingénieur responsable en assainissement de l'Agence Financière Adour-Garonne, lors d'une interview réalisée à Toulouse le 19-04-1985.

14 - LABORATOIRE DE L'OUEST PARISIEN (Groupe Environnement), Analyse et détection des eaux parasites - Méthodologie d'étude, Trappes, Ministère de l'Environnement, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Avril 1981 , 50 p.

15 - RIPOCHE, "Le montage d'appels d'offre pour les études de diagnostic : l'expérience de l'Agence Financière de Bassin Seine-Normandie", in Actes des Journées de formation continue de l'ENPC du 23-25 Avril

1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1985.

16 - Propos recueillis auprès de M. VANDENBOCH, Ingénieur du service assainissement du syndicat intercomunal de l'Orge, lors d'une interview réalisée le 19-11-1985.

17 - Propos recueillis auprès de M. RENAUD, Ingénieur de la COOPETANCHE (Compagnie Générale des Eaux), lors d'une interview réalisée à Melun le 31-10-1986.

18 - DEPARTEMENT DU VAL-DE-MARNE, A.P.O.G.E.E - Analyse et Programmation Optimisée pour la Gestion, l'Entretien et l'Exploitation des réseaux d'assainissement, Département du Val-de-Marne, Juillet 1986.

19 - LABORATOIRE REGIONAL DE L'EST PARISIEN, Evaluation et prise en compte des risques de dégradation d'ordre géologique et hydroqéoloqique, Melun, Laobratoire Régional de l'Est Parisien, Ministère de l'Urbanisme du Logement et des Transports, 1986, 27 p.

20 - HELARY, Commentaire dans l'Atelier n° 2, "L'innovation et la gestion des réseaux", Journées de Recherche du 22-23 Octobre 1985, Eau dans la ville, Paris, Ministère de l'Urbanisme du Logement et des Transports, Ministère de la Recherche et de la Technologie, 1985.

21 - DE LA CLERGERIE (Philippe), "Auscultation et réhabilitation des réseaux d'assainissement", in La Technique Moderne, Mars-Avril 1983, pp. 25-29.

22 - Propos recueillis auprès de M. BURGARD Michel, Responsable du secteur commercial de l'entreprise "TECHNIQUES SPECIALES" (filière de la société SOGEA), lors d'une interview réalisée à La Défense le 3-11-1986.

23 - MEEGAN A.R, Case study ; ujater and seujeraqe facilities in.the U.K. London, C.E.S, April 1984, 53 p.

24 - PEARCE (Fred), Watershed - The Water Crisis in Britain, London, Junction Books (Society Technology and Scientists), 1982, 198 p.

25 - READ F., "Sewer dereliction and renovation - An industrial city's view", in Restoration of Sewerage Systems, Proceeding of an International Conference organized by the Institution of Civil Engineers, held in London on 22-24 June 1981, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p.

26 - WATER RESEARCH CENTER, WATER AUTHORITIES ASSOCIATION, Sewerage Rehabilitation Manual, Swindon, Water Research Center, 3 Volumes, 1983.

27 - W.R.C, Séminaire organisé à Swindon le 28-06-1984, Restoration of Sewerage Systems.

28 - ANDREWS (Wendy), "Sewers - Replace or renovate", in Tunnels and Tunnelling, March 19B2, pp. 45-48.

29 - RUNSHBROOKE J.N, "Underground dereliction in the North West", in J.I.W.E.5.S, 1981, n° 4, pp. 310-328.

30 - HIBB.ERT, "Assessing the overall performance on sewer systems", in Symposium on Deterioration of Underground Assets, London, The Institution of Water Engineers and Scientists, December 1983.

31 - ODELL (Robert), "Sewer rehabilitation : What's ahead", in Urban Innovation Abroad, August 1984, pp. 3.

32 - Propos recueillis auprès de M. G. COX, Ingénieur du Thames-R.W.A, lors d'une interview réalisée à Londres le 2-07-1984.

33 - LOFTHOUSE P., "Assessment of the scale and nature of the problem", in Symposium on détérioration of Underground Assets, London, The Institution of Ulater Engineers and Scientists, December 19B3.

34 - UIALLIS (Shani), "Are ue ail going doun the clain ?", in Tunnels and Tunnelling, Octobre 1983, pp. 35-39.

35 - COX C.G, "Survey of the rénovation of seuers", in Symposium of Underground Assets, London, The Institution of Ulater Engineers and Scientists, December 1983.

36 - STYLES P .Ul et HEDDERLY, "Seuers and uater mains - A standard record system", in Restoration of Seuerage Systems, Proceeding of an International Conférence organized by the Institution of Civil Engineers held in London on 22-24 June 1981, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p.

37 - BRACE D.T, "Practical aspects of computerised seuer records", in Restoration of Seuerage Systems, Proceeding of an International Conférence organized by the Institution of Civil Engineers held in London on 22-24 June 1981, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p.

3B - COLYER P.J et PRICE R.K, "Expérience in the use of a computer program to simulate seuer uorks under surcharge", in Restoration of Seuerage S ys t e m s . Proceeding of an International Conférence organized by the Institution of Civil Engineers held in London on 22-24 June 1981, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p.

39 - RUCISEY P.B, C00PER I., KUROU K., "Ground movement and pipe strain associated uith trench excavation", in Restoration of Seuerage Systems. Proceeding of an International Conférence organized by the Institution of Civil Engineers held in London on 22-24 June 1981, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p.

40 - DAKERS J.L, BOND P.H, ECKFORD N.D et SINKINSON A.G, "The assessment of the structural strength of brick sewers", in Restoration of Sewerage Systems, Proceeding of an International Conference organized by the Institution of Civil Engineers held in London on 22-24 June 1981, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p.

41 - TROTT J.J, NATH P. et O'REILLY N.P, "Longitudinally cracked pipes and their structural capacity", in Restoration of Sewerage Systems, Proceeding of an International Conference organized by the Institution of Civil Engineers held in London on 22-24 June 1981, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p.

42 - HOUITT N. (Arnold), LADD F. (Helen), LEONARD B. (Herman) et WEEKS B. (Ann), "Physical infrastructure in Boston", in Urban Resources, Vol 1 , n° 2, 1983, pp. 5-9.

43 - O'DAY D. (Kelly), NEUMANN A. (Lance), "Assessing infrastructure needs:: the state of the art", in Perspectives on Urban Infrastructure , Washington D.C, National Academy Press, 1984, pp. 67-101.

44 - Analyse des stratégies des firmes américaines du secteur eau-assainissement , Paris, Rapport du Recherche Development International, Volume I, Hai 1984, 39 p.

45 - L'tn/ELL H. (Walter), CHRISTOPHER A. (Stan), REAM (Richard) et TIPPETS (Richard), "Industrial wastewater pretreatment standards - A local approach", in Public Works, January 1983, pp. 33-35.

46 - "Lateral sealing system helps control infiltration/inflow", in Public lilorks. November 1984, pp. 58-61.

47 - "Experts discuss private sector infiltration/inflow", in Water/Engineering and Management, September 1983, pp. 32-42.

48 - KIPP S. (Jerry), "Semer system rehabilitation by the numbers", in Public Works, May 1983, pp. 75-76.

49 - SULLIVAN H. (Richard), COHN M. (Morris), CLARK J. (Thomas), THOMPSON (William) et ZAFFLE (John), Seuier system évaluation, rehabilitation and neui construction - A manual of practice, American Public Works Association, Chicago, U.S Environmental Protection Agency, Cincinnati, December 1977, 177 p.

50 - "Three cost effective infiltration/infloui programs", in Public Works, January 1983, pp. 56-57.

51 - GALLER (Sol), "Seuier system improvment one step at a time", in Public Works, February 1979, pp. 66-67.

52 - NOGAJ J. (Richard), "inf iltration/inf loui rehabilitation sucess cornes uiith understanding system belavior", in Water/Enqineerinq and Management, February 1984, pp. 36-38.

53 - STEKETEE H.C et BECK (Richard), "Sulding semer rénovation - A key to successful inf iltration/inf loui control", in Public Works, January 1983, pp. 47-50.

54 - NELSON E. (Richard) et BODNER L. (Richard), "Messuring effectiveness ofr.'ïnfiltration/infloui renouai", in Public Works, October 1982, pp. 50-52.

55 - NOGAJ J. (Richard) et HOLLENBECK J. (Alan), "One technique for estimating infloui uiith surcharge conditionts", in Journal Ul.P.C.F, Vol. 53, n° 4, April 1981, pp. 491-496.

56 - HENTON C. (Douglas) et UALDHORN A. (Steven), "The future of urban public uiorks : new uiays of doing business", in Perspectives on Urban

Infrastructure, Washington D.C, National Academy Press, 1984, pp. 178-210.

57 - SANDERS T. (Heyuood) , "Politics and Urban Public Facilities", in Perspectives on Urban Infrastructure, Washington D.C, National Academy Press, 1984, pp. 143-169.

58 - ALESSI J. (Charles), "Forming a Semer District Saves City from Default", in Public Works, November 1984, pp. 76-92.

59 - Analyse des stratégies des firmes américaines du secteur eau-assainissement , Paris, Recherche Développement International, Vol. I, Mai 1984, 39 p.

60 - Témoignage de Cl. FLOWERS John, chief of Small Communities Section of Wasteuiater Facilities Management Branch, du 6-08-1986.

61 - FIARKOW 3. (Michaël), Nem Technology for Infrastructure Renemal, Rapport du Department of Civil Engineering, Nassachussetts Institute of Technology, Cambridge, October 1985, 18 p.

62 - PETERSON E. (Georges), "Financing the nations infrastructure requirements", in Perspectives on Urban Infrastructure, Washington D.C, National Academy Press, 1984, pp. 110-131.

63 - EBE;RHARD P. (John) et BERNSTEIN B. (Abram), "A Conceptual Framework for Thinging about Urban Infrastructure", in Built Environment, Vol. 20, n° 4, 1984, pp. 253-261 .

64 - Y0NTS (Don), "Taking Technology Underground", in Water/Engineering of Management, September 1983, pp. 47-48.

65 - CARNAHAN C. (James), "Repair Dont Replace Cracked Sewer Pipe", in Civil Enqineering/ASCE, May1984, pp. 56-58.

# CHAPITRE III

# EVALUATION DES TECHNIQUES DE REHABILITATION

Dans ce chapitre, nous allons insister sur la solution de la réhabilitation . Nous allons précisément analyser les techniques de réhabilitation qui existent aujourd'hui dans l'objectif de les évaluer au regard de l'intérêt quant à leur application. Nous soulignons que nous nous intéressons notamment à la réhabilitation structurelle, c'est-à-dire aux méthodes de remise en état ou/et d'amélioration de la structure matérielle des ouvrages. Cela par opposition à la réhabilitation hydraulique qui vise proprement au contrôle et/ou à la modification des flux hydrauliques (cf. Chapitre I, Troisième Partie). Nous rappelons néanmoins que les limites entre ces deux types de réhabilitation ne sont pas claires, toute intervention sur la structure des équipements se répercutant directement sur les caractéristiques des flux.

Comme nous l'avons préciser dans le chapitre I de cette partie, la réhabilitation structurelle comprend deux types de techniques : la rénovation et le remplacement. Le remplacement représente la méthode la plus classique de remise en état des canalisations. Nous n'allons donc pas le développer ici. Au contraire, nous allons nous centrer sur les procédés de rénovation qui, en voie de développement, entrent aujourd'hui en concurrence avec le remplacement.

Plus particulièrement nous nous limiterons aux techniques de rénovation avec intervention interne qui permettent la réparation des ouvrages sans besoin d'excavations importantes. Notre choix est justifié étant donné que ces procédés, grâce à leur intérêt économique et social important, guident de nos jours le mouvement de réhabilitation dans les pays développés en faisant l'objet de nombreuses recherches et expérimentations. L'intérêt de ces techniques porte en particulier sur les avantages techniques et sociaux de leur application. En effet, les méthodes de rénovation avec intervention interne permettent :

- d'éviter les travaux d'excavation (chers et laborieux),
- de limiter les perturbations du trafic et des autres services urbains,
- d'éviter les endommagements des immeubles voisins, provoqués souvent par les mouvements de terrain dus aux excavations ;
- de diminuer les coûts directs et indirects, cela davantage dans le cas des zones urbanisées (le Water Research Center estime le coût de la rénovation à 75% du coût du remplacement).

Ce chapitre sera organisé en trois volets. Dans le premier, nous allons présenter les techniques de rénovation qui sont actuellement utilisées ou expérimentées en France, en Angleterre et aux Etats-Unis. Ces procédés qui sont, généralement les mêmes dans les trois pays, nous allons les classer selon le type de technologie sur lequel ils sont basés. Nous allons par la suite exposer les caractéristiques les plus importantes de chaque technique. Nous adopterons pour cela une forme de présentation schématique. Pour les informations nécessaires nous allons nous baser sur l'annexe 13 qui constitue un inventaire complet des techniques de réhabilitation des réseaux d'assainissement.

Dans le deuxième volet nous allons évaluer les techniques par rapport à leurs caractéristiques intrinsèques. Nous allons pour cela définir dans un premier temps un ensemble de critères qui interviennent dans le choix des techniques. Il s'agit des paramètres liés aux contraintes de mise en oeuvre et aux performances des techniques. Pour la définition de ces paramètres, nous allons nous appuyer sur notre analyse précédente et précisément sur celle du chapitre II de la deuxième partie, pour dégager la performance optimale des techniques, et celle des trois pays étudiés, pour identifier les contraintes de leur mise en oeuvre. Dans un deuxième temps, nous allons apprécier les techniques selon les critères choisis. Enfin nous allons élaborer une grille d'évaluation des techniques.

Dans le troisième volet nous allons procéder à une deuxième évaluation des techniques par rapport aux objectifs de la réhabilitation, dégagés dans le chapitre précédent. Nous allons pour cela nous appuyés sur les résultats du volet ci-dessus.

§ 1. Présentation et classification des techniques de réhabilitation

Les techniques de réhabilitation (nous ne tenons pas compte du remplacement classique ni des techniques de rénovation par l'extérieur) qui sont actuellement appliquées ou expérimentées sont basées sur quatre principes généraux.

- L'éclatement de la canalisation endommagée et son remplacement par une nouvelle conduite, posée à l'intérieur.

- La mise en place, à l'intérieur de la canalisation à rénover, d'une nouvelle conduite. Il existe des procédés variés qui se différencient par la nature des matériaux utilisés et leur mode de mise en oeuvre. Nous distinguons en particulier trois formes prises par cette technique, qui se concrétisent par les actions suivantes :

. insérer (par tractage ou par poussage) dans la canalisation existante une conduite neuve (tubage). Après la pose des tuyaux l'espace annulaire résiduel est généralement garni par du coulis de ciment ;
. insérer dans la canalisation ancienne une gaine souple enduite sur sa face extérieure d'adhésif, la coller à la paroi interne de la canalisation et la polymériser (gainage) ;
. construire à l'intérieur du réseau à rénover une nouvelle conduite formée par l'assemblage d'éléments préfabriqués (revêtement par segments, ou panneaux des canalisations visitables). Une.fois la nouvelle canalisation en place, l'espace annulaire est garni par du coulis de ciment.

- L'application sur la surface interne de la canalisation d'un revêtement par enduit à base de ciment ou de produits chimiques. Il existe différents modes de mise en place du revêtement (par compression, centrifugation, pulvérisation manuelle). Pour les canalisations non visitables ce procédé est appliqué à l'aide des machines automatisées (téléguidées). Le matériau utilisé peut être renforcé par des fibres de verre ou de fonte ou aussi

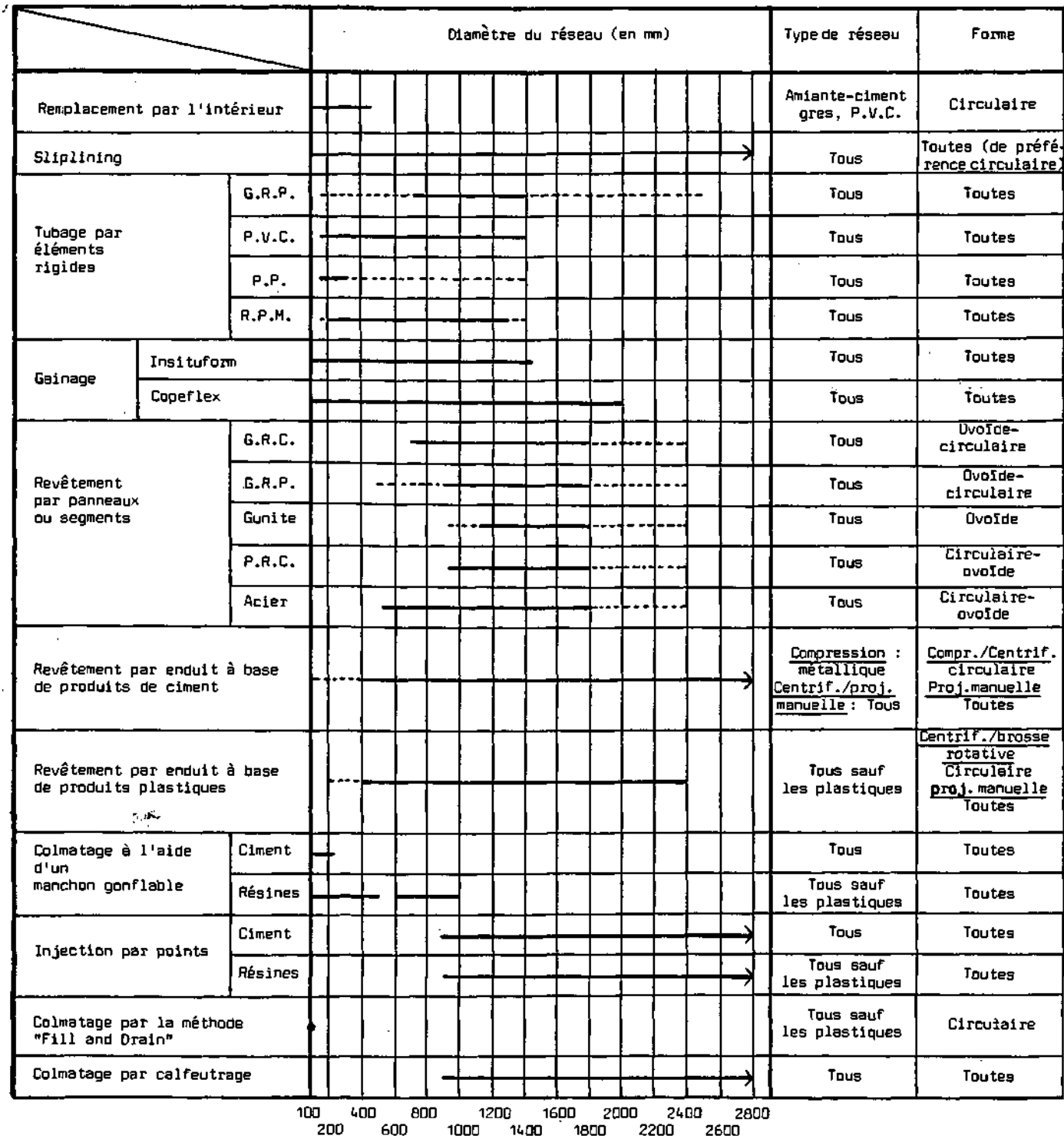
TABLEAU 23 ; Les techniques de réhabilitation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1ère catégorie | | Remplacement par l'intérieur | |
| 2ème catégorie | Tubage | Tubage par éléments thermoplastiques (sliplining) | |
| | | Tubage par éléments rigides en: | G.R.P. |
| | | | P.V.C. |
| | | | R.P.M. |
| | | | G.R.C. |
| | | | "Terraline 10" |
| | Gainage | Gainage INSITUFORM | |
| | | Chemisage COPEFLEX | |
| | Revêtement par Segments ou Panneaux | Revêtement par segments de ciment renforcé de fibres de verre (G.R.C.) | |
| | | Revêtement par panneaux en Gunite | |
| | | Revêtement par segments de béton de résine polyester (P.R.C.) | |
| | | Revêtement par segments de plastique renforcé de fibres de verre (G.R.P.) | |
| | | Revêtement par segments en acier | |
| 3ème catégorie | Revêtement | Revêtement par enduit à base de produits plastiques | |
| | | Revêtement par enduit à base de produits de ciment (renforcé ou non) | |
| 4ème catégorie | Colmatage/ Stabilisation | Colmatage des joints et des fissures par injection à l'aide d'un manchon gonflable | |
| | | Colmatage par la méthode "Fill and Drain" | |
| | | Injection de mortier de ciment ou de résine par points | |
| | | Colmatage par calfeutrage | |

Tableau *2h* : Principales caractéristiques des techniques de réhabilitation

| Technique \ Critère | Nature des matériaux utilisés | Propriétés des matériaux utilisés | Développement de la technique |
|---|---|---|---|
| Remplacement par l'intérieur des canalisations non visitables | Tuyaux en polyéthylène haute densité (HD-PE), de longueurs de 1-2m, assemblés par emboîtement brusque (Snap-Lock). | - Bonne flexibilité,<br>- Rigidité faible,<br>- Résistance à l'abrasion très bonne,<br>- Résistance à l'attaque chimique et à la corrosion très bonne. | Technique expérimentée par la société Mershan Pipeline et par le W.R.C. en Angleterre, où elle est largement utilisée pour les réseaux de gaz. La réfection des branchements par ce procédé y est aussi en considération.<br>En France, cette technique est proposée depuis 1986 par la société SOGEA. |
| Tubage par éléments (sliplining) thermoplastiques | - Tuyau en polyéthylène (plus couramment P.E. haute densité), assemblés par soudage sur des longueurs de 150-300m ;<br>- Le garnissage de l'espace annulaire résiduel par injection de coulis de ciment ou de plastique uréthane (U.S.A.) est destiné pour renforcer la structure de l'ouvrage composant et pour minimiser les mouvements du tuyau introduit | - Bonne flexibilité,<br>- Rigidité faible,<br>- Résistance à l'abrasion très bonne,<br>- HD-PE : résistance à l'attaque chimique et à la corrosion très bonne. | Cette technique est largement appliquée dans le domaine de l'assainissement en Angleterre et aux U.S.A. depuis 1970. |
| Tubage par éléments rigides | - Tuyaux en :<br>. polyester renforcé par de la fibre de verre (S.R.P.), assemblés par emboîtement et collage. Diamètres de 700-2.500m avec des longueurs standards de 2-3 m.<br>. P.V.C. assemblés par emboîtement et joints flexibles ou par manchonnage.<br>. polyoléfine "Terralène 110". Diamètre de 100-300mm avec longueurs de 2,8m à 5,7m (Angleterre). Assemblage par vissage "Terreserson".<br>. mortier-résine polyester renforcée avec de la fibre de verre (RPM). Diamètre de 200-1.370mm avec des longueurs de 6,15m (Angleterre). Assemblage par emboîtement et joints caoutchouc.<br>- Le garnissage de l'espace annulaire résiduel est comblé à l'aide : soit de produits colmatants aux deux extrémités afin d'assurer l'étanchéité ; soit du coulis de ciment sur toute la longueur afin d'assurer la bonne résistance structurelle. | Elles dépendent des caractéristiques des éléments composants et du type des joints utilisés. On a généralement :<br>- Une rigidité et une résistance structurelle importantes,<br>- R.P.M., "Terralène 110" et S.R.P. : bonne résistance à l'abrasion et très bonne résistance à l'attaque chimique ,<br>P.V.C. : faible résistance aux solvants. | Procédé largement utilisé depuis la fin des années 60 aux U.S.A. (suivant les éléments R.P.M.) et en Angleterre. Certaines applications ont été réalisées aussi en France. |
| Gainage — Insituform | - Un ou plusieurs feutres de polyester, contre-collés sur une pellicule de polyéthane. Epaisseurs courantes de 6mm (diamètres de 400-500mm) jusqu'à 10mm (diamètres de 1.000mm). Longueurs utilisées jusqu'à 300m maximum.<br>- La gaine une fois soudée est imprégnée de résine polyester ou époxy. | - Résistance mécanique et à la rupture importante, variant selon l'épaisseur de la gaine<br>- Bonne résistance à l'attaque chimique et à la corrosion.<br>- Bonne résistance à l'abrasion. | Technique anglaise mise au point en 1973. Elle est largement utilisée aux U.S.A. (où elle est aussi appliquée pour la rénovation des branchements) et dans 20 autres pays étrangers. En France, ce procédé est utilisé depuis 1979 ; une centaine d'opérations ont été réalisées. |
| Gainage — Copalfles | - Un stratifié de tissu et de non tissés de verre contrecollé sur une feuille à base de polyéthylène basse densité. Les épaisseurs moyennes courantes sont de 2 à 10mm.<br>- Le liant utilisé est la résine époxydique. | - Une bonne résistance mécanique (élasticité relative à celle de l'acier),<br>- Une bonne résistance à l'abrasion,<br>- Une résistance à l'attaque chimique moyenne. | Technique française mise au point en 1979. Il existe aujourd'hui 8 sociétés licenciées de cette technique dans des pays étrangers, dont une en Angleterre depuis 1986. |
| Revêtement par panneaux ou segments — G.R.C. | - Panneaux en ciment Portland renforcé de fibres de verre d'une épaisseur de 10 à 25mm et d'une longueur de 1,2m.<br>- Les jonctions entre les panneaux sont renforcées par des rivets "POP", des vis ou des boulons de scellement. | - Très bonne résistance structurelle,<br>- Une faible résistance à l'abrasion,<br>- Une résistance à l'attaque chimique et à la corrosion moyenne (elle peut être améliorée par l'adjonction d'additifs au ciment ou par garnissage),<br>- Perméabilité négligeable. | Technique largement utilisée en Angleterre. Elle a été aussi utilisé en France. |
| Revêtement par panneaux ou segments — Gunite | - Panneaux préfabriqués en Gunite, projetés sur un moule en acier, d'une épaisseur de 40mm et d'une longueur de 1,2m.<br>- Les joints sont réalisés par chevauchement de l'armature en acier et puis par projection de Gunite. | - Très grande résistance structurelle,<br>- Résistance à l'abrasion faible,<br>- Résistance à l'attaque chimique moyenne (pour l'amélioration de cette résistance on peut utiliser des agrégats spéciaux) | Technique courante en Angleterre. |
| Revêtement par panneaux ou segments — P.R.C. | - Panneaux, composés d'un mélange d'agrégats, de résine polyester non saturée et de durcisseurs, d'une épaisseur de 20mm et d'une longueur de 0,7m.<br>- Les joints sont du type à recouvrement ou à embrèchement, recouverts d'un mortier de résine. | - Très grande résistance structurelle,<br>- Grande résistance à l'abrasion,<br>- Très grande résistance à l'attaque chimique et à la corrosion. | Technique connue et utilisée en Angleterre. |
| Revêtement par panneaux ou segments — G.R.P. | - Panneaux, composés d'un tissus de fibre de verre imprégné de résine, d'une longueur de l'ordre de 1,25m.<br>- Les joints sont de type d'embrèvement. | - Grande résistance structurelle,<br>- Résistance à l'abrasion moyenne,<br>- Bonne résistance chimique et à la corrosion. | Technique utilisée en Angleterre. |
| Revêtement par panneaux ou segments — Acier | - Panneaux en acier sur des longueurs de 1,50-7,5m.<br>- L'assemblage des panneaux est effectué par rivets ou par vissage. | - Grande résistance structurelle,<br>- Très grande résistance à l'abrasion,<br>- Résistance à la corrosion faible | Technique utilisée pour la première fois aux U.S.A. en 1896. La première installation en Angleterre date de 1913. Elle est généralement utilisée pour le revêtement des radiers. |
| Revêtement par enduit à base de produits de ciment | - Mortier de ciment renforcé ou non de fibres d'acier et projeté : soit directement sur la paroi interne de la canalisation (épaisseur de 1-5mm jusqu'à 2-5cm) - techniques par compression et par centrifugation ; soit sur des panneaux des grilles d'acier fixés sur la paroi latérale du réseau (épaisseur de 40mm) - technique RHENSPRAY par pulvérisation manuelle.<br>- Gunite, projetée sur des panneaux des treillis métalliques (épaisseur de 20mm) -technique par pulvérisation manuelle. | Le ciment et le Gunite ont des propriétés similaires donc :<br>- Bonne solidité structurelle,<br>- Faible résistance à l'abrasion,<br>- Résistance à la corrosion et à l'attaque chimique moyenne. | Technique connue depuis longtemps et largement appliquée en Europe et aux U.S.A. (la méthode par centrifugation est un brevet américain). Des recherches sont actuellement en cours en Angleterre, pour l'amélioration des propriétés de la canalisation rénovée.<br>En France, une méthode de béton projeté par voie sèche renforcé de fibres de fonte a été développé en 1987. |
| Revêtement par enduit à base de produits plastiques | - Résine polyester renforcée par des fibres de verre, mélangée avec du sable.<br>- Epaisseur de 10mm. | - Faible solidité structurelle,<br>- Grande résistance chimique,<br>- Grande résistance à l'abrasion. | L'utilisation de cette technique date des années 1960. Aujourd'hui, ce procédé est commercialisé en Angleterre où des recherches sont en cours sur de nouveaux produits plastiques. |
| Colmatage à l'aide d'un manchon gonflable | - Ciment<br>- Résines acryliques polymérisées sous forme de gel d'une viscosité très proche à celle de l'eau.<br>- Résines élastomères (mousse polyuréthane) d'une viscosité de 300-350 centipoises. | Selon la nature des matériaux utilisés, nous distinguons :<br>- Résines acryliques : . Gel translucide caoutchouteux et élastique,<br>. Bonne adhérence au support,<br>. Imperméable à l'eau,<br>. Résistance à la compression de 6,5 bars.<br>- Résines élastomères : . Bonne résistance chimique,<br>. Résistance à la traction de 5-6 bars (plus compacte et plus solide que le gel acrylamide),<br>. Elasticité. | Technique très vieille, aujourd'hui de plus en plus abandonnée.<br>Résines acryliques :<br>Technique utilisée pour la première fois aux U.S.A.. Le positionnement du manchon par caméra date de 1965. Elle est utilisée largement aux U.S.A., en Angleterre, et depuis 1970 en France. Des recherches sont aujourd'hui menées sur la pérennité des résines employées.<br>Produits élastomères :<br>Technique utilisée depuis 1970 aux U.S.A.. Expérimentée en Angleterre, elle n'est pas encore utilisée en France. |
| Injection par points (pointing) | - Ciment<br>- Résines époxy<br>- Coulis à base de silicate de soude associé à des résines époxy.<br>- Gel gonflant de type époxy. | - Résines époxy : . faible viscosité,<br>. Grand pouvoir d'allongement,<br>. Imperméable à l'eau.<br>- Coulis à base de silicate de soude associé à des résines époxy :<br>. Relativement rigide,<br>. Imperméable à l'eau.<br>- Gel gonflant : . Viscosité faible,<br>. Polymérisation très rapide,<br>. Il se gonfle à saturation d'eau; | L'injection de ciment est très ancienne et largement utilisée. Par contre, l'application des résines est récente. |
| Colmatage par la méthode "fill and drain" | Résines | - | Technique utilisée en Angleterre et en Suisse. |
| Colmatage par calfeutrage | - Ciment à prise rapide<br>- Etoupe actisée (fibres de jute imbibées de polyréthane). | Etoupe actisée :<br>- Imperméable à l'eau,<br>- Flexible. | |

Tableau 25 : Domaine d'application des techniques de réhabilitation



projeté sur des treuils métalliques, permettant ainsi la construction d'ouvrages de solidité variable.

- Le colmatage des fissures des joints et des points de perforation. Différents procédés sont actuellement utilisés. Ils se regroupent en deux catégories générales selon la taille de la canalisation endommagée. Dans les réseaux non visitables le colmatage est effectué à l'aide d'un applicateur téléguidé (manchon gonflable). Dans les réseaux visitables cette technique est appliquée par injection ou par calfeutrage manuels.

Nous présentons dans le Tableau 23 les techniques de réhabilitation que nous développons dans cette étude, classées par catégories suivant le principe technique sur lequel elles sont basées. Par la suite nous développons, dans le Tableau 24, les principales caractéristiques de chaque technique. En particulier nous insistons sur :

- la nature des matériaux utilisés ;
- les propriétés des matériaux utilisés ;
- le degré de développement de la technique.

Finalement, dans le Tableau 25, nous présentons les domaines d'application de chaque technique, c'est-à-dire : la forme, le type et le diamètre des canalisations pour lesquelles la technique peut être utilisée.

## § 2. Evaluation intrinsèque des techniques de réhabilitation

### 1 . Les critères de choix

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, les mesures prises contre la dégradation des réseaux d'assainissement dépendent chaque fois des moyens institutionnels, financiers et techniques disponibles pour la mise en oeuvre des solutions adoptées et des anomalies détectées, ou autrement dit de la nature de la dégradation. Dans la même logique, le choix d'une technique précise de réhabilitation dépendra : des capacités

techniques et financières du service exploitant ainsi que d'un ensemble de conditions relatives à la mise en oeuvre de la technique ; des anomalies auxquelles les responsables veulent remédier. Dans cette optique, nous distinguons deux groupes de critères qui interviennent dans le choix d'une technique. Ils concernent respectivement les implications de la mise en oeuvre de la technique et la performance de la technique, c'est-à-dire son efficacité à apporter des remèdes aux problèmes détectés.

a) Critères liés à la mise en oeuvre

Basés sur la nature du réseau proprement dit (cf. Chapitre I, Première Partie) et de l'organisation du système d'assainissement, telle que nous l'avons rencontrée dans les trois pays étudiés, nous considérons quatre principaux paramètres qui interviennent dans le moment de la mise en oeuvre de la technique et qui pèsent sur les choix effectués. Ce sont :

- le coût de la technique qui est conditionné par les capacités financières et éventuellement par les priorités techniques et politiques du service (nous rappelons que généralement dans les trois pays les capacités financières des services d'assainissement sont limitées) ;
- la complexité de la mise en oeuvre qui est conditionnée par les capacités techniques du service, ces dernières étant liées à la qualification du personnel et à la nature de l'organisation du service (possibilités d'appui sur l'extérieur ...) ;
- le coût social de la mise en oeuvre de la technique qui est conditionné par la nature du contexte urbain (moeurs des habitants, natures des activités . . . ) , l'image sociale du réseau et le poids des enjeux électoraux ;
- la durabilité de la technique qui pèse sur les paramètres précédents et qui influence par conséquent les choix effectués.

1) Le coût

Le coût de l'application d'une technique de réhabilitation est déterminé d'une part par le prix et le volume des matériaux utilisés, d'autre part par les conditions de mise en oeuvre, c'est-à-dire :

- l'importance des opérations préliminaires (nettoyage, dérivation des effluents, réparations locales ...) ;
- les moyens et les matériels nécessaires à la mise en oeuvre ;
- la durée de l'opération.

Ces conditions dépendent effectivement de la nature du procédé utilisé et aussi de l'état physique et des caractéristiques de l'ouvrage endommagé, c'est-à-dire :

- la profondeur de la canalisation ;
- le nombre et l'état des regards de visite ;
- le nombre et l'état des branchements ;
- le niveau de la nappe phréatique et le volume des effluents propagés qui déterminent les besoins de pompage.

Le coût d'une opération de réhabilitation est par ailleurs influencé par les standards adoptés (plus les standards sont élevés plus le coût est important), et par l'importance des travaux (plus les longueurs traitées sont importantes plus le coût par unité de la technique est faible). Ce qui signifie en fait que le coût de l'opération n'est pas uniquement une caractéristique intrinsèque à la technique mais qu'il dépend au contraire des programmes et de la politique de réhabilitation adoptés (poids et objectifs de la réhabilitation).

2) La complexité de la mise en oeuvre

Par complexité de la mise en oeuvre, nous entendons ici :

- la délicatesse de l'opération, c'est-à-dire l'existence soit d'un risque élevé d'échec, soit d'une difficulté particulière (segments très lourds donc difficiles à manipuler) ;
- le caractère sophistiqué des opérations, ce qui nécessite un personnel de qualification particulière.

Ce paramètre pèse sur les capacités techniques du service et sur le cadre normatif et réglementaire existant qui définit un ensemble de conditions telles que : comment le risque d'échec est-il partagé entre les différents intervenants ? (on voit par exemple qu'en Angleterre, le risque d'échec d'une technique de réhabilitation, jugée comme innovante, est partagé par l'ensemble des acteurs intervenants-clients, fabricants, entrepreneurs-, tandis qu'en France il est supporté uniquement par l'entrepreneur) ; quelles sont les conditions de travail du personnel du service, les contraintes à l'utilisation de certains produits ...

3) Le coût social

Par "coût social", nous entendons ici les effets d'ordre social de l'application de la technique de réhabilitation. C'est-à-dire, précisément, les perturbations du service d'assainissement et des autres services souterrains ; les perturbations des activités urbaines (retards de trafic, pertes d'affaires, pollution, bruit ...) ; les endommagements des immeubles voisins, qui sont causés par la mise en oeuvre de la technique. Cet élément dépend :

- de l'importance des excavations ;
- de la durée des opérations ;
- du besoin de la mise hors service de la canalisation à rénover, ainsi que d'autres caractéristiques propres à la technique employée ;
- du taux d'urbanisation et du type d'activités des zones concernées.

Le paramètre "coût social" prend une valeur importante dans les zones les plus urbanisées et davantage encore dans les centres les plus vieux, là où il y a généralement sur-occupation du sous-sol et de la surface. Mais, il faut souligner que la réalisation des travaux se pose en termes de "gêne aux usagers" surtout à cause de deux caractéristiques du réseau d'assainissement : sa structure arborescente qui fait que le remplacement ou la rénovation d'un collecteur principal ne paraît pas concerner dans une grande mesure l'usage que les riverains de la rue de travaux font du réseau ; son image sociale peu noble, le tout à l'égout n'étant plus

considéré comme synonyme de progrès, en ville du moins où il est devenu un moyen normal, voire banal, pour faire face aux besoins (le paramètre coût social prend en effet une valeur différente à la campagne ou même en ville dans le cas des chantiers de fibre optique).

4) La durabilité

Par durabilité, nous entendons ici la résistance au vieillissement du procédé de réhabilitation. Cet élément est bien sûr conditionné par le mode d'usage du réseau ou autrement dit par :

- la résistance à l'abrasion ;
- la résistance à l'attaque chimique et biologique ;
- la solidité mécanique ;
- l'intégrité des joints (s'il en existe) du procédé utilisé.

Pour calculer la durabilité de chaque technique, il faut prendre en compte le changement de la nature et des propriétés de certains matériaux dans le temps. Par exemple, la solidité du G.R.C. change avec le temps, influencée par la température et l'humidité. De même, les propriétés mécaniques des matériaux plastiques dépendent du temps. En tenant compte de ces changements, le Water Research Center estime aujourd'hui que la vie effective des méthodes de tubage, de chemisage et de revêtement est comparable à celle des nouvelles constructions, donc de l'ordre de 50 ans. Cela à .condition que le choix de la technique ait été fait en respectant ses propres limites et évidemment aussi les recommandations pour sa mise en oeuvre. Néanmoins, on n'a pas une expérience suffisante pour justifier cette hypothèse. Quant aux méthodes de colmatage, leur durée de vie est estimée de l'ordre de 20 ans. Néanmoins, la durée de vie de certaines techniques de colmatage s'est avérée beaucoup plus courte (de l'ordre de 3 à 5 ans).

b) Critères liés à la performance

D'après l'analyse du chapitre II de la deuxième partie, cinq types d'anomalies (anomalies considérées du point de vue des implications

qu'elles entraînent sur la performance des équipements) caractérisent le réseau d'assainissement. Ce sont :

- la détérioration de la structure matérielle du réseau qui emprunte deux formes principales : l'affaiblissement de l'intégrité structurelle des ouvrages et la détérioration de la surface interne des canalisations due aux phénomènes de l'abrasion et de la corrosion ;
- la présence des eaux parasites ;
- la diminution de la capacité hydraulique des canalisations ;
- le développement des conditions d'agressivité dans l'environnement du réseau.

En respectant cette typologie des anomalies, nous considérons cinq mesures de performance qui cristallisent les types de remèdes que confère la réhabilitation à la canalisation endommagée.

1) Le renforcement de l'intégrité structurelle du réseau

Les qualités mécaniques que confère la réhabilitation à la canalisation endommagée dépendent de trois types de conditions : la nature et les épaisseurs des matériaux utilisés ; l'état initial de la structure matérielle du réseau ; l'interaction entre les matériaux de réhabilitation et l'ouvrage ancien.

Le renforcement de la structure matérielle de l'ouvrage se traduit plus anai.ytiquement en deux types de propriétés mécaniques : la flexibilité et la solidité mécanique qu'apporte la réhabilitation à la canalisation .

2) La résistance à l'abrasion de la canalisation

Seulement les procédés de réhabilitation avec intervention systématique sur l'ensemble du tronçon permettent l'amélioration de la résistance à l'abrasion de la canalisation endommagée. La résistance de la conduite rénovée dépend de la nature des matériaux utilisés.

3) La résistance à la corrosion de la canalisation

Seulement les procédés de réfection systématique sur l'ensemble du tronçon permettent l'amélioration de la résistance à la corrosion et à l'attaque chimique de la canalisation. Les propriétés de la conduite rénouée dépendent de la nature des matériaux utilisés. Selon le Water Research Center, il y a actuellement quelques difficultés à prévoir l'effet combiné des produits chimiques, tels qu'on rencontre périodiquement dans les égouts, sur les procédés de rénovation. Néanmoins, il existe des recommandations générales qui, si elles sont respectées, assurent la protection adéquate des systèmes rénovés, même dans les cas de décharges accidentelles importantes.

4) L'étanchéité de la canalisation

Rendre le réseau étanche signifie éliminer les eaux parasites et les points de fuites. Le niveau d'étanchéité que confère à l'ouvrage la réhabilitation dépend précisément de la nature des matériaux et des procédés utilisés (interventions locales ou par tronçons, nature des joints . . . ) .

5) La capacité hydraulique de la canalisation

Comme nous l'avons vu dans le chapitre I de la troisième partie, 1'augmentation de la capacité hydraulique du réseau peut être obtenue soit par l'augmentation de la section de la canalisation, soit par l'augmentation de la vitesse d'écoulement des effluents. La rénovation ne permet généralement pas l'augmentation de la section du réseau. Mais elle permet l'amélioration du coefficient de rugosité et, par conséquent, des caractéristiques d'écoulement du réseau (néanmoins, on a une augmentation significative de la capacité hydraulique seulement quand la surface interne de la canalisation existante était entièrement rugueuse). Par contre, le remplacement permet aussi l'augmentation de la section du réseau (substitution d'une conduite nouvelle de taille plus importante à la conduite existante).

La réhabilitation n'apporte pas de solutions au problème du développement des conditions d'agressivité dans l'environnement du réseau (nous rappelons que la réhabilitation, telle que nous l'avons définie, se limite à des interventions sur le réseau). Pour remédier à ce type d'anomalies, il faut avoir recours à des interventions débordant des frontières du réseau (modification du mode d'utilisation du réseau et du mode d'occupation du sol et du sous-sol). Néanmoins, dans le cas où la cause de cette anomalie est la mauvaise conception du réseau (pente des canalisations insuffisante), on peut faire face au problème par le remplacement du réseau.

2. Tableaux d'évaluation intrinsèque des techniques de réhabilitation

Dans les tableaux 26 et 27 qui suivent nous évaluons les techniques de réhabilitations au regard des critères que nous venons d'exposer. Précisément nous apprécions, dans le tableau 26 les techniques à partir des contraintes liées à leur mise en oeuvre, et dans le tableau 27 à partir de leur performence. Le tableau 27 constitue une grille d'évaluation des techniques par rapport à l'ensemble de ces deux groupes de critères.

Tableau 26 : Evaluation des techniques par rapport aux critères liés à la mise en oeuvre

| Technique / Critère | | Remplacement par l'intérieur des canalisations non visitables | Tubage par éléments thermoplastiques (sliplining) | Tubage par éléments rigides | | | | Gainage | | Revêtement par Segments ou Panneaux | | | | | Revêtement par enduit à base de produits de ciment | Revêtement par enduit à base de produits plastiques | Colmatage à l'aide d'un manchon gonflable | Injection par points | "Fill and Drain" | Calfeutrage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | G.R.P. | P.V.C. | Tarraline 10 | R.P.M. | Insituform | Copoflex | G.R.C. | G.R.P. | Gunite | P.R.C. | Actor | | | | | | |
| Coût | Conditions intervenant dans le coût | Pas besoin de nettoyage préliminaire ni de garnissage de l'espace résiduel. On doit déconnecter les branchements existants avant l'insertion du cône extensible. | Besoin d'opérations secondaires importantes (nettoyage soigné du réseau, ouverture des fouilles, connexion des branchements, garnissage de l'espace annulaire). Opération rapide (12 heures pour 300m Ø 1000). Matériaux relativement chers. La dérivation des effluents n'est pas nécessaire. | Opérations auxiliaires à la mise en oeuvre similaires à celles de la technique sliplining. Pas besoin d'excavations. L'assemblage des éléments est plus facile et la mise en oeuvre plus rapide (≥1,5 Km/jour). La mise hors eau du réseau n'est pas toujours nécessaire. | | | | Grand nombre d'opérations auxiliaires (nettoyage soigné du réseau, préfabrication de la gaine, ouverture des branchements après chemisage, échauffement de l'eau pour la polymérisation de la gaine). Mise en oeuvre relativement rapide (50-80m/jour, Ø 200). Matériaux relativement chers. | Opérations auxiliaires à celles du gainage Insituform. Pas besoin d'eau chaude. Besoin de détournement des effluents. Matériaux relativement chers. | Grand nombre d'opérations auxiliaires (préfabrication des panneaux, nettoyage du réseau, garnissage de l'espace annulaire). La mise hors eau du réseau n'est pas nécessaire. | | | | | Besoin de nettoyage soigné et de mise hors eau du réseau durant l'application du revêtement et jusqu'à 48 heures après. Tous les points d'infiltration doivent être préalablement colmatés. Matériaux pas chers. | Opérations préliminaires analogues à celles du revêtement par ciment. Matériaux chers. L'épaisseur du revêtement, donc la quantité des matériaux utilisés n'est pas importante (1mm). Opération rapide (40-60m/h). | Besoin de localisation des points fuyards, de nettoyage soigné et de mise hors eau du réseau. | Besoin d'une préparation amont du réseau. La dérivation des effluents n'est pas toujours nécessaire. | Besoin de grandes quantités de résines. Les effluents doivent être déviés. | Besoin de nettoyage des surfaces et d'agrandissement des fissures à colmater. Matériau pas chers. |
| | Prix indicatif | Coût moins important que celui du remplacement dans le cas de sols difficiles et de profondeurs considérables. | h = 2m, L = 300m<br>980 F/ml, Ø 300<br>1339 F/ml, Ø 600<br>h = 2m, L = 500m<br>857 F/ml, Ø 300<br>1125 F/ml, Ø 600 | L = 300m<br>Ø 700<br>3055F/ml<br>Ø 600<br>2525F/ml<br>L = 500m<br>Ø 700<br>2801F/ml<br>Ø 600<br>2361F/ml | Ø 350<br>130-<br>190F/ml<br>Ø 500<br>680-<br>850F/ml<br>(prix<br>1982) | Ø 300<br>750F/ml<br>(prix<br>1980) | Ø 450<br>247F/ml<br>(prix<br>1969)<br>Ø 1500<br>2508F/ml<br>(prix<br>1977) | L = 300m<br>Ø 300, 1302 F/ml<br>Ø 600, 2396 F/ml<br>L = 500m<br>Ø 300, 1067 F/ml<br>Ø 600, 1963 F/ml | Ø 200, 450 F/ml<br>Ø 300, 650 F/ml<br>Ø 600, 1250 F/ml<br>(ces prix n'incluent pas l'ouverture des branchements) | Ø 725-1050, 2450 F/ml<br>L≤ 300m<br>Ø 700<br>3055F/ml<br>L = 500m<br>Ø 700<br>2801 F/ml | Ø 725-1200<br>2970F/ml | L = 300m<br>Ø 1000<br>6362 F/ml<br>L = 500m<br>Ø 1000<br>5923 F/ml | | Ø 1000, 1256-1884F/ml<br>(prix 1982)<br>Procédé RUHRWERK<br>Ø 1000, 3140 F/ml<br>(1£ = 10 FF) | Ø 1000, 785-942 F/ml | Prix et quantités des matériaux utilisés varient selon la nature des matériaux. L'utilisation des résines élastomères est plus économique que l'utilisation des résines acryliques pour laquelle on a :<br>600 F/joint, Ø 150<br>1500 F/joint, Ø 600 | Prix dépendant de la quantité du mortier utilisé. L'utilisation des résines époxy peut selon les conditions du sol environnant s'avérer trop couteuse. | Technique chère | Technique économique |
| Complexité de la mise en oeuvre | | Technique relativement simple. Les tensions développées pendant le tractage de la nouvelle conduite sont considérables, ce qui présente des risques pour l'état final de l'ouvrage. | Technique simple. L'assemblage par soudage des éléments est une opération délicate. | Opération facile | | | | Opération compliquée et délicate.<br>Les points des branchements constituent des points faibles avec des risques de décollement de la gaine. | Opération délicate avec risque de déchirure de la gaine. L'ouverture des branchements est effectuée par l'extérieur. | Opérations laborieuses. Dans le cas de la Gunite et du P.R.C. les segments sont d'un poids important, donc difficiles à manipuler, et relativement fragiles aux chocs. La surface interne des panneaux en G.R.C. est très lisse, donc glissante, ce qui constitue un danger pour les égoutiers. Le garnissage de l'espace annulaire est une opération délicate. D'autant plus que la bonne adhérence entre le revêtement, la garniture et l'ancienne canalisation, détermine le comportement mécanique de l'ouvrage | | | | | Opération relativement complexe. La projection du mortier de ciment par centrifugation est une opération délicate. Dans le cas de la projection manuelle (opération laborieuse), le lissage de la surface interne de la canalisation est une opération délicate (risque d'enlever une quantité de matériau importante) | Technique délicate, une épaisseur régulière du revêtement étant difficile à obtenir. | Risque d'échec de la technique à cause du mauvais nettoyage de la canalisation. Risque de consommation élevée de résine, due à la nature du sol. L'utilisation des mortiers plastiques nécessite l'utilisation d'équipement de protection particulier. | Opération longue et laborieuse mais pas compliquée. | Opération facile | Opération simple |
| Coût social | | Pas de perturbations importantes en surface. La connexion/déconnexion des branchements nécessite des fouilles ponctuelles. L'application du procédé par le choc qu'elle provoque, risque d'entraîner l'endommagement des immeubles voisins. | Technique rapide qui nécessite certaines excavations (fouilles de 4m de long). Dans les zones urbanisées elle peut être gênante. | Peu de perturbations en surface. Il faut refaire les raccordements. | | | | Très peu de perturbations en surface. Mise en place rapide effectuée par les regards de visite. L'ouverture des branchements est effectuée par l'intérieur. La dérivation des effluents est nécessaire. | Pas de perturbations importantes en surface. L'ouverture des branchements est effectuée par l'extérieur. La dérivation des effluents est nécessaire. | Techniques appliquées par l'intérieur mais relativement génantes. Perturbations en surface (fouilles pour faire introduire les panneaux dans le réseau, chantier de préfabrication des panneaux). | | | | | Peu de perturbations en surface. La mise hors eau du réseau pendant 48 heures et plus peut constituer un inconvénient majeur. | Pas besoin de fouilles. La mise hors eau du réseau pendant 18-24 h. représente une gêne pour les usagers. | Pas de perturbations en surface. La mise hors eau des tronçons à rénover entraîne des perturbations locales du service. | Technique pas gênante. Risque de détérioration ou de colmatage des canalisations avoisinantes. | Pas de perturbations en surface. La mise hors eau du réseau peut constituer une gêne pour les usagers. | Technique pas gênante |
| Durabilité | | Analogue à celle d'un égout neuf. Il faut tenir compte du rôle des incontrôlables tensions développées durant le tractage de la nouvelle canalisation. | Entre 30 et 40 ans. Les caractéristiques mécaniques du polyéthylène deviennent moins performantes dans le temps. | Entre 30 et 40 ans | | | | De l'ordre de 30 ans dans des conditions correctes d'application. | De l'ordre de 50 ans | Analogue à celle d'un ouvrage neuf (en particulier quand la garniture de l'espace annulaire adhère bien au revêtement). | | | | | Dans le cas d'une application correcte (absence de mouvements de terrain, compatibilité béton-effluents) de l'ordre de 40 ans. Avec armature métallique, comparable à celle d'un réseau neuf | De l'ordre de 10 ans. La tenue dans le temps du revêtement dépend de la qualité de la mise en oeuvre (choix du solvant, adéquation de la résine au matériau de la canalisation et à la nature de l'effluent, qualité de pose). | Dans le cas de conditions correctes de mise en oeuvre, supérieure à 20 ans. L'expérience montre qu'une durabilité supérieure même à 50 ans n'est pas toujours assurée (tient peut-être d'une application pas bien étudiée). | Supérieure à 20 ans. | Reste à vérifier | Reste à vérifier |

*Commentaire du tableau 26*

*Coût de la technique*

*Nous distinguons trois catégories de techniques de réhabilitation selon la contrubition des conditions de mise en oeuvre au coût des techniques. La première catégorie inclut les interventions de caractère local et les techniques de revêtement par enduit à base de produits plastiques et de ciment sans armature pour lesquelles, les traveaux de mise en oeuvre, même délicats (cas du colmatage à l'aide d'un manchon gonflable et du revêtement) ou laborieux (cas de l'injection par points), ne représentent pas un coût important. La deuxième catégorie regroupe les techniques de remplacement par l'intérieur des canalisations non visitables, de tubage et de gainage pour lesquelles, les travaux de mise oeuvre pèsent de manière relativement importante sur le coût des techniques. La troisième catégorie regroupe les techniques de revêtement par segments et par enduit à base de produits de ciment avec armature des canalisations visitables pour lesquelles, les travaux . de mise en oeuvre, laborieux et compliqués, entraînent des coûts élevés. Au sein de ces trois catégories les coûts des procédés de rénovation varient aussi selon la nature des matériaux utilisés. D'une manière générale, plus les matériaux sont de bonne qualité plus le coût est important. Ainsi certains procédés appartenant à la deuxième catégorie reviennent aussi chers que ceux de la troisième catégorie.*

*Nous précisons que les prix indicatifs des techniques annotées d'un ** ont *été calculés à partir des formules élaborées par le Water Research Center. Nous les présentons dans l'annexe 14. Nous posons que £1=10 FF.*

*Complexité de la mise en oeuvre*

*Dans la majorité des techniques la mise en oeuvre représente* une *opération peu compliquée à deux exeptions près. D'une part les techniques de gainage et de colmatage à l'aide d'un manchon gonglable, dont la mise en oeuvre est délicate et compliquée. D'autre part les techniques de revêtement par segments ou panneaux et par enduit à base de produits de ciment avec armature dont la mise en oeuvre est laborieuse et compliquée.*

*Coût social*

*Toutes les techniques de rénovation avec intervention interne que nous présentons ici entraînent peu de perturbations en surface. Il existe néanmoins de faibles variantes en ce qui concerne le coût social de leur application. Les techniques de sliplining et de revêtement sont moins intéressantes au regard de ce critère que les autres. Le sliplining et le revêtement par segments nécessitent l'ouverture de fouilles pour l'introduction respectivement de la nouvelle canalisation et des segments dans le réseau (la techniqe de revêtement par segments nécessite de plus une place supplémentaire en surface pour l'installation des chantiers de préfabrication des panneaux) . Quant aux techniques de revêtement par enduit à base de produits plastiques ou de ciment, elles nécessitent la mise hors eau du réseau pour une durée importante.*

*Durabilité*

*Nous distinguons troits catégories de techniques selon la durée de vie des procédés. La première catégorie regroupe les techniques de revêtement par segments ou panneaux et de revêtement par enduit à base de produits de ciment avec armature dont la durée de vie est analogue à celle d'un réseau neuf, donc supperieure à 50 ans. La deuxième catégorie regroupe les techniques de remplacement par l'intérieur, de tubage, de gainage, de revêtement par enduit à base de produits de ciment sans armature et l'injection par points, dont la durée de vie est de l'ordre de 30 ans. La troisième catégorie regroupe les techniques de revêtement par enduit à base de produits plastiques et de colmatage à l'aide d'un manchon gonflable dont la* durée de vie est *inférieure à 10 ans.*

Tableau 27 : Evaluation des techniques par rapport aux critères liés à la performance

| Technique / Critère | | Remplacement par l'intérieur des canalisations non visitables. | Tubage par éléments thermoplastiques (sliplining) | Tubage par éléments rigides | | | | Gainage | | Revêtement par Segments ou Panneaux | | | | | Revêtement par enduit à base de produits de ciment | Revêtement par enduit à base de produits plastiques | Colmatage à l'aide d'un manchon gonflable | Injection par poinçs | | | "Fill and Drain" | Calfeutrage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | G.R.P. | P.V.C. | Fibrociment | R.P.M. | Insitoform | Copoflex | G.R.C. | G.R.P. | Gunite | P.R.C. | Acier | | | | Résines époxy | Coulis gel gonflant | Ciment | | |
| Renforcement structurel | Flexibilité | Suffisante | Bonne | Suffisante. Il faut utiliser des joints souples. | | | | Très bonne | Très bonne | Elle ne confère pas de flexibilité à l'ouvrage. Sinon il faut utiliser des joints spéciaux et casser la garniture de l'espace annulaire aux points appropriés. | | | | | Les canalisations deviennent très rigides. | Elle permet aux joints de conserver une certaine souplesse | L'utilisation des résines élastomères permet la conservation de la souplesse des joints | Elle permet aux joints de conserver une certaine souplesse | La canalisation devient rigide. | Le canalisation devient plus rigide. | Pas d'élasticité | Pas d'élasticité |
| | Solidité mécanique | Bonne | Suffisante. Elle dépend de l'épaisseur des tuyaux en Pf. Le garnissage de l'espace annulaire résiduel contribue au renforcement de la structure. | Bonne | Faible | Suffisante | Bonne | Moyenne. Pour des épaisseurs plus importantes que 6mm, bonne. | Bonne | Très bonne. La performance à long terme dépend de la qualité du garnissage de l'espace annulaire. Dans le cas d'adhérence de la garniture au revêtement et à l'ouvrage ancien, la canalisation rénovée se comporte comme une structure composée d'une solidité mécanique très importante. | | | | | Elle dépend de l'épaisseur du revêtement. Dans le cas d'épaisseurs importantes (50mm) et d'application d'une armature métallique la réhabilitation est structurante. Dans le cas contraire, le renforcement de la résistance mécanique est faible. | Dans le cas d'épaisseurs de revêtement importantes, un certain renforcement structurel. | Pas d'amélioration de la tenue mécanique de la canalisation. L'utilisation des résines acryliques permet la stabilisation du sol environnant. | Elle permet la consolidation de l'ouvrage et la stabilisation du sol environnant | | Elle permet la stabilisation du sol environnant et un certain renforcement structural de l'ouvrage. | - | - |
| Résistance à l'abrasion | | Très bonne | Très bonne | Bonne | Faible | Importante | Bonne | Importante | Bonne | Faible | Bonne | Faible | Importante | Très bonne | Faible | Importante | - | - | | | - | - |
| Résistance à la corrosion | | Très bonne | Très bonne | Importante. Pour certains agents chimiques une résine de composition particulière est nécessaire. | Faible. Matériau sensible aux solvants et aux phénols. | | Très bonne | Importante | Importante | Suffisante | Importante | Suffisante | Très bonne | Suffisante | Dans le cas d'effluents très agressifs, on utilise du mortier de ciment mélangé au revêtement de résine epoxy. | Importante | - | - | | | - | - |
| Etanchéité | | Bonne. Il faut utiliser des joints renforcés. | Très bonne. L'existence de nombreux branchements risque de créer des points de fuites et d'infiltration. | Bonne. Il faut appliquer aux joints un mastic approprié et faire attention au raccordement des branchements. | | | | Très bonne. L'ouverture des branchements après la mise en place de la gaine peut affaiblir la capacité d'étanchement de la technique. | Très bonne. L'ouverture des branchements par l'extérieur offre une garantie pour l'étanchéité de l'ouvrage. | La bonne adhérence de la garniture de l'espace annulaire au revêtement contribue à l'étanchéité de l'ouvrage. Pour obtenir une bonne étanchéité, il faut utiliser des joints spéciaux. Les panneaux en G.R.P. assurent une meilleure étanchéité que les autres types de revêtement. | | | | | Faible. Elle permet l'élimination des grands apports d'eau. | Très bonne | Elle dépend de la qualité du diagnostic préalable du réseau et de la nature des matériaux utilisés (l'utilisation du mortier de ciment ne permet que l'élimination des grands apports d'eau. | Bonne | Bonne | Faible | Bonne | Faible |
| Capacité hydraulique | | Très bon coefficient de rugosité. Section de la nouvelle canalisation légèrement plus grande que celle de la conduite initiale. | Bon coefficient d'écoulement. Diminution de la section relativement importante. | Amélioration du coefficient de rugosité. Réduction importante de la section de la canalisation, ce qui entraîne une réduction de la capacité hydraulique initiale de 5%. | | | | Très bon coefficient d'écoulement. La réduction de la section initiale est minime (2-5mm). | Amélioration de la capacité hydraulique. | Surface intérieure suffisamment lisse (surtout G.R.C. et G.R.P.). La réduction de la section est importante (surtout Gunite et P.R.C.) | | | | | Certaine amélioration de la capacité d'écoulement. Dans le cas d'utilisation d'une structure métallique, la diminution de la section est importante. | Amélioration de la capacité hydraulique | - | - | | | - | - |

*Commentaire du tableau* 27

*Renforcement structurel*

*Nous distinguons trois catégories de techniques selon la solidité mécanique qu'apporte la réhabilitation à l'ancienne canalisation. La première catégorie regroupe les techniques avec intervention locale (colmatage, calfeutrage), qui n'apportent aucune amélioration à la structure des conduites, et les techniques de revêtement par enduit à base de produits plastiques et de ciment sans armature, qui confèrent aux conduites un faible renforcement structurel. La deuxième catégorie regroupe les techniques de tubage, de chemisage et de remplacement par l'intérieur, qui apportent à la canalisation un renforcement important de la solidité mécanique. La troisième catégorie regroupe les techniques de revêtement par segments ou panneaux et par enduit à base de produits de ciment avec armature, qui confèrent à la canalisation une rigidité et une résistance mécanique très importantes.*

*Quant à la contribution de la réhabilitation à la flexibilité de la canalisation, il existe de variantes au sein de ces trois catégories selon la nature des matériaux et des joints (s'ils existent) utilisés. Dans la première catégorie les résines polyester, élastomères et epoxy sont les plus intéressantes au regard de ce critère. Dans la deuxième catégorie ce sont les méthodes de gainage et de tubage par éléments thérmoplastiques (sliplining). Toutes les méthodes de la troisième catégorie sont peu intéressantes par rapport à ce critère.*

*Résistance à l'abrasion et à la corrosion*

*Nous distinguons deux catégories de techniques selon la résistance à l'abrasion et à la corrosion de la canalisation rénovée. La première catégorie regroupe les techniques avec intervention locale qui n'apportent aucune contribution au regard de ces critères. La deuxième catégorie regroupe le reste des techniques qui confèrent à la canalisation une amélioration de la résistance à l'abrasion et à la corrosion. L'importance de cette[1]'-amélioration dépend de la nature des matériaux utilisés.*

*Etanchéité*

*Nous distinguons quatre catégories de techniques selon l'etanchéité qu'elles confèrent à la canalisation. La première catégorie regroupe les techniques de tubage par éléments thérmoplastiques (sliplining), de gainage et de revêtement par enduit à base de produits plastiques qui, grâce à la nature des matériaux utilisés, le caractère systématique de l'intervention et l'absence de joints, confèrent à la canalisation une très bonne etanchéité. La deuxième catégorie inclut les techniques de colmatage (colmatage à l'aide d'un manchon gonflable, injection par points, "fill and drain"), fondées sur l'utilisation de matériaux imperméables à l'eau (résines, gel) donc aptes à l'étanchement des canalisations, pour lesquelles l'etanchéité de l'ouvrage rénové dépend directement de la qualité du diagnostic préalable du réseau. La troisième catégorie regroupe les techniques de remplacement par l'intérieur, de tubage par éléments rigides et de revêtement par segments en G.R.P et en acier, pour*

*lesquelles les matériaux utilisés sont étanches mais la présence' de joint affecte leur intérêt au regard de ce critère. Pour obtenir une bonne étanchéité il* faut utiliser des *joints* spéciaux. La quatrième catégorie *regroupe les rechniques basées sur l'utilisation de ciment (colmatage per injection de ciment, revêtement par enduit à base de produits de ciment, revêtement par segments en G.R.C, en Gunite et en P.R.C), qui présentent un intérêt limité par rapport à ce critère. Elles ne garantissent pas 1'étanchéité de la canalisation.*

*Capacité hydraulique*

*Nous distinguons trois catégories de techniques selon la capacité hydraulique qu'elles associent à la canalisation. La* première *catégorie regroupe les techniques avec intervention locale qui ne modifient pas la capacité hydraulique du réseau. La deuxième catégorie regroupe les techniques de tubage, de revêtement par segments ou panneaux et par enduit à base de produits de ciment avec armature, qui entrainent la diminution de la section de la canalisation et donc de la* capacité hydraulique du *réseau (dans certains cas cette diminution peut être contre-balancée par l'amélioration du coefficient de rugosité de la canalisation rénovée). La troisième catégorie regroupe les techniques de chemisage, de revêtement par enduit à base de produits plastiques et de remplacement, qui contribuent à l'augmentation de la capacité* hydraulique du réseau. *La technique de remplacement par l'intérieur est la plus intéressante selon ce critère parce qu'en plus de l'amélioration du coefficient d'écoulement, elle permet une légère augmentation de la section de la conduite.*

Tableau 28 : Grille d'évaluation des techniques par rapport aux contraintes de leur mise en oeuvre et à leur performance.

| Techniques / Critères d'évaluation | | Remplacement HD-PE | Sliplining | Tubage par éléments rigides | | | | Gainage | | Revêtement par Segments ou Panneaux | | | | | Revêtement par enduit à base de produits de ciment | Revêtement par enduit à base de produits plastiques | Colmatage à l'aide d'un manchon gonflable | | | Injection par points | | | Fill and Drain | Calfeutrage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | G.R.P. | P.V.C. | Terraline 10 | R.P.M. | Insituform | Copeflex | G.R.C. | G.R.P. | Gunite | P.R.C. | Acier | | | Résines Acryliques | Résines élastomères | Ciment | Résines époxy | Coulis Gel gonflant | Ciment | | |
| Mise en oeuvre | Coût | **(*) | ** | * | *** | ** | *** | *(*) | *(*) | *(*) | * | * | * | * | **(*) | *** | *(*) | ** | *** | *(*) | ** | *** | * | *** |
| | Complexité de la mise en oeuvre | **(*) | ** | *** | *** | *** | *** | * | * | *(*) | *(*) | * | * | * | ** | ** | * | * | * | *** | *** | *** | *** | *** |
| | Coût social | **(*) | ** | *** | *** | *** | *** | *** | **(*) | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | *** | *** | *** | **(*) | **(*) | **(*) | ** | *** |
| | Durabilité | 30-40 ans | 30-40 ans | 30-40 ans | 30-40 ans | 30-40 ans | 30-40 ans | 30-40 ans | 30-40 ans | > 50 ans | t > 5mm, > 50 ans | > 50 ans | > 50 ans | 50 ans | 40 ans sans armature 50 ans avec armature | 5 à 10 ans | 2 à 10 ans | 2 à 10 ans | 2 à 10 ans | > 20 ans | > 20 ans | > 20 ans | Reste à vérifier | Reste à vérifier |
| Performance | Renforcement structurel — flexibilité | *(*) | ** | *(*) | *(*) | *(*) | *(*) | *** | *** | * | * | * | * | * | * | ** | * | ** | * | ** | * | * | * | * |
| | Renforcement structurel — Solidité mécanique | ** | *(*) | ** | * | *(*) | ** | t > 6mm ** | ** | *** | t > 5mm ** | *** | *** | *** | * sans armature **(*) avec armature | * | - | - | - | - | - | * | - | - |
| | Amélioration de la résistance à l'abrasion | *** | *** | ** | * | **(*) | ** | **(*) | ** | * | ** | * | **(*) | *** | * | **(*) | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Amélioration de la résistance à la corrosion | *** | *** | **(*) | * | *** | ** | **(*) | **(*) | *(*) | **(*) | *(*) | *** | *(*) | *(*) | **(*) | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Etanchéité | *(*) | *** | *(*) | *(*) | *(*) | **(*) | *** | ** | * | *(*) | * | * | *(*) | * | *** | ** | ** | * | ** | ** | * | ** | * |
| | Augmentation de la capacité hydraulique | *** | - | - | - | - | - | ** | ** | - | t < 5mm * | - | - | * | * sans armature - avec armature | ** | - | - | - | - | - | - | - | - |

## § 2. Evaluation des techniques par rapport aux objectifs de la réhabilitation

A partir de la grille d'évaluation du tableau 28, nous allons classer les techniques de réhabilitation (nous tenons aussi compte de la technique de remplacement par l'extérieur) en catégories, selon leur performance (technique et financière) au regard des trois objectifs identifiés dans le chapitre précédent (Section IV), c'est-à-dire : la reconstitution des équipements ; l'adaptation des équipements à leurs modes d'usage ; l'adaptation des équipements aux nouvelles exigences d'étancheité . Nous pouvons ainsi construire le tableau 29. D'après ce tableau, il existe pour chaque objectif un éventail de techniques. Nous basant sur l'évaluation intrinsèque des techniques de réhabilitation, élaborée dans le paragraphe ci-dessus, nous examinons par la suite l'efficacité des techniques par rapport à chaque objectif en tenant aussi compte des contraintes de leur mise en oeuvre.

### Adaptation des équipements aux nouvelles exigences d'étancheité

Les techniques les plus performantes par rapport à cet objectif sont celles de la première, la deuxième et la quatrième, catégories du tableau 29. Concernant la quatrième catégorie, ce sont en particulier les techniques de tubage par éléments thérmoplastiques et de gainage qui sont les plus intéressantes au regard de l'étanchéité qu'elles confèrent à la canalisation. Les techniques de la troisième catégorie, basées sur l'utilisation du ciment, sont par contre peu intéressantes au regard de cet objectif (elles ne garantissent pas l'étanchéité des ouvrages).

Les deux premières catégories du tableau 29, c'est à dire le colmatage par injection de produits plastiques et le revêtement par enduit à base de produits plastiques, présentent des coûts peu élevés (la technique de colmatage peut toutefois s'avérer chère quand les points d'intervention par tronçon sont nombreux et dans le cas de certains sols -galet- pour les résines acryliques). Leur application nécessite un équipement léger mais sophistiqué et un personnel de qualification particulière (leur mise en

Tableau *23* : Classification des techniques selon leur efficacité par rapport aux objectifs de la réhabilitation

| Technique \ Objectif | Nouvelles exigences d'étanchéité | Adaptation aux modes d'usage | Reconstitution |
|---|---|---|---|
| Colmatage par injection de produits plastiques | X | | |
| Revêtement par enduit à base de produits plastiques | X | X | |
| - Colmatage par injection de ciment<br>- Revêtement par enduit à base de produits de ciment | | | X |
| - Revêtement par segments<br>- Tubage par éléments rigides<br>- Remplacement par l'intérieur<br>- Remplacement par l'extérieur | (X) | X | X |
| - Tubage par éléments thermoplastiques<br>- Gainage | X | X | X |

*Commentaire du tableau 29 ;*

*Ce tableau fait apparaître quatre catégories de techniques de réhabilitation .*

*La première catégorie regroupe les techniques de colmatage par des matériaux imperméables à l'eau, qui confèrent à la canalisation une très bonne étanchéité (colmatage à l'aide d'un manchon gonflable, injection par ponts, "fill and drain").*

*La deuxième catégorie concerne la technique de revêtement par enduit à base de produits plastiques, qui confère à la canalisation non seulement une très bonne étanchéité mais aussi une amélioration de sa résistance à la corrosion et à l'abrasion, de sa capacité hydraulique et de sa flexibilité.*

*La troisième catégorie regroupe : les techniques de colmatage par injection de ciment, qui parmettent la réparation des défauts locaux de structure (dans le cas des canalisations visitables, un certain renforcement de la solidité mécanique de l'ouvrage peut aussi être obtenu) , • les techniques de revêtement par enduit à base de produits de ciment (avec et sans armature), qui permettent de rétablir dans leur état initial les ouvrages et de renforcer leur structure (la technique de revêtement avec armature confère à la canalisation une très bonne solidité mécanique). Cependent, ces rechniques sont peu ou pas du tout intéressantes par rapport à la résistance à la corrosion et à l'abrasion, à la flexibilité et à la capacité hydraulique qu'elles associent à la canalisation.*

*La quatrième catégorie regroupe les techniques de revêtement par segments, de tubage par éléments rigides, de rempacement par l'intérieur, de remplacement par 1'extérieur, de tubage par éléments thermoplastiques (sliplining) et de gainage. Ces procédés satisfont aux trois objectifs. Ils associent à l'ouvrage une bonne solidité mécanique et une très bonne résistance à l'abrasion et à la corrosion (pour les techniques utilisant des matériaux appropriés). ILs permettent aussi 1 'étanchement de la canalisation. Mais les techniques de revêtement par segments, de remplacement et de tubage, ne satisfont ce dernier objectif qu'à condition d'utiliser des joints spécaux renforcés.*

oeuvre est compliquée et délicate). La faible durée de vie de ces techniques (2 à 10 ans), qui impose qu'elles soient fréquemment renouvelées, accentue l'importance de cette dernière contrainte. Ces types de procédés représentent en réalité de nouvelles pratiques d'entretien des équipements et impliquent une organisation des services et une formation du personnel particulières.

Par ailleurs, les coûts des techniques de gainage et de tubage par éléments thérmoplastiques sont relativement élevés. La mise en oeuvre de ces deux techniques est aussi plus compliquée et laborieuse. Mais il s'agit de procédés d'une durée de vie longue (30 à 40 ans).

Adaptation des équipements aux modes d'usage

Les techniques les plus efficaces dans ce cas sont celles de la deuxième et quatrième catégorie du tableau 29, qui permettent le renforcement de la surface interne des canalisations et donc, l'amélioration du comportement des équipements vis-à-vis de phénomènes de corrosion, d'abrasion et de surcharge hydraulique (seules les techniqes de gainage, de remplacement par l'intérieur et de remplacement par l'extérieur permettent l'augmentation de la capacité hydraulique du réseau). Contrairement à ces techniques, les procédés de colmatage par leur caractère ponctuel ne peuvent pas prendre en conte les modes d'usage. De même, le revêtement par enduit à base de ciment est peu performant en ce qui concerne cet objectif. L'efficacité de ces dernières techniques, appartenant à la première' et la troisième catégorie du tableau 29, est, donc, limitée quand des phénomènes de corrosion, d'abrasion et de surcharge hydraulique se manifestent.

Reconstitution des équipements

Les techniques les plus performantes par rapport à cet objectif sont celles de la troisième et la quatrième catégorie du tableau 29, qui permettent de faire face à la détérioration physique des équipements, de

réparer les défauts de structure des ouvrages et d'améliorer leurs caractéristiques mécaniques. L'efficacité des remèdes qu'elles appliquent varient entre elles. Par contre les techniques de la première et la deuxième catégorie du tableau 29 n'apportent pas d'amélioration à la structure des canalisations. Leur utilisation n'est pas alors possible dans le cas où la structure du réseau n'est pas seine.

Quant aux contraintes liées à la mise en oeuvre des techniques de la troisième et la quatrième catégorie du tableau 29, nous avons que :

- ces procédés représentent dans leur ensemble des opérations complexes et/ou laborieuses (notamment les techniques de revêtement par enduit de ciment avec armature et de revêtement par segments qui s'appliquent dans les canalisations visitables). Leur mise en oeuvre nécessite donc un personnel qualifié et un équipement particulier ;
- compte tenu de la longue durée de vie de ces procédés (supérieure à 30 ans), la complexité de leur mise en oeuvre ne constitue pas un obstacle pour leur utilisation (il s'agit de travaux généralement réalisés par des entreprises spécialisées comme dans le cas des nouvelles constructions) ;
- le coût de ces procédés varie entre eux selon la qualité des matériaux utilisés et le niveau de leurs performances techniques. Les techniques de revêtement par segments, dont les travaux de mise en oeuvre sont les plus laborieux, présentent les coûts les plus élevés ;
- ces^.procédés sont équivalents entre eux au niveau du coût social. Il faut néanmoins distinguer la technique de remplacement classique dont le coût social et financier est prohibitif dans le cas de centres villes et de sols particulièrement rigides.

## CONCLUSION

Finalement deux groupes de techniques apparaissent correspondant à des objectifs de réhabilitation nettement différents. Le premier groupe est axé sur l'adaptation des équipements aux nouvelles exigences d'étanchéité.

Il concerne des techniques qui ne permettent pas de pallier les défauts de structure des canalisations (première et deuxième catégorie du tableau 29). La mise en oeuvre de ces procédés, relativement sophistiquée, nécessite un matériel léger. Plais ces techniques ont une courte durée de vie et doivent être fréquemment renouvelées. Leur utilisation implique l'inspection régulière et systématique des équipements.

Le deuxième groupe est axé sur la reconstitution des équipements. Il concerne des techniques permettant de faire face à des situations de détérioration importante (troisième et quatrième catégories du tableau 29). Dans leur ensemble, ces techniques répondent aussi aux deux autres objectifs de la réhabilitation qui sont l'adaptation des canalisations aux modes d'usage et aux nouvelles exigences d'étanchéité. Plais le niveau de remèdes apportés varie entre elles, les techniques les plus efficaces pour plusieurs objectifs présentant les coûts les plus élevés. La mise en oeuvre de ces procédés est complexe et plus ou moins laborieuse. Leur durée de vie est par contre longue.

*If*

# CONCLUSION GENERALE

Les réseaux d'assainissement en Angleterre, aux Etats Unis et en France sont soumis aujourd'hui à un phénomène de dégradation. Ce phénomène trouve son explication dans l'inadaptation des réseaux et des systèmes d'assainissement à 1'évolution de leur environnement social et économique. La réhabilitation des réseaux représente une des réponses apportées à ces situations de dégradation. Elle est un mode d'adaptation du système d'assainissement à son environnement. Elle ne se limite donc pas à la restauration des réseaux, voire à leur réfection à l'identique. Elle conduit au contraire à leur transformation de façon à ce que le système puisse s'adapter aux nouveaux besoins et exigences exprimées.

Des situations de dégradation différentes selon les pays

La dégradation des réseaux d'assainissement qui s'est produite aux Etats-Unis et en Angleterre se manifeste par le mauvais état des équipements (défauts de structure plus ou moins importants), leurs faibles performance et efficacité. En Angleterre, les installations de réseaux présentent un véritable problème d'obsolescence et de vétusté. Leur état est critique, les risques d'effondrement étant réels et grands. Bien que ce problème soit accentué seulement dans certaines zones, la situation est préoccupante eu égard à l'ampleur des conséquences des effondrements et au fait que les réseaux en plus mauvais état se situent dans les centres des grandes villes, là où les effets des dommages coûtent socialement et financièrement le plus cher. Aux Etats-Unis, l'état des réseaux varie selon JLes villes cristallisant une situation hétérogène. A un niveau général, il existe un problème de détérioration mais qui n'est pas vraiment critique dans la mesure où il n'y a pas de risques imminents de défaillance des installations ni de réactions vives de la part de la population. Le problème des réseaux se traduit surtout par la mauvaise efficacité des équipements et leur impact négatif sur le fonctionnement des stations d'épuration. Par ailleurs en France, même si la détérioration physique des réseaux d'assainissement semble peu avancée (est-ce parce que l'information sur les réseaux ne circule pas ?), les équipements ne sont pas fiables et ne garantissent pas l'efficacité de dépollution des stations d'épuration.

Des équipements et des modes d'organisation inadaptés aux nouvelles finalités du service d'assainissement

Le problème de la dégradation des réseaux va au-delà de ces manifestations de nature physique. Il réside dans le fait que les capacités réelles des équipements ne sont plus compatibles avec les exigences de qualité et les objectifs du service d'assainissement. Ce phénomène traduit l'apparition de nouvelles dynamiques dans le secteur qui affectent le rôle des réseaux et les principes de l'assainissement mettant ainsi en cause les anciennes organisations du système d'assainissement. En effet, en Angleterre c'est après la réorganisation de l'industrie de l'eau en 1974 que le problème du mauvais état des réseaux a été soulevé. Les nouveaux responsables du service (Régional Water Authorities) dans un contexte politique conflictuel qui leur impose de faire preuve d'efficacité (d'une part pour renforcer leur position vis-à-vis des gouvernements locaux, d'autre part pour justifier leurs dépenses et leurs programmes vis-à-vis du gouvernement central) ne peuvent plus tolérer les manifestations de la détérioration des équipements. De même, aux Etats-Unis c'est l'apparition des nouvelles exigences d'assainissement après 1972, centrées sur la préservation de l'environnement, qui a soulevé le problème de la dégradation des réseaux. Ces nouvelles exigences, mises en avant par l'Agence Fédérale pour la Protection de l'Environnement, ont été imposées au niveau des gouvernements locaux, par le biais de mesures dissuasives (poursuites judiciaires) et incitatrices (contraintes aux subventions allouées) importantes, de façon à modifier les objectifs du service à l'échelle nationale. Le. mauvais état des ouvrages se pose, alors, en termes de non conformité aux normes de qualité imposées par le gouvernement fédéral. De nouvelles exigences en matière de conditions de collecte des eaux usées se sont manifestées aussi en France après 1982. Elles expriment la préoccupation des responsables de l'environnement d'augmenter l'efficacité d'épuration des équipements. Le problème de la faible performance des réseaux est ainsi perçu depuis, comme signe de dégradation. Mais il ne revêt pas de formes critiques, les nouveaux principes techniques de l'assainissement étant introduits progressivement au niveau des gouvernements locaux. En

effet les Agences Financières de Bassin incitent les collectivités locales à la valorisation et à l'amélioration des réseaux sans pour autant les y obliger.

Les situations de dégradation révèlent l'inadaptation des pratiques d'entretien et des comportements d'usage des équipements aux exigences et aux finalités du service. Elles mettent ainsi en cause les anciens types d'organisations institutionnelles et politiques. En effet en Angleterre, les capacités et pratiques des gouvernements locaux, qui s'appuient sur des services peu performants et archaïques et qui privilégient les projets sociaux aux dépens de l'entretien et la préservation des canalisations d'égouts, se montrent insuffisantes et inadéquates au regard de la maintenance et pour assurer la pérennité des équipements. Cela d'autant plus qu'il s'agit de constructions anciennes avec des besoins de renouvellement et d'entretien accentués. De même, l'organisation municipale du service d'assainissement aux Etats-Unis stimulée par le contexte social et économique général (comportements particularistes des habitants, manque de confiance dans les gouvernements locaux, crise fiscale et déclin des villes) favorise l'abandon des installations et diffère le contrôle des usagers. Elle s'avère ainsi incompatible avec les exigences de qualité des réseaux correspondant aux nouvelles valeurs d'environnement (valeurs écologiques et économiques). En France, les services locaux d'assainissement ne sont pas non plus compétents ni bien équipés pour faire face aux nouvelles exigences d'assainissement. Fiais leur autonomie financière d'une part (budget annexe d'assainissement), et l'assistance scientifique et technique des services régionaux de l'Etat (D.D.E, C.E.T.E) et des Agences Financières de Bassin d'autre part, leur permettent de pallier leur insuffisance technique et de garantir un certain niveau de service. Ainsi, contrairement aux deux autres pays, en France la dégradation des réseaux présente des situations moins préoccupantes.

La réhabilitation, une des réponses apportées aux situations de dégradation

Des mesures ont été prises dans les trois pays visant à enrayer les manifestations de la dégradation et à rapprocher les performances des

équipements des nouvelles finalités du service. Ces mouvements ont pu se développer grâce à des structures d'organisation et des modes de gestion appropriés. En Angleterre, ce sont les modifications, apportées par la réorganisation de l'industrie de l'eau de 1974, concrétisées par la démunicipalisation, la centralisation des responsabilités et la dépolitisation du service qui ont favorisé le développement des mesures contre la dégradation. Aux Etats-Unis c'est la réorganisation des services urbains manifestée après 1982 à travers la redistribution des responsabilités (création des autorités locales indépendantes, individualisation des charges, appel au secteur privé) et l'amélioration des capacités financières et techniques des services, qui a stimumlé ce mouvement. En France, les mesures prises contre l'insuffisance qualitative des réseaux, jusqu'à présent d'une ampleur peu considérable, ont été soutenues financièrement et scientifiquement par les Agences Financières de Bassin (organismes qui ont d'ailleurs soulevé ce problème).

Les réactions des responsables face à la dégradation varient selon les contextes politiques et institutionnels des réseaux et selon la nature technique du problème. Elles se concrétisent principalement par deux niveaux de réponses qui portent sur la réhabilitation et la transformation des modes d'utilisation des équipements. La réhabilitation est envisagée dans les trois pays comme la première solution pour améliorer la structure physique et la performance des réseaux. En Angleterre, où l'organisation centralisée et technicisée du service rend difficile l'adoption de solutions appuyées sur la participation et la collaboration des usagers, la réhabilitation représente aussi le remède fondamental appliqué à la détérioration des réseaux. Par contre, aux Etats-Unis et en France, la réhabilitation seule n'est pas reconnue comme suffisante pour repondre aux nouvelles exigences d'efficacité des équipements. Des solutions entraînant la transformation des comportements des usagers sont ainsi adoptées ou envisagées. L'origine du problème des réseaux étant en effet les eaux parasites et la mauvaise efficacité de dépollution des équipements, la réparation des ouvrages limitée à la partie collective des canalisations ne permet pas la résolution du problème. La réfection parallèle des branchements des particuliers et l'imposition de limites contraignant les

rejets inadaptés au bon fonctionnement des stations d'épuration sont nécessaires.

Une complexification des réseaux entraînant des modifications dans l'organisation du système d'assainissement

Les objectifs poursuivis dans les actions de réhabilitation varient selon les situations de dégradation. Trois objectifs distincts apparaissent qui portent sur : la reconstitution des équipements ; l'amélioration de leur comportement vis-à-vis des charges physico-chimiques supportées par les canalisations ; leur adaptation aux nouvelles prescriptions techniques qui imposent l'étanchéité des ouvrages. De nombreuses techniques de réhabilitation sont aujourd'hui appliquées et expérimentées. Ces procédés, généralement les mêmes dans les trois pays, présentent une efficacité variable selon ces objectifs. Ainsi, à chaque contexte d'intervention correspondent des méthodes distinctes de réhabilitation, conduisant à des transformations de la structure et du comportement des ouvrages qui ne sont pas identiques. La réhabilitation concerne, alors, un mouvement qui aboutit à la différenciation de la morphologie et du comportement des réseaux selon les objectifs poursuivis, donc, selon les situations de dégradation. Ces transformations annoncent l'évolution des réseaux face aux nouveaux besoins et exigences manifestés. Il s'agit d'un mouvement qui, se développant progressivement, conduira à des structures de réseaux hétérogènes et plus complexes. Le réseau consistera ainsi en un ensemble d'unités dont chacune aura des performances différentes, déterminées par les contraintes et conditions locales et par l'évolution des finalités du système d'assainissement dans le temps (par exemple dans telle partie du réseau ce seront les exigences d'étanchéité qui primeront, dans telle autre ce sera l'exigence du bon fonctionnement des ouvrages par rapport à la corrosion . . . ) .

Ce mouvement ne se limitera pas à la modification de la structure physique des équipements. Il affectera également le fonctionnement d'ensemble du réseau et l'organisation du système d'assainissement. Au fond, le nouveau caractère "composite" du réseau correspond à la nécessité que

le système s'adapte à l'évolution de son environnement (modifications institutionnelles en Angleterre, crise fiscale et évolution des villes américaines, nouvelles priorités d'économie et d'efficacité ...)> donc, qu'il intègre des régulations nouvelles. Les interventions sur la structure matérielle du réseau, concrétisées par la réhabilitation, se répercutent en effet sur le comportement hydraulique des équipements et sur la qualité du service fourni et suscitent la redéfinition des objectifs du système et des comportements des usagers (l'étanchéité des installations peut se traduire par des inondations, le renforcement des canalisations vis-à-vis des effluents agressifs par le mauvais rendement de la station d'épuration). De même, la réhabilitation affecte les pratiques d'entretien des ouvrages (les besoins de renouvellement et d'entretien des procédés de réhabilitation ne sont pas les mêmes), le niveau de formation et l'organisation des services, la réglementation et les normes en matière de construction de réseaux. Elle introduit ainsi, des nouveaux comportements de la part des responsables et suscite des relations nouvelles entre les gestionnaires du service et leurs partenaires économiques amont (entrepreneurs et fournisseurs). La réhabilitation conduit alors, à la complexification des réseaux et parallèlement à la modification du système d'assainissement.

# BIBLIOGRAPHIE

- ^

# GENERALITES RESEAUX


- AMAR (Georges), "Essai de modélisation conceptuelle d'un réseau de circulation", in Groupe Réseaux, Novembre 1985, Cahier n° 3, pp. 61-72.

- GEYSER (Beatric Tralaiïn), Water sans Eau - Alternative au tout à l'egout , Paris, Alternatives, 1983, 116 p.

- DUPUY (Gabriel), Systèmes, réseaux et territoires (principes de réseautique territoriale. Paris, Presses de l'ENPC, 1985, 161 p.

- DUPUY (Gabriel), Urbanisme et technique ; chronique d'un mariage de raison , Paris, Centre de Recherche d'Urbanisme, 1978, 413 p.

- DUPUY (Gabriel), "La science et la technique dans l'aménagement urbain. Le cas de l'assainissement", in Les Annales de la Recherche Urbaine. n° 6, Janvier 1980, pp. 3-18.

- FAUDRY (Daniel), L'évolution technique des réseaux d'assainissement depuis 1945, Grenoble, IREP-CEPS, Université des Sciences Sociales, Mars 1984, 29 p.

- FAUDRY,Ci(Daniel) , L'économie de l'eau dans la ville - Eléments pour une orientation des recherches, Grenoble, IREP-CEPS, Université de Sciences Sociales de Grenoble, Juillet 1985, 38 p.

- KNAEBEL (Georges), L'égout et la propriété. Paris, Institut d'Urbanisme, Université Paris Val-de-Marne, Octobre 1984-Janvier 1985, 179 p. (Ministère de l'Urbanisme et du Logement - Plan Construction - Ministère de la Justice ).

- LANCELOT (Brigitte), "Une innovation en génie urbain. La gestion automatisée des réseaux d'assainissement", in Les annales de la recherche urbaine, n° 30, Avril 1986, pp. 43-51.

- LANCELOT (8rigitte), La gestion automatisée des réseaux d'assainissement. Analyse d'un processus d'innovation technique, Paris, CERTES (ENPC), Mars 1985, 236 p. (Thèse de 3ème cycle en Sciences et Techniques de l'Environnement, Université de Paris Val-de-Marne, ENPC).

- La pratique des V.R .0. . Paris, Le Moniteur, 1982, 257 p.

- MARTINAND (Claude), Le Génie Urbain, Paris, La Documentation Française, 1986, 304 p.

- PERRIN (Jean-François), Fonctionnement des réseaux d'assainissement, Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Juin 1983, 88 p. (Travail de fin d'étude, ENPC).

- P0UJ0L (Thierry), L'étude d'une marginalité - Les réseaux pneumatiques urbains, Paris, CERTES (ENPC), Septembre 1984, 104 p. dactylographiées (mémoire de D.E.A. de Sciences et Techniques de l'Environnement, Université de Paris Val-de-Marne, ENPC).

- PRUD'HOMME R., TERNY G. (sous la dir. de), "Le financement des équipements .publics de demain", Paris, Economica, 1986, 432 p.

<+Q2

# HISTORIQUE


- DUPUY (Gabriel) et KNAEBEL (Georges), Assainir la uille hier et aujourd'hui, Paris, Dunod, 1982, 88 p.

- DUPUY (Gabriel) et TARR A. (Joël), "Seuers and Cities : France and the United States Compared", in Journal of the Environmental Engineering Division, Vol. 108, N° EE2, April 1982, pp. 327-338.

- GOUBERT (Jean-Pierre), "Equipement hydraulique et pratiques sanitaires dans la France du XIXème siècle", in Etudes Rurales, 1984.

- R0NCAY0L0 (Marcel), "Logiques Urbaines", in Histoire de la France urbaine - La uille de l'âge industriel, Paris, Seuil, Tome 4, 1983, 665 p.

- TARR A. (Joël), "Perspectives souterraines, les réseaux techniques urbains", in Les annales de la recherche urbaine. Paris, Dunod, Juillet-Décembre 1984, pp. 65-89.

- TARR A. (Joël), "The évolution of the urban infrastructure in the nineteenth and tuientieth centuries", in Perspectives on Urban Infrastructure, Washington D.C., National Academy Press, 1984, pp. 4-66.

- TARR A. (Joël), Me CURLEY (James), YOSIE F. (Terry), "The development and impact of urban uiasteuater technology : changing concepts of uiater quality conctol, 1850-1930" in Pollution and Reform in American Cities, 187p-1930, Austin and London, University of Texas Press, 1977.

- TARR A. (Joël) et Me MICHAËL (Francis Clay), The évolution of the uasteuater technology and the development of state régulation : a rétrospective analysis. U.S.A, Carnegie-Mellon, University, 1977, 190 p.

- TARR A. (Joël) et Me MICHAËL C. (Francis), "Uiater and liiastes - A history" , in lilater Spectrum. Tall 1976.

# ORGANISATION DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT

## FRANCE


- AGENCE DE L'EAU NORD-ARTOIS-PICARDIE, Les aides de l'Agence de l'eau aux collectivités locales, Douai, Agence de l'eau Nord-Artois-Picardie, Août 1982, 8 p.

- AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE, Le programme d'assainissement des collectivités locales, Moulin-les-Metz , Agence de l'eau Rhin-Meuse, 1982.

- AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, "Les réseaux d'assainissement et la pollution du milieu naturel", in Les dossiers de l'Agence, 1983, pp. 12-15.

- BARRAQUE B., DROUET D., FAUCHEUX S., LORRAIN D., La filière eau assainissement en France et dans le monde, Paris, CESTA, Septembre 1985, 198 P.

- BIGNET (Corinne), Programmation de l'assainissement et planification urbaine, Créteil, I.U.P., Avril 1983, 81 p. (Mémoire lourd pour l'obtention du D.I.U.P. de l'Université de Paris-Val-de-Marne).

- CAILLE (Philippe), Les équipements de la France. Paris, INSEE, Novembre 1984, 165 p. (Inventaire communal).

- CENTRE D'OBSERVATIONS ET D'ETUDES URBAINES ET REGIONALES, INSTITUT D'URBANISME DE PARIS, Technique et ségrégation urbaine : le cas des V.R.D, Université Paris Val-de-Marne, Novembre 1976, 95 p.

- COTTEN (Michel), "La menace : les dépenses de fonctionnement vont-elles freiner le financement des équipements publics ? L'exemple de la

France", in Actes du Colloque International organisé par l'Université de Paris-Dauphine les B-9-10 Janvier 1986, Comment financer les équipements publics de demain ?, Paris, Université de Paris IX-Dauphine, 1986.

- E.N.P.C., Le râle des Agences Financières de Bassin, Paris, Association Amicale des Ingénieurs, Anciens Elèves de l'ENPC, Novembre 1977, 155 p.

- FAISANDIER (Pierre), "Les entreprises et le service public, pourquoi l'affermage ?", in P.CM., Janvier 19B3, pp. 21-22.

- GOUBERT (Jean-Pierre), "La France s'équipe. Les réseaux d'eau et d'assainissement 1B50-1950", in Les Annales de la Recherche Urbaine, n° 23-24, Juillet-Décembre 19B4, pp. 47-53.

- GRUSON (Claude) et COHEN (José), Tarification des services publics locaux , Paris, La Documentation Française, Février 19B3, 147 p. (Rapport au Ministère de l'Intérieur et de la Décentralisation) .

- MAIRIE DE PARIS, L'assainissement de l'agglomération parisienne, Paris, Mairie de Paris, 19B3, 15 p. (Brochure réalisée par le syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne).

- MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, L'assainissement des collectivités locales (Actualités - Environnement), Ministère de l'Environnement, 9 Juin 19B2, n° 18,--A p.

- MINISTERE DE L'INTERIEUR ET DE LA DECENTRALISATION, L'assainissement, Paris, Ministère de l'Intérieur et de la Décentralisation, Novembre 19B1 (Guide pratique de l'élu).

- MINISTERE DE L'INTERIEUR, 40 ans de politique d'eau en France, Paris, Avril 19B5 (Rapport intermédiaire).

- "Pollution industrielle et assainissement public - Les traitements mixtes", in La lettre de l'eau pure (Organe de l'Association Française pour la protection des eaux), n° 74, 1984, pp. 4-31.

- PREEL (Bernard), L'avenir des services collectifs, Paris, BIPE, Tome 2, Novembre 1982.

- TISSIER (Maryvonne), "L'assainissement en France : bilan et critique" in Science et Techniques, n° 95, Juin-Juillet 1983, pp. 22-23.

- VALIRON (François), "La politique d'incitation financière et le rôle des Agences Financières de Bassin", in T.5.PI. - L'eau, Août-Septembre 19B1, pp. 436-443.

ANGLETERRE

- AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Séminaire : Seine-Tamise. Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, 1983, 35 p.

- CHALINE (Claude), L'urbanisme en Grande-Bretagne, Paris, Armand Colin, 1972, 197 p.

- KEY (Tony) et NEEGAN (Richard), Urban Infrastructure in the U.K., London, CES Ltd, September 1983, 143 p. (preliminary revieui).

- WEEGAN (Richard), Case study, mater and seuierage facilities in U.K.. London, CES Ltd, April 19B4, 53 p.

- N.U.C., "Seuierage", in Mater Industry revieui, National Uater Council, 1982, pp. 32-38.

- N.U.C, "Uater administration and finance", in Uater Industry revieui. London, National Uater Council, 1978, pp. 13-18.

- RYSER (Judith), "Autorités locales et recherche urbaine en Grande-Bretagne", in Les Annales de la recherche urbaine, n° 20, pp. 60-74.

- SAUNDERS (Peter), The régional state : a revieui of the littérature and agenda for research, Sussex, University of Sussex : Urban and Régional Studies, September 1983, 82 p. (Uorking Paper).

- "The structure and management of the British mater industry", in Uater practice manuals, London, Institution of Uater Engineers and Scientists, 1979.

- The mater industry in England and lilales, London, Uater Authorities Association, February 1984 (Brochure).

- "Uater administration and finance", in Uater Industry revieui, National Uater Council, 1982.

ETATS-UNIS

- ALE5SI J. (Charles), "Forming a semer district sawes city from défaut", in Public Uork. Novembre 1984, pp. 76-78.

- Analyse des stratégies des firmes américaines du secteur eau-assainissement ,. Paris, Recherche Développement International, Vol. I, fiai 1984, 39 P.

- BAGLEY H. (Harry), "A critical appraisal of proposed changes to the 1972 Uater Pollution Control Act", in Civil Engineering, ASCE, November 1977, pp. 66-B9.

- DROUET (Dominique), "Les filières techniques urbaines aux Etats-Unis - Diagnostic", in Les Annales de la Recherche Urbaine. Paris, Dunon, n° 13 , 1981 , pp. 105-139.

LOVELL H. (Walter), CHRISTOPHERA (Stan), REAN (Richard) et TIPPETS (Richard), "Industrial Wastewater Pretreatment Standards - A Local Approach", in Public Uorks, January 1983, pp. 33-35.

MATHIO (Jean-Claude), Politique fédérale et innovation technologique dans les collectivités locales d'Amérique du Nord de 1960 à 1980, Institut d'Urbanisme de Paris, Université Val-de-Marne, Décembre 1985, 164 p.

Me KINKLEY (Dick), "Better control of plant expansion" in APUA Reporter. December 1983, p. 14.

MUNCH L. (William), LANYON F. (Richard) et LUE-HING (Cecil), "Keeping hazardous materials out of seuiers", in APUA Reporter. December 1983, pp. 8-9.

## LA CRISE DES RESEAUX

### ETATS-UNIS

- ALESSI J. (Charles), "Forming a seuier district saves city from défaut", in Public lilork, November 1984, pp. 76-78.

- ALEXANDER (Charles), "Time to repair and restore", in Times, April 27, 1981, pp. 46-49.

- BAM8ERGER (Rita), The économie costs of infrastructure détérioration. Washington D.C, Urban Institute, October 1983, 84 p.

BURLEY A. (Charles), "Rôle of public uiorks in économie reneval", in APUA Reporter, July 1981, pp. 36-37.

- CHOATE (Pat) et UALTER (Susan), America in ruins. Washington D.C., Council of State Planning Agencies, 1982.

- EBERHARD P. (John) et BERNSTEIN B. (Abram), "A Conceptual Framework for Thinging about Urban Infrastructure", in Built Environment, Vol. 20, n° *h*, 1984, pp. 253-261.

- GOETSCH A. (Herbert), "A talent for consensus - a tolérance for ambiguity", in APUA Reporter, September 1980, pp. 20-21.

- HENTON C. (Douglas) et UIALDHORN A. (Steuen), "The future of urban public uorks : neu uiays of doing business", in Perspectives on Urban Infrastructure,

- HERBERT A. et GOETSCH P.E., "A talent for consensus a tolérance for ambiguity", in APUIA Reporter, September 1980, pp. 20-21.

- HOUITT M. (Arnold), LADD F. (Helen), LEONARD B. (Herman) et UEEKS B. (Ann), "Physical infrastructure in Boston", in Urban Resources, Vol 1, n° 2, 1983, pp. 5-9.

- HUMPHREY (Nan), Stratégies for Financing Maintenance, Washington D.C., Urban Institute, May 1983, 27 p.

HUMPHREY (Nan), Urban Infrastructure t an International Comparison. Washington D.C., Urban Institute, May 11 1983, 38 p.

- HUMPHREY (Nan), Factors Affecting the Condition of Capital Facilities, Washington D.C., Urban Institute, December 1983, 30 p.

- MAUZY (Michaël), "Revenue shortfall impact on public uorks", in APUIA Reporter, December 1980, pp. 7-8.

- NINS C. (Lamber), "The problems with our infrastructure", in Urban Resources, University of Cincinnati, Vol. 1, n° 2, 1983, pp. 3-4.

- OBERING D. (Robert), "Revenue shortfall - taxpayer revolt", in APWA Reporter, Avril 1982, p. 18.

- O'DAY D. (Kelly), NEUMANN A. (Lance), "Assessing infrastructure needs : the state of the art", in Perspectives on Urban Infrastructure, Washington D.C, National Academy Press, 1984, pp. 67-101.

- PATTON V. (Carl), "infrastructure Decay in the United States", in Built Environment. Vol. 10 n° 4, 1984, pp. 231-244.

- PETERSON E. (George), Capital Spending and Capital Obsolescence ; the outlock for cities. Washington D.C, Urban Institute, 6 April, 1978, 45 P.

- PETERSON E. (George), "Financing the nations infrastructure requirements", in Perspectives on Urban Infrastructure, Washington D.C, National Academy Press, 1984, pp. 110-131.

- PETERSON E. (George), PULLER, GODWIN (Steve) et SHAPIRO (Carol), Draft Benchmarks of Urban Capital Control, Washington D.C, Urban Institute, February 1983, 77 p.

- SANDER T. (Heywood), "Politics and Urban Facilities", in Perspectives on Urban Infrastructure, Washington D.C, National Academy Press, 1984, pp. 143-177.

- SCHOLL E. (James) et WYCOFF L. (Ronald), "1980 Needs Survey : Combined Sewer Site Studies", in Journal of the Environmental Engineering Division, April 1982, pp. 315-326.

- "State and Local Government in trouble", in Business Weeks, October 1981, pp. 139-140 (spécial report).

- SULLIVAN H.R. et FOSTER F.U., "Status of sanitary and combined Systems in U.S.A", in Restoration of sanitary and combined Systems, London, Thomas Telford Ltd, pp. 45-53.

ANGLETERRE

- BRISTOU R. (Keith), "The status of sewers", in Municipal Engineer, Vol. III, n° 3, March 19B4, pp. 85-89

- "Call for Action on aging seuiers", in Tunnels and Tunneling, October 1983.

- COX C., "Underground héritage - a study of dereliction of sewers and mater mains", in Chartered Municipal Engineer, Vol. 108, October 1981, pp. 224-239.

- CULLEN N., "The semer dereliction problems - Evidence from collapse studies", in Restoration of seuieraqe Systems, Proceeding of an International Conférence organized by the Institution of Civil Engineers, held in London on 22-24 Juin 1981, London, Thomas Telford, 1982, 308 p.

- EAST U.E. et PAYNE N.L., Problems of seuieraqe, Sussex, Institution of Municipal Engineers, 10 June 1976, 4 p. (Paper n° 6, third technical session).

- EDWARDS G., "The renewal of urban water and sewerage Systems", in Planning and Civil Engineer, London, Thomas Telford Ltd, 1982, pp. 39-45.

- HIBBERT H., "Assessing the overall performance of sewer Systems", in Symposium on détérioration of underground Assets, London, Institution of Uater Engineers and Scientists, December 1983.

- LOFTHOUSE P., "Assessment of the scale and nature of the problems", in Symposium oh deterioration of underground assets, London, Institution of Water Engineers and Scientists, December 1983, pp.

- PEARCE (Fred), Watershed - The lilater Crisis in Britain, London, Society Technology and Sciences, Junction Books, 1982, 198 p.

- PROBERT A.L., HOLMES J.E.V., FLEMONS K.J., "Petersham Road, Richmond, sewer failure", in Restoration of sewerage systems, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p. (Proceeding of an International Conference organized by the Institution of Civil Engineers, held in London on 22-24 June 1981.

- RAMSEY C.R., "Sewer Renovation - A National Perspective", in Practical Aspects of Sewer Renovation, Manchester, University of Manchester, Institution of Sciences and Technology, 1983 (Actes du Symposium organisé par l'Institution of Public Health Engineers, 15-16 September 1983).

- REED C.E., "The assessment of the problem in the U.K." in Restoration of sewerage systems. Proceeding of an International Conference organized by the Institution of Civil Engineers, held in London on 22-24 Juin 1981, London, Thomas Telford, 1982, 308 p.

- REED I. (Geoffrey), "Sewer Dereliction, Renovation and Reconstruction", in Practical Aspects of Sewer Renovation, Manchester, University of Manchester - Institution of Science and Technology, 1983 (Symposium organisé par l'Institution of Public Health Engineers, 15-16 September 1983).

- RUNSHBR00KE N.J., "Underground Dereliction in the North West", in J.I.U.E.S.S. n° 4, 1981, pp. 310-328.

- 3 underground services in the inner city, London, Department of the Environment, November 1979, 93 p. (Inner Cities Research Programme).

UALLIS (Shani), "Are ue ail going down the clain ?", in Tunnels and Tunnelling, Octobre 1983, pp. 35-39.

## PROBLEMES TECHNIQUES DES RESEAUX/REHABILITATION

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Les études de diagnostic des réseaux d'assainissement, Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Février 1982, pp. 47.

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Amélioration de l'état et du fonctionnement des réseaux - Problèmes des eaux parasites, Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Juin 1984, 34 p.

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Vos problèmes, nos recommandations - Branchements au réseau d'assainissement, Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, 1983, p. 69.

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE, Recommandations de l'Agence de Bassin Seine-Normandie en matière de réception de réseaux d'assainissement « Paris, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Décembre 1983.

ANDERSON, "Présent Techniques for "In-Situ" Semer Rénovation", in lilater Pollution Control. n° 2, 1983, pp. 179-186.

ANDREUS L. (Paul) et YONKER A. (Stephen), "Semer Maintenance and Rehabilitation Options", in lilater/Engineering of Management, May 1982, pp. 38-46.

ANDREWS (Ulendy), "Seuiers - Replace or renovate", in Tunnels and Tunnelling. March 1982, pp. 45-48.

- BRACE D.T, "Practical aspects of computerised semer records", in Restoration of Seuieraqe Systems, Proceeding of an International Conférence organized by the Institution of Ci\/il Engineers held in London on 22-24 June 1981, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p.

- BURGUN D. et DE GUILLEBON B., "Béton projeté renforcé de fibres de fonte. Application à la réhabilitation d'un collecteur d'assainissement à Nancy", in T.5 .M. -EAU , Janvier 1987, pp. 19-26.

- CARNAHAN C. (James), "Repair Dont Replace Cracked Semer Pipe", in Civ/il Engineering/ASCE, May 1984, pp. 56-58.

- CESARES J. (David) et FIELD (Richard), "Infiltration-Inflou Analysis", in Journal of the Environmental Engineering Division. October 1975, pp. 775-785.

- COLIN J.F., LE GUILLOU, Etude des procédures de réhabilitation des réseaux d'assainissement, IRH (Institut de Recherchers Hydraulogiques), Nancy, November 1980, 207 p.

- COLYER P.J et PRICE R.K, "Expérience in the use of a computer program to simulate seuier uiorks under surcharge", in Restoration of Seuieraqe Systems, Proceeding of an International Conférence organized by the Institution of Civil Engineers held in London on 22-24 June 1981, London , Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p.

- COMPAGNIE GENERALE DES EAUX - MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, L'encrassement des réseaux d'assainissement, Paris, Ministère de l'Environnement, Décembre 1982, 153 p.

- COOPETANCHE, Copeflex ; étanchéité et renforcement des conduites, coopétanche, 1985, 6 p . (manuel technique d'applications générales).

- COOPETANCHE, "Le chemisage Copeflex", Actes de la journée de formation organisée par le C.R.E.A.T.E. en Octobre 1986, Rénovation des réseaux ;

quelles techniques au service des exploitants ?, C.R.E.A.T.E. Agence Financière de Bassin Seine-Normandie), 1986.

- COOPETANCHE, "Techniques d'étanchéité et renforcement de conduites", in Actes des journées de formation continue de l'ENPC du 23-25 Avril 1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1985.

- COX G., "Survey of the rénovation of seuers", in Actes du Symposium on : Détérioration of Underground Assets, London , Institution of Uater Engineers and Scientists, 1983.

- CREATE, Diagnostic et réhabilitation des réseaux d'eaux usées, CREATE, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Colombes, Mai 1983, 228 p.

- DAKERS J.L, BOND P.H, ECKFORD N.D et SINKINSON A.G, "The assessment of the structural strength of brick sewers", in Restoration of Seueraqe Systems, Proceeding of an International Conférence organized by the Institution of Civil Engineers held in London on 22-24 June 1981, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p.

- DECOITE U.C. (Dennis), TSUGITA A. (Ronald) et PETROFF (Ralph), "infiltration/Infloui source identification by comprehensive flou monitoring", in Journal lil.P.C.F, Vol. 53, n° 11, 1981, pp. 1620-1626.

- DE LA„ÇLERGERIE (Philippe), "Auscultation et réhabilitation des réseaux d'assainissement", in La Technique Moderne, Mars-Avril 1983, pp. 25-29.

- DEPARTEMENT DU VAL-DE-MARNE, A.P.O.G.E.E - Analyse et Programmation Optimisée pour la Gestion, l'Entretien et l'Exploitation des réseaux d'assainissement, Département du Val-de-Marne, Juillet 1986.

- EDUARDS G., "The reneuial of urban mater and seuerage Systems", in Planning and Civil Enqineer, London, Thomas Telford Ltd, 1982, pp. 39-45.

ENTREPOSE T.P., Tiravaux de réhabilitation de réseaux d'assainissement par qainage Insituform (liste de travaux supérieurs à 100.000 F H.T. exécutés depuis 1982.

- "Experts discuss Private Sector Infiltration/Inflou", in Water/ Engineering and Management, September 1983, pp. 32-42.

- FOSTER S. (William) et SULLIVAN H. (Richard), Seuier Infiltration and Inflou Control Product and Equipment Guide, Chicago, Environmental Protection Agency, July 1977, 78 p.

- GALLER (Sol), "Semer system improvment one step at a time", in Public Ulorks, February 1979, pp. 66-67.

- GENDRON Pierre, "Rehabilitation des réseaux d'égouts par colmatage", in Eau du Québec, Août 1982, pp. 295-299.

- GREASLEY Kerry, "in the curing lies a cure for seuers", in Surveyor, 9 February 1984, pp. 12-16.

- JOURNEES DE FORMATION CONTINUE DE L'ENPC du 23-25 Avril 1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1985.

- JOURNEES DE FORMATION CONTINUE DE L'ENPC du 13-15 Mars 1984, L'exploitation et la réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1984.

- JOURNEES DE FORMATION CONTINUE DE L'ENPC du 27-29 Mai 1986, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1986.

- JOURNEES DE RECHERCHE, organisées dans le cadre de la manifestation SITE 85, 22-23 octobre 1985, Eau dans la ville. Paris, Ministère de l'Urbanisme du Logement et des Transports, Ministère de la Recherche et de la Technologie, 1985.

- KIPP S. (Jerry), "Semer system rehabilitation by the numbers", in Public Works, May 1983, pp. 75-76.

- LABORATOIRE DE L'OUEST PARISIEN, (Groupe Enuironnement), Analyse et détection des eaux parasites, Paris, Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, Mars 1980.

- LABORATOIRE REGIONAL DE L'EST PARISIEN, Evaluation et prise en compte des risques de dégradation d'ordre géologique et hydrogéologigue, Melun, Laboratoire Régional de l'Est Parisien, Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, 1986, 27 p.

- "Latéral sealing system helps control inf iltration/inf loin", in Public lilorks, November 1984, pp. 58-61.

- LEFEVRE (Bruno), Les essais de réception sur les réseaux d'assainissement , Agence Financière Artois-Picardie, Septembre-Décembre 1981, 31 p. (document inter-agence de bassin).

- MALYSKO W. (Robert), "Know - Hou Important in Rehabilitating Flooded Semer Lines", in Public Works, May 1978, pp. 62-64.

- MARKOli) J. (Michaël), Neu Technology for Infrastructure Reneual, Rapport du Department of Civil Engineering, Massachussetts Institute of Technology, Cambridge, October 1985, 18 p.

- MORRISON (Allen), "Sewers : repairing beats replacing", in Civil Engineering . September 1983, pp. 60-64.

- NELSON E. (Richard) et BODNER L. (Richard), "Messuring effectiveness of infiltration/inflow rénovai", in Public Works, October 1982, pp. 50-52.

NOGAJ J. (Richard), "infiltration/inflow rehabilitation sucess cornes with understanding system belavior", in lilater/Engineering and Management , February 1984, pp. 36-38.

- NOGAJ J. (Richard) et HOLLENBECK J. (Alan), "One technique for estimating inflow with surcharge conditions", in Journal Ul.P.C.F. Vol. 53, n° 4, April 1981 , pp. 491-496.

- ODELL (Robert), "Sewer rehabilitation : What's ahead", in Urban Innovation Abroad, August 1984, p. 3.

- PAYNTING (Tony), "Mesh and mortar reline a Londor sewer", in Surveyor, 8 March 1984, pp. 12-15.

- PAYNTING (Tony), "Size-for-size replacement shown off", in Surveyor, 8 March 1984, pp. 8-10.

- PERKINS H.P., "Corrosion problems in sewerage structures", in Restoration of Sewerage Systems, Proceedings of an International Conference organized by the Institution of Civil Engineers, held in London on 22-24 Juin 1981, London, Thomas Telford, 1982, 308 p.

- PERRIN (Jean-François), Fonctionnement des réseaux d'assainissement, Paris, Agence Financière de Bassin Seine Normandie, Juin 1983, 88 p. (Travail de fin d'étude, ENPC).

- PONT-A-MOUSSON S.A, Actes de la Journée-Débat du 10 Janvier 1984, Sécurité et fiabilité des réseaux d'assainissement, Champs-sur-Marne, Pont-à-Mousson, 1984.

- PREFER H. (Edwin), "Polyethylene Pipe Insertion Rehabilitates Old Sewers", in water and Sewerage Works, April 1976, pp. 92-94.

- RUMSEY P.B, COOPER I., KUROU K., "Ground movement and pipe strain associated with trench excavation", in Restoration of Sewerage Systems, Proceeding of an International Conference organized by the Institution of Civil Engineers held in London on 22-24 June 1981, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p.

— "Sécurité et fiabilité du réseau d'assainissement - Concept ou réalité", in L'eau, l'industrie, les nuisances. n° 77, Octobre 1983, pp. 27-31.

- SELLEK W.J., "The Opération, Maintenance and Rénovation of Seuierage- Systems and Pumping Stations in a Large Municipality", in Uater Pollution Control, n° 5, 1982, pp. 645-654.

- Seuier and Uater Nain Records, London, Department of the Environment, 1980, 109 p. (Standing Technical Committee on Seuier and Uater Mains report, n° 25) .

- "Seuier Repairs uiith Minimum Traffic Disruption", in Public Works, April 1975, p. 106.

- "Slip-Lining Simplifies Seuiers Repair", in Public Works, January 1979, p. 96.

- STEKETEE H.C et BECK (Richard), "Bulding semer rénovation - A key to successful inf iltration/inf loui control", in Public Works, January 1983, pp. 47-50.

- STEKETEE H.C, HEINECKE L. (Thomas), "The key to effective I/I control", in Public Works. June, 1984, pp. 88-107.

- STRICKJ-ANDE L., Seuier Rénovation Technical Report TR87. Uater Research Center, Suiindon, September 1978, 52 p.

- STYLES P JL et HE00ERLY , "Seuiers and uater mains - A standard record System", in Restoration of Seuieraqe Systems, Proceeding of an International Conférence organized by the Institution of Civil Engineers held in London on 22-24 June 1981., London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p.

- SULLIVAN H. (Richard), C0HN M. (Morris), CLARK J. (Thomas), THOMPSON (William) et ZAFFLE (John), Seuier system évaluation, rehabilitation and

new construction - A manual of practice. American Public Works Association, Chicago, U.S Environmental Protection Agency, Cincinnati, December 1977, 177 p.

- "Three cost effective infiltration/inflow programs", in Public Works. January 1983, pp. 56-57.

- TROTT J.J, NATH P. et O'REILLY M.P, "Longitudinally cracked pipes and their structural capacity", in Restoration of Seuierage Systems, Proceeding of an International Conference organized by the Institution of Civil Engineers held in London on 22-24 June 1981, London, Thomas Telford Ltd, 1982, 308 p.

- Wastewater Management (The Nation's public works), National Council on Public Works Improvement, Clay 1987, 175p.

- WATER RESEARCH CENTER, Sewerage Rehabilitation Manual, Water Research Center, Water Authorities Association, Swindon, 3 Vol., 1983.

- WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, Existing Sewer Evaluation and Rehabilitation. American Society of Civil Engineers, Washington, 1983, 106 P.

- WILLIAMS RG., "Polyethylene for sewer renovation", in Water and Waste Treatment. December 1983, p. 42.

- YONTS (Don), "Taking Technology Underground", in Water/Engineering of Management. September 1983, pp. 47-48.

LISTE DES FIGURES Pages

Figure 1 : Coûts moyens de remplacement des réseaux d'assainissement par maison 14

Figure 2 : Schéma du fonctionnement du réseau d'assainissement 25

Figure 3 : Les six Agences Financières de Bassin en France 43

Figure 4 : Le système de gestion des réseaux d'assainissement en France 44

Figure 5 : Le nombre des stations d'épuration en fonctionnement en France entre 1950 et 1980 52

Figure 6 : Densité de la population en Angleterre et au Pays-de-Galles 69

Figure 7 : Augmentation de la population de Londres et extension du réseau de distribution d'eau potable 69

Figure 8 : Sections des collecteurs d'assainissement de Manchester 72

Figure 9 ; Les réseaux de rfenchester construits au XIXème siècle 73

Figure 10 : Structure de l'Autorité de l'eau de la Tamise 80

Figure 11 : Dépenses d'investissement en assainissement et en eau potable en Angleterre 89

Figure 12 : Principales sources de revenu pour les collectivités locales aux Etats Unis, période 1955-1978 114

Figure 13 : Le processus de dégradation 143

La détérioration du reseau 147

Un effondrement pouvant contenir 4 Double-Decker-Bus 162

Proportion des réseaux d'assainissement en mauvais état selon les matériaux de construction (Angleterre et Pays-de-Galles) 166

La détérioration des réseaux d'assainissement en Angleterre et au Pays-de-Galles, 1981. Districts avec un taux d'incidents de défaillance au moins deux fois supérieur au taux moyen national 228

L'"adaptation" du système d'assainissement à la dégradation du réseau 286

Organigramme de 1'"investigation complète" de l'état des réseaux 321

Organigramme de 1'"investigation simplifiée" de l'état du réseau 322

Les étapes du diagnostic et de la réhabilitation des réseaux d'assainissement, proposées par l'E.P.A 340

Les situations de la dégradation en France, en Angleterre et aux Etats Unis 352

LISTE DES TABLEAUX Pages

Tableau 1 : Les dépenses d'investissement en assainissement en France entre 1966 et 1980 53

Tableau 2 : Les dépenses en assainissement en France pour l'année 1981 54

Tableau 3 : Les effectifs employés des R.UJ.A, 1983 77

Tableau A : Superficie, nombre d'habitants, équipements en réseaux et en stations d'épuration par R.UJ.A (1982-1983) 78

Tableau 5 : Dépenses d'investissement des R.UJ.A par service 1975-1981 91

Tableau 6 : Dépenses d'investissement des R.UJ.A par finalités, 1978-1981 91

Tableau 7 : Montants des subventions fédérales en assainissement aux Etats Unis 117

Tableau 8 : Dépenses annuelles d'entretien des réseaux d'assainisement aux Etats Unis 122

Tableau 9 : Taux de réseaux d'assainissement nettoyé par an aux Etats Unis (1978 à 1980) 123

Tableau 10 : Zones avec un taux de défectuosités des réseaux d'assainissement élevé, Angleterre, et Pays-de Galles, 1981 163

Tableau 11 : Fréquence annuelle de défectuosités par 1000 km de réseaux (Angleterre et Pays-de Galles) 164

Tableau 12 : Détérioration selon l'âge des réseaux (Angleterre) 165

Tableau 13 : Nombre de ruptures par 1000 miles de réseaux d'egouts (Etats Unis) 169

Tableau 14 : Pourcentage d'incidents d'obstruction selon les diamètres des canalisations (Angleterre) 179

Tableau 15 : Nombre d'engorgements par 1000 miles de réseaux d'egouts par an (Etats Unis) 181

Tableau 16 : Répartition des matériaux de constuction des réseaux suivant l'âge en Angleterre 200

Tableau 17 : Les dépenses suscitées par l'effondrement du réseau d'assainissement dans la rue de Petersham, à Richmont en 1978-1980 233

Tableau 18 : Taux de pollution éliminée par les stations d'épuration des dix Autorités de l'eau en Angleterre en 1980 235

Tableau 19 : La durée de vie des réseaux en fonction du diamètre des canalisations 240

Tableau 20 : Evaluation des besoins en assainissement aux Etats Unis, réalisée pour 1980 par l'E.P.A 253

Tableau 21 : Besoins en assainissement aux Etats Unis estimés, par l'E.P.A pour les années 1973, 74, 76, 78, 80 et 82 255

Tableau 22 : Evaluation des endommagements des propriétés publiques et privées, causés par l'explosion du réseau d'egouts de la ville de Louisville aux Etats Unis 257

Tableau 23 : Les techniques de réhabilitation 370

Tableau 24 : Principales caractéristiques des techniques de réhabilitation 371

Tableau 25 : Domaine d'application des techniques de réhabilitation 372

Tableau 26 : Evaluation des techniques par rapport aux critères liés à la mise en oeuvre 381

Tableau 27 : Evaluation des techniques par rapport aux critères liés à la performance 384

Tableau 28 : Grille d'évaluation des techniques par rapport aux contraintes de leur mise en oeuvre et à leur performance 387

Tableau 29 : Classification des techniques selon leur efficacité par rapport aux objectifs de la réhabilitation 389

SIGLES DES ORGANISMES

| | |
|---|---|
| AFEE | Association Française pour l'Etude des Eaux |
| AFB | Agence Financière de Bassin |
| AFB-SN | AFB Seine Normandie |
| AFB-LB | AFB Loire Bretagne |
| AFB-AP | AFB Artois Picardie |
| AFB-RM | AFB Rhin Meuse |
| AFB-MC | AFB Rhône Méditerrannée Corse |
| AFB-AG | AFB Adour Garonne |
| APUJA | American Public Works Association |
| ASCE | American Society of Civil Engineers |
| BIPE | Bureau d'Informations et de Prévisions Economiques |
| CETE | Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement |
| CERTES | Centre d'Enseignement et de Recherches Techniques et Sociétés |
| CREATE | Centre de Recherches et d'Essais Appliqués aux Techniques de l'Eau |
| DAEI | Direction des Affaires Economiques Internationales |
| DDA | Direction Départementale de l'Agriculture |
| DDE | Direction Départementale de l'Equipement |
| DRE | Direction Régionale de l'Equipement |
| EPA | Environmental Protection Agency |

| | |
|---|---|
| ICE | Institution of Civil Engineers |
| INSEE | Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques |
| IREP-CEPS | Institut de Recherche Economique et de Planification-Centre d'Etude des Pratiques Sociales |
| IRH | Institut de Recherches Hydrologiques |
| IUP | Institut d'Urbanisme de Paris |
| IWES | Institution of Water Engineers and Scientists |
| LATTS | Laboratoire Techniques Territoires et Société |
| NWC | National Water Council |
| RDI | Recherche Développement International |
| RUA | Régional Ulater Authorities |
| SIAAP | Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne |
| SIVON | Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple |
| STU | Service Technique de l'Urbanisme |
| TPE | Travaux Publics de l'Etat |
| UCLA | University of California Los Angeles |
| UIAA | Water Authorities Association |
| UIPCF | Ulater Pollution Control Fédération |

| | |
|---|---|
| WRC | Water Research Center |

LISTE DES PERSONNES CONTACTEES

| | |
|---|---|
| Mr AUREOL | AFB - Seine Normandie |
| Mr AYLUJORD | UJater Research Center |
| Nr BAGUENIER | Ministère de l'Intérieur DG-CL |
| Mme BAMBERGER | Urban Institute, Washington |
| Mr DERTHE | Servive Technique de la Mairie de Montreuil |
| Mr BIENVENUE | STU |
| Mr BURGARD | Techniques Spéciales (SOGEA) |
| Mr CLAVERY | Service d'assainissement de la ville de Toulouse |
| Mr COX | Ingénieur chef du Thames UJater Authotity |
| Mr J. COHEN | DDE Yvelines |
| Mr DAYDE | Sté Insituforme-Entrepose TP |
| Mr DROUET | Sté Recherche Développement International |
| Mr FLOWERS | Small Communities section of Wasteuater Facilities Management Branch, EPA |
| Mr GERVAIS | Sté Laterini-Terastic |
| Mme GREENE | Boston Water Sewer Commission |
| Mr LEGRAND | Service d'assainissement de la ville de Paris |

| | |
|---|---|
| Mr KREMPEL | Dpt of Natural Resources-Fort Collins-Colorado |
| Mr LE GUILLOU | Service d'assainissement, Pont-à-Mousson |
| Mr A. MARCHAND | District de Nancy |
| Mr J. MARCHAND | DRE Ile-de France |
| Mr NAVARO | Beture Setame |
| Mr PEARCE | University Collège London |
| Mr PINIETL | University of California-Los Angeles |
| Mr RENAUD | Sté Coopetence (Compagnie Générale des Eaux) |
| M. RUCHEUX | Service d'Assainissement - DDE Yvelines |
| M. RIPOCHE | AFB - Seine Normandie |
| Mme REES | London School Economies |
| MR RESSE | Ingénieur Conseil, Sté Abrotec |
| Mr SOUNDERS | Department of Urban ans Régional Studies, University of Sussex |
| Mr SYNNOT | Economist assistant à London Scool of Economies |
| MR TARR | Carnegy Mellon University, Pittsburg |
| Mr TRANCART | CREATE, AFB - Seine Normandie |
| Mr VACHED | AFB - Adour Garonne |

1% VAIMDEIMBDCHE Service d'Assainissement du Syndicat Intercommunal de l'Orge

**THESE**

présentée à

**L'ECOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES**

en vue de l'obtention du diplôme de

**DOCTORAT DE L'ENPC**

Spécialité :
Sciences et Techniques de l'environnement

par

Catherine TRIANTAHLLOU

# LA DEGRADATION ET LA REHABILITATION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT FRANCE - ANGLETERRE - ETATS-UNIS

**Annexes**

soutenue le 8 Décembre 1987

| | | |
|---|---|---|
| Jury : | Claude CHALINE | Président |
| | Gabriel DUPUY | Directeur de thèse |
| | Jean Paul TEYSSANDIER | Rapporteur |
| | Antoine FREROT | Rapporteur |
| | Jean LATERRASSE | Rapporteur |
| | Remy PRUD'HOMME | Examinateur |
| | André BRUSTON | Examinateur |

Laboratoire Techniques Territoires et Sociétés
Ecole Nationale des Ponts et Chaussées - Université Paris Val de Marne
Unité associée au CNRS - UA 1245

# SOMMAIRE

ANNEXE: I
LES DIFFERENTS TYPES DE GESTION DU SERVICE D'ASSAINISSEMENT EN FRANCE . . . . . 1

**ANNEXE 2**
EXEMPLE D'UN BUDGET D'ASSAINISSEMENT . . . . . 3

**ANNEXE 3**
EN FRANCE LES REDEVANCES D'ASSAINISSEMENT APPARAISSENT DANS LA FACTURE D'EAU POTABLE . . . . . 5

**ANNEXE 4**
L'INDUSTRIE DE L'EAU EN ANGLETERRE DEPUIS 1974 . . . . . 6

**ANNEXE 5**
LES DIFFERENTES FORMES D'ORGANISATION MUNICIPALE AUX ETATS-UNIS 10

**ANNEXE 6**
LES DEPENSES D'INVESTISSEMENT SELON LES JURIDICTIONS GOUVERNEMENTALES AUX ETATS-UNIS . . . . . 14

**ANNEXE 7**
LA CRISE DES INFRASTRUCTURES AUX ETATS-UNIS . . . . . 17

**ANNEXE 8**
LES EFFETS DE LA DETERIORATION DES RESEAUX EN ANGLETERRE EN MILIEU URBAIN . . . . . 21

**ANNEXE 9**
LA PRESSE QUOTIDIENNE COMMENTE L'EVENEMENT DE L'EFFONDREMENT DE LA RUE DE PETERSHAM A LONDRES . . . . . 22

**ANNEXE 10**
LA METHODE D'ANALYSE ET DE DETECTION DES EAUX PARASITES PROPOSEE PAR LES AGENCES FINANCIERES DE BASSIN . . . . . 24

**ANNEXE 11**
LES AIDES FINANCIERES DES AGENCES FINANCIERES DE BASSIN DANS LEUR QUATRIEME PROGRAMME D'INTERVENTION (1982-1986) . . . . . 28

**ANNEXE 12**
DISTRICT SPECIAUX SELON LES SERVICES AUX ETATS-UNIS, 1977/1982. 29

**ANNEXE 13**
LES TECHNIQUES DE REHABILITATION STRUCTRURELLE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT . . . . . 30

§ 1. Remplacement des canalisations non visitables par 1 ' intérieur . . . . . 30
§ 2. Tubage par éléments thermoplastiques (sliplining) . . . . . 35
§ 3. Tubage par éléments rigides . . . . . 46
§ 4. Gainage Insituform . . . . . 56
§ 5. Gainage Copeflex . . . . . 68
§ 6. Revêtement par segments ou panneaux des canalisations visitables . . . . . 74
§ 7. Revêtement interne par enduit de ciment . . . . . 89
§ 8. Revêtement interne par enduit à base de produits plastiques . . . . . 100
§ 9. Colmatage des joints et des fissures par injection des mortiers chimiques ou de ciment à l'aide d'un manchon gonflable . . . . . 104
§ 10. Injection de mortier de ciment ou de résines par points .. 121
§ 11. Colmatage des canalisations de petits diamètres par la méthode "fill and drain" (remplissage et curage) . . . . . 128
§ 12. Colmatage des fissures par calfeutrage . . . . . 130
§ 13. Réparation par coffrage externe . . . . . 133
§ 14. Remplacement de la canalisation endommagée . . . . . 136

**ANNEXE 14**
FORMULES CONCERNANT LE PRIX UNITAIRE DES TECHNIQUES DE REHABILITATION . . . . . 144

ANNEXE 1

LES DIFFERENTS TYPES DE GESTION
DU SERVICE D'ASSAINISSEMENT EN FRANCE

La gestion directe ou "régie" : la collectivité locale conserve la maîtrise totale du service et en assume toute la responsabilité. Plusieurs possibilités s'offrent à la collectivité pour gérer directement son service (1 ) :

- La régie simple : c'est un service communal ne comportant pas d'organe propre de gestion. Les opérations financières et comptables sont intégrées au budget de la collectivité. Toutefois, la tenue d'une comptabilité spécifique propre au service est la règle pour les communes de plus de 2.000 habitants.

- La régie autonome : dispose de l'autonomie financière (les opérations financières et comptables s'inscrivent dans un budget annexe au budget de la collectivité) mais non de la personnalité civile ; elle possède ses propres structures administratives mais elle reste sous l'autorité de la collectivité.

- La régie personnalisée, peu rencontrée dans la pratique, possède à la fois autonomie financière et juridique. Le service possède un patrimoine distinct de celui de la collectivité et a son propre budget.

Dans tous les cas, la collectivité peut passer un contrat de prestations de services avec une entreprise qui s'engage à assurer des prestations déterminées (visites périodiques, surveillance, entretien.

La gestion indirecte : la commune délègue à un tiers tout ou partie de sa responsabilité. Plusieurs formes de gestion sont possibles dans le cas d'une gestion par une société privée :

- L'affermage permet à la collectivité de confier à un agent privé la responsabilité de la gestion du service, y compris celles des tarifs que l'exploitant perçoit directement de l'usager et qui sont négociés dans le contrat. L'investissement reste à la charge de la collectivité et peut

être financé par une sur-taxe qui s'ajoute au tarif fermier et qui est perçue gratuitement par l'exploitant pour le compte de la collectivité.

- La concession (peu pratiquée) permet de confier à un agent privé la totalité de la responsabilité du service, y compris les investissements : le tarif perçu par le concessionnaire comprend donc les amortissements technique et financier et est négocié dans le contrat.

- La gérance permet à la collectivité de confier l'exploitation et l'entretien du service à une entreprise privée tout en continuant de rémunérer directement l'exploitant en fonction du développement de l'activité. Cette rémunération peut comprendre une partie proportionnelle aux résultats d'exploitation (régie intéressée).

(1 ) Claude GRUSON - José COHEN, Tarification des services publics locaux, Rapport au Ministre de l'Intérieur et de la Décentralisation, La Documentation Française, Février 1983, 147 p.

ANNEXE 2

EXEMPLE D'UN BUDGET D'ASSAINISSEMENT

| 2 8 1 4 0 c 0 b1 | Département d'EURE ET LOIR<br>Perception de MAINTENON<br>Commune d'EPERNON | BUDGET PRIMITIF 1984 |
|---|---|---|

## SERVICE DES EAUX ET DE L'ASSAINISSEMENT — FONCTIONNEMENT

| Comptes | Libellés | BUDGET PRECEDENT | REALISE | B.P. 84 |
|---|---|---|---|---|
| | **Dépenses de fonctionnement** | 915.514,-- | 695.669,52 | 515 550 |
| 60 | Achats ou consommations | | | |
| 61 | Frais de personnel | 35.000,-- | - | - |
| 62 | Impôts et taxes | | | |
| 63 | Travaux, fournitures et services extérieurs | 400.000,-- | 389.668,34 | 170 382 |
| 64 | Transports et déplacements | | | |
| 65 | Participations et reversements au S.I.V.A.N | 38.800,-- | 38.800,-- | 38 800 |
| 66 | Frais divers de gestion | | | |
| 67 | Frais financiers | 151.743,-- | 138.099,74 | 143 800 |
| 6810 | Amortissement des frais extraordinaires | | | |
| 6811 | Amortissement des immobilisations | 129.102,-- | 129.101,44 | 162 568 |
| 685 | Provisions | | | |
| 87 | Pertes | | | |
| | Répartition des charges communes | | | |
| | Déficit reporté | 160.869,-- | | |
| | **Recettes de fonctionnement** | 915.514,-- | 261.621,91 | 515 550 |
| 7000 | Vente de l'eau, tarif courant | | | |
| 7010 | Redevance d'assainissement, usagers habituels | 450.000,-- | 204.363,91 | 231 000 |
| 7011 | Redev. d'assainis., usagers non alimentés en eau potable | | | |
| 7012 | Redev. d'assainis. sur exploitants agricoles | | | |
| 7013 | Redev. d'assainis. sur industriels et commerçants | | | |
| 7019 | Redev. pour défaut de branchement à l'égout | 10.000,-- | 300,-- | |
| 715 | Subventions d'exploitation reçues (Agence Bassin Seine-Normandie) prime d'anti-pollution | 40.167,-- | 56.958,-- | 60 000 |
| 74 | Rabais obtenus | | | |
| 75 | Produits fiscaux | | | |
| 76 | Produits accessoires | 254.478,-- | - | 122 500 |
| 77 | Produits financiers | | | 77 300 |
| 78 | Réductions de charges (T.V.A. art 1421 code) | | | |
| 87 | Profits | | | |
| | Répartition des produits communs | | | |
| 88 | Reprise s/réserves facultatives | 160.869,-- | - | 24 700 |
| | **Perte de l'exercice** | - | | |
| | **Profit de l'exercice** | - | | |

Y a-t-il option pour le régime de la T.V.A. ? ..... oui ☐ non ☒

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Prix de revient brut | | |
| | Produits en atténuation | | |
| | Prix de revient net | | 231.000 |
| | Nombre de mètres cubes | | 330.000 |
| | Prix de revient unitaire | | 0,70 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | B | 1 | 4 | 0 | C | 0 01 |

Département d'EURE ET LOIR
Perception de MAINTENON
Commune d'EPERNON

**BUDGET PRIMITIF 1984**

## SERVICE DES EAUX ET DE L'ASSAINISSEMENT — INVESTISSEMENT

| Comptes | Libellés | BUDGET PREDEDENT | REALISE | B.P. 84 |
|---|---|---|---|---|
| | Dépenses d'investissement | 430.423,-- | 196.106,72 | 494 500 |
| 10 | Réduction de dotation | | | |
| 115 | Réserves facultatives | 160.869,-- | - | 24 700 |
| 15 | Reprises de provisions | | | |
| 16 | Rembours. d'emprunts à long et moyen terme | 97.723,-- | 97.722,68 | 92 500 |
| 18 | Règlem. d'autres dettes à long et moyen terme | | | |
| 20 | Frais extraordinaires | | | |
| 21 | Acquisitions de biens meubles et immeubles | 5.000,-- | 4.744,-- | |
| 23 | Travaux neufs et grosses réparations | 166.831,-- | 93.640,04 | 300 000 |
| 25 | Créances à long et moyen terme | | | |
| 26 | Acquisitions de titres et valeurs | | | |
| 27 | Dépôts et cautionnements | | | |
| 28 | Affectations données | | | |
| 3 | Achats ou productions de stocks | | | |
| | Répartition des dépenses communes | | | |
| 1421 | Reprise sur fonds Compensation TVA | | | 77 300 |
| | Recettes d'investissement | 430.423,-- | 367.601,44 | 494 500 |
| 10 | Subventions de la Commune | 60.000,-- | 60.000,-- | 230 000 |
| 052 | Subventions DDA remplissage rés. | - | 85.000,-- | |
| 054 | " " " Agence Bassin S.pr E.U. | - | 85.000,-- | |
| 1421 | Fonds de compensation pour la T.V.A. | | | 92 500 |
| 1431 | Dotation globale d'équipement répartie par l'État | | | 932 |
| 15 | Provisions | | | |
| 16 | Emprunts à long et moyen terme | | | |
| 18 | Autres dettes à long et moyen terme | | | |
| 20 | Recouvrements et amortis. de frais extraord. | | | |
| 21 | Aliénations et amortis. des immobilisations | 129.102,-- | 129.101,44 | 162 568 |
| 23 | Facturations de travaux | | | |
| 24 | Indemnités de sinistres employées | | | |
| 25 3 | Recouv. de créances à long et moyen terme | 8.500,-- | 8.500,-- | 8 500 |
| 26 | Aliénations de titres et valeurs | | | |
| 27 | Recouvrements de dépôts et cautionnements | | | |
| 28 | Réductions d'affectations données | | | |
| 3 | Sorties de stocks | | | |
| | Répartition des recettes communes | | | |
| | Excédent reporté | 232.821,-- | | |
| | Déficit d'investissement | - | | |
| | Excédent d'investissement | - | | |

PRÉSENTATION ET VOTE

Reçu en _____ préfecture, le _____ 198

AMMEXE 3

EN FRANCE LES REDEVANCES D'ASSAINISSEMENT
APPARAISSENT DANS LA FACTURE D'EAU POTABLE

# Société des Eaux de Versailles et de Saint-Cloud

s.a. au capital de 37.500.000 de F
R.C.S. VERSAILLES B 318 634 649 00012
1, avenue Jean-Jaurès - B.P. 518 - 78005 VERSAILLES CEDEX

POUR TOUT RENSEIGNEMENT S'ADRESSER A :
VERSAILLES :BUREAU CENTRAL ABONNES 1-AVE J.JAURES
OUVERT DE 9H-11H30/14H-16H30 TEL<1>39 55 44 99
SERVICES DE SECURITE TEL<1>39 55 44 99

VEUILLEZ ADRESSER VOS PAIEMENTS A:
SOCIETE DES EAUX DE VERSAILLES ET DE SAINT-CLOUD
SERVICE ENCAISSEMENT
BP518 78005 VERSAILLES CEDEX
CCP:34640.21F LA SOURCE

VOIR AU VERSO LES INFORMATIONS GENERALES SUR VOTRE FACTURE ET LES MODES DE REGLEMENT

NOM ET ADRESSE DE CONCESSION
MR BOBROFF JACQUES
77 RUE DES TENNEROLLES
92210ST CLOUD

NUMERO DE COMPTEUR 3247 — REGROUP NR/SEQ 0- 1- — NUM-PAGE 522-001518

INDEX NOUVEAU 3588 — INDEX ANCIEN 3374 — VOLUMES D'EAU ===> 214 — CONSOMME ABONNEMENT PRECEDENT 180 — EXCEDENT 34

RÉFÉRENCE A RAPPELER 25100064118125008714

PÉRIODE ABONNEMENT
PÉRIODE EXCÉDENT ANNEE 86

FOLIO ——→ 1-

| DÉSIGNATION DES REDEVANCES | VOLUME | PRIX HORS TAXES DANS LA TRANCHE | VOLUME | PRIX HORS TAXES DANS LA TRANCHE | VOLUME | PRIX HORS TAXES DANS LA TRANCHE | MONTANTS | T.V.A. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FACTURATION DE L'EAU | | | | | | | | |
| EXCEDENT EAU | 34 | 3,4420 | | | | | 117,03 | 5,5( |
| PRELEVEMENT BASSIN EXCEDENT | 34 | 0,1900 | | | | | 6,46 | 5,5( |
| CONTREVALEUR POLLUTION EXCEDENT | 34 | 0,5900 | | | | | 20,06 | 0,0( |
| FONDS NATIONAL DAE EXCEDENT | 34 | 0,0750 | | | | | 2,55 | 0,0( |
| FACTURATION DE L'ASSAINISSEMENT * | | | | | | | | |
| COMMUNALE EXCEDENT | 34 | 0,2400 | | | | | 8,16 | 0,0( |
| INTERCOMMUNALE EXCEDENT | 34 | 0,0900 | | | | | 3,06 | 0,0( |
| INTERDEPARTEMENT EXCEDENT | 34 | 0,9690 | | | | | 32,95 | 7,0( |
| T.V.A. A 5,50% SUR : .....123,49 (ACQUITTEE SUR LES DEBITS) | | | | | | | 6,79 | |
| T.V.A. A 7,00% SUR : .....32,95 (ACQUITTEE SUR LES DEBITS) | | | | | | | 2,31 | |

CETTE FACTURE CONCERNE LES EXCEDENTS 1986
L'ABONNEMENT 1987 SERA FACTURE ULTERIEUREMENT

FACTURE ÉMISE LE 02 JANVIER 1987

A REGLER SOUS QUINZAINE

NET A PAYER 199,37

* Redevance Assainissement : Communale, Intercommunale, Departementale, perçue pour le compte des divers Collectivités assurant le service de la collecte, du transport et de l'épuration des eaux usées.

ANNEXE *h*

# L'INDUSTRIE DE L'EAU EN ANGLETERRE DEPUIS 1974

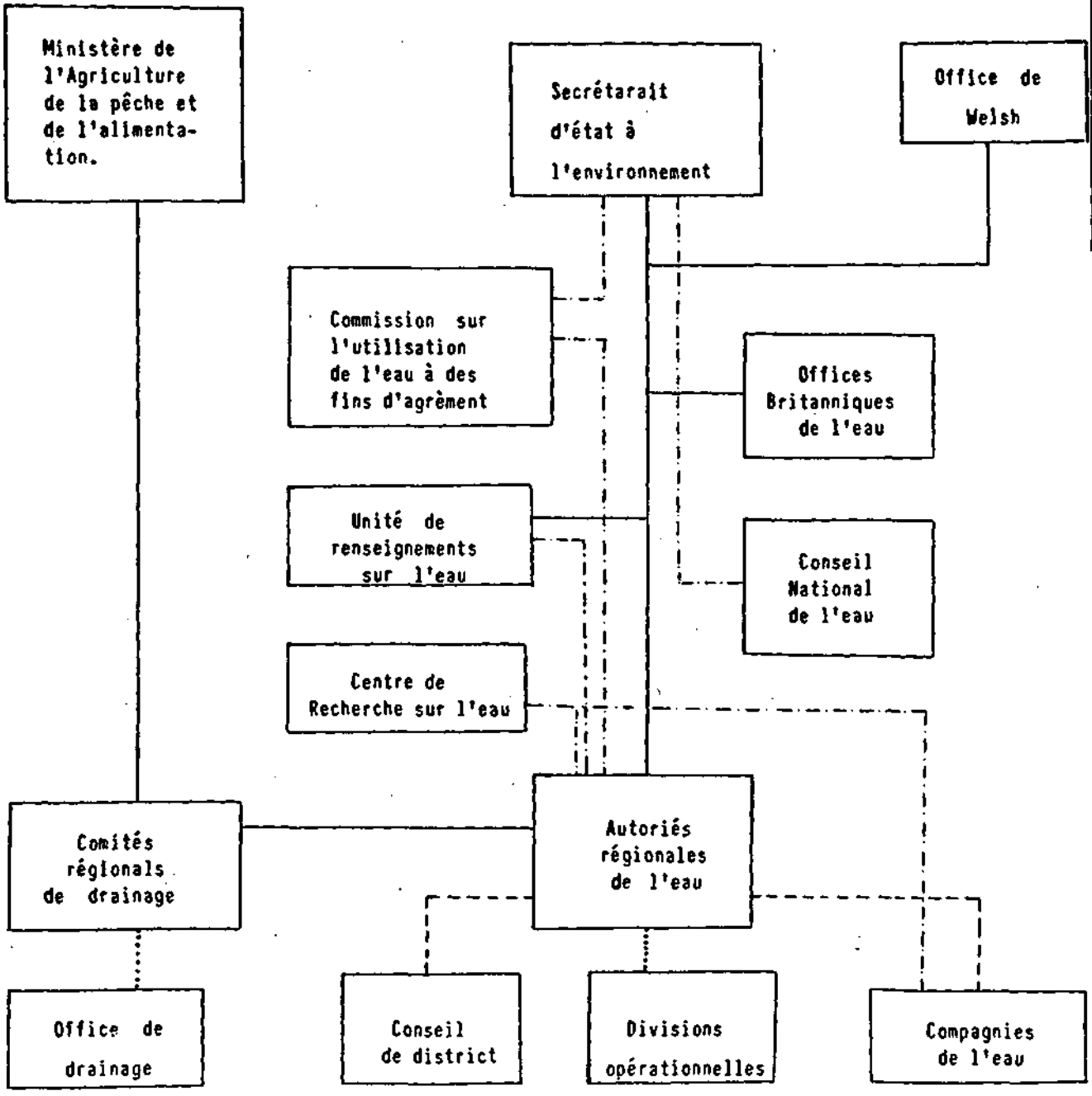
La loi sur l'eau de 1973 a apporté un changement radical dans l'industrie de l'eau qui est une des plus grandes industries en Angleterre au terme d'immobilisation de capitaux. (Vers la fin des années 1970, l'industrie de l'eau, qui se concentrait surtout sur trois fonctions, approvisionnement en eau, collecte et traitement des effluents, barrages et stockages, disposait de 80.000 employés et d'un capital de 3,3 milliards de livres) (1). Depuis, la gestion intégrée de tous les services de l'eau est sous la charge des dix R.W.A.. 28 compagnies privées de distribution d'eau ont pu survivre aux modifications de 1974 qui desservent actuellement 25% des ménages raccordés (2) (pour l'organisation actuelle de l'industrie de l'eau, voir tableau suivant).

Cette réorganisation de l'industrie de l'eau représente le point culminant d'un mouvement datant des années 1940 et reflète une tendance générale, qui existe depuis 1930 en Angleterre, de confier à des autorités régionales non élues et presque anonymes les fonctions des autorités locales ainsi que les fonctions de certaines administrations centrales (1).

La loi de 1974 était conçue pour assurer une gestion globale des ressources en eau, des ressources en main-d'oeuvre et des ressources financières, dans le cadre d'une politique qui visait à la création d'emplois, à l'accroissement des investissements de Génie Civil dans le pays, et à la satisfaction de la demande en services publics (on est dans les années 1960-1970 en pleine expansion économique et à la recherche du welfare state (3).

Mais les modifications apportées ne se limitaient pas à des changements d'ordre institutionnel. Elles transformaient complètement le rôle de l'industrie de l'eau. Ainsi, depuis 1974, l'eau est considérée comme un intérêt économique, comme un bien de marché plutôt qu'un service public. Cette transformation est en particulier le résultat du transfert de la gestion de l'eau, des autorités locales ou autorités régionales. En effet,

# La réorganisation de l'industrie de l'eau en 1974




*Légende* :
- ——— Responsabilité directe
- ..... Lien de surveillance
- —·—·—·— Lien de consultation
- – – – – – Lien à titre d'agence

(basé sur Parker and Penning-Rowsell, 1980, page 27)

les gouvernements locaux en tant que corps élus développent leurs programmes dans le cadre d'objectifs sociaux particuliers, tels que la réduction du chômage, l'amélioration des équipements communaux, tandis que les nouvelles autorités régionales, dominées par des ingénieurs, des professionnels de l'eau, s'intéressent peu aux aspects généraux de planification : ces dernières sont plutôt des organismes d'affaires, qui suivent une politique fondée sur des critères économiques classiques, coût et efficacité, que des fournisseurs de services publics (4).

La divergence des valeurs et des intérêts qui caractérisaient les deux types d'autorités a causé de forts conflits et un climat d'antagonisme entre les membres des R.W.A. représentant les gouvernements locaux et ceux nommés par le gouvernement central. Il s'agissait d'un conflit idéologique entre les valeurs du marché et les valeurs du welfare state, ainsi que d'un conflit de pouvoirs (1).

Aujourd'hui, les ingénieurs des R.W.A. assurent qu'une telle modification était absolument nécessaire pour l'adoption d'une politique globale et efficace en matière d'environnement, pour la meilleure gestion des ressources en eau, qui sont limitées, pour la dépollution des rivières (problème aggravé dans les années 1970), pour la meilleure planification des stations d'épuration et des réservoirs d'eau potable (stations et réservoirs dont le site est choisi selon des considérations techniques et pas selon les frontières communales) et, finalement, pour l'adoption d'une pratique efficace en incluant la restructuration des égouts dégradés et laissés à l'abandon par les services communaux. Cette réorganisation a d'ailleurs satisfait la plupart des ingénieurs qui ne dépendaient plus des conseils élus des communes mais qui, en faisant partie des R.W.A., décidaient pour tout problème d'eau (5).

En 1974, toutes ces modifications ont eu lieu dans un climat de nombreuses promesses de la part du gouvernement central pour des supports financiers. Mais, dès 1974, la création des autorités régionales a été suivie d'une diminution graduelle des supports financiers alloués par le gouvernement central. En 1975, le nouveau gouvernement de Mme THATCHER

devant la crise économique décide de supprimer tous les emprunts "inutiles" aux R.UJ.A. et leur impose de limiter leurs dépenses. De même, en 1983, dans une volonté de réduire davantage les dépenses des R.UJ.A., il réduit leurs effectifs et il supprime leurs membres représentant les gouvernements locaux (4). Dans la même année, la privatisation des autorités régionales commence à être discutée pour être finalement proposée en 1986, dans le cadre de la privatisation de toutes les industries naguère nationalisées par le "Labor Gouvernment". En Février 1986, le gouvernement britannique a proposé le programme de vente des autorités de l'eau. Il était estimé que ce projet apporterait plus de 8,2 milliards de livres (prix 1986) (6).

(1 ) Peter SAUNDERS, The régional state, Urban and Régional Studies, University of Sussex, September 1983.

(2) The mater industry in Enqland and Wales, Brochure publiée par la Water Authorities Association, February 1984.

(3) Propos recueillis auprès de Monsieur M. SYNNOT, économiste assistant à "London School of Economies" lors d'une interview réalisée le 3-07-1984 à Londres.

(4) Propos recueillis auprès de Monsieur G. COX, ingénieur du Thames R.W.A., lors d'une interview réalisée le 2-07-1984 à Londres.

(5) Propos recueillis auprès de Monsieur AYLUJARD, ingénieur du W.R.C., lors d'une interview réalisée le 29-06-1984 à Suindon.

(6) "U.K. Détails Water Units Privatization", in International Ulorld Tribune, 6 February 1986.

ANNEXE 5

LES DIFFERENTES FORMES D'ORGANISATION MUNICIPALE AUX ETATS UNIS

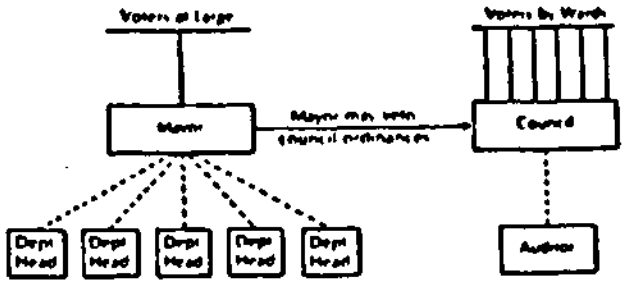
Trois principales formes d'administration urbaine, dites : "Mayor-council", "council-manager" et "commission", sont inégalement réparties sur le territoire américain. En général, les plus vieilles et les plus grandes villes ont adopté la forme "Mayor-council" alors que des villes en expansion (particulièrement à l'Ouest), grandes et moyennes, ont préféré la forme "council-manager" : ces structures reflètent les particularités régionales autant que l'évolution historique de la société américaine.

"Mayor-Council form". Cette structure est la plus ancienne et la plus connue aux U.S.A. : un maire et un conseil municipal élu se partagent inégalement les pouvoirs législatifs et exécutifs.

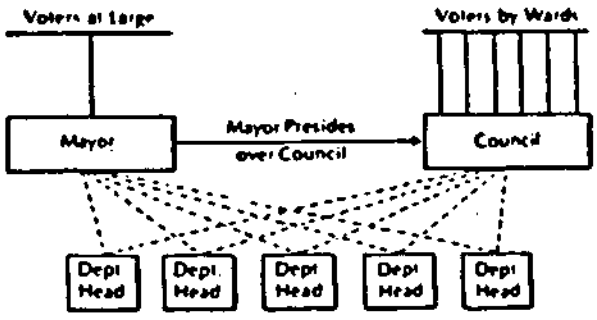
De nos jours, trois principales formes dérivent du prototype "Mayor-council" :

- la forme dite : "weak Mayor-council" apparaît comme un vestige des temps coloniaux. Dans l'organisation qui en résulte, un conseil municipal élu exerce à la fois les pouvoirs législatifs et exécutifs ; un maire élu possède peu de contrôle sur l'ensemble de l'administration.
- à la fin du XIXème siècle, la tendance à renforcer les pouvoirs et la responsabilité du chef de l'exécutif donna le jour à la forme dite "strong Clayor-council". Dans le système qui en découle, le pouvoir exécutif est concentré entre les mains d'un maire élu, qui possède en outre un droit de veto sur les décisions du conseil. Le maire devient alors le chef politique et administratif de la cité.
- pour réduire les difficultés d'assumer ce double rôle, une troisième structure dite "strong Mayor-council plan with a chief administrative officer" fut expérimenté pour la première fois à San Francisco en 1931 ; récemment, plusieurs grandes villes l'ont adopté. Dans ce système, l'administrateur en chef (CAO), engagé selon le cas par le maire ou le conseil élu, décharge le maire de sa tâche administrative.

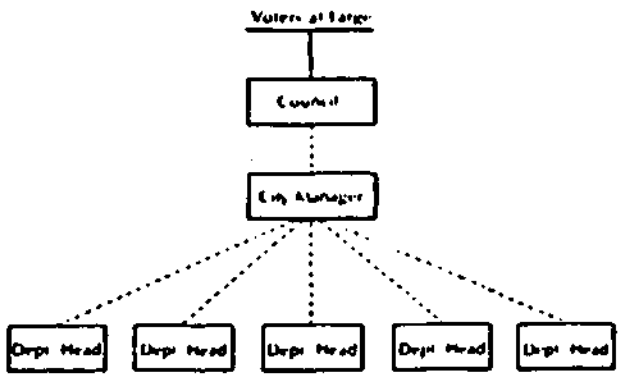
"Council-manager form". Partant d'un principe différent, la forme "council-manager" s'est développée aux U.S.A. au début du XXème siècle,



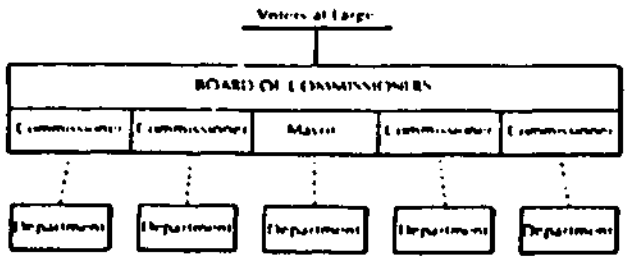

STRONG MAYOR-COUNCIL FORM
OF CITY GOVERNMENT




WEAK MAYOR-COUNCIL FORM
OF CITY GOVERNMENT




COUNCIL-MANAGER FORM
OF CITY GOVERNMENT




COMMISSION FORM OF CITY GOVERNMENT

Principales formes administratives des "Municipalities"

## FORM OF GOVERNMENT IN CITIES OVER 2,500 POPULATION

| Population group | Total no. ot Cititt | Numtxr ol cltltt wlth | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Mayor-councll | Councll-manager | Commit •lon | Town mt»tlrv |
| Over 1.000.000 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| 600.000-999,999 | 16 | 13 | 5 | 0 | 0 |
| 250.000-499,999 | 34 | 17 | 15 | 2 | 0 |
| 100.000-249,999 | 105 | 40 | 57 | 8 | 0 |
| 50,000-99.999 | 257 | 98 | 144 | 11 | 1 |
| 25.000-49,999 | 587 | 203 | 327 | 36 | 5 |
| 10.000-24,999 | 1.472 | 677 | 623 | 56 | 90 |
| 5.000-9.999 | 1.660 | 939 | 560 | 41 | 110 |
| 2.500-4.999 | 2.206 | 1.570 | 423 | 46 | 140 |
| Totals | 6.346 | 3.562 | 2.154 | 200 | 346 |

Source: International City Management Association. *The Municiptl* Vear fioot. CB79. International City Management Association. 1979, Table 3. no page.

Répartition des formes d'administration des "Municipalities" en fonction de la taille des villes.

son but étant de renforcer le pouvoir exécutif par rapport à la forme "weak Mayor-council". Cette forme de gouvernement était particulièrement adaptée dans les villes en expansion de l'Ouest et les communautés suburbaines. Ce système est composé essentiellement d'un conseil élu possédant le pouvoir législatif, et d'un exécutif reposant sur un administrateur professionnel engagé et contrôlé par le conseil.

D'autres architectures organisationnelles, telles que la "commission form", "town meeting" et autres, sont peu utilisées et ne portent que sur des villes petites et moyennes (1).

(1 ) MATHIO (Jean-Claude), Politique fédérale et innovation technologique dans les collectivités locales d'Amérique du Nord de 1960 à 1980, Institut d'urbanisme de Paris, Université Val-de-Marne, Décembre 1985, 164 p.

ANNEXE 6

LES DEPENSES D'INVESTISSEMENT
SELON LES JURIDICTIONS GOUVERNEMENTALES
. AUX ETATS UNIS (années 1970)

GOVERNMENT EXPENDITURES FOR FIXED CAPITAL?-'
INVESTMENT IN CURRENT AND CONSTANT DOLLARS
($ Billions) !

| Calendar Year | Current Dollar | | | Constant 1972 Dollar | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Expenditures | | | Expenditures | |
| | Total | Federal | State & Local | Total | Federal | State & Local |
| 1968 | $41.5 | $13.9 | $27.6 | $53.6 | $16.8 | $36.8 |
| 1969 | 41.8 | 13.5 | 28.3 | 50.0 | 15.5 | 35.0 |
| 1970 | 42.8 | 14.0 | 28.8 | 48.2 | 15.3 | 32.9 |
| 1971 | 45.6 | 15.4 | 30.2 | 48.1 | 16.1 | 32.0 |
| 1972 | 48.9 | 18.0 | 30.9 | 49.3 | 18.1 | 31.2 |
| 1973 | 51.5 | 17.9 | 33.6 | 48.8 | 17.3 | 31.5 |
| 1974 | 58.4 | 17.7 | 40.7 | 48.4 | 15.9 | 32.5 |
| 1975 | 63.0 | 21.2 | 41.8 | 47.5 | 17.1 | 30.4 |
| 1976 | 63.3 | 23.4 | 39.9 | 45.6 | 17.5 | 28.1 |
| 1977 | 64.2 | 25.2 | 39.0 | 43.6 | 17.5 | 26.0 |
| 1978 | 79.1 | 33.5 | 45.6 | 48.2 | 21.1 | 27.1 |
| 1979 | 88.8 | 40.4 | 48.4 | 48.5 | 23.2 | 25.3 |
| 1980 | 98.2 | 44.6 | 53.6 | 48.3 | 23.0 | 25.3 |
| 1981 | 98.4 | 46.6 | 51.8 | 45.0 | 21.9 | 23.1 |
| 1982 | 105.7 | 55.7 | 50.0 | 45.9 | 24.2 | 21.7 |

a. Government flxed capital consista of equlpment and structures owned by governments (Includlng government enterprlses) and located In the United States (except In the case of mllltary equlpment, for whlch coverâge 1s Worldwide). Government equlpment and structures are a6sets that, lf owned by the prlvate business sector, would be counted In flxed business capital, plus mllltary equlpment and facllltles Items that are combat-related and hâve no counterpart In flxed business capital, such as combat alrcraft and shlps, missiles, and missile sites, and weapons. Excluded from government flxed capital are materlals and supplies that, lf owned by prlvate business, would be counted In business Inventories, plus mllltary supplies, such as ammunltlon.

Source: Bureau of Economie Analysls, U.S. Department of Commerce, unpubllshed data.

**CAPITAL OUTLAYS BY LOCAL GOVERNMENTS BY SELECTED FUNCTIOHAL AREAS**
**($ Billions)**

| Fiscal Year | Transit | Sèvers | Water | Health 6 Hospltals | Hlghways | Parka & Récréation | Houfllng & Urban Reneval | Local Schools | Institutions of Hlgher Learnlng |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1970 | $0.4 | $1.4 | $1.2 | $0.4 | $2.1 | $0.7 | $1.3 | $4.5 | $0.4 |
| 1971 | 0.5 | 1.7 | 1.2 | 0.6 | 2.2 | 0.7 | 1.6 | 4.6 | 0.5 |
| 1972 | 0.4 | 2.1 | 1.3 | 0.7 | 2.3 | 0.8 | 1.7 | 4.6 | 0.4 |
| 1973 | 0.9 | 2.4 | 1.4 | 0.5 | 2.3 | 0.9 | 1.7 | 4.7 | 0.4 |
| 1974 | 0.9 | 2.6 | 1.7 | 0.7 | 2.7 | 1.1 | 1.7 | 4.9 | 0.5 |
| 1975 | 1.2 | 3.6 | 2.1 | 0.9 | 3.1 | 1.3 | 1.5 | 6.4 | 0.6 |
| 1976 | 1.3 | 3.9 | 2.2 | 1.0 | 3.3 | 1.3 | 1.2 | 6.4 | 0.6 |
| 1977 | 1.6 | 4.2 | 2.3 | 0.9 | 3.0 | 1.1 | 1.2 | 5.8 | 0.5 |
| 1978 | 1.3 | 4.2 | 2.1 | 0.9 | 3.2 | 1.2 | 1.4 | 5.5 | 0.5 |
| 1979 | 1.5 | 5.4 | 2.7 | 1.1 | 3.8 | 1.4 | 1.6 | 6.1 | 0.5 |
| 1980 | 1.6 | 6.0 | 3.3 | 1.2 | 4.4 | 1.5 | 2.2 | 7.0 | 0.5 |
| 1981 | 2.2 | 6.7 | 3.7 | 1.2 | 5.1 | 1.6 | 2.6 | 7.1 | 0.5 |
| Percentage Grovth, 1970-1981 | 450.0 | 378.6Z | 208.3Z | 200.0Z | 142.9Z | 128.6Z | 100.0Z | 57.8X | 25.0Z |

Source: U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, Covernnental Finances, Fiscal Tears 1969-70 through 1980-81.

**CAPITAL OUTLAYS BY STATE AND LOCAL GOVERNMERTS BY SELECTED PUNCTIONAL AREAS**
**($ Billions)**

| Fiscal Year | Transit | Severs | Vater | Health & Hospitals | . Parks & Récréation | Housing & Urban Reneval | Highways -,and Bridgea | Local Schoola | Institution» of fligher Learnlng |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1970 | $0.4 | $1.4 | $1.2 | $0.8 | $0.7 | $1.3 | $10.8 | $4.7 | $2.7 |
| 1971 | 0.5 | 1.7 | 1.2 | 1.0 | 0.7 | 1.6 | 11.9 | 4.8 | 2.9 |
| 1972 | 0.4 | 2.1 | 1.3 | 1.2 | 0.8 | 1.7 | 12.3 | 4.8 | 2.9 |
| 1973 | 0.9 | 2.4 | 1.4 | 1.1 | 0.9 | 1.9 | 11.5 | 4.9 | 2.7 |
| 1974 | 0.9 | 2.6 | 1.7 | 1.4 | 1.1 | 2.0 | 12.2 | 5.1 | 2.8 |
| 1975 | 1.2 | 3.6 | 2.1 | 1.8 | 1.3 | 1.8 | 13.6 | 6.5 | 2.8 |
| 1976 | 1.3 | 3.9 | 2.2 | 1.8 | 1.3 | 1.4 | 14.2 | 6.5 | 3.0 |
| 1977 | 1.6 | 4.2 | 2.3 | 2.1 | 1.1 | 1.1 | 12.5 | 5.9 | 2.9 |
| 1978 | 1.4 | 4.4 | 2.1 | 1.9 | 1.6 | 1.4 | 12.9 | 5.7 | 2.6 |
| 1979 | 1.6 | 5.6 | 2.7 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 15.6 | 6.4 | 2.8 |
| 1980 | 1.9 | 6.3 | 3.3 | 2.4 | 2.0 | 2.2 | 19.1 | 7.4 . | 2.9 |
| 1981 | 2.6 | 6.9 | 3.8 | 2.6 | 2.1 | 2.7 | 19.3 | 7.4 | 3.5 |
| Percentage Crovth, 1970-1981 | 550.0Z | 392.9Z | 216.7Z | 225.0Z | 200.0Z | 107.7Z | 78.7Z | 57.4Z | 29.61 |

Source: U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, Govcmnental Finances, Fiscal Tears 1969-70 throagh 1980-81.

ANNEXE 7

# LA CRISE DES INFRASTRUCTURES AUX ETATS-UNIS

La crise des infrastructures constitue actuellement aux Etats-Unis un problème national. Problème national par son ampleur ; il touche un grand nombre de villes (toutes les vieilles villes du Nord-Est et du Middle-West ainsi que certaines villes en extension situées dans le Sud du pays). Problème national par sa gravité ; la détérioration des infrastructures menace le futur de l'économie du pays et les capitaux nécessaires pour remédier à cette situation ont été estimés très considérables. Problème national face à la crise économique et la nouvelle politique adoptée par l'administration de M. REAGAN, la situation risque de se confirmer et même de s'aggraver. Enfin, problème national parce qu'il constitue un champ de révision et de discussions sur le rôle des différents types de gouvernements - fédéral, Etats et local - ainsi qu'un champ d'émergence de nouvelles relations entre les institutions publiques et le secteur privé.

Bien sûr, la situation ne se caractérise pas par l'homogénéité mais au contraire par la variété de l'état des infrastructures des différentes villes qui n'ont pas toutes suivi la même politique en équipement urbain. Cette situation est d'autant plus critique que les infrastructures aux Etats-Unis se trouvent à la charge de plusieurs niveaux de gouvernements (fédéral, Etats, local).

Mais, indépendamment des particularités qui peuvent exister et des difficultés pour faire une évaluation précise de la situation, le fait que la dégradation des équipements touche un nombre important de villes est incontestable. En effet, selon des estimations officielles, près de 2 trillions de dollars doivent être dépensés au cours des deux prochaines décennies pour restaurer les infrastructures urbaines (1 ). Dans les conditions de restrictions budgétaires et d'inflation, cette restauration devient une opération difficile.

L'obsolescence et la décomposition des infrastructures n'ont pas été, bien sûr, le résultat d'un processus instantané. Au contraire, elles avaient été perçues dans les années 1970 par les gestionnaires des services sans que ces derniers soient mobilisés. Ainsi, en dépit des symptômes évidents de détérioration, les investissements en infrastructure

publique ont baissé de 21% (dollars constants) entre 1965 et 1977, ce qui représente un déclin de 29% des dépenses par habitant et de 44% par rapport au P.N.B.. Les seuls domaines où les investissements se sont accrus sont les hôpitaux, les équipements industriels et les systèmes d'assainissement (spécialement les stations d'épuration), mais l'effort est resté modeste (2). De même, depuis les années 1960, il y a eu une tendance grandissante dans tous les niveaux de gouvernements de réduire les dépenses d'entretien des installations existantes (3).

Mais, depuis 1981, le problème des infrastructures urbaines est posé de façon alarmante et préoccupe tous les niveaux de gouvernements. Plusieurs facteurs ont contribué à cette situation (4) :

- la projection du problème par les médias qui ont sonné l'alarme sur les signes visibles d'obsolescence des ouvrages publics sur tout le territoire ;
- la reconnaissance de l'entretien insuffisant des équipements urbains et de l'échec des gouvernements locaux et des Etats à la planification des travaux en infrastructures ;
- la réduction des revenus des gouvernements locaux après 1981. Ainsi, au moment où les Etats et les villes ont commencé à prendre conscience des effets négatifs de la diminution de leurs dépenses en équipements urbains, ils se sont trouvés devant plusieurs difficultés pour obtenir les capitaux nécessaires à un changement de politique : la diminution des aides fédérales, la création des barrières institutionnelles, l'instabilité des marchés d'emprunts ;
- le chômage : la croissance du taux de chômage, qui a atteint 10,8% en 1982, a été accompagnée par un intérêt accentué pour la création de nouveaux emplois. En dépit des signes de reprise de l'économie nationale en 1983 (quand le taux de chômage a diminué à 8,4%), des propositions pour de nouveaux programmes fédéraux d'investissements ont continué à être soutenues par les défenseurs de la participation de l'Etat fédéral au financement des travaux ;
- la reconnaissance de l'échec à la définition des priorités des programmes des équipements urbains (4).

Dans ces conditions, un nombre de plus en plus important de techniciens locaux et fédéraux et d'hommes politiques, a été préoccupé de 1'avenir des ponts, des autoroutes, des rues et des réseaux qui constituent les bases de l'économie du pays (5). Plusieurs études ont été ainsi menées sur ce problème et des commissions d'infrastructures ont été formées pour évaluer la situation dans l'ensemble du pays (tous les organismes nationaux qui s'occupent des problèmes urbains au niveau des villes, des "counties", des Etats, ou au niveau fédéral, disposent actuellement d'une commission d'infrastructures). De plus, en 1983, 70 propositions législatives, relatives aux problèmes d'infrastructures, ont été introduites au 98ème Congrès qui touchent quatre aspects principaux (4) :

- l'établissement d'un budget fédéral d'infrastructures, afin de pouvoir mieux définir les priorités des programmes ;
- la création de nouvelles formes d'aides pour certaines catégories de travaux publics ;
- l'orientation vers de nouveaux modes de financement ;
- la création d'emplois (4).

Par ailleurs, au niveau des Etats, les nouvelles orientations politiques en équipements urbains portent sur :

- le déroulement des programmes d'entretien et de réhabilitation, basés sur le critère coût-efficacité ;
- la définition des nouveaux standards pour le renouvellement des ouvrages ;
- l'amélioration des procédures de planification, d'organisation et de financement des investissements ;
- le développement des alternatives de financement des travaux ;
- le développement des alternatives techniques pour faire face aux nouveaux besoins (6).

(1) Lambert C. MINS, "The problems with our infrastructure", in Urban Resources, Uniuersity of Cincinnati, 1983, Vol. 1, n° 2, p. 3.

(2) Pat CHOATE, Susan WALTER, America in ruins, Washington, The Council of State Planning Agencies, 1981.

(3) "Built it and forget it ?", in A.P.W.A. Reporter, June 1981, p. 2.

(4) Claudine COPELAND, Infrastructure : législation in the 98th Conqress, The Library of Congress - Congressional research service, September 1983.'

(5) Charles ALEXANDER, "Time to repair and restore", in Times, April 27, 1981 , p. 46.

(6) Roger J. VAUGHAN, Reduilding America : Financinq Public Works in the 1980's, Washington, The Council of State Planning Agencies, 1983.

ANNEXE 8

LES EFFETS DE LA DETERIORATION DES RESEAUX
EN ANGLETERRE EN MILIEU URBAIN

(Source : UIATER RESEARCH CENTER, WATER AUTHDRITIES ASSOCIATION, Seueraqe Rehabilitation Manual, Suindon, Water Research Centre, 1983)

**Flooding of commercial area (Reproduced by permission *The Herald Express*, Torquay).**

***Collapse in commercial area (Glasgow).***

ANNEXE 9

LA PRESSE QUOTIDIENNE COMMENTE
L'EVENEMENT DE L'EFFONDREMENT
DE LA RUE DE PETERSHAM A LONDRES

(Source : MEEGAN R.A., Case study ; UJater and Seuierage Facilities in the U.K., London, C.E.S., April 1984, 53 p.)

# Council seeks lorry ban as road reopens

THE Petersham Road was reopened to traffic on Thursday for the first time in ten days—now Richmond Council is to ask the Greater London Council for an experimental three-ton restriction there

TWO lorries attempting to pass each other on the Petersham Road where the Petersham hole has reappeared.

# Residents in fear as Petersham hole returns

# Violence looms at The Hole bus queues

14 JUL 1979

THERE is a danger that violence may break out in Petersham as a result of the "appalling bus service," it was stated at Richmond general purposes committee on Tuesday.

# Anger at long bus delay at the 'hole'

9 JUN 1979

PEOPLE living in Ham and Petersham are extremely angry at the way the bus service has deteriorated since the appearance of the Petersham hole.

# Jobs lost because of bus delays at The Hole

6 JUN 1979

THE closure of Petersham Road has caused some people in the Ham and Petersham area to lose their jobs because of the disruption of the 65 and 71 bus services, a public meeting at the village hall in Bute Avenue was told on

# Petersham hole goes from bad to worse

19 MAY 1979

THE saga of the hole in Petersham Road took a catastrophic turn for the worse this week as pumps failed, new subsidences trapped a remote control TV camera surveying an underground pipe and bus passengers' journeys were further disrupted.

# Noise costing pub couple their sleep

PETERSHAM pub licensees James and Patricia Clarke are both suffering from [illegible] of buses on the 65 and 71 routes which have to turn outside their pub early in the morning because of the Petersham Road hole.

# *Abuse flies at meeting on THE hole*

16 MAY 1979

AN emergency meeting of Richmond Council's highways committee called on Thursday to discuss the hole in Petersham Road turned into a political dog-fight between Tory and Liberal members.

ANNEXE 10

LA METHODE D'ANALYSE ET DE DETECTION DES EAUX PARASITES
PROPOSEE PAR LES AGENCES FINANCIERES DE BASSIN

Figure 1

Phase I : Bilan et diagnostic du fonctionnement du système d'assainissement

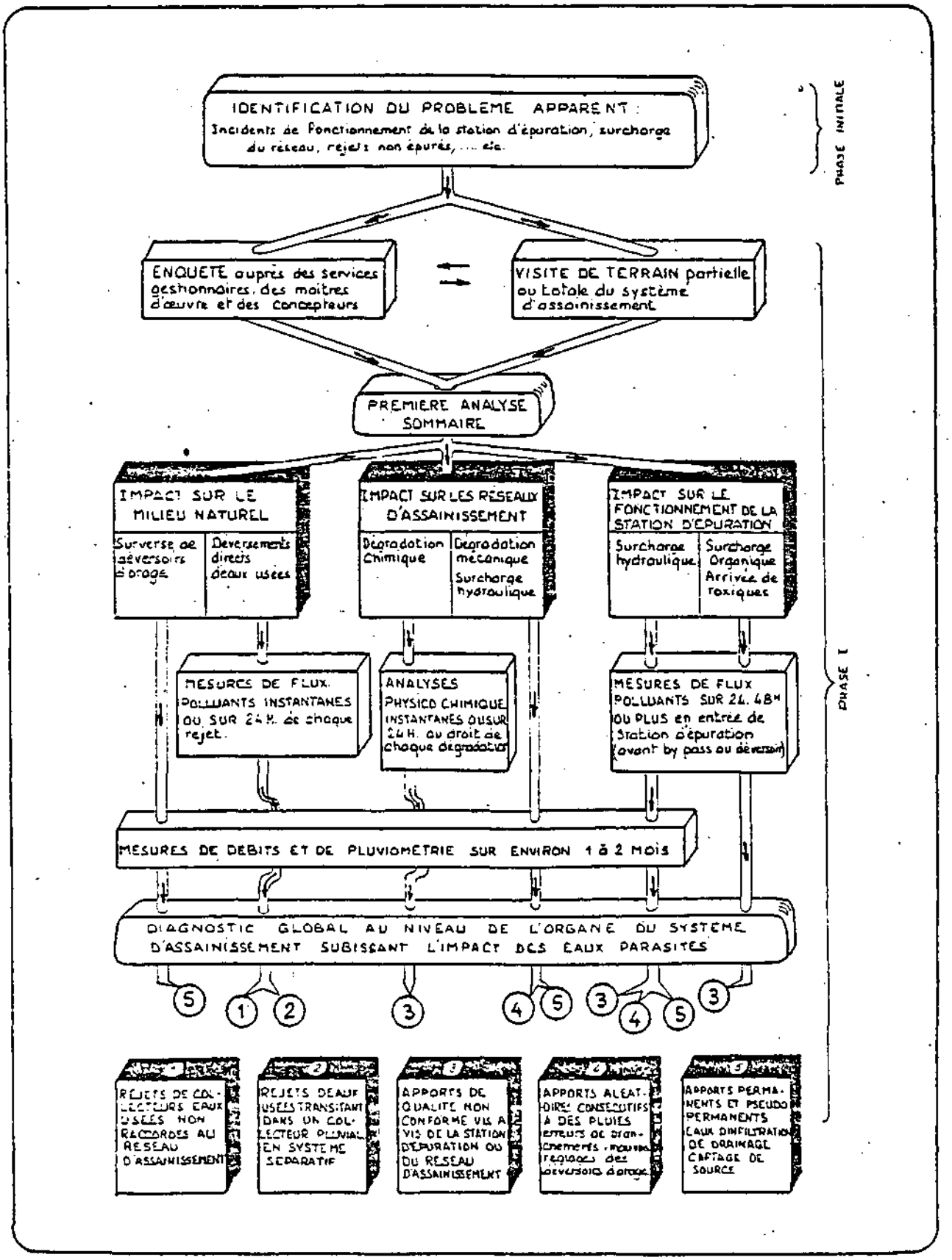


Figure 2

Phase II : Délimitation géographique
Phase III : Localisation des sources d'apport

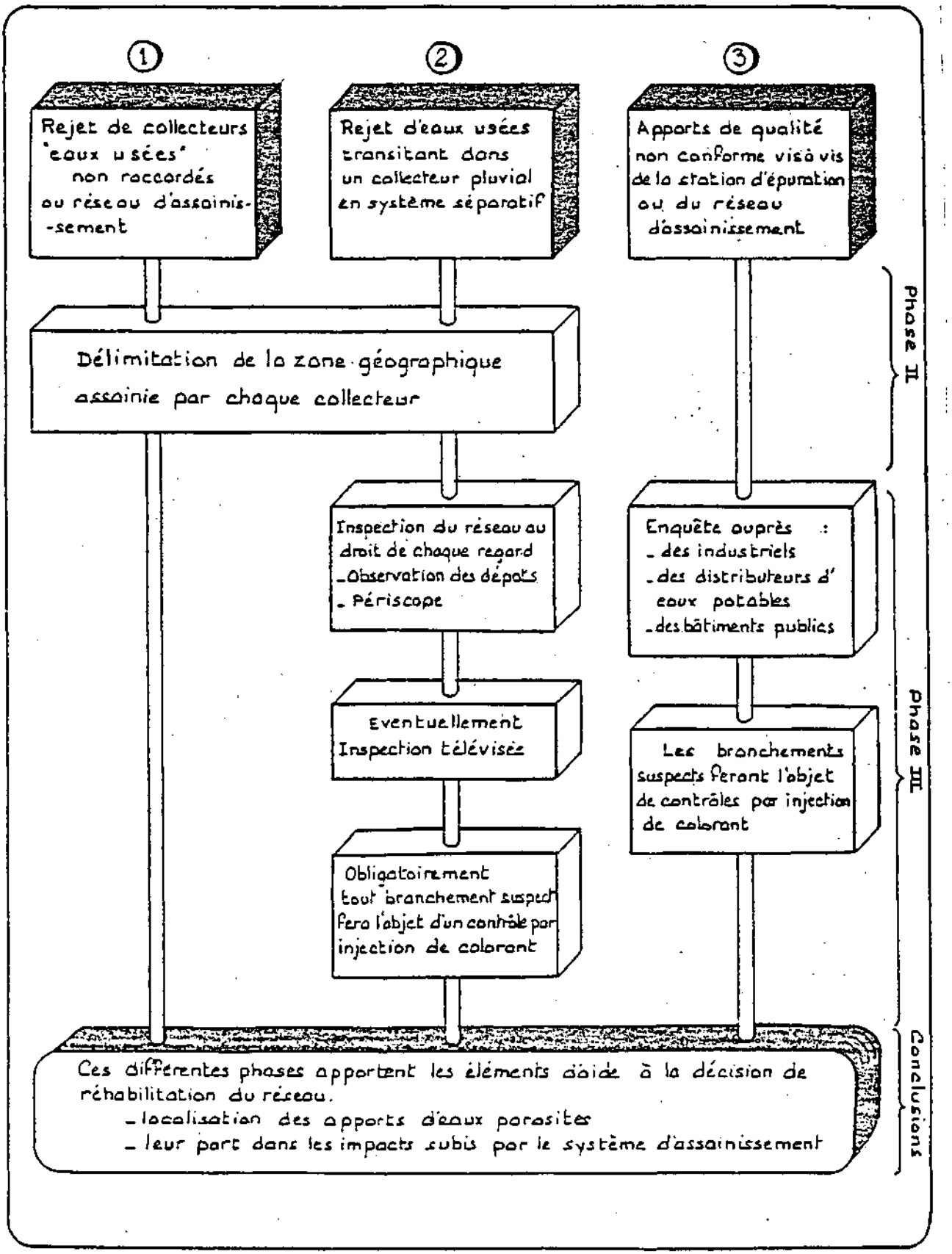
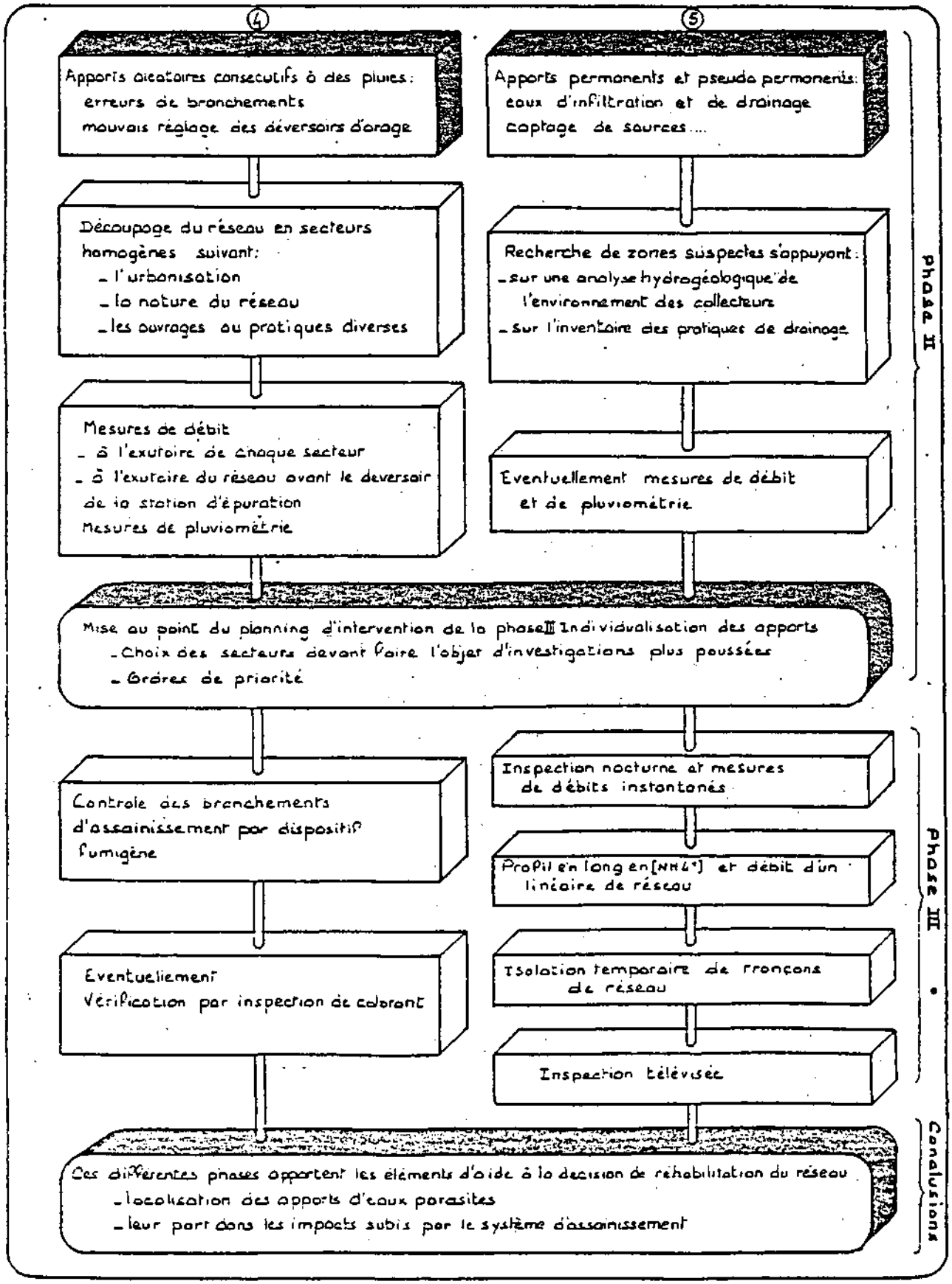
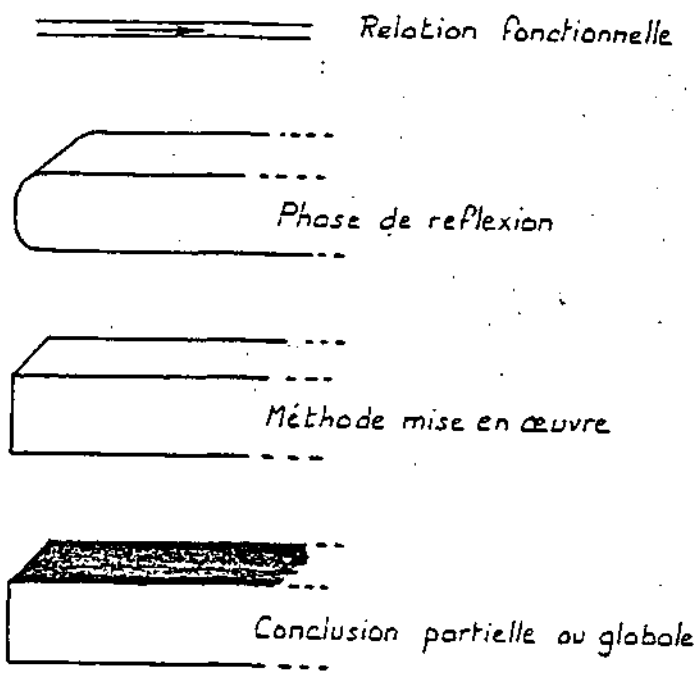


Figure 3

Phase II Délimitation géographique
Phase III Localisation des sources d'apport



Légende :




Source : LABORATOIRE REGIONAL DE L'OUEST PARISIEN GROUPE ENVIRONNEMENT, Analyse et détection des eaux parasites : méthodologie d'étude, Paris, Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, Avril 1981, 50 p.

ANNEXE 11

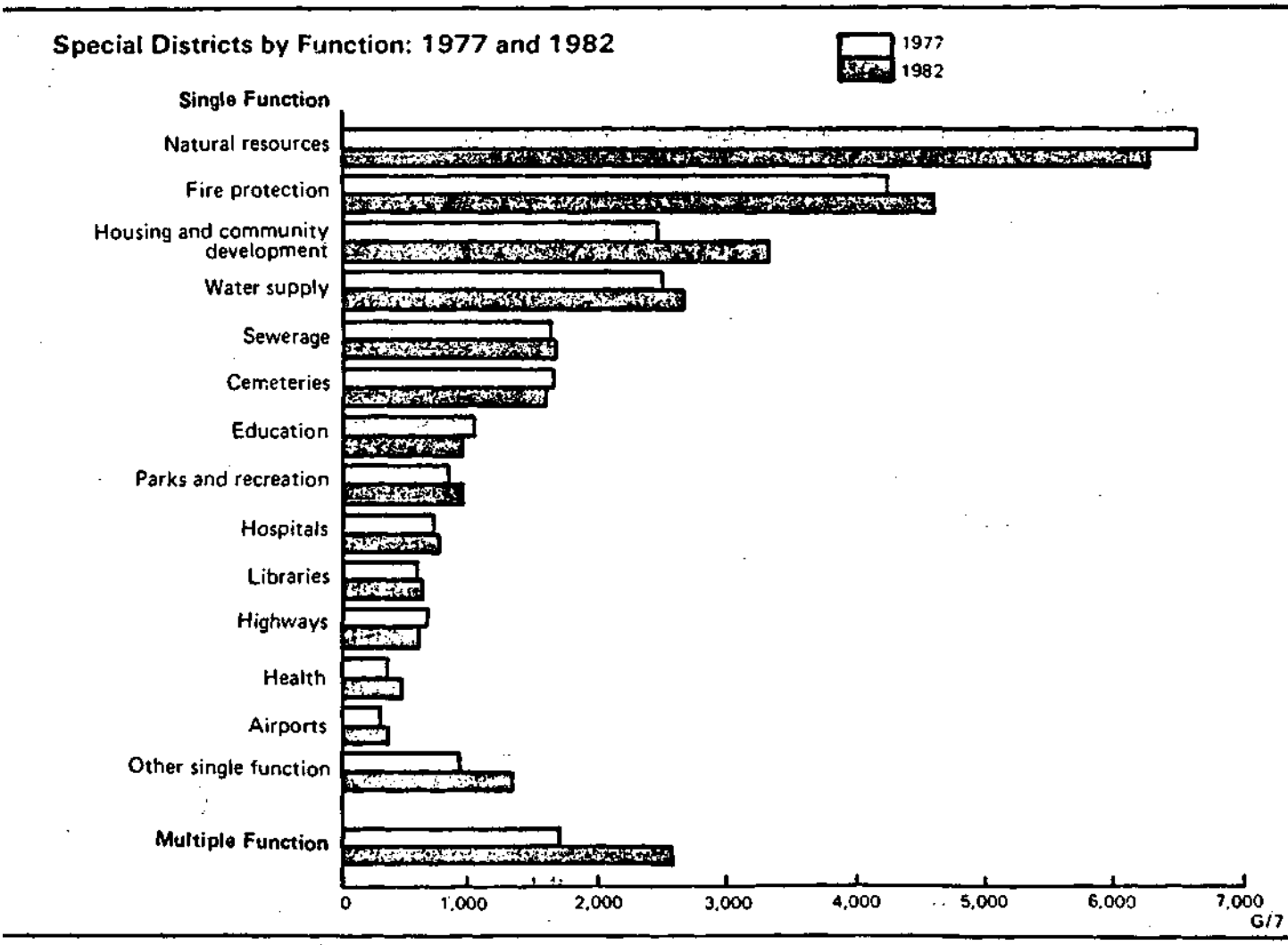
LES AIDES FINANCIERES DES AGENCES FINANCIERES DE BASSIN DANS LEUR QUATRIEPTE PROGRAmE D'INTERVENTION (1982-1986)

| | Etude de diagnostic | Travaux qui en découlent |
|---|---|---|
| Seine-Normandie | Subventions : 50%<br>Avance à 10 ans : 50%<br>à valoir sur les travaux ultérieurs | Subventions : 20%<br>Avance à 10 ans : 20% |
| Rhône-Méditerranée-Corse | Avance sur 4 ans : 80% | Subventions : 25%<br>Avance : 20% |
| Adour-Garonne | Subventions : 30%<br>Avance à 10 ans : 70%<br>à valoir sur les travaux ultérieurs | |
| Artois-Picardie | Subventions : 70% | Subventions : 60% |
| Loire-Bretagne | Subventions : 50% | |
| Rhin-Meuse | Subventions : 40%<br>Avance à 10 ans : 50%<br>à valoir sur les travaux ultérieurs | Subventions : 40%<br>Avance sans intérêt : 10% |

Source : RIPOCHE, "Le montage d'appels d'offre pour les études de diagnostic : l'expérience de l'Agence Financière de Bassin Seine-Normandie", in Actes des Journées de formation continue de l'ENPC du 23-25 Avril 1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1985.

ANNEXE 12

DISTRICTS SPECIAUX SELON LES SERVICES
AUX ETATS UNIS, 1977 ET 1982




Source : Bureau af the Census, 1982.

ANNEXE 13

# LES TECHNIQUES DE REHABILITATION STRUCTURELLE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT

## § 1. REMPLACEMENT DES CANALISATIONS NON VI5ITABLE5 PAR L'INTERIEUR

### 1. Principe

Cette technique consiste à faire éclater, à l'aide d'une tête de cône extensible, la conduite existante et à introduire ensuite des éléments neufs en polyéthylène (PE-HD) d'un diamètre équivalent ou légèrement plus grand que celui de la canalisation initiale (1).

### 2. Nature des matériaux utilisés

Les éléments utilisés dans cette technique doivent disposer des priorités suivantes :

- une résistance structurelle importante ;
- une résistance à l'abrasion satisfaisante ;
- une possibilité d'assemblage rapide des éléments ;
- une petite épaisseur, pour qu'il n'y ait pas de réduction de la section du réseau ;
- les joints doivent être de tel type qu'ils permettent d'utiliser au maximum l'espace de la canalisation (2).

Toutes ces conditions sont remplies par les éléments de polyéthylène haute densité (PE-HD) (de 1-2cm de long) et des joints emboîtement brusque (Snap-lock) (cf. Figure 1). Pour assurer l'étanchement, les joints peuvent être renforcés à l'aide des produits élastiques qui servent aussi comme lubrifiant pendant l'assemblage des éléments (2).

Figure 1 : Joints "Snap-lock"

3. Mise en oeuvre

La tête de cône utilisée pour l'éclatement de la canalisation initiale (P114 Mole) (cf. Figure 2) est introduite dans le réseau par le regard de visite ou par des tranchées, ouvertes à l'amont de la conduite, dont la longueur est de l'ordre de 5 fois la profondeur du collecteur à rénover (2).

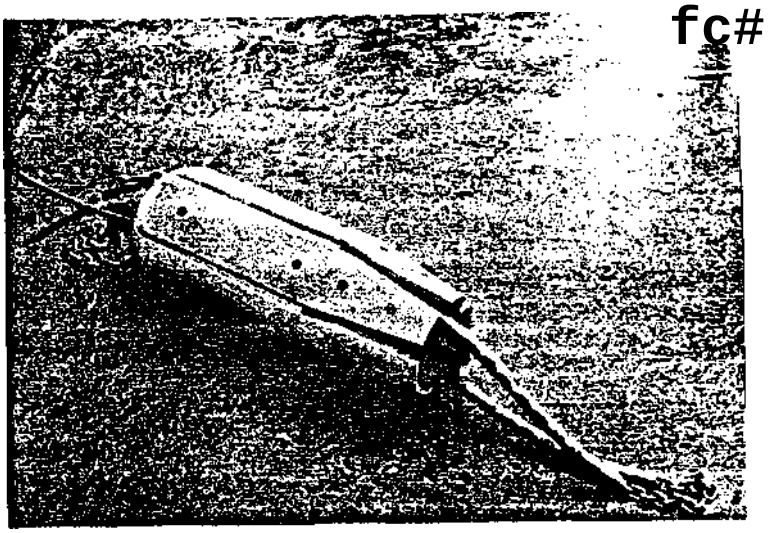


Figure 2; Tête de cône extensible

Le cône, tracté à l'aide des cables en acier par le regard aval de la conduite perce la canalisation en cassant la conduite existante et en aménageant un passage d'une section de 100mm de diamètre dans lequel est tirée la conduite neuve (cf. Figure 3) (2).

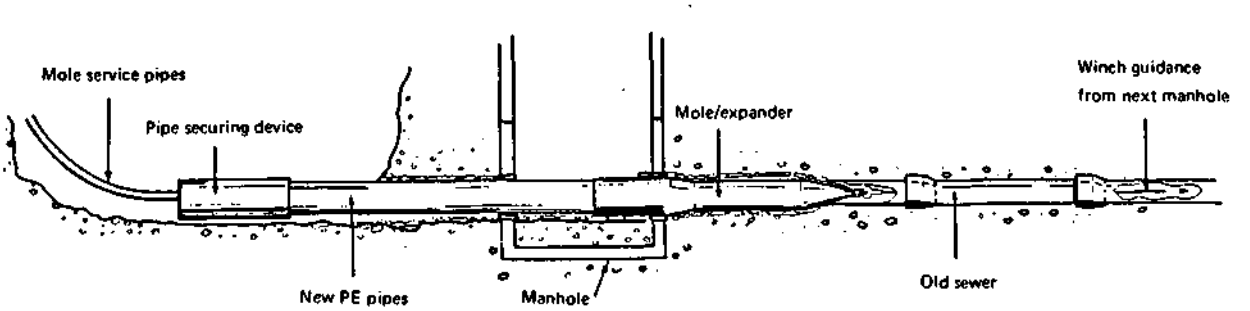



Figure 3 : Installation de remplacement par l' intérieur

Les éléments en polyéthylène suivent l'insertion du cône extensible, tirés par des treuils métalliques (cf. Figure *U).* Leur assemblage s'effectue au niveau du regard (2).

Figure *U* : L' assemblage des éléments en PE

Une fois que l'insertion des éléments neufs est achevée, le raccordement des branchements est effectué par des fouilles ponctuelles.

4. Domaine d'application

a) Type et diamètre du réseau

Cette technique peut être employée pour le remplacement de petites canalisations (diamètre de 100-450mm). Pour des diamètres plus grands son application n'est pas possible étant donné que le poids de la tête de destruction devient considérable (2).

En fait, cette technique concerne exclusivement les réseaux d'eaux usées de type séparatif et n'est réalisable que sur des tronçons rectilignes.

b) Nature de la canalisation

La canalisation initiale peut être en amiante-ciment, grès, P.U.C.

c) Type de détérioration

Cette technique peut être appliquée dans le cas des canalisations fortement détériorées (il s'agit de la réfection du réseau). La nouvelle canalisation dispose des bonnes priorités de structure et elle est étanche.

5. Développement de la technique

L'application de cette technique dans le domaine de l'assainissement est aujourd'hui expérimentée par la société Merstan Pipeline en Angleterre (cette méthode de rénovation est déjà largement utilisée en Angleterre pour le remplacement des réseaux de gaz et d'eau potable) (1 ). Des essais sont actuellement effectués en collaboration avec le UJater Research Center pour la définition des priorités de ce procédé (2). La réfection des branchements par ce procédé est aussi en considération (1 ).

6. Coût de la technique

Le coût du procédé n'est pas encore évalué. On estime que le remplacement d'un collecteur, à l'aide de cette technique, est moins cher que le remplacement classique, dans le cas où la profondeur du collecteur est importante et le sol difficile à excaver (2).

7. Avantages - Inconvénients

a) Avantages

- il n'y a pas besoin d'excavations importantes ;
- la résistance structurelle du réseau neuf est suffisante ;
- il n'y a pas besoin de combler l'espace annulaire, entre la nouvelle canalisation et l'ancienne détruite, par du mortier car cet espace est rempli par le sol situé aux alentours de la conduite quelques jours après l'opération du remplacement (2) ;
- il n'y a pas de perturbation des services voisins due à l'excavation (2).

b) Inconvénients

- l'application de ce procédé provoque un choc considérable au sol situé aux alentours de la conduite qui peut avoir de mauvaises conséquences sur l'état des services et des bâtiments voisins. Du matériel spécial a été incorporé récemment sur la tête cône pour surmonter ces effets négatifs sans diminuer l'efficacité de destruction de l'appareil ;
- les branchements du collecteur à rénover doivent être déconnectés avant l'insertion du cône extensible pour empêcher leur fracture incontrôlée. Cela s'effectue à l'aide des puits d'excavation ;
- les tensions développées pendant le tractage de la nouvelle conduite sont considérables, ce qui affecte l'état final de la nouvelle canalisation (2).

## § 2. TUBAGE PAR ELEMENTS THERMOPLASTIQUES (5LIPLINING)

### 1 . Principe

Ce procédé, qui est actuellement largement répandu et testé, consiste à faire glisser dans la canalisation existante une conduite neuve, flexible, d'une longueur considérable et d'un diamètre légèrement inférieur, en matériau polyoléfine thermoplastique (4) (3).

### 2. Nature des matériaux utilisés

Le matériau le plus couramment utilisé pour cette technique est le polyéthylène (PE) (4). Des tuyaux en plusieurs qualités de polyéthylène sont actuellement disponibles mais les qualités les plus employées pour cette technique sont le polyéthylène haute densité (HD-PE) et moins souvent le polyéthylène moyenne densité (3).

Les tuyaux en polyéthylène utilisés pour le tubage sont disponibles à des diamètres de 100mm jusqu'à 3.000mm aux U.S.A. (4) et de 80mm jusqu'à 1.600mm en Angleterre où il existe d'ailleurs toute la gamme des diamètres proportionnels à l'épaisseur des tuyaux (3).

Actuellement, il existe plusieurs tuyaux en PE à des épaisseurs et à des formes de sections variantes, propres à satisfaire plusieurs situations (4).

Une longueur de 12m est couramment provisionnée (3).

Un autre matériau aussi utilisé pour cette technique de tubage est le polypropylène (PP) (3). Celui, moins employé, est plus cher que le polyéthylène HD. Il présente la même rigidité et une résistance équivalente aux solvants (5).

Le succès d'une opération de tubage dépend directement de la sélection du matériau optimum, du point de vue de facilité d'installation et de performance en long terme. Ainsi, on demande du matériau utilisé, de

disposer des qualités de : solidité, flexibilité, résistance chimique et résistance à l'abrasion (6). Pour atteindre ces propriétés, on renforce parfois le polyéthylène, ce qui donne au matériau une meilleure flexibilité et qui permet parallèlement son application à des dimensions plus importantes (7).

Pour sélectionner le matériau optimum ainsi que les dimensions nécessaires du tuyau neuf, on doit considérer les charges extérieures et la profondeur de la nappe phréatique (pression hydraustatique extérieure, déflexion radicale et horizontale) (4).

3. Mise en oeuvre

a) Description de l'opération

1 ) Opérations préliminaires

Avant l'insertion de la canalisation neuve on doit inspecter le tronçon à rénover par le passage de la caméra de *1*,*V.* pour identifier les obstructions dues à des déplacements des joints, à des effondrements ou à de mauvais raccordements. Par l'inspection on doit aussi localiser les branchements existants pour qu'on puisse après l'opération les connecter à la nouvelle canalisation (A).

Une condition préalable à l'application de ce procédé constitue le nettoyage soigné et la désobstruction de la conduite, par les techniques adéquates (curages hydraudynamiques, carottage ...) (3).

Parfois, selon les obstructions identifiées, le passage d'un tube témoin pour s'assurer que la canalisationn est complètement désobstruée s'avère nécessaire (A). Dans le cas où il n'y a pas de contraintes de temps et où la réduction du diamètre du réseau doit être minimisée, des têtes-tests de différentes dimensions peuvent être introduites dans la canalisation déjà nettoyée afin de choisir le diamètre le maximum possible (3).

2) Insertion du tuyau neuf

Après ce stade préparatoire s'effectue l'introduction du tuyau neuf dans la canalisation endommagée. Il existe deux méthodes d'introduction : par tractage, qui est la méthode la plus courante et par poussage.

Dans le cas de l'introduction des tuyaux thermoplastiques par poussage, l'assemblage des éléments composants se fait in-situ, en ouvrant une fosse d'une longueur égale à la longueur du tuyau à introduire, plus 3m (cf. Figure 5) (1).

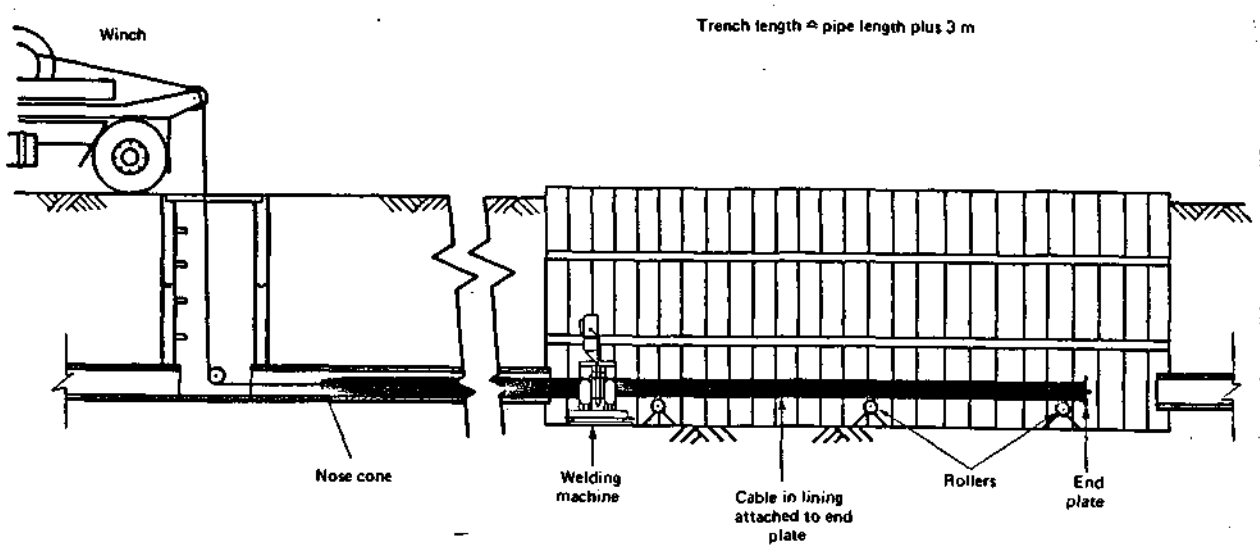



Figure 5 : Insertion par poussage

Par contre, l'insertion par tractage nécessite l'ouverture d'une tranchée à la fin du tronçon à réparer dont la longueur est fonction du diamètre du tuyau introduit et de la profondeur du réseau (L = 2,5 x profondeur + 12 x diamètre du réseau) (cf. Figure 6). La largeur de la fouille, qui doit être la plus petite possible, dépend du diamètre du tuyau, de la nature du sol, de la profondeur de la nappe phréatique ainsi que des autres conditions de travail (A).

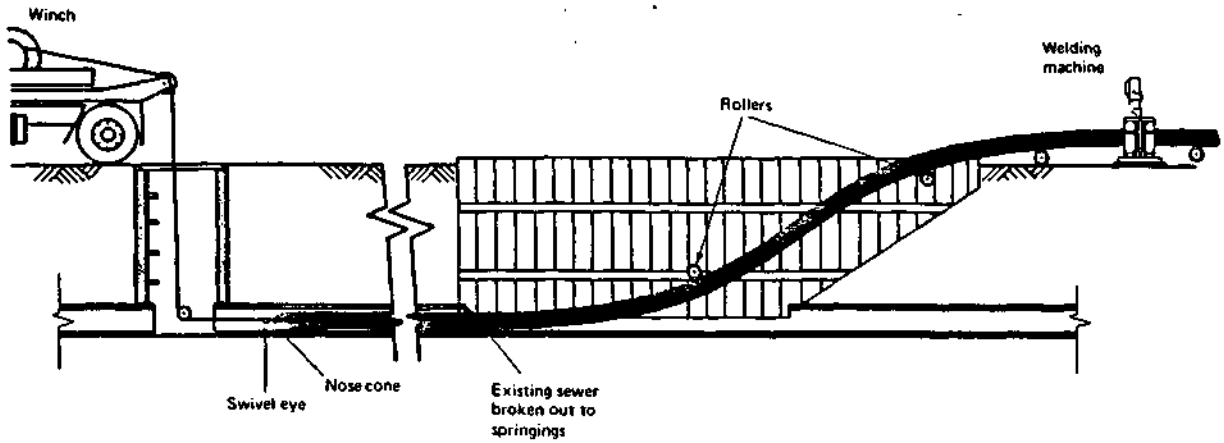



Figure 6 : Insertion par tirage

Dans le cas d'insertion par tractage, l'assemblage des éléments composants se fait en surface (3). Le tuyau composant est d'une longueur considérable : de 150m jusqu'à 300m et même jusqu'à 550m (8).

L'assemblage des tuyaux thermoplastiques se fait par thermosoudage. Cette operaton consiste, avec un miroir chauffant, à amener les extrémités à joindre à une température de plastification (200°C + 10°C) puis, par rapprochement sous faible pression (1 ,5 à 2kg/cm2) à obtenir une soudure (9) (cf. Figure 7 ).

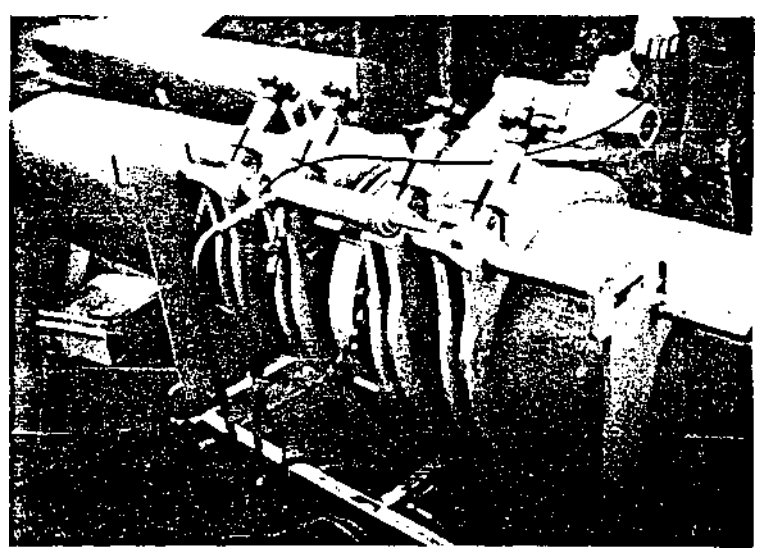


Figure 7 : Installation de soudage par polyfusion

Si le soudage est bien fait, la résistance du tuyau composé est égale à la résistance des tuyaux composants (5).

Pour tracter la canalisation neuve dans l'ancienne, un cable en acier et une tête de tirage, reliée à des treuils, se met en place (10). Dans certains cas, il s'avère aussi nécessaire de poser des protèges aux bords du réseau existant, à l'arrivée, pour empêcher l'endommagement du procédé introduit (4). Les dimensions du treuil utilisé dépendent de la longueur et du diamètre de la conduite à introduire. On a estimé qu'une capacité de 2,5 tonnes est suffisante pour un tuyau de 450mm de diamètre, d'une longueur de 140m et d'une épaisseur de 14mm (3).

L'introduction de la canalisation assemblée s'effectue à une vitesse entre 7 et 15m/mn (10). Pendant l'opération, la mise hors eau du tronçon n'est pas toujours nécessaire, l'eau servant de fluide porteur. Par contre, la présence d'eau en quantité peut ne pas être permise dans le cas où l'espace annulaire est minimum (4).

L'opération de tractage tend à allonger le tuyau et un allongement excessif (plus que 1,5%) doit être évité. Pendant des périodes chaudes, un allongement additionné peut être toléré (4).

3) Opérations suivant l'insertion

Après la pose complète du tuyau on doit refaire les branchements, puis le garnissage de l'espace annulaire résiduel.

Le garnissage s'effectue par injection d'un coulis de ciment, à partir du point bas de la canalisation sur toute sa longueur afin de renforcer la structure de l'ouvrage, ou uniquement au niveau des regards s'il suffit d'assurer l'étanchéité (9). Le garnissage peut aussi s'appliquer par injection de plastique uréthane, ce qui est couramment utilisé aux U.S.A., surtout dans les cas de petits diamètres (5). Pendant toute cette opération, le tube de polyéthylène est mis sous pression (eau, air) pour éviter son écrasement (technique appliquée surtout aux U.S.A.) (10).

Le remplissage de l'espace annulaire entre la canalisation et le tuyau est surtout désiré quand le diamètre du tuyau introduit est moins que 2/3 du diamètre intérieur de la canalisation ancienne pour minimiser les mouvements du tuyau introduit dus aux changements de la nappe phréatique et de la température (4).

b) Moyens et matériels nécessaires à la mise en oeuvre

En règle générale, il faut :

- 3 à 6 personnes (2-3 personnes pour le soudage et 1 personne pour le tractage) (8) ;
- un matériel d'excavation et le sectionnement relativement important (pelle mécanique, marteau piqueur) ;
- un engin de tractage, équipé d'un enrouleur à cable pouvant tirer à angle droit, grâce à une poulie de renvoi ;
- un disposifit de désobstruction (10).

Une communication par radio entre le point de sortie et d'entrée de la canalisation aide aussi considérablement le contrôle de l'opération (3) (9).

c) Durée de la mise en oeuvre

Toute l'opération (nettoyage, insertion, raccordement, injection de coulis) dure en général 10-12 heures pour la pose d'un tronçon de 300m en 1.000mm de diamètre (10). Le soudage est aussi une opération rapide (20 à 25 soudures d'un tuyau de 400-BOOmm de diamètre en 8 heures) (8).

4. Propriétés de la nouvelle canalisation

Les matériaux utilisés PE, PP présentent une forte résistance chimique ainsi qu'une forte résistance mécanique, celle-ci dépendant bien sûr de l'épaisseur des tuyaux utilisés. Ainsi, selon les dimensions des conduites choisies, on peut atteindre les résistances suivantes :

- pour une épaisseur (D/t = 32), une résistance à la pression intérieure de 3 bar et une résistance à la pression extérieure hydraustatique de 0,76m d'eau ;
- pour une épaisseur (D/t = 18), une résistance à la pression intérieure de l'ordre de 5-6 bar et à la pression extérieure hydraustatique de l'ordre de 4,7m de l'eau.

Des tuyaux de diamètres spéciaux ont été aussi développés pour maximiser la capacité mécanique des réseaux ; par exemple, des tuyaux de 181mm de diamètre pour le tubage des réseaux de 203mm de diamètre (5).

En plus, par le garnissage de l'espace annulaire entre la conduite neuve et l'ancienne canalisation, on obtient un renforcement de la structure de l'ouvrage composant important.

Les canalisations en PE-HD présentent en plus une bonne résistance à l'abrasion.

La surface intérieure des canalisations introduites est suffisamment lisse, ce qui améliore la capacité d'écoulement du réseau (8).

## 5. Développement de la technique

La technique de tubage par polyéthylène, utilisée déjà depuis plusieurs années pour la rénovation des réseaux de gaz et d'eau potable, est appliquée largement depuis les années 70 pour la réhabilitation des égouts aux U.S.A. et en Angleterre (12).

En France, l'usage de polyéthylène n'a été retenu que pour des canalisations des réseaux d'assainissements industriels (10).

Le développement de cette technique s'oriente vers la mise au point de nouvelles techniques d'introduction du tuyau en PE et l'utilisation des résines pour garnir l'espace annulaire.

6. Coût de la technique

L'ordre de grandeur du coût des travaux, comprenant : la fourniture du matériel (PE-HD), le tubage et éventuellement le garnissage, le terrassement et la réfection de la chaussée, se situe entre 700 et 800 F/ml (diamètre de canalisation : 300-500rnm) (prix 1980) (10).

Exemples des réalisations

_A : Le tubage par éléments de polyethylene HD d'une canalisation de 200mm de diamètre et de 1.609m de longueur a coûté en 1974, à Houston, 303.000 dollars.
L'opération a duré 80 jours tandis que la durée du remplacement éventuel était estimée au moins à un an (13).

B_ : Le tubage par éléments de polyethylene de 150mm de diamètre extérieur d'une canalisation en amiente-ciment de 200mm de diamètre, effectué aux U.S.A. en 1976 a coûté $ 8,36 (ift = 0,3048m), plus $ 2,04/ft la réparation des trottoirs défectueux (ce prix contient aussi la réfection de 8 branchements).
L'opération a été effectuée par l'insertion de deux tronçons de tuyaux de 290 ft («88m) et de 570 ft (~174m).
Pour l'insertion, un puits de travail d'une longueur de 25 ft (7,62m) a été excavé à la place d'un regard de visite (8).

_C : Technique : tubage en PE-HD
Caractéristiques du chantier :
Localisation : Angleterre Date : Août 1979
Linéaire : 140m en 0 600mm
Type de réseau : Unitaire - en maçonnerie
Type de dégradations : - perte de mortier de jointoiement
- déformations
- effondrements localisés
Branchements : 11 branchements *(É* 100-300mm) (12).

Coûts :

| | COUT | POURCENTAGE DU COUT TOTAL | |
|---|---|---|---|
| - Inspection : | | | |
| . ouverture d'un regard | 15.000 F | | |
| . inspection T.V. | 2.000 F | | |
| . localisation de branchements | 2.000 F | | |
| TOTAL : | 19.000 F | 10,555 | |
| - Nettoyaqe - Désobstruction : | 12.000 F | 6,656 | |
| | | | S 27,655 |
| - Divers : | | | |
| . contrat, surveillance, assurance, etc. | 19.000 F | 10,570 | |
| - Insertion du tube : | | | |
| . fourniture | 40.000 F | | |
| . soudure - pose | 23.000 F | | |
| TOTAL : | 63.000 F | 35 % | |
| - Rebranchements : | | | |
| (ouverture - fourniture) | 30.000 F | 16,6$ | |
| - Travaux annexes : | | | |
| . injection annulaire de mortier | 10.000 F | | > 37,155 |
| . réfection | 27.000 F | | |
| TOTAL : | 37.000 F | 20,5$ | |
| COUT TOTAL : . . . . . | 180.000 F | | |
| Coût au mètre linéaire - tubage : 1.280 F | | | |

D : Le tubage d'une canalisation de 4,415 ft (1.345m) en ciment, d'un diamètre de 24 pouces (-s?600mm) par éléments en polyéthylène HD de 22 pouces (558mm) de diamètre à Californie a coûté $ 216.000 en 1978. L'opération a été effectuée la nuit et a duré 10 heures (14).

7. Domaine d'application

a) Nature et forme de la canalisation

Cette technique de tubage est applicable à toute sorte de matériaux. En effet, le matériau de la canalisation à rénouer ne joue aucun rôle sauf au niueau du choix du matériau de garnissage de l'espace annulaire (10).

Mais, même si elle est utilisable pour plusieurs formes de canalisation, elle est surtout appliquée aux conduites circulaires (9).

b) Type et diamètre du réseau

Le tubage est appliqué à tous les types de réseaux unitaires et séparatifs (10).

Le diamètre des canalisations endommagées peut être compris entre 150 et 1.000mm (5). Mais, le diamètre de 500mm est pratiquement le maximum utilisé pour faciliter la réalisation des joints (soudage) (4) (Angleterre).

c) Type de détérioration

Le tubage par éléments de PE est appliqué pour la réhabilitation des réseaux fortement détériorés (problèmes d'effondrements, d'affaissement, de fissuration, de cauités, de racines . . . ) . Il est surtout utilisé pour la rénouation des canalisations placées dans des endroits caractérisés par des conditions de sol instables (les tuyaux en PE peuuent subir des déflexions importantes) ou dans un enuironnement corrosif, des canalisations de faible pente, ainsi que des canalisations qui souffrent des problèmes importants de pénétration des racines (4).

Cette méthode se révèle quand même impossible dans le cas de déboîtements importants ou de contre-pentes (15).

8. Avantages - Inconvénients

a) Avantages

L'insertion de la canalisation en PE.ne nécessite qu'une excavation minime, ce qui limite la perturbation de la surface et qui rend la technique propre à la réhabilitation des réseaux difficilement accessibles (A) :

- il s'agit d'une technique relativement rapide ;
- la mise hors eau de la canalisation n'est pas toujours nécessaire (A);
- technique très efficace pour l'étanchement des réseaux (grandes longueurs) ;
- les matériaux utilisés présentent une bonne résistance aux actions chimiques et, si l'on veut, on peut obtenir aussi une bonne résistance à l'abrasion en utilisant des matériaux type PE-HD (10.) ;
- on obtient un renforcement structurel du réseau ;
- les tuyaux en PE sont légers (l/9 du poids du ciment), ce qui rend facile leur manutention ;
- la mise en oeuvre de la technique est très peu influencée par les conditions météorologiques.

b) Inconvénients

- on a une réduction de la section, ce qui peut diminuer la capacité d'écoulement. Mais, en général, l'amélioration du coefficient de rugosité contrebalance la diminution du diamètre (12). Dans certains cas, on peut aussi effectuer des réparations locales afin d'augmenter les dimensions des tuyaux introduits (1) ;
- les joints soudés constituent des points faibles (12) ;
- la présence des branchements limite l'intérêt de l'opération (A).

## § 3. TUBAGE PAR ELEMENTS RIGIDES

### 1 . Principe

Cette technique consiste à inserrer dans l'ancienne canalisation d'éléments de petites dimensions en matériaux rigides assemblés par plusieurs procédés tels que le collage, le manchonnage, le vissage, l'emboîtement par joints flexibles.

### 2. Nature des matériaux utilisés

Les matériaux utilisés doivent être de la moindre épaisseur possible pour qu'il n'y ait pas de réduction sensible de la section de la canalisation rénovée (5). Les matériaux ci-dessus ont ces priorités :

- polyester renforcé par de la fibre de verre (Glafs Reinforced Plastique - G.R.P.) ;
- P.U.C. non plastifié ;
- polyoléfine "Terraline 10" ;
- mortier-résine polyester renforcée avec des fibres de verre (Reinforced Plastic Mortar - R.P.M.).

#### a) Polyester renforcé par de la fibre de verre (G.R.P.)

Les éléments en G.R.P. sont généralement formés par des couches de fibres de verre renforcées avec une résine polyester, associée éventuellement à une autre résine (orthophthalic, isophthalic, vinylester) (10) (5). Le type de résine utilisée dépend des propriétés demandées (résistance chimique, à l'abrasion) de la nouvelle canalisation (5).

L'assemblage des éléments s'effectue par emboîtement et collage (voir Figure 8) (5).

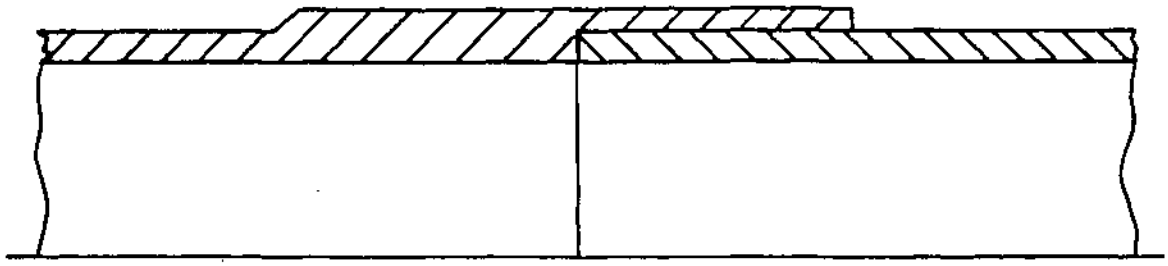


Figure 8 : Assemblage par collage

Les tuyaux sont commercialisés entre 700 et 2.500mm par pas de 50mm auec des longueurs standards de 2 à 3m. Le tuyau introduit doit avoir un diamètre 100mm moins que celui de la conduite existante (5).

La résistance à l'abrasion des éléments est supérieure à celle du ciment et comparable à celle des autres matériaux plastiques. La résistance à certains agents chimiques (acides, solvants) nécessite une résine de composition particulière (10).

b) P.U.C.-P.U.C. non plastifié

Ces matériaux présentent 1'avantage d'être disponibles dans de nombreuses dimensions et épaisseurs standards.

Le P.U.C. a l'inconvénient d'être sensible aux goudrons et phénols, il présente par ailleurs une certaine fragilité aux chocs.

L'assemblage s'effectue par emboîtement et joints flexibles ou, pour perdre moins d'espace, par manchonnage (10).

c) Polyoléfine "Terraline 110"

Ce matériau présente : une bonne résistance chimique ; il n'est pas corrodé par les eaux de nappe agressives ; il résiste à des températures allant de -10 à +110°C.

Sa résistance à la traction est de 347kg/m2 à 20°C (9).

Les éléments sont disponibles en diamètres de 100 à 300mm ou plus sur demande. Des longueurs de 2,8m à 5,7m sont actuellement disponibles en Angleterre (7).

L'assemblage s'effectue par vissage baptisé "Terrascreen" (9). Ce type d'assemblage impose un diamètre maximum de 500mm (1).

d) Mortier-résine polyester renforcée avec de la fibre de verre (R.P.W.)

Ce matériau confère à la canalisation une bonne résistance aux actions chimiques et à la corrosion. Aussi, pour augmenter la résistance à l'abrasion et à la corrosion on enrichit parfois la surface intérieure (et extérieure si cela s'avère nécessaire) par des résines (5). La rigidité est par ailleurs assurée par le tissage en fibre de verre.

Les tuyaux en R.P.M. sont commercialisés en Angleterre entre 200mm et 1.370mm avec des longueurs de 6,13m (13). Leur surface intérieure est suffisamment lisse. Ainsi, la diminution de la capacité hydraulique de l'ouvrage est minimume (on a estimé que l'introduction d'une canalisation en R.P.M. de diamètre de 27 pouces (685,8mm) dans un réseau de 30 pouces ne diminue la capacité hydraulique initiale du réseau qu'à 5% (5).

3. Mise en oeuvre

a) Description de l'opération

Les éléments sont généralement introduits par un regard sans nécessité de fouilles, après évidemment inspection et curage de la canalisation (9). L'arasement des parties pénétrantes des branchements est indispensable (16).

Le processus d'insertion contient trois étapes :

l'introduction par le regard d'un élément (1 à 3m) dans le tronçon aval, et d'un autre élément dans le tronçon amont ;
l'assemblage des deux éléments dans le regard ;
l'introduction des éléments assemblés, dans la canalisation, d'un treuil placé au niveau du regard aval, par l'intermédiaire d'une tête de tirage spéciale (9) (cf. Figure 9).

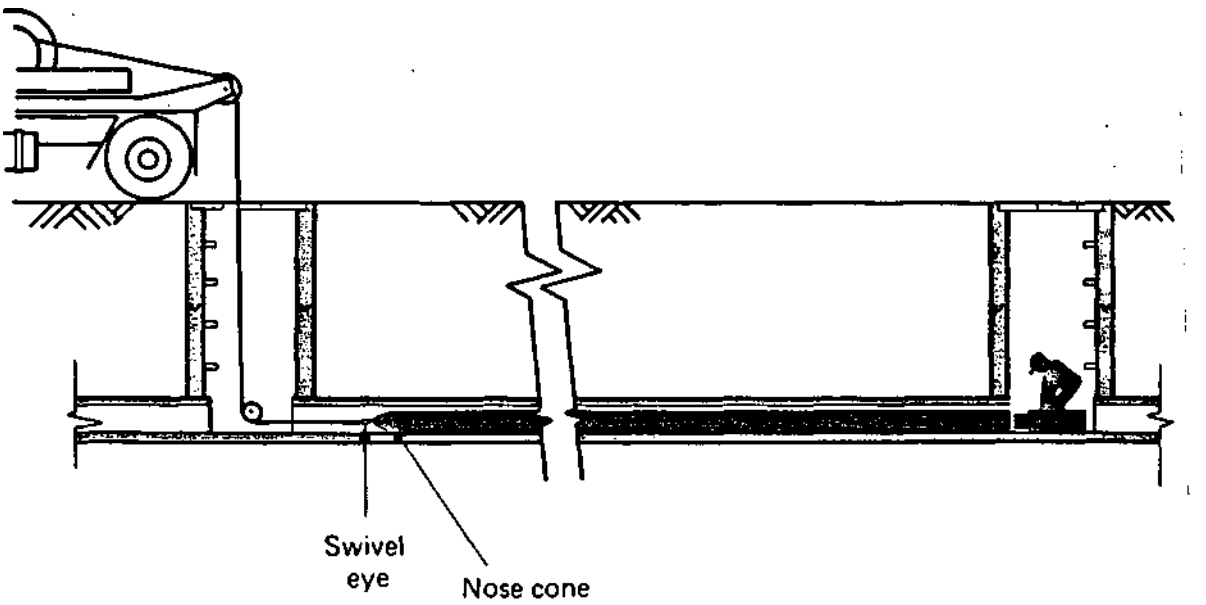



Figure *3* : Tubage par éléments rapides

On continue de la même façon l'assemblage des autres éléments. La vitesse de pose est de l'ordre de 300 à 500m/jour (10).

L'écoulement des eaux usées peut se faire pendant l'installation entre le tuyau neuf et l'ancien égout. Il doit être néanmoins diminué de moitié ou de 3/4 pour des conditions de travail.

L'introduction des canalisations neuves peut aussi être effectuée par ouvertures des fouilles à l'emplacement des regards de visite (puits de travail). Les dimensions de ces puits dépendent des dimensions des éléments introduits. Ainsi, on peut avoir des puits de 9,25m de long sur

123m x le diamètre des tuyaux de large pour des éléments R.P.M. (5), ou encore de 3,50m de long sur 1m de large, pour des éléments des P.V.C. (16).

L'espace annulaire, créé entre l'ancienne canalisation et la nouvelle de diamètre inférieur, est comblé à l'aide de produits colmatants aux deux extrémités afin d'assurer l'étanchéité au niveau des regards. L'espace peut être en plus injecté si nécessaire de coulis sous pression sur toute sa longueur, afin d'assurer une bonne résistance structurelle de la conduite rénouée (5).

b) Modes d'assemblage

1) Le collage

Ce mode d'assemblage est utilisé principalement pour les tuyaux en P.V.C.. Il nécessite de la part des agents exécutants, une expérience importante de la confection du fourreau. Cette technique, en raison de plusieurs accidents survenus au niveau du collage (rupture, défaut d'étanchéité), est actuellement remplacée par l'emboîtement par joint mécanique (10).

*2)* L'emboîtement par joint caoutchouc-manchonnage-vissage

Dans le cas du tubage, on emploie parfois des tuyaux particuliers dont les raccords à emboîtement par joint caoutchouc sont à l'intérieur, ce qui permet d'utiliser au maximum l'espace de la canalisation (5) (cf. Figure 10).

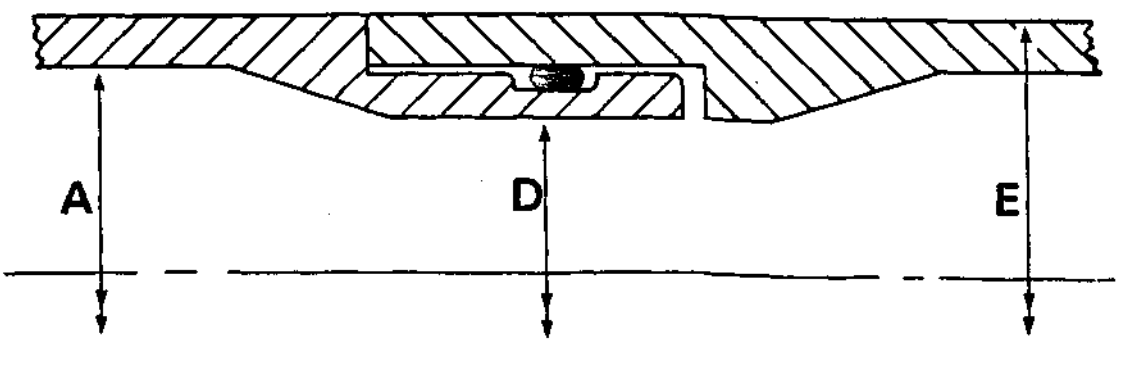



Figure 1D : Emboitement par joint caoutchouc

Le système de vissage ("Terrascreen") est aussi actuellement appliqué pour l'assemblage d'éléments type polyoléfine (9) (cf. Figure 11 ).

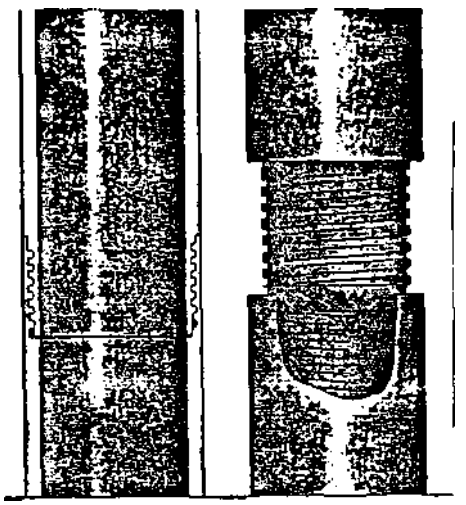


Figure 11 : Le système "Terrascreen"

L'étanchéité des joints peut être assurée par l'application d'un mastic approprié (1).

c) Durée de mise en oeuvre

L'opération peut se réaliser en quelques heures par une équipe non spécialisée, étant donné la simplicité de la mise en oeuvre du procédé (10).

Pour l'installation des éléments en R.P.M., des opérations d'une vitesse de 1,5km/jour constituent des cas courants aux U.S.A. (5).

*k.* Propriétés de la nouvelle canalisation

Les propriétés de l'ouvrage neuf dépendent des caractéristiques des éléments composants, ainsi que du type des joints utilisés (l'utilisation des joints flexibles permet la flexibilité de la nouvelle canalisation) (5). Le garnissage joue un rôle important au renforcement structurel de l'ouvrage.

5. Développement de la technique

Ce procédé de tubage est largement appliqué depuis la fin des années 60 aux U.S.A. et en Angleterre (aux U.S.A. surtout le tubage par éléments R.P.M.).

En France, le tubage en P.U.C. a donné lieu à un certain nombre de réalisations (1980) (ville de Lyon) (10).

6. Coût de la technique

Exemples :

A_ : La rénovation par tubage par éléments TERRALINE d'une canalisation ovoïde de 510mm x 375mm en briques, réalisée en Angleterre, a coûté £75/ml (prix 1980) (coût proche de celui d'un tubage polyéthylène ou d'un gainage Insituform). Le coût estimé du remplacement était de £180/ml. L'insertion des tuyaux en Terraline a duré 2 heures, la durée totale du chantier étant d'une semaine (curage, inspection T.V., installation des treuils) (10).

B_ : Le tubage par éléments en R.P.ffl. de 1 .600mm de diamètre de 3m de long, d'une canalisation en briques de 1 .980mm, en Angleterre, a coûté £228/ml en Janvier 1977. Le garnissage de l'espace annulaire a coûté £79/ml (5).

Ç_ : Le tubage par éléments de R.P.ffl. de 900mm de diamètre, d'une canalisation en ciment de 1 .050mm de diamètre et de 740m de longueur aux U.S. A. en 1967, a coûté $ 6,25/ml. Ce prix ne comprend pas la préparation du réseau ni le garnissage de l'espace annulaire (5).

D_ : Le tubage par éléments de R.P.ffl. de 450mm de diamètre, d'un égout en ciment de 600mm de diamètre et de 1 .700m de long (5,5m de profondeur) aux U.S.A., a coûté $ 59.838 ($ 35,30/ml) en 1969. Pour l'insertion des tuyaux en R.P.ffl., un puits de travail avait été utilisé au point

aval de la canalisation à rénover. L'opération a duré 44 heures. Le coût de remplacement du réseau avait été estimé de l'ordre de $130.000 (5).

F. : Le tubage par éléments de P.U.C. d'un réseau unitaire à Lyon en 1984 a coûté 1.100.000 F H.T. L'opération de rénovation comprenait : le tubage de 460m d'égouts JØ' 600mm par des tuyaux P.U.C. % 500mm et 2m de long ; le tubage de 227m d'égout J0 500mm par des tuyaux P.U.C. *O* 400mm et 2m de long ; la reprise de 83 branchements, dont 32 raccordements sur le nouvel égout.

Pour le remplacement du réseau endommagé, le coût avait été estimé de l'ordre de 1.400.000 F H.T. auquel il convient d'ajouter les réfections définitives de chaussées, soit environ 200.000 F H.T.. Cela pour 343m de long d'égout (16).

Pour le tubage par éléments en P.U.C. collés, de longueur utile 0,5m, le prix au mètre linéaire généralement varie de 130-190 F pour un diamètre de 150mm à 680-850 F pour un diamètre de 500mm (prix 1982) (9).

7. Domaine d'application

a) Nature et forme de la canalisation

Technique appliquée à toute forme de canalisations de tous les matériaux. Des tuyaux circulaires, composés des matériaux de faible rigidité, qui peuvent facilement être déformés et fixés à des conduites de type ovoïde peuvent être utilisés (3).

b) Diamètre du réseau

Technique appliquée à des réseaux de diamètre de 150 à 1.400mm (4 pouces - 108 pouces).

c) Type de détérioration

Cette technique est appliquée pour la réhabilitation des canalisations fortement détériorées (problèmes d'affaissements, d'effondrements, d'importantes fissures, de pénétrations des racines), l'ouvrage neuf présentant une rigidité et une résistance structurelle importantes. Aussi, en utilisant les propres matériaux (R.P.M., "Terraline 110", G.R.P.) on peut utiliser cette technique de tubage comme remède aux problèmes de corrosion et d'abrasion.

Le tubage par éléments rigides peut être appliqué à des conduites ayant une déflexion horizontale ou verticale modérée. En effet, même avec des joints souples, la flexibilité de l'ouvrage rénové est moins que celle obtenue par le tubage par éléments souples. Par conséquent, cette technique s'avère moins efficace aux problèmes de tassements différentiels non stabilisés (4).

B. Avantages - Inconvénients

a) Avantages

- rapidité de la mise en place (l'opération de la mise en oeuvre est quand même moins rapide que celle du tubage par éléments en polyéthylène) ;
- besoin d'excavation minimum ou même pas du tout ;
- possibilité de choisir le meilleur matériau selon les conditions particulières, ainsi :
  . les éléments en P.U.C. sont disponibles dans une gamme étendue de diamètres et ils ne sont pas chers (10) ;
  . les éléments en G.R.P. présentent une rigidité importante et une bonne résistance chimique, ainsi qu'un faible poids, ce qui rend leur manutention très facile (3).

b) Inconvénients

L'inconvénient de cette technique est principalement la réduction de la section et par conséquent de la capacité d'écoulement, et le problème des branchements qui, une fois que la mise en place des éléments est faite, doivent être refaits.

Aussi, les éléments en P.U.C. présentent une faible résistance chimique aux solvants, tandis que les éléments en G.R.P., ont un coût élevé (1D).

## § 4. GAINAGE INSITUFORM (INVERSION LINING/PROCEDE DE LA CHAUSSETTE)

### 1. Principe

Cette technique consiste à introduire dans la canalisation à rénouer une gaine souple par la méthode d'inversion, la plaquer contre la paroi et à la rendre dure et adhérente in-situ (9).

### 2. Nature des matériaux utilisés

Les gaines employées sont préfabriquées en usine et sont constituées par découpe et assemblage d'un ou plusieurs feutres de polyester, dont la paroi extérieure est solidaire d'un film plastique étanche en polyéthylène ou polyuréthane (9).

L'épaisseur d'une couche de feutre est de l'ordre de 3mm (1 ). Le nombre de couches de feutres employées pour la constitution de la gaine dépend du diamètre de la conduite à rénouer et de la résistance structurelle demandée, de la nouvelle canalisation. On peut jouer sur le caractère structurant de la technique en ajoutant une ou plusieurs couches de feutre (12). Les épaisseurs courantes vont de 3mm (une couche) pour les petits diamètres (100mm), à 18 mm (6 couches) pour la limite supérieure du procédé (diamètre d'environ"1.000mm) (3).

Avant la mise en place, le ou les feutres de la gaine sont imprégnés de résine. En général, deux types de résines sont utilisés selon la résistance chimique souhaitable pour la canalisation (11). Les résines époxy et le polyester thermodurcissable (15).

### Fabrication de la gaine

La gaine est performée et soudée en usine, aux dimensions exactes ou légèrement plus petites de la canalisation à rénover (9) (11 ). Elle est ensuite mise sous vide, afin d'éliminer tout risque de bullage et enduite de résine, de façon uniforme à l'aide d'une machine spéciale (11) (cf. Figure 12 ).

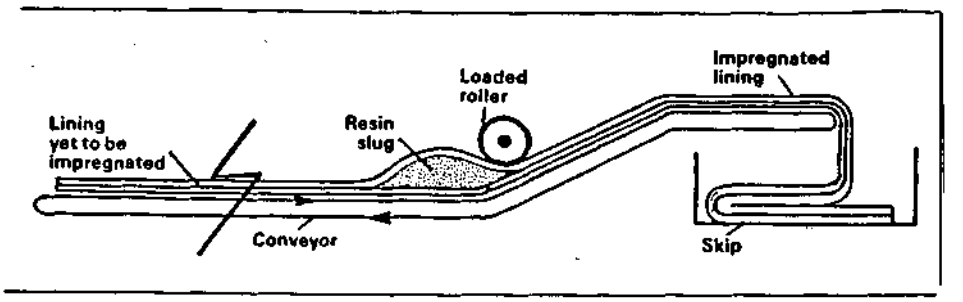



Figure 12 : L'imprégnation de la gaine

La gaine est ensuite pliée et stockée dans le véhicule de transport. Le stockage et le transport se font en atmosphère réfrigérée et à l'abri des ultraviolets pour empêcher la polymérisation de la résine (3). La gaine doit se mettre en place dans un délai d'environ une semaine (9).

3. Mise en oeuvre

a) Opérations préliminaires

Avant l'insertion de la gaine dans le réseau, certaines opérations préliminaires doivent être effectuées pour assurer le succès du procédé.

Ces opérations préliminaires concernent :

- l'inspection de la conduite endommagée par la caméra de télévision et la détection des différentes anomalies telles que la pénétration des racines, les effondrements et les branchements pénétrants ;
- la désobstruction de la conduite par carottage, fraisage des branchements, ouverture ponctuelle de la conduite et découpage des racines ;
- le nettoyage soigné par curage hydraudynamique, éventuellement additionné d'un dégraissant dilué.

Par contre, la mise hors d'eau de la canalisation n'est pas nécessaire. En effet, un écoulement peu important peut ne pas être gênant car l'eau est chassée lors de la progression de la gaine.

b) Mise en place de la gaine

L'insertion de la gaine dans la canalisation à rénover s'effectue à partir des regards de visite existants, donc sans fouilles (3). Cependant, les fouilles sont nécessaires, pour des points singuliers (effondrements, obstruction, joints décolés) (9). Pour l'introduction de la gaine, une colonne d'inversion, formant un coude de 90° à son extrémité inférieure, est introduite dans le regard (3). La hauteur de la colonne est fonction du diamètre et de la longueur de la gaine (9). Ensuite, la gaine est introduite dans la colonne et fixée à l'extrémité du coude (feutre à l'extérieur). Progressivement, la colonne d'inversion est remplie d'eau froide, ce qui provoque le déploiement de la gaine dans la conduite. La souplesse de la gaine lui permet d'épouser parfaitement la forme de la canalisation circulaire ou ovoïde, le poids de l'eau provoquant le placage de la gaine contre les parois de l'ouvrage (cf. Figure 13).

Lorsque la gaine se trouve à mi-parcours (le moment où la fin de la gaine entre dans la canalisation), son extrémité libre est fermée. En même temps, un tuyau souple, percé sur sa longueur, ainsi qu'une corde (qui permettra en cas d'incident grave de récupérer la gaine), sont attachés à cette extrémité (11) (cf. Figure 14).

Après la mise en place de la gaine, on procède à la polymérisation des résines contenues dans le feutre par pompage de l'eau chaude dans le tuyau percé (10) (cf. Figure 15). La température de l'eau s'amène à 70-80°C (pour assurer la polymérisation de la résine).

Une telle température assure la polymérisation de la résine en moins d'une heure (3). Mais, pour la polymérisation définitive, l'eau doit être laissée dans la conduite pendant 12 heures (3). En général on évacue l'eau dans 3-6 heures (12).

L'achèvement des travaux nécessite la réouverture des regards et branchements, lesquels ont été obstrués par le gainage (15).

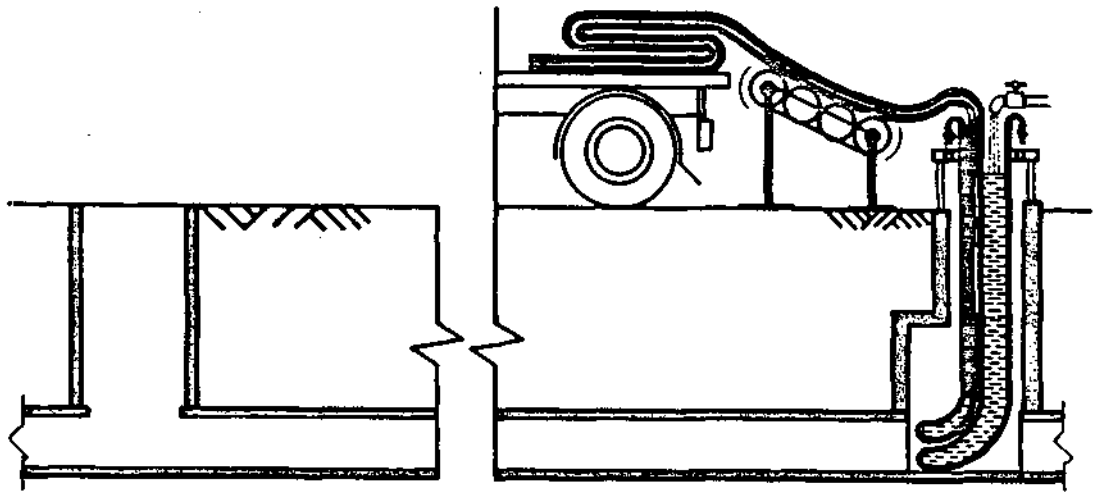


Figure 13 : Début de l' insertion

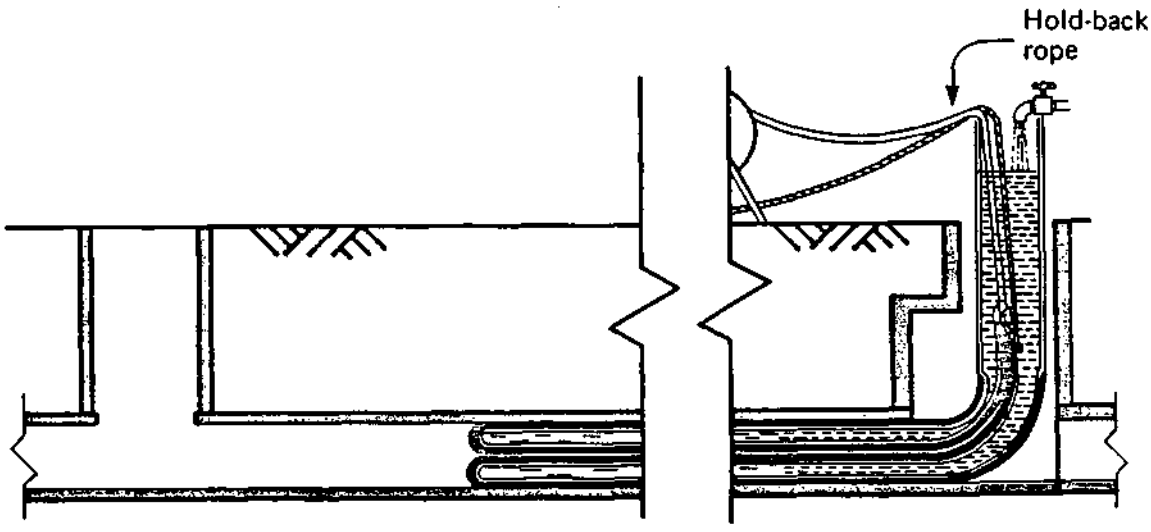



Figure 14 : Insertion à moitié complète

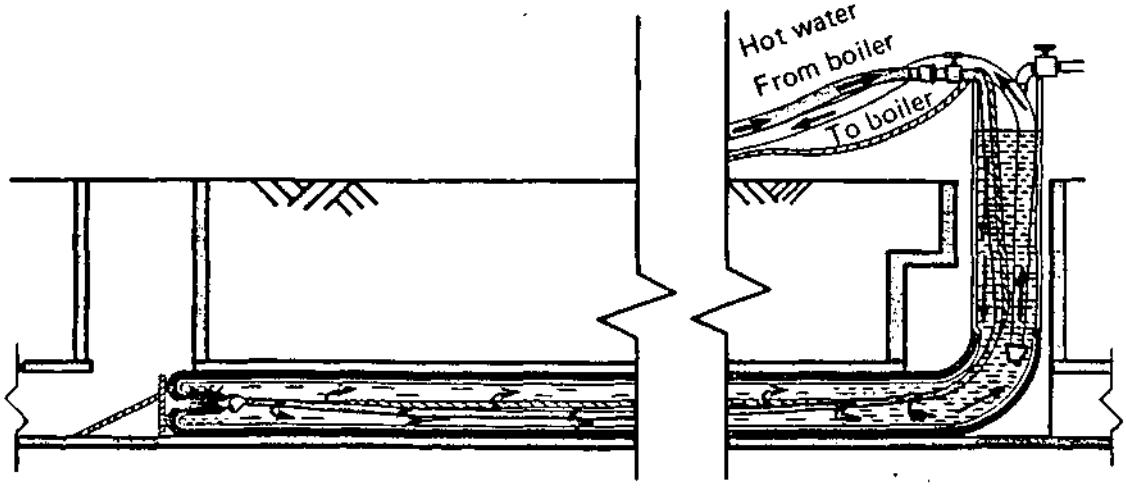



Figure 15 : Fin de l'insertion - polymérisation de la résine à l'aide de l'eau chaude

Le principe de 1'inversion a trois avantages :

- comme la densité de la gaine est 1 ,1 et comme elle se trouve toujours dans l'eau, son poids effectif est faible, ce qui permet l'installation de grandes longueurs dans une seule opération d'inversion. On considère aujourd'hui qu'on peut utiliser des longueurs de gaines jusqu'à 200m et 300m (maximum 400m) (12). En fait, la longueur maximale est définie par le poids maximum permis (5-7 t) (5) ;
- l'inversion constitue à elle-même une garantie que la gaine ne va pas tourner pendant l'opération de la mise en place ;
- l'inversion empêche le tractage de la gaine dans la canalisation, ce qui minimise le risque de déchirure de la gaine (11).

c) Moyens et matériels nécessaires à la mise en oeuvre

- matériels de nettoyage ;
- matériels de désobstxuction ;
- échafaudage pour la mise en place de la colonne d'inversion ;
- générateur d'eau chaude (10).

d) Durée de la mise en oeuvre

La durée de pose est entre 6 et 8 heures et celle de la préparation du chantier d'un jour (12). On peut remettre en eau la canalisation après 10-12 heures.

L'ordre de grandeur de la longueur de canalisation rénovée (diamètre égal à 200mm) est d'environ 50-80m/jour (10).

*i\.* Propriétés de la nouvelle canalisation

Une fois polymérisée, la gaine possède une structure parfaitement rigide, résistante aux chocs, aux produits agressifs et à l'abrasion (15).

En plus, l'amélioration importante du coefficient d'écoulement que l'on obtient permet de compenser la légère perte de section due à l'épaisseur de la gaine (17).

En ce qui concerne la solidité de la canalisation à introduire, des essais effectués au Centre d'Etudes de Vallourec ont donné, pour l'utilisation d'un feutre polyester non renforcé et de la résine polyester isophtaléïque, les résultats suivants (15) :

- résistance à la rupture : 288 kg/cm2 ;
- allongement à la rupture : *2% ',*
- module d'élasticité : 16.873 kg/cm2 ;
- résistance à la flexion : 576 kg/cm2 ;
- module de flexion : 21 .092 kg/cm2 ;
- résistance au cisaillement : 520 kg/cm2 ;
- dureté Barcol : 40-45 ;
- température de distorsion à la chaleur : 110°C.

Mais, en réalité, ces valeurs ne représentent pas strictement les qualités de l'ouvrage réparé dont les valeurs de solidité ne peuvent qu'être approximativement estimées. Cela parce que la canalisation introduite, étant bien collée sur la surface interne du réseau existant, les qualités de l'ouvrage neuf dépendent directement de l'état du réseau ancien. Jusqu'aujourd'hui, dans la plupart des cas, les propriétés du réseau ancien ne sont que mal connues et généralement supposées. Pour la résolution de ce problème, des recherches sont actuellement menées en Angleterre (collaboration entre la compagnie fabriquante et le UJ.R.C.) afin de permettre la meilleure connaissance des qualités des réseaux rénovés (11 ).

## 5. Développement de la technique

La technique de gainage par inversion a été mise au point en 1973 par une firme anglaise, la "Nuttall Permalin Division of Edmund Nuttall Ltd".

Cette technique fait actuellement l'objet d'un réseau international de 20 franchisés répartis dans le monde (15).

En France, le procédé INSITUFORM a été utilisé pour la première fois en 1979 par la société Laterini et Terastic (9) (en 1986, il a été acheté par la société Entrepose). Une centaine d'opérations de gainage par adhésion ont été réalisées dont le tiers environ sur des réseaux d'assainissement urbain (18). Le développement de cette technique est en expansion surtout en milieu industriel.

Actuellement, la recherche porte sur l'utilisation de résines permettant un meilleur ancrage de la gaine et l'emploi de matériaux possédant une bonne résistance chimique (10). Ainsi, différentes recherches menées par les entreprises utilisant cette technique, en relation avec les formulateurs de résines et les fabricants de feutres permettent de réaliser des applications nouvelles. Des essais, actuellement en cours en France, ont permis de fabriquer des gaines renforcées par une ou deux nappes de fibre de verre prises en sandwich entre deux feutres polyester ; type de gaine qui permet d'effectuer des rénovations à caractère structurant et qui possède une grande résistance mécanique à la rupture (15).

Cette technique est aujourd'hui largement utilisée en Angleterre et aux Etats-Unis .

6. Coût de la technique

Pour la technique INSITUFORM les prix actuels (1985) en France sont, selon les diamètres des canalisations :

Ø 200 : 900 F/ml H.T.
Ø 400 : 1.400 F/ml H.T.
Ø 500 : 2.000 F/ml H.T.
Ø 800 : 2,5 o F/ml H.T.
Ø 1.000 : 2.500 F/ml H.T.

Ces prix comprennent la mise en place de la gaine et la fourniture des produits. Bien sûr, chaque cas d'application constitue un cas particulier, donc on ne peut pas établir un tableau des prix stricts. Dans le tableau ci-dessous, nous présentons deux exemples concrets d'applications.

| | EXEMPLE 1 | EXEMPLE 2 |
|---|---|---|
| CARACTERISTIQUES DU CHANTIER | | |
| - Localisation | TOULOUSE | MASSY (91) |
| - Date | 09/80 | 07/79 |
| - Linéaire | 30m en Ø 200mm<br>34m en Ø 200mm | 30m en Ø 300mm |
| - Type de réseau | Séparatif - Amiante Ciment | Pluvial - Béton |
| - Type de dégradation | Joints fuyards, fissures, effondrements | Joints fuyards |
| - Branchements | Aucun | Aucun |
| COUTS | | |
| - Inspection - Enquête | 2.000 F | 10.000 F |
| - Nettoyage | 800 F | 4.000 F |
| - Obturation | - | 120 F |
| - Total | 46.500 F | 25.000 F |
| - CoOt/ml | 726 F/ml | 833 F/ml |

Des applications de la technique en Angleterre donnent les indications des prix suivantes :

Exemple 3 :

La rénovation d'un réseau de 305mm de diamètre et de 155m de longueur, en Décembre 1977, a coûté : £10.600 la mise en place de la gaine et £4.675 les travaux auxiliaires. Ce qui correspond à £68,40/ml pour la mise en place et £ 30,20/ml pour les travaux auxiliaires (5).

Exemple 4 :

Le revêtement d'un tuyau ovoïde d'un diamètre de 1.000mm et d'une longueur de 60m, situé à une profondeur de 5,5m, par gaine d'une épaisseur de 10mm, a coûté £1k.2/ml. Ce prix comporte les coûts de pompage mais pas de nettoyage de la canalisation endommagée (5).

Exemple 5 :

Le gainage d'une canalisation de 600mm de diamètre, d'une longueur de 128m a été effectué en Juin 1976 par une fouille d'accès de 3m x 2m et d'une profondeur de 2m . Le coût de l'opération a été estimé à iEIO^ml, ce qui ne comporte pas l'excavation ni le nettoyage de la canalisation (5).

7. Domaine d'application

a) Nature et forme de la canalisation

La technique de chemisage INSITUF0RM est applicable à tous les matériaux : béton, maçonnerie, amiante-ciment, grès, P.U.C., polyéthylène, fonte, acier... (17). La canalisation à rénover peut avoir toutes les formes (ovoïde, circulaire...), la mise sous pression de la gaine lui permettant de prendre appui sur le support quelle que soit la forme (17).

b) Type de réseau

Cette technique s'applique aux réseaux unitaires et séparatifs. Dans la méthode IIMSITUFORM, où on utilise l'eau pour la polymérisation de la résine, le diamètre de la gaine appliquée doit être inférieure à 1.450mm

et les tronçons entre les regards de visite ne doivent pas dépasser la longueur de 300m. Pour des diamètres plus grands on doit utiliser l'air à la place de l'eau (3) (19).

c) Type de détérioration

La technique INSITUFORM est employée à :

- l'étanchéité : grâce aux grandes longueurs, elle présente une étanchéité parfaite, mais tous les points de branchements et des regards de visite représentent des points faibles ;
- renforcement mécanique des canalisations : en utilisant un feutre de plus de 5mm d'épaisseur, on obtient une rénovation structurante. Ainsi, cette technique convient à la réparation des défauts de structure importants (effondrements, cassures, déjointements inférieurs à 5°). Dans certains cas, on peut aussi renforcer la structure de l'ouvrage par injection de coulis de ciment (spécialement dans le cas où il y a des vides locaux autour du réseau) (5).

Le chemisage INSITLFORffl s'avère aussi bien efficace à des cas de déboîtements importants et de contre pentes (15). Il est facilement employable dans les conduites déplacées et/ou courbées (4). Cela grâce à la grande flexibilité de la gaine après la polymérisation. Par contre, les ruptures brutales du profil de la conduite peuvent gêner le cheminement de la gaine, ce qui implique dans ce cas l'ouverture des fouilles (10).

Cette technique s'utilise aussi pour la protection des canalisations contre l'agressivité des fluides (effets de corrosion et d'abrasion) étant donné que la résistance chimique et d'abrasion des matériaux utilisés est bien élevée (1). Lorsque les risques d'abrasion ne sont pas négligeables, on choisit des matériaux plus résistants et des gaines plus épaisses (10).

8. Avantages - Inconvénients

a) Avantages

- pas besoin de fouilles (gaine introduite par les regards de visite). Cependant, l'ouverture des fouilles et la construction de ferrages est nécessaire dans des points singuliers (branchement pénétrant, contre pente...) pour éviter la déchirure de la gaine (15) ;
- la mise en place est relativement rapide (24-48 heures) ;
- la technique est applicable à une gamme étendue des diamètres et des formes de canalisations ;
- la réduction de la section initiale est minime (2-5mm) (4) ;
- elle ne nécessite pas de dérivation des effluents.

b) Inconvénients

- la mise en oeuvre nécessite un personnel qualifié ;
- la technique est relativement chère ;
- l'inconvénient le plus important constitue l'ouverture des branchements. Dans certains cas, la présence de plusieurs branchements limite même l'intérêt d'application de la technique (20).

Les branchements, à part qu'ils deviennent chers (1.000 F/branchement - Prix 1985), posent aussi des problèmes d'étanchéité et constituent des points sensibles de décollement de la gaine (12) (parfois la résine existante s'avère insuffisante pour remplir les vacants sur les branchements, ce qui implique la non adhérence de la gaine sur la canalisation (15)).

Le raccordement des branchements s'effectue soit par l'extérieur (ouverture des fouilles), soit par l'intérieur, à l'aide d'un appareil monté sur chariot téléguidé à partir du camion opérateur, qui comporte une fraise (prototype anglais) avec laquelle la portion de gaine intéressée est découpée. L'opération s'effectue sous le contrôle d'une caméra de télévision (les branchements sont décelables par la déformation qui se

produit dans la gaine à leur emplacement). Aux U.S.A. la raccordement des branchements s'effectue souvent par pression (1.000 bars) (15).

## § 5. GAINAGE COPEFLEX

### 1. Principe

Cette technique consiste à introduire, par tractage dans la canalisation à rénouer, une gaine souple enduite sur sa face extérieure d'adhésif, puis à la coller à la paroi interne de la canalisation (par pression d'air) et à la polymériser.

### 2. Nature des matériaux utilisés

La gaine est constituée de :

- l'armature : un stratifié de tissus et de non tissés de verre (soit 100% de verre) qui, marié à un liant, apporte la résistance mécanique;
- la feuille composite à base de polyéthylène basse densité, disposée en finition interne (21).

Le liant utilisé est la résine époxydique sans solvant et sans retrait polymérisant sur support humide et dans l'eau.

Les épaisseurs moyennes courantes sont de 2 à 10mm (matériau composite + résine époxy).

La feuille polyéthylène/feutre est soudée ou cousue en atelier sur le plan longitudinal à l'aide d'un appareil de soudure électrique à air chaud, afin de constituer un manchon souple étanche (17) (9). Les soudures transversales sont exécutées avec le même procédé en atelier ou sur le chantier (17) (9). La feuille peut aussi être assemblée par recouvrement cousu (11 ).

### 3. Mise en oeuvre

Les opérations préliminaires à l'insertion de la gaine sont identiques à celles de la technique INSITUFORM. La mise hors eau de la canalisation s'avère nécessaire.

a) Opération de l'insertion de la gaine

Avant la mise en place du revêtement, la gaine est enduite de résine sur chantier (résines époxydiques).

Le complexe ainsi imprégné de résine est introduit dans la canalisation à chemiser à l'aide d'une corde ou d'un câble et tracté manuellement ou mécaniquement.

Le complexe, une fois insséré dans la conduite, est mis sous pression d'air durant la durée de polymérisation de la résine pour prendre appui sur toute la surface du support (la pression intérieure peut varier de quelques centaines de grammes à plusieurs bars permettant ainsi l'intervention sur des canalisations soumises à de fortes contre-pressions dues à la présence de la nappe phréatique sans craindre le flambement du chemisage (21).

Le temps de polymérisation de la résine varie de 3 à 8 heures, suivant la température (21).

b) Moyens et matériels nécessaires à la mise en oeuvre

- 4 ouvriers ;
- matériels de nettoyage du réseau ;
- matériels de désobstruction ;
- échafaudage pour l'introduction de la gaine ;
- machine rotative enduisante ;
- matériel de pulvérisation de résine compresseur-pistolet ;
- treuils ;
- caméra de télévision pour le contrôle des travaux dans les réseaux non visitables (17).

c) Durée de la mise en oeuvre

La durée de pose de la gaine est de 3 à 5 heures (100ml/jour (22)). La remise en service des réseaux peut se faire dans un délai de 8 heures (temps de polymérisation de la résine). Le pompage et la surveillance durant la nuit, ne s'avèrent pas nécessaires (23). De plus, le raccordement des branchements prend approximativement une journée (22).

4. Propriétés de la nouvelle canalisation

Des essais effectués au Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France (CERCHAR) ont donné, pour l'utilisation d'une simple ferraille, les résultats suivants (23) :

- module d'élasticité : 13.500 *Wa* (7 t/m2) ;
- résistance à la traction simple : 180 Ma
- résistance à la compression simple : 215 WPa
- résistance à la flexion simple : 388 MPa
  (hypothèse élastique de la distribution de contraintes) (20).

Des essais mécaniques ont été effectués par le C5TB sur des corps d'épreuve, en vraie grandeur,' de diamètre 700mm, constitués par le composite C0PEFLEX seul, donc en l'absence de la canalisation à réhabiliter. Les essais ont montré la bonne résistance mécanique du composite aux charges d'épreuve, et pour lesquelles le chemisage est resté dans le domaine élastique (élasticité relative à celle de l'acier) (20).

Le renforcement mécanique des réseaux rénovés est estimé variant de 5 à 100/o de la résistance initiale ou davantage (17).

La durée de vie de la nouvelle canalisation est estimée à 50 ans (20).

La nouvelle canalisation approuve aussi une bonne résistance chimique ainsi qu'une résistance à l'abrasion (23). En plus, on a une amélioration

du coefficient d'écoulement qui permet l'augmentation des débits de 10 a 30$ (17).

5. Développement de la technique

Le procédé de chemisage COPEFLEX est depuis 1979 breveté et appliqué en France par la société C00PETANCHE (actuellement filiale de la SADE). Les matériaux utilisés sont fabriqués en France (CHARBONNAGE DE FRANCE à Lille et CHOMARAX à Lyon) (23).

Il existe actuellement 8 sociétés franchisées de cette technique dans des pays étrangers (Suède, Pays-Bas, Australie, Danemark, Finlande, Norvège, Suisse, Grande-Bretagne). Les plus importantes applications de ce procédé en France concernent des réseaux industriels difficiles à accéder (raffineries) (22). Le développement de cette technique s'oriente vers l'utilisation de fibres électriques permettant l'échauffement de la gaine et donc sa polymérisation rapide (22).

6. Coût de la technique

Si on ne prend pas en compte l'inspection par caméra de T.U. (10 F/ml) ni le cas d'une étude spécifique, le coût de gainage par la technique COPEFLEX est estimé de 600 à 800 F H.T. le m2 pour une épaisseur de la gaine de 2,50mm.

Quelques prix indicatifs :

450 F/ml 0 200
650 F/ml $ 300
1 .250 F/ml 0 600

7. Domaine d'application

a) Nature et forme de la canalisation

Le chemisage COPEFLEX est applicable à toute forme et type de réseau. Le diamètre de la canalisation doit être plus grand que 100mm. Il n'existe pas de limite supérieure de la section. Néanmoins, le diamètre influe sur la longueur de la gaine posable par l'intermédiaire du poids (contrainte au tractage). Ainsi, généralement, on utilise des longueurs de 40m (tronçons par branchements) pour les petits diamètres (^ 300mm) et de longueur de 20m (tronçon par tronçon) pour les grands diamètres (300mm^D ^ 400mm). Dans le dernier cas, on est obligé d'ouvrir des fouilles. La réfection des joints se fait par injection de résine (20).

b) Type de détérioration

Cette technique est utilisable dans le cas de détériorations importantes. En effet, la canalisation, après polymérisation, possède des propriétés mécaniques égales à celles d'un réseau neuf à condition qu'il n'existe pas d'espaces vacants de plus de 40cm de diamètre. Néanmoins, le réseau ne doit pas être considérablement déformé pour des raisons de sécurité (risque de déchirure de la gaine). Dans certains cas contraires, l'ouverture des fouilles est nécessaire (22).

Le procède COPEFLEX permet l'étanchéité complète de l'ouvrage de même qu'une résistance chimique et à l'abrasion très bonne.

8. Avantages - Inconvénients

a) Avantages

- pas besoin d'excavation ;
- opération rapide (24 heures) ;
- bonne résistance mécanique ;
- étanchéité parfaite ;

- elle permet l'augmentation de la capacité d'écoulement (le coefficient d'écoulement de la nouvelle canalisation est équivalent à celui des tuyaux P.U.C.) ;
- la diminution de la section est minime (22).

b) Inconvénients

- technique relativement chère ;
- le détournement des effluents est nécessaire ;
- la mise en oeuvre nécessite un personnel qualifié j
- la gaine risque de se détériorer hors du tractage ;
- dans le cas de nombreux branchements les coûts de l'opération augmentent considérablement (22).

La société COOPETAIMCHE propose de raccorder par l'extérieur le chemisage aux branchements et exclut pour aujourd'hui la possibilité de raccordement par l'intérieur : cela pour éviter le risque de delamination de la gaine et pour garantir l'étanchéité intégrale du tronçon rénové. En plus, la création de boîte de branchements autorise le détournement des effluents des riverains (23).

## § 6. REVETEMENT PAR SEGMENTS OU PANNEAUX DES CANALISATIONS VISITABLES

### 1 . Principe

Cette technique est applicable aux canalisations visitables. Elle consiste à mettre en place, à l'intérieur du réseau à rénover, une nouvelle conduite, formée par assemblage d'éléments préfabriqués (3) (10). L'espace annulaire entre le revêtement et le collecteur est rempli par un matériau de garnissage, ce qui renforce la structure de l'ouvrage existant **0).**

Il existe différentes techniques de revêtement qui se différencient par la nature des matériaux utilisés et par leur mode de mise en oeuvre.

Plusieurs matériaux de construction peuvent être utilisés,, tels que :

- le ciment additionné de fibres de verre (G.R.C. : Glass Reinforced Ciment) ;
- le plastique renforcé de fibres de verre (G.R.P. : Glass Reinforced Plastic) ;
- les panneaux en "Gunite" ;
- le béton de résine polyester (P.R.C. : Polyester Resin Concrète) ;
- l'acier (stainless steel).

### 2. Variantes technologiques

#### a) Revêtement par segments de ciment renforcé de fibres de verre (G.R.C.)

##### 1 ) Matériau

Le G.R.C. est constitué par un ciment Portland ordinaire additionné de 5% en poids *(h%* en volume) de fibres de verre, résistant aux bases, d'une longueur de 50mm (5) (9).

2) Fabrication des segments

Les panneaux et segments en G.R.C. sont fabriqués par projection manuelle ou semi-automatique des constituants sur une surface horizontale à une épaisseur entre 10 et 25mm (1). Pour obtenir une distribution uniforme des fibres, celles-ci sont hachées au niveau de la tête de projection et délivrées à une cadence prédéterminée avec la quantité correcte de coulis de ciment. La couche ainsi formée est ensuite appliquée sur un moule en bois ayant la dimension et le profil de la canalisation à rénouer (9). Les panneaux et segments peuvent aussi être fabriqués par projection directe sur le moule (1).

Après la projection, le matériau est consolidé par déshydratation sous vide ou à l'aide de rouleaux, produisant un matériau plus dense et plus résistant à l'attaque chimique (3) (9). Une période de 7 jours est nécessaire pour le séchage et le durcissement du matériau (1).

Les segments ainsi fabriqués ont en général une longueur de 1 à 2m. Des longueurs variées peuvent aussi être utilisées selon les besoins particuliers (1 ). A cause du poids élevé (2 T/m3) du matériau, les éléments utilisés sont principalement préfabriqués (10) (le poids des plaques se situe entre 20 et 25 kg/m2 pour 10mm d'épaisseur) (10) (9).

3) Mise en place des segments

Chaque tronçon de revêtement est réalisé avec plusieurs segments. Le revêtement des sections ovoïdes est généralement fait avec deux segments. Un pour le radier et un pour la voûte, éventuellement des panneaux pour les piédroits. Les canalisations circulaires sont revêtues en trois parties (5) (9) (cf. Figure 16).

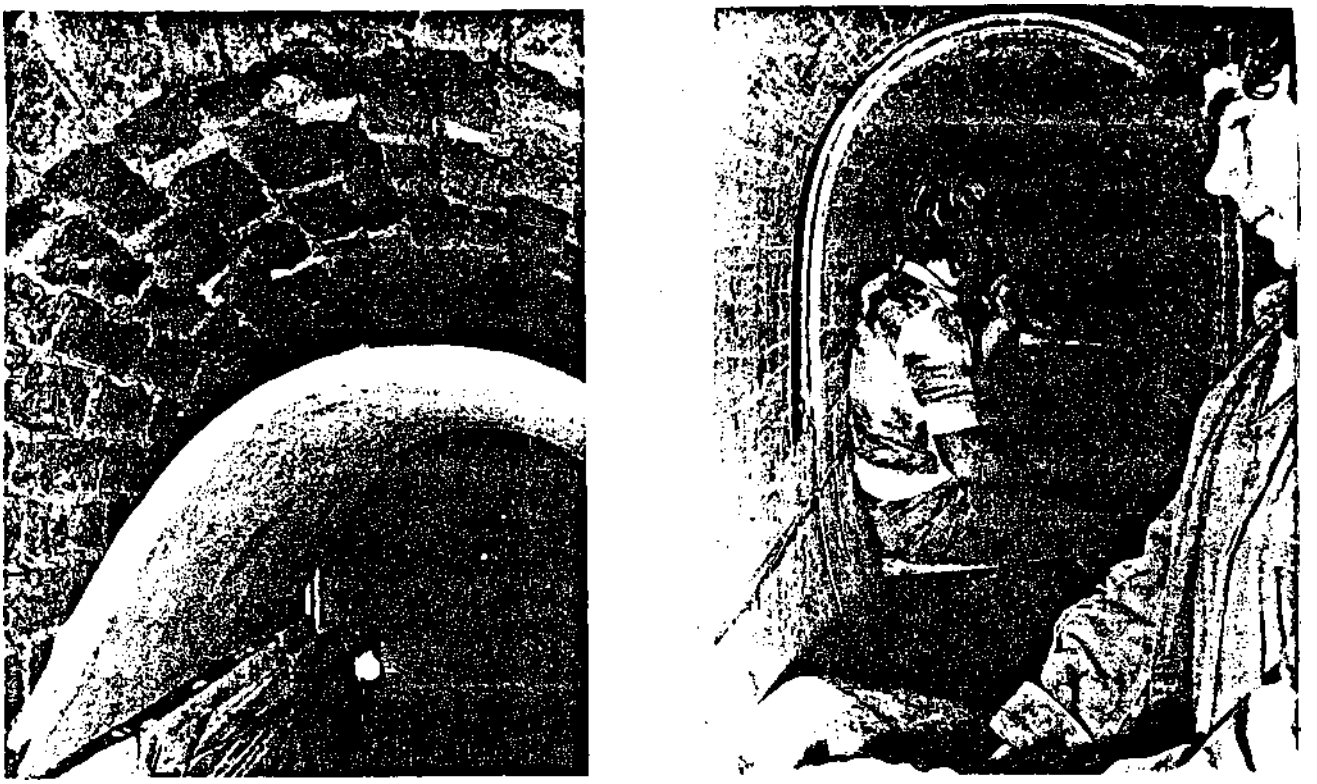


Figure 16 : Revêtement par segments de G.R-C.

Pour la mise en place des segments, des tasseaux longitudinaux en bois sont utilisés pour supporter la plaque cuvette pendant l'opération du revêtement (10).

Il existe deux façons de procéder pour poser les panneaux (9) :

- poser d'abord tous les éléments du radier, puis ceux des piédroits et de la voûte ;
- poser un élément de radier et y fixer ensuite les éléments de piédroit et de voûte.

L'assemblage des plaques en G.R.C. s'effectue par la mise bord à bord des feuillures présentes sur deux dé leurs côtés (10). Les jonctions entre les panneaux sont ensuite renforcées par des rivets "POP", des vis ou des boulons de scellement spéciaux, espacés d'environ 300mm tout le long des joints transversaux et longitudinaux (3) (9).

L'opération du revêtement s'effectue de l'amont vers l'aval, dans le sens de l'écoulement, ce qui permet à l'effluent de circuler dans les tronçons déjà posés et non dessous, et qui empêche par conséquent l'accumulation des solides dans l'espace annulaire (3).

La résistance structurelle de l'ouvrage obtenu par cette technique dépend de la bonne liaison entre la canalisation neuve et le réseau existant et par conséquent du bon garnissage de l'espace annulaire (3). Le garnissage est effectué, une fois le revêtement en place, par injection de coulis de ciment, dont le rôle est à la fois de bloquer l'ensemble dans une position stable et d'assurer l'étanchéité (5). L'injection s'effectue par des orifices, percés préalablement dans le revêtement : généralement, deux au niveau du radier, de part et d'autre du fil d'eau, ou au niveau de la voûte (9). Un treillis métallique est quelquefois mis en place dans l'espace annulaire afin de consolider la structure de l'ensemble (10).

4) Vitesse de l'opération

La vitesse de l'avancement des travaux de revêtement est de l'ordre de 15ml/journée de 8 heures.

5) Coût de l'opération

Le prix de cette technique est estimé par le UJ.R.C. de l'ordre de £2*+5/ml pour des diamètres de 725 à 1.050mm (1 ).

Exemple d'application :

Le revêtement du radier d'un réseau ovoïde de 1 ,80m de hauteur sous clé, par éléments préfabriqués type G.R.C. a été réalisé dans la ville de Besançon en Novembre 1980.

Les berceaux de cuvettes préfabriqués ont été mis en place à l'avancement sur un radier reconstitué avec mortier de ciment assurant le scellement des plaques.

L'écoulement des effluents a été détourné pendant la période de travaux et les surfaces de l'ouvrage ont été décapées à l'aide des équipements de curage hydraudynamique.

Le coût de l'opération a été de l'ordre de 1.500 F H.T./ml, qui se décompose ainsi :

- nettoyage et préparation du radier : 318 (ml) ;
- éléments préfabriqués : 604 (ml) ;
- traitement des jonctions cuvettes/parois : 150 (ml) ;
- tirant d'ancrage du béton de pose : 242 (l'unité) ;
- divers (démolition de l'ancien radier, reprise des joints, etc.) : 200 (ml) (24).

6) Avantages - Inconvénients

Avantages

- la surface du revêtement mis en place est bien lisse, ce qui permet d'améliorer le débit approximativement de 10% ;
- il n'est pas en général nécessaire de by-passer les effluents, et d'obturer les branchements ;
- le matériau utilisé a une certaine résistance à l'abrasion et une résistance à l'attaque chimique moyenne (5). Cette dernière peut aussi s'améliorer par l'adjection d'additifs en ciment, ou par garnissage du radier par une épaisseur de polyester (9) ;
- l'absorption et la perméabilité du matériau sont négligeables ;
- les panneaux en G.R.C. se découpent sans problèmes, ce qui permet de rétablir aisément les branchements et de tuber des ouvrages composants des coudes importants (9).

Inconvénients

- la surface du revêtement est glissante et par conséquent dangereuse pour les égoutiers. Il existe des radiers en surfaces intérieures rugueuses mais leur application augmente le coût de l'opération (5).

b) Revêtement par segments de plastique renforcé de fibres de verre (G.R.P.)

1) Matériau, fabrication des segments

Les segments en G.R.P. sont fabriqués par application manuelle d'un tissu de fibres de verre, imprégné de résine sur des moules de forme et dimensions requises (3). Les éléments fabriqués sont très légers, ce qui constitue un avantage considérable pour leur transport et leur installation dans le réseau. L'utilisation des résines transparentes permet la production des éléments translucides, ce qui permet la localisation facile des branchements ainsi que l'inspection visuelle de l'intégrité du garnissage de l'espace annulaire (3). La longueur des panneaux est en général de 1,25m.

2) ni se en place des segments

L'installation des panneaux en G.R.P. est similaire à celle des segments en G.R.C., excepté que ce matériau a besoin d'un support plus important pendant les opérations de pose et de garnissage (5).

Le revêtement en G.R.P. est en général réalisé avec une ou deux pièces de segments. Les parties du radier et de la voûte sont souvent assemblées avant l'insertion dans le réseau (1).

Les joints des segments sont de type à embrèvement (assemblage à rainure et languette), l'étanchéité étant assurée par un lutage à l'aide d'une résine époxy résistant à l'humidité (9).

3) Avantages - Inconvénients

Avantages

- il présente un excellent état de surface du revêtement (5) ;
- la réfection des branchements devient une opération facile dans le cas où des éléments translucides sont utilisés (3) ;
- le faible poids des segments composants constitue un grand avantage pour le transport et l'installation des éléments (3).

Inconvénients

Le revêtement lisse constitue une surface bien glissante et donc un danger pour les égoutiers. Ce problème peut être surmonté par l'utilisation d'un radier par segments en béton préfabriqué et d'une voûte par segments eh G.R.P. étant emboîtés par joints spéciaux (3).

c) Revêtement par panneaux préfabriqués en "Gunite"

Cette technique est utilisée depuis 1976 en Angleterre (3).

1) Matériau

"Gunite" est le nom donné à un mortier de ciment projeté par un pistolet, par une méthode de mélange à sec, l'eau n'étant ajoutée qu'après la sortie de la tête de projection (9).

2) Fabrication des panneaux

Les panneaux en "Gunite" sont fabriqués par projection du mortier de ciment sur un moule en acier qui donne un état de surface interne suffisamment lisse, tandis que la surface externe est rugueuse, ce qui permet un meilleur accrochage du mortier annulaire (9) (1). Pendant la fabrication, les panneaux sont renforcés par un treillis d'armatures

métalliques, des dimensions de 100mm x 100mm x 3,6mm, dépassant d'environ 100mm à chaque extrémité (3) (5) (cf. Figures 17, 18).

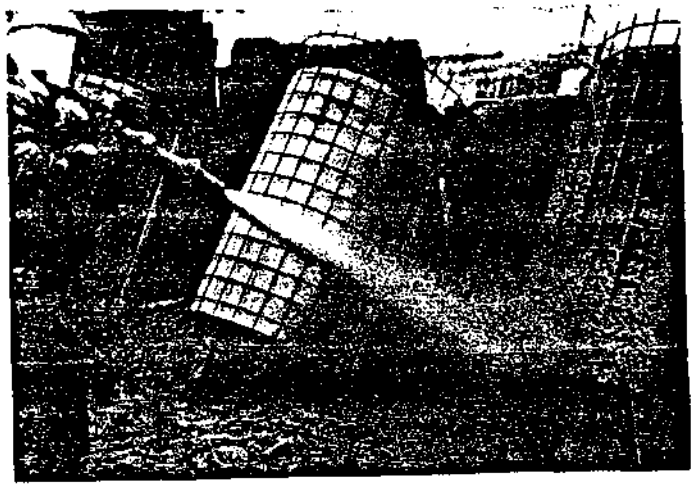


Figure 17 : Fabrication des segments en "Gunite"

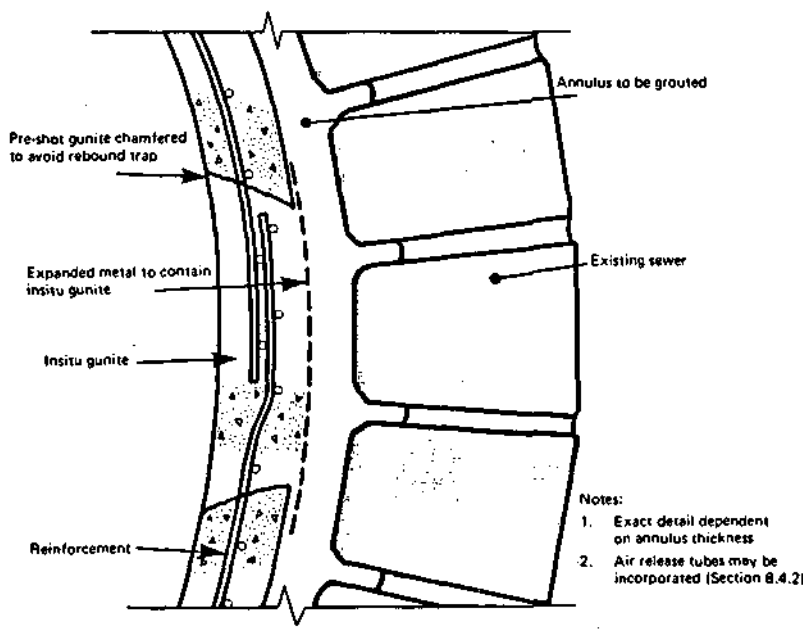



Figure 18 : Schéma de l' assemblage des panneaux en "Gunite"

Les panneaux ainsi fabriqués ont une épaisseur de 40mm environ (le minimum nécessaire pour couvrir l'armature métallique) et une longueur de 1,2m (1 ). Des panneaux additionnés peuvent aussi l'incorporer pour le revêtement des points où la section du réseau change (5).

3) Mise en place des panneaux

Le revêtement se fait en général à l'aide de deux segments par section : un pour le radier et un pour la voûte (9) (5).

La méthode utilisée est de poser d'abord sur des cales en bois tous les éléments de radier, puis d'injecter du mortier sur toute la longueur du radier. Les éléments de la voûte sont ensuite placés en position, et les armatures liées entre elles (9) (5). Enfin, après la réalisation des joints entre la voûte et le radier, le reste de l'espace annulaire est comblé par injection à partir d'orifices pratiqués dans la voûte (6) (13) (cf. Figure 19).

Pour la réalisation des joints, les parties d'armature prolongées sont reliées entre elles en laissant un espace de 100mm environ entre les panneaux en "Gunite". Cet espace est rempli à la suite par projection in situ d'un mortier de ciment (conventionnel ou de "Gunite), assurant ainsi la continuité et la solidité entre les panneaux mis en place et la forte résistance structurelle du système. Les parties des joints sont finalement lissées manuellement (3). La réalisation des joints par cette méthode limite en fait l'utilisation de la technique à des réseaux de section supérieure à 1.070mm x 760mm (1).

Les tolérances dimensionnelles de cette technique sont très larges puisqu'on peut varier la longueur de dépassement des armatures pour s'adapter à un profil particulier (9) (1).

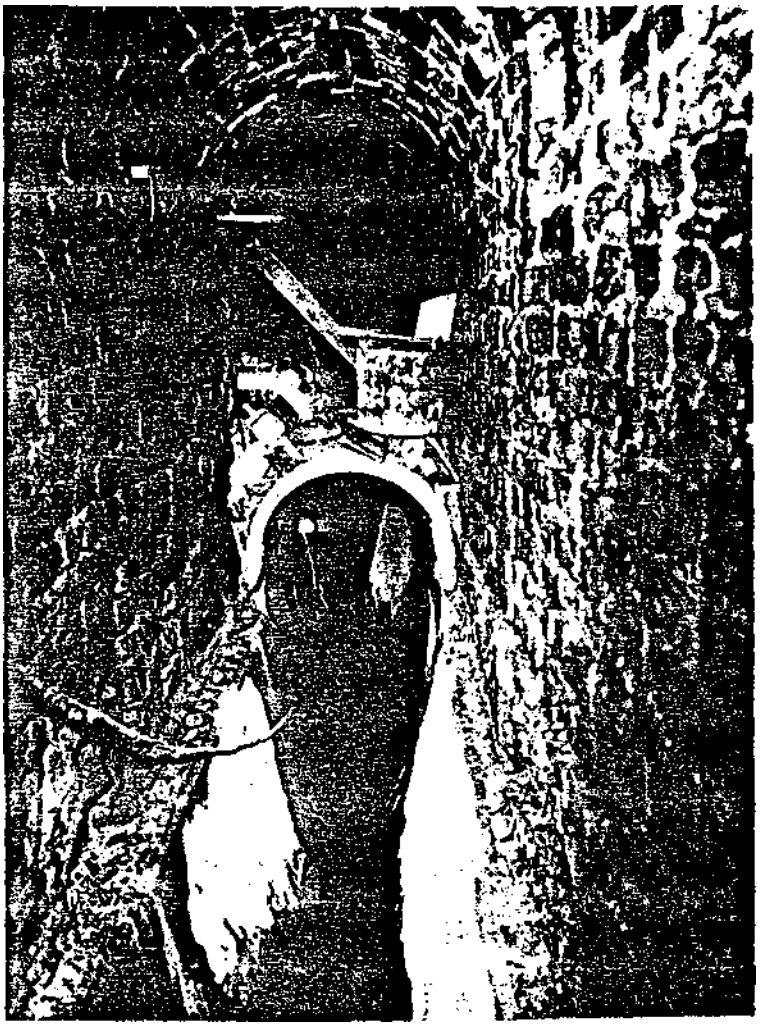


Figure 19 : Revêtement par segments en "Gunite"

4) Coût de la technique

Une expérience anglaise montre que le revêtement d'une canalisation ovoïde en brique de 1 .QDD x 650mm et de 74m de long par panneaux en "Gunite" coûte approximativement £127,50/m2. Ce coût comprend aussi le nettoyage de la canalisation (prix 1976) (5).

En Angleterre aussi, 1 ,500m d'égoutsen brique de dimensions variant de 1.100 x 720mm à 2.690 x 870mm furent rénovés par cette méthode pour un prix moyen de £285/m (Janvier 1980) (9).

5) Avantages - Inconvénients

Avantages

- les panneaux en "Gunite" présentent une surface interne suffisamment lisse, ce gui améliore la capacité hydrauligue du réseau (1) ;
- l'écoulement d'une petite guantité d'effluents peut être toléré. En plus, les infiltrations ne dérangent pas le déroulement des opérations puisgue l'eau peut continuer à couler dans l'espace annulaire jusgu'au garnissage (5) ;
- l'ouvrage revêtu en "Gunite" présente une très grande résistance structurelle. Sa capacité structurelle dépend fortement du bon garnissage ainsi que du remplissage des espaces vides qui se trouvent autour du réseau (5) j
- les panneaux en "Gunite" présentent une certaine résistance à la corrosion (plus importante que celle des panneaux en mortier de ciment). D'ailleurs, pour des applications en milieu fortement corrosif on peut utiliser des agrégats spéciaux (A).

Inconvénients

L'épaisseur assez importante des segnents diminue sensiblement la section de la canalisation, même si cette diminution peut être récompensée par l'amélioration du coefficient d'écoulement du réseau (5).

d) Revêtement par segments de béton de résine polyester (P.R.C. ; Polyester Resin Concrète)

1) Matériau

Le P.R.C. consiste en un mélange d'agrégats, de résine polyester non saturée et de durcisseurs (3) (9).

2) Fabrication des segments

Les composants sont mélangés mécaniquement, puis ils sont introduits dans un moule en métal et consolidés par vibrations de haute fréquence (1). Le durcissement du matériau prend de 15mn à 60mn, selon la nature du mélange (3).

Suivant le choix des agrégats, de la résine et des méthodes de mélange on arrive à des matériaux résistants ne comportant que 10% de résine en poids, ce qui diminue fortement le coût du matériau utilisé (3).

Le matériau peut aussi être renforcé d'armatures métalliques ou de fibres de verre même si la plupart des segments utilisés ne sont pas renforcés. Cependant, les éléments non renforcés sont relativement cassants bien que plus résistants que le béton traditionnel. Le maniement des panneaux s'avère donc bien délicat (3).

Les panneaux fabriqués ont en général une épaisseur de 20mm et une longueur de 0,7m (9).

La fragilité et la grande rigidité du matériau ne permet pas l'assemblage mécanique des segments. Pour cela les joints sont du type à recouvrement ou à embrevement, recouverts d'un mortier à base de résine (9) (1) (cf. Figure 20).

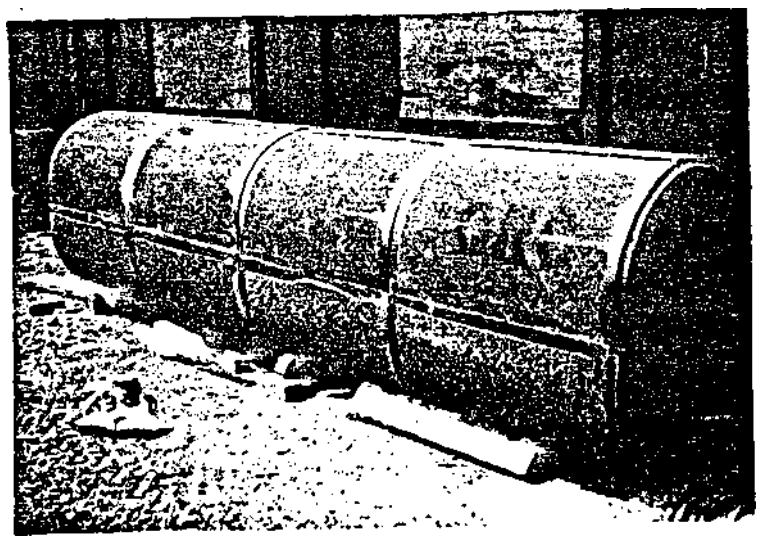


Figure 20 : Segments de P.R.C. en deux pièces

3) Durée de l'opération

La cadence de pose est de 6m/jour (9).

4) Coût

Un projet réalisé en Angleterre, dans une canalisation 1.800 x 1.350mm, a coûté £275/ml (Janvier 1980) (coût estimé du remplacement : £ 650m/l) (9).

5) Avantages - Inconvénients

Avantages

- le revêtement en P.R.C. est très résistant aux attaques chimiques et à l'abrasion (3) ;
- le by-passe de l'effluent n'est pas nécessaire (9) ;
- la surface intérieure obtenue est suffisamment lisse (1).

Inconvénients

- les panneaux en P.R.C. sont très lourds, ce qui pose des problèmes au transport et à la manutention des panneaux (1 ) (le poids et l'épaisseur des panneaux limite l'application de la technique aux canalisations qui sont plus grandes que 914 x 610mm) (1 ) ;
- les panneaux en P.R.C. sont relativement fragiles aux cassures.

e) Revêtement par éléments en acier

1) Matériau

Plusieurs profils des tuyaux sont actuellement disponibles dans une gamme de diamètres comprise entre 150 et 2.000mm et à des longueurs de 1,50m jusqu'à 7,31m.

L'assemblage des éléments se réalise par riv/ets ou par systèmes de v/issage (5).

2) Développement de la technique

En Angleterre, le rev/êtement par éléments en acier est appliqué depuis 1913. Actuellement, cette technique est surtout utilisée pour le rev/êtement des radiers dans des cas où l'abrasion constitue un problème particulier, dû à la grande vitesse d'effluents corrosifs (5).

3) Avantages - Inconvénients

Avantages

- grande résistance structurelle ;
- pas de cassures pendant l'installation ;
- des profils particuliers peuvent facilement se construire.

Inconvénients

- les éléments en acier sont chers par rapport aux autres segments existants ;
- des dommages du maniement des éléments pendant l'opération de l'installation risquent de permettre la corrosion de l'acier (5).

4) Coût

Exemple d'application

Le revêtement du radier d'une canalisation ovoïde (180 x 80mm), 100m de long en maçonnerie de moellons plus enduits par éléments en acier galvanisé "buse arche ARMCO P3" enduits sur les 2 faces d'un revêtement bitumineux "SIMCO" à base de fibre d'amiante dans la ville de Besançon a coûté en 1971 6.D0Q F H.T., dont :

3.130 F : approvisionnement des profils
460 F : enduit bitumineux
1.000 F : préparation et mise en oeuvre
1.500 F : fournitures diverses (boulonnerie/conduite P.U.C., batardeaux /ciment)

6.090 F

(Pour minimiser l'écoulement des effluents, des batardeaux provisoires ont été mis en place à l'avancement avec canalisation P.U.C. de déviation) (24).

3. Domaine d'application. Type de détérioration

La technique du revêtement par segments, constituant une réhabilitation "structurante", peut être utilisée pour la rénovation des canalisations corrodées mais aussi pour des réseaux en mauvais état (effondrements) en utilisant les propres matériaux. Elle peut aussi être utilisée comme remède à la non-étanchéité mais de préférence dans le cas d'une détérioration étendue (il s'agit d'une réfection du réseau).

## § 7. REVETEMENT INTERNE PAR ENDUIT DE CIMENT

### 1. Principe

La technique consiste à appliquer sur la surface interne de la canalisation un enduit à base de ciment. L'épaisseur de la couche mise en place dépend du but recherché (10). Dans le cas d'une rénovation non "structurante", l'épaisseur de l'enduit est de l'ordre de 1 à 3mm. Par contre, dans le cas d'une rénovation "structurante", la couche du revêtement utilisée est de l'ordre de 2 à 5cm et peut en plus être armée par un treillis métallique (10).

Il existe divers procédés qui se différencient par leur mode de mise en oeuvre et par la nature des matériaux utilisés (10).

### 2. Nature des matériaux utilisés

Le mortier de ciment est le plus utilisé. Le choix des composants (ciment, adjuvants, sables) ainsi que des dosages doit être rigoureux et adapté à la nature des effluents (eaux sceptiques, agents chimiques). Le mortier arrive prédosé sur le chantier où il suffit de le mélanger à l'eau (10).

Pour obtenir une réhabilitation "structurante" de l'ouvrage endommagé, on utilise aussi du béton renforcé de fibres d'acier. Un autre matériau aussi utilisé est la Gunite. Il s'agit de mortier de ciment projeté, par une méthode de mélange à sec, l'eau n'étant ajoutée qu'après la sortie de la tête de projection (5).

### 3. Mise en oeuvre

#### a) Opérations préliminaires

La préparation de la canalisation avant l'application du revêtement est très importante. La surface de la canalisation doit être parfaitement propre (9). Pour cela, on procède à un détartrage et à une élimination des dépôts et des parties détériorées, à l'aide de grattoirs métalliques, de disques de caoutchouc, ou de cureuse hydraudynamique (sauf pour les

canalisations métalliques). Dans les conduites non visitables ou semi-visitables, on utilise des machines électriques ou pneumatiques tractées. Dans les conduites visitables, les opérations sont effectuées par un opérateur (10).

Durant l'opération du revêtement, la canalisation doit être mise hors eau : l'eau stagnant dans le tronçon à rénover doit être éliminée et l'arrivée d'effluents doit être stoppée ou détournée (9).

Le revêtement de la conduite s'effectue par tronçons de 50 à 150m suivant le diamètre (de 80m/l50mm à 150m/400-600mm). Pour la mise en place du revêtement, on utilise en général les regards de visite. Dans les cas où la taille des regards de visite ne suffit pas, on procède à des fouilles d'une longueur de l'ordre de 1,50 à 2m (10).

b) Mise en place du revêtement

On distingue principalement trois techniques de mise en place du revêtement :

- par compression ;
- par centrifugation ;
- par pulvérisation manuelle.

1 ) Technique par compression

Pour cette technique, la canalisation est fractionnée en tronçons de 50 à 80m. Une masse de mortier de ciment, d'environ 2 à 3 fois le volume nécessaire au revêtement, est introduite à l'intérieur de la canalisation, puis poussée par un outil enduiseur tracté à faible vitesse. Une partie de la masse de mortier introduite est extrudee à la périphérie du cône et fortement comprimée sur la paroi interne de la canalisation (10).

La méthode par compression est applicable essentiellement dans le cas de canalisations en fonte ou en acier, d'un diamètre variant de 100 à 400mm. La présence des branchements empêche l'application de ce procédé parce qu'ils deviennent obturés par le mortier (9).

2) Technique par centrifuqation

Dans cette technique, le mortier de ciment est projeté avec force sur les parois par une machine rotative. Cette machine, qui est soit tractée à l'aide d'un treuil (petite canalisation) soit dotée d'un moteur électrique ou pneumatique, comporte une tête rotative placée dans l'axe de la canalisation (cf. Figure 21) et munie d'ailettes sur lesquelles est projeté le ciment (10) (5).

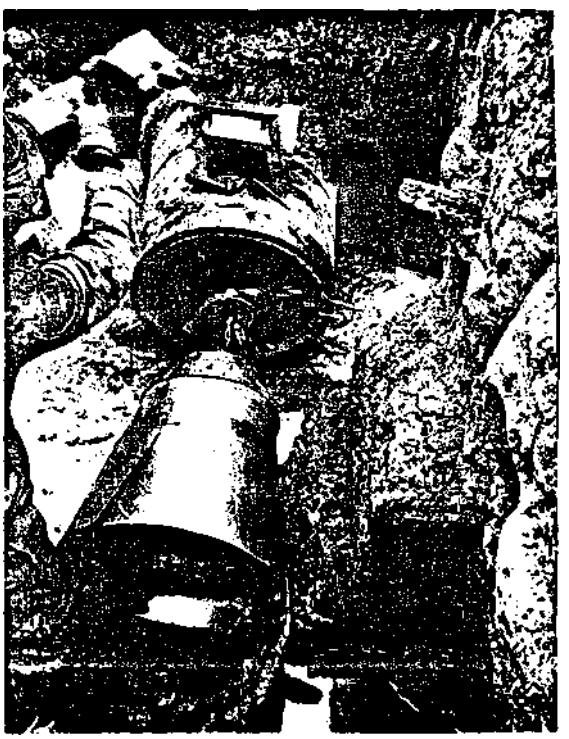


Figure 21 : Machine rotative

Dans les conduites de petits diamètres, l'alimentation de la tête rotative en ciment s'effectue sous pression à partir de la surface, à l'aide des tuyaux d'alimentation (cf. Figure 22). Pour les conduites visitables, la machine comporte une vis hélicoïdale et un réservoir qui est alimenté manuellement (10).

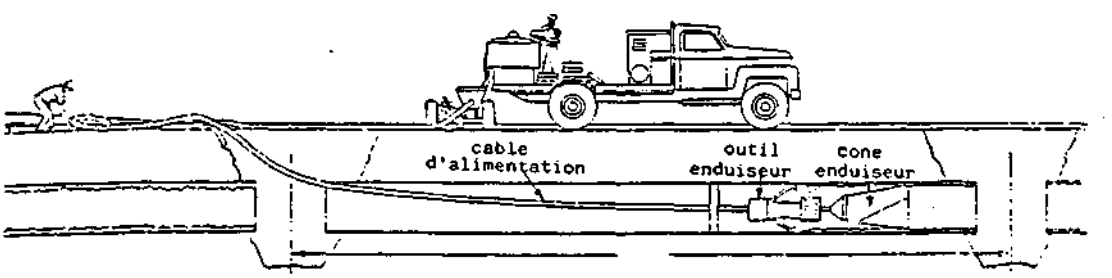



Figure 22 : Schéma général de la mise en place d'un revêtement ciment par centrifùgation dans une canalisation non visitable

Après l'application du mortier, la surface interne de la canalisation est lissée à l'aide d'une truelle conique, solidaire de la machine rotative pour les petites canalisations et à l'aide d'une truelle rotative pour les canalisations visitables ou semi-visitables (9) (5).

Cette méthode est applicable dans tous les types de canalisations de 200 à 2.000mm de diamètre.

L'épaisseur du revêtement (de l'ordre de 5cm) dépend de la vitesse d'avancement de la machine qui doit être rigoureusement constante (10).

3) Technique par pulvérisation manuelle

Cette méthode est uniquement utilisable dans les ouvrages visitables.

La technique, qui est actuellement utilisée, consiste à pomper un mélange à base de ciment préalablement dosé à l'état sec, puis mélangé à l'eau juste avant d'être projeté à l'aide d'une "lance à béton" (Gunite). Les particules du mortier de ciment, qui sont projetés à grande vitesse, pénètrent dans les fissures et assurent un revêtement très compact. Pour le renforcement de la résistance mécanique de la conduite, le ciment est projeté sur des treillis métalliques (cf. Figure 23) (10) (5). L'épaisseur du revêtement est de l'ordre de 20mm (1 ).

Figure 23 : Mise *en* place d' un revêtement de "Gunite" par pulvérisation manuelle

Un autre procédé (procédé de RUNSWROE) est actuellement développé en Angleterre (depuis 1982), qui consiste à appliquer sur la surface interne de la conduite un revêtement constitué de mortier de ciment projeté sur des panneaux des grilles d'acier fixés sur la paroi du réseau. Deux ou trois panneaux superposés peuvent aussi être utilisés pour renforcer le revêtement de réhabilitation (1 ). Le mortier de ciment est projeté manuellement (pinceau) ou à l'aide des pistolets d'injection (pompage mécanique) de façon à remplir les vacants entre les panneaux et de couvrir complètement les surfaces métalliques (cf. Figure 24). La surface du revêtement est de l'ordre de 40mm (1).

La différence des deux procédés concerne les matériaux utilisés (Gunite, mortier de ciment) et l'armature qui est beaucoup plus dense dans le procédé RUNSUJROE. Dans le cas de la projection de Gunite, les treillis métalliques doivent laisser des espaces suffisamment larges pour permettre la pénétration de la Gunite (1).

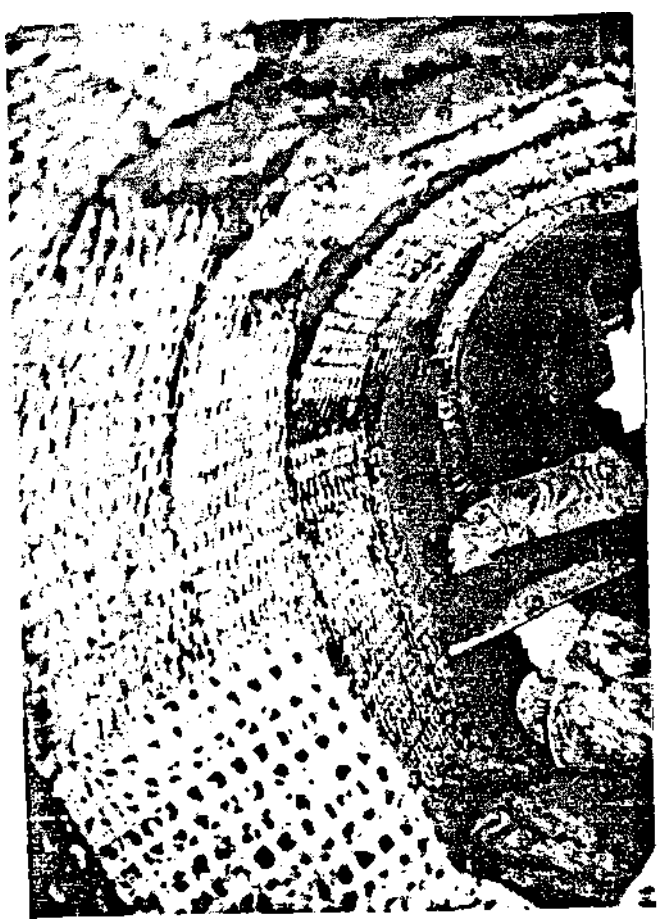


Figure 24 Mise en place du procédé RUIMSUROE

Dans les deux techniques, après l'application du revêtement, la surface interne du réseau est lissée manuellement ou à l'aide de pales lisseuses rotatives (10) (1 ).

c) Moyens et matériels nécessaires à la mise en oeuvre

Technique par compression

- 1 à 3 personnes ;
- treuils, palans ;
- malaxeur ;
- outil enduiseur.

Technique par centrifuqation

- 1 à 3 personnes ;
- treuils, palans ;
- malaxeur ;
- compresseur ;
- machine rotative.

Technique par pulvérisation manuelle

- 3 à 5 personnes ;
- malaxeur ;
- pompe à béton ;
- truelles mécaniques (10).

d) Durée de la mise en oeuvre

Pour les techniques par compression ou centrifugation, la vitesse d'application varie entre 80 et 150m/j en fonction de la taille de la canalisation et l'épaisseur du revêtement. Par exemple, pour un diamètre de 2.000mm et une épaisseur de revêtement de 8mm, la vitesse d'application est de 20ml/h. La mise en eau s'effectue après 48 heures (10).

4. Propriétés de la nouvelle canalisation

Les propriétés de la nouvelle canalisation dépendent de l'épaisseur du revêtement et de la nature du matériau utilisé. Ainsi, en utilisant des épaisseurs de l'ordre de 50mm, on obtient une résistance mécanique importante ; surtout par la technique de projection de "Gunite" manuelle où la projection s'effectue sur une armature métallique. La "Gunite" présente aussi une résistance chimique meilleure que celle du mortier ciment qui s'avère particulièrement sensible à certains agents chimiques (acides, activité biochimique réductrice).

Dans le cas où l'effluent du réseau à rénover est très agressif, le ciment est mélangé (ou revêtu) de résine époxy (10).

5. Domaine d'application

a) Nature de la canalisation

La technique par compression est applicable uniquement aux canalisations métalliques (fonte, acier) à cause des grandes pressions exercées sur les parois (I5kg/cm2).

Les autres techniques sont utilisables sur tous les types de canalisations.

b) Type et diamètre du réseau

Ces techniques sont applicables pour la rénovation des réseaux unitaires ou separatifs. Le diamètre et la forme de la canalisation à rénover peuvent être : forme circulaire et diamètre entre 100 et 400mm pour la méthode par compression ; forme circulaire et diamètre entre 150 et 2.000mm ou forme ovoïde T160-T180 pour la méthode par centrifuqation ; forme circulaire et ovoïde et diamètre ^ 1.800mm pour la méthode par pulvérisation manuelle (10).

c) Type de détérioration

La technique du revêtement par enduit à base de produits de ciment sans armature est appliquée à des canalisations dont la structure n'est pas déformée mais qui ont besoin d'un renforcement mécanique ou simplement d'être protégées contre la corrosion. Mais, elle ne convient pas s'il y a présence de détériorations importantes de structure (cassures, effondrements).

Par contre, la technique par pulvérisation manuelle, avec application de treillis métalliques des canalisations visitables, peut être utilisée pour la rénovation des conduites fortement détériorées.

Cette technique peut aussi être utilisée pour la réfection de la surface interne et la réparation du réseau.

6. Développement de la technique

La technique de revêtement interne par enduit de ciment est utilisée depuis 50 ans environ pour la rénovation des conduites de distribution d'eau potable (depuis 1934) (6). Son application aux réseaux d'égouts, bien plus récente, est largement généralisée en Europe et aux U.S.A. (10).

La technique par centrifugation (procédé "SPUNLINE"), brevetée par le Pipe Lining Division de Ameron (U.S.A.), est utilisée en France par la société Tubolining, filiale de la société Bonna (9).

Des recherches ont été effectuées en Angleterre pour le renforcement de la résistance mécanique de l'ouvrage rénové, par projection d'un mortier renforcé de fibres de verre, mais les résultats obtenus n'ont pas été encourageants (6). En France, une nouvelle méthode de béton projeté par voie sèche (Gunite) renforcé de fibres de fonte a été développée par le Centre de Recherche de Pont-à-Mousson. Ce procédé a été appliqué pour la première fois à la réhabilitation d'un collecteur d'assainissement à

Nancy en 1987. La conclusion de cette expérimentation a été très positive tant sur le plan technique qu'économique (25).

7. Coût de la technique

Cette technique coûte globalement de 400 à 600 F le mètre carré (prix 1982), ce prix décroissant en fonction du diamètre de la canalisation traitée (9). Dans le cas du procédé "RUNSWROE", le coût estimé est de l'ordre de £350.000 à £500.000 pour le revêtement d'un kilomètre (£ 50-£100 le mètre carré) (26).

Exemples :

- le revêtement par pulvérisation manuelle de Gunite sur un treillis métallique de 53.000 ft (16,154m) de canalisation en brique, d'un diamètre de 60 pouce (15cm) aux U.S.A. (indiana) a coûté 3,15 millions de dollars en 1982. L'épaisseur du revêtement était de l'ordre de 3 pouce (7,5cm) (19) ;
- le revêtement par projection de béton renforcé de fibres d'acier, de 108m de canalisation en moellons, de forme ovoïde type T180 à Nancy, a coûté 622.611 F H.T. en 1984 (prix de la réhabilitation seule 2.916 F HT/ml. L'opération a duré 3 mois (20ml/semaine).

Le béton a été mis en place sur trois couches :

- 1ère couche : béton fibre de 7cm ;
- 2ème couche : béton fibre de 7cm ;
- 3ème couche : béton non fibre sur 1cm.

L'eau a été ajoutée au béton au moment de sa projection (Gunite) (27).

Le prix du remplacement de la même canalisation avait été estimé de l'ordre de 698.841 F H.T. (prix 1984).

8. Avantages - Inconvénients

a) Avantages

Technique par centrifugation

- on peut travailler à partir des regards existants ;
- il est applicable à tous les diamètres ;
- le matériau utilisé est bon marché ;
- les branchements particuliers sont acceptables sur la canalisation à rénover (9) (5) (on élimine le béton déposé sur les parois du branchement par insufflation d'air comprimé (1D) ;
- la réduction du diamètre de la canalisation est faible (10) ;
- elle peut être utilisée pour une gamme étendue de diamètres (10).

Technique par compression

- on peut travailler à partir des regards de visite ;
- le matériau utilisé est bon marché ;
- la réduction de la canalisation rénovée est faible ;
- elle nécessite un équipement relativement simple.

Technique par projection

- matériau utilisé pas cher. En particulier, la technique du revêtement de béton, grâce à son faible coût, convient à la réfection des grandes canalisations (7) ;
- on obtient une résistance mécanique importante, ainsi qu'une résistance chimique ;
- l'application du revêtement ne demande pas une équipe spécialisée ;
- elle assure un jointoiement adapté à toutes les formes de conduites ou d'ouvrages (13).

b) Inconvénients

La technique par revêtement de béton, indépendamment de la méthode utilisée pour la mise en oeuvre, présente les inconvénients suivants :

- elle nécessite la mise hors eau de l'égout pendant 48 heures. Les conditions climatiques (fortes pluies) peuvent donc constituer des contraintes à l'application de la technique. Aucune infiltration pendant la mise en place du revêtement ne peut non plus être tolérée (9) (5) ;
- la souplesse des joints n'est pas conservée, ce qui risque l'apparition des fissures lors de tassements différentiels non stabilisés ;
- les cavités externes ne sont pas supprimées ;
- elle nécessite un nettoyage préalable bien poussé.

En plus, selon la technique utilisée pour la mise en oeuvre, on a :

Technique par centrifuqation

- ce n'est pas une méthode de réhabilitation structurante (9) (13) ;

- la mise en place du revêtement constitue une opération délicate.

Technique par compression

- elle est applicable uniquement aux conduites métalliques ;
- elle obstrue les branchements latéraux (10) ;
- elle n'assure pas la résistance mécanique de l'ouvrage.

Technique par projection

- technique applicable uniquement dans les conduites visitables ;
- le lissage de la surface interne de la conduite, après la mise en place du revêtement, constitue une opération délicate (risque d'enlever une quantité de ciment importante) (5).

## § 8. REVETEMENT INTERNE PAR ENDUIT A BASE DE PRODUITS PLASTIQUES

### 1 . Principe

Cette technique consiste à appliquer sur la surface interne de la canalisation un revêtement synthétique d'épaisseur réduite. L'objectif de la technique de rénovation est de protéger la conduite contre la corrosion, l'abrasion tout en assurant une certaine étanchéité (10) (5).

Il existe divers procédés qui se distinguent par leur mode de mise en oeuvre et la nature des matériaux utilisés.

### 2. Nature des matériaux utilisés

Le matériau utilisé actuellement dans ce type de technique est la résine polyester renforcée par des fibres de verre mélangées avec du sable (1 ). Ce produit possède une excellente adhésion sur la plupart des surfaces. Il présente une résistance chimique et une résistance à l'abrasion importante. Par contre, il est relativement rigide et cassant et se retrace au moment de la polymérisation (10).

Plusieurs autres produits plastiques sont aussi proposés pour le revêtement des réseaux d'assainissement, mais leur application se trouve encore dans le stade de l'expérimentation. Par exemple, on peut utiliser la résine époxy, les polyuréthanes très souples, les mélanges de résine époxy-bauxite calcinée (10) (1 ).

L'épaisseur du revêtement est de l'ordre de 10mm (1).

### 3. Mise en oeuvre

#### a) Opérations préliminaires

Elles sont analogues à celles de la technique du revêtement par ciment. La canalisation à rénover doit être bien nettoyée pour assurer l'adhésion du revêtement (le lavage par jet hydraudynamique ainsi que le dégraissage du réseau sont nécessaires) (10).

En plus, le réseau doit être mis hors d'eau (colmatage préalable des infiltrations, dérivation des effluents) pendant l'application du revêtement et la polymérisation des produits utilisés) (10) (1).

b) Mise en place du revêtement

On distingue principalement trois techniques d'application du revêtement

- le revêtement par centrjfuqation (cf. Figure 25) ;
- le revêtement à l'aide d'une brosse rotative. Cette technique consiste à appliquer sur la paroi de la conduite un film. Le produit est refoulé à l'aide d'une machine formée de bras et de brosses rotatives par une pompe volumique entraînée par l'air comprimé. La machine est tirée par un treuil dans la conduite (3m/mn). En agissant sur la pression de pompage et sur la vitesse de déplacement on assure un revêtement de 100mm d'épaisseur (10) ;
- le revêtement par pulvérisation manuelle (conduites visitables).

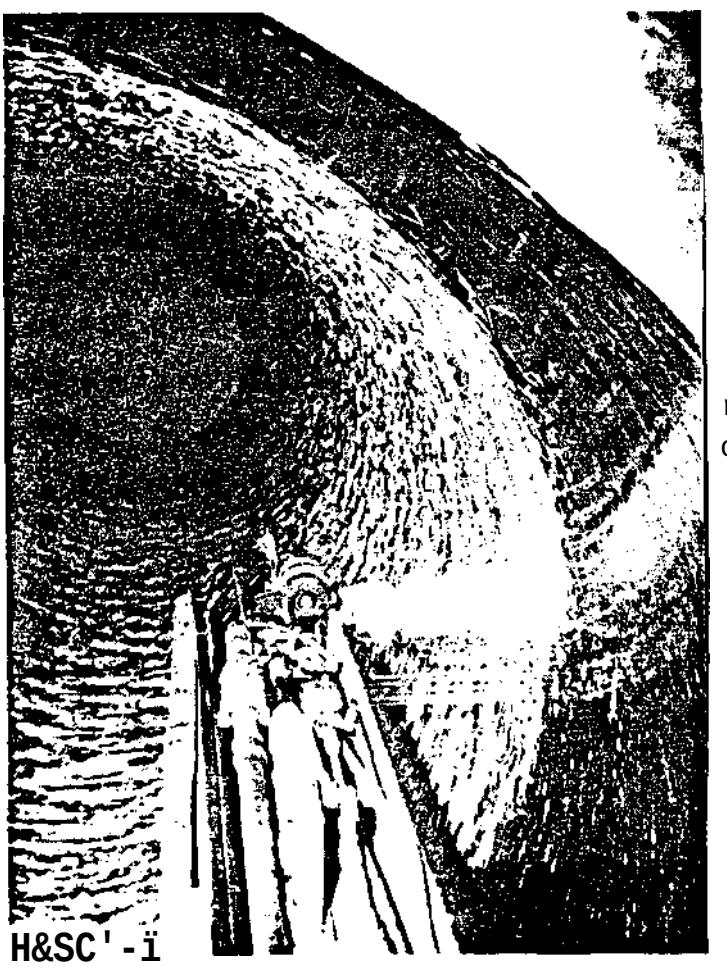


Figure 25 : Application d' un revêtement de G.R.P. par centrifugation

c) Durée de la mise eh place

40-60m/H (1).

4. Domaine d'application

a) Nature de la canalisation

Applicable sur tous les types de matériaux, excepté les canalisations plastiques (P.U.C.).

b) Type et diamètre du réseau

Technique applicable à toute sorte de réseau (unitaire, séparatif).

Le diamètre de la canalisation doit être :

- circulaire : 150 à 250mm (brosse rotative) ;
- circulaire : 150 à 2.000mm (centrifugation) ;
- circulaire ou ovoïde >1.500mm (projection) (10).

c) Type de détérioration

Cette technique est utilisée pour améliorer la surface intérieure de la conduite et pour prolonger la durée de vie des ouvrages. Elle assure la protection contre la corrosion et l'abrasion, ainsi que l'étanchéité des conduites (1 ). En plus, la grande diversité des produits permet de résoudre les problèmes liés à la présence de contaminants dans les effluents (10).

5. Développement de la technique

Le revêtement par résine polyester, renforcée par des fibres de verre, est déjà testé, connu et commercialisé en Angleterre, étant une technique fiable de réhabilitation. L'utilisation d'autres produits plastiques est encore à un stade d'expérimentation, étant donné que la connaissance sur

les qualités et la durabilite des revêtements plastiques obtenus est restreinte. Des tests d'essais sont actuellement réalisés en Angleterre **(D.**

6. Coût

Il varie considérablement suivant la nature du produit et les conditions d'exécution du chantier (par exemple le coût d'un revêtement époxy-brai (1mm) est de l'ordre de 250-300 F/m2 (pose, fournitures) (10).

7. Avantages - Inconvénients

a) Avantages

- l'opération peut s'effectuer sans fouilles par les regards de visite **(D ;**
- les joints conservent une certaine souplesse (10) (5) ;
- la mise en oeuvre est rapide (10) ;
- le revêtement possède une bonne résistance chimique ;
- le coefficient d'écoulement est amélioré et la réduction du diamètre est minime ;
- la présence des branchements ne constitue pas une gêne. Au contraire, cette technique permet de réaliser un revêtement partiel des branchements en même temps que le revêtement de la conduite (1) ;
- en jouant sur l'épaisseur du revêtement on peut renforcer certaines parties de la canalisaton rénovée (1).

b) Inconvénients

- la mise en oeuvre est délicate, une épaisseur régulière du revêtement étant difficile à obtenir (10) ;
- l'opération nécessite une mise à sec de la conduite pendant 18-24 heures (1 ). La pluie peut alors constituer une gêne pour la mise en place ;
- l'application par brosse rotative ne permet pas un revêment régulier (10).

## § 9. COLMATAGE DES JOINTS ET DES FISSURES PAR INJECTION DES MORTIERS CHIMIQUES OU DE CIMENT A L'AIDE D'UN MANCHON GONFLABLE

### A. Principe

Cette technique consiste à injecter des produits colmatants sous pression dans les joints et les fissures des canalisations qui comblent les vides entre les particules du sol autour du réseau et empêchent l'eau de se rendre jusqu'à l'ouverture (28).

Il existe différents procédés qui se différencient par les moyens de mise en oeuvre et les matériaux utilisés.

Dans cette technique, l'injection des produits colmatants se fait à l'aide des manchons gonflables. La structure et la forme des manchons diffèrent suivant le mode d'injection qui dépend de la nature du produit utilisé.

### B. Nature des matériaux utilisés

Les qualités requises pour les matériaux injectés dans ce type d'application sont :

- le maintien de l'élasticité et la plasticité du joint ;
- une bonne adhérence au support ;
- un pourcentage d'allongement élevé ;
- une résistance à l'eau et aux agents chimiques (solvants) ;
- l'absence de phytotoxicité (sauf cas spécifiques : racines pénétrantes) (10).

Les matériaux actuellement utilisés pour le colmatage sont :

- les résines acryliques ;
- les produits élastomères (polyuréthane) ;
- le ciment, quelquefois associé aux cendres de fuel (R.F.A.).

C. Variantes technologiques

1 . Injection des résines acryliques

a) Nature des matériaux utilisés

On distingue deux procédés de cette technique qui se différencient par le type de résine utilisée.

1) Le système "TELEGROUT"

Ce système est utilisé aux U.S.A. depuis le début des années 1960. Le gel initialement utilisé était le produit AM-9, commercialisé par 1'American Cyanimid Company. Actuellement il est remplacé par un gel acrylamide similaire, le PWG (Halliburton Services-Duncan, Oklahoma) (9).

Le P.UI.G. (Polymeric Ulater Gel) est un mélange de deux composés monomères organiques : 1'acrylamide et le méthylène bisacrylamide. Ce produit se présente sous la forme d'une poudre blanche (9).

Pour le colmatage des canalisations, on ajoute des catalyseurs qui permettent la polymérisation du produit sous forme de gel. Le temps de polymérisation (entre 5 et 500 sec. et en réhabilitation entre 20 et 60 sec) peut être contrôlé par la quantité des catalyseurs ajoutés (10) (4).

Après gélification, le gel acrylamide a une viscosité très proche de celle de l'eau (1-2 centipoise), ce qui permet au mélange de s'infiltrer facilement dans le joint fuyard et le sol environnant. De plus, la viscosité reste très faible pendant environ 95% de sa durée de vie à l'état liquide (9). Dès que le produit commence à se gélifier, l'accroissement de la viscosité est très rapide. La gélification est complètement achevée 10 à 30mn après le début de l'augmentation de la viscosité (9).

Propriétés du gel :

- le gel constitue un matériau translucide, caoutchouteux et élastique ; insoluble dans l'eau, le kérosène ou l'huile ;•imperm: à l'eau, à l'huile ou au gaz (4) (10) ;
- la présence d'eau n'empêche pas la réaction, à condition qu'il n'y ait pas un courant trop fort (27). Par contre, en l'absence d'humidité, le gel subit un phénomène de retrait qui affecte son efficacité. Pour éviter cela, des additifs chimiques peuvent être employés (9) ; '
- lorsque le gel se forme dans le sol, il constitue un magma imperméable avec les éléments constitutifs du sol et forme un bourrelet étanche à l'extérieur et autour du tuyau (23) (5) ;
- sa résistance à la compression est 6,5 bar (9). Ce matériau montre aussi une bonne résistance au vieillissement (5).

2) Le système "PENETRYN"

Ce système, analogue au précédent, est utilisé depuis 1960 aux U.S.A. et depuis 1969 en Grande-Bretagne. En France, ce procédé est appliqué par la société Terrastic et la société Coopetanche, qui utilisent un mélange d'une résine acrylique de base, d'un durcisseur et d'un accélérateur (9).

b) Mise en oeuvre

1) Opérations préliminaires

Avant l'injection de la résine, on doit :

- inspecter la canalisation et localiser les points de fuite. On doit vérifier qu'il ne s'agit pas d'une détérioration de la structure du réseau ;
- désobstruer et nettoyer soigneusement la canalisation par curage hydraudynamique (le bon état de la canalisation conditionne l'efficacité de la technique) (1) ;

- mettre le tronçon à rénouer hors eau à l'aide de ballons gonflables et dériver des effluents. Un faible écoulement peut être toléré (10).

2) Opérations d'injection

Cas des canalisations non visitables

Pour l'injection de la résine, on utilise un manchon gonflable suivi par une caméra de télévision en circuit fermé (cf. Figure 26).

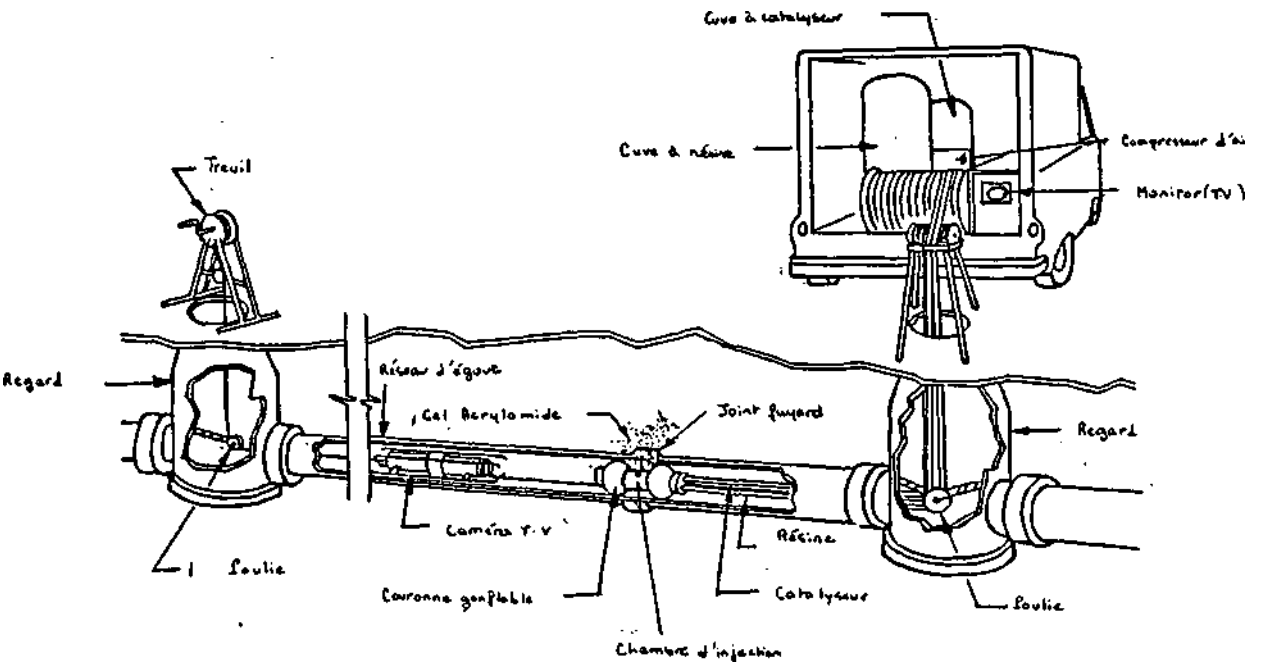



Figure 25 : L' injection acrylique

Le manchon utilisé possède généralement une forme cylindrique, d'un diamètre inférieur au diamètre de la canalisation d'environ 5mm (10). Il est constitué par un tube recouvert à l'extérieur d'une membrane caoutchouc pincée au centre et à chaque extrémité. Après gonflage, cette membrane prend la forme d'un double obturateur et crée de ce fait, au droit du joint, ou de la fissure transversale une chambre d'injection de 2 à 10cm, suivant le diamètre de la canalisation à traiter (cf. Figure 27) (23).

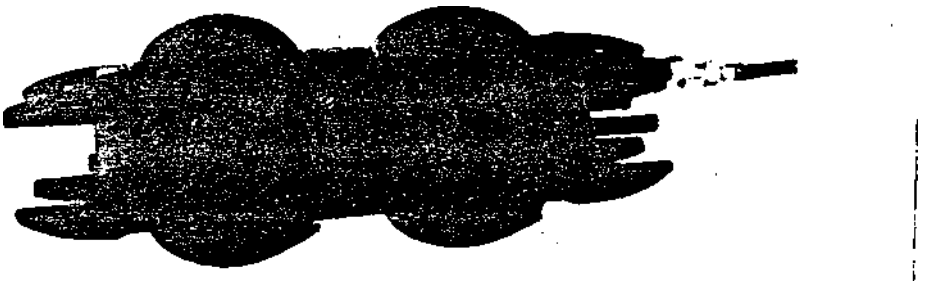


Figure 27 : Le manchon gonflable

Deux orifices, pratiqués sur l'appareil au niveau de la chambre, permettent l'arrivée de deux tuyaux véhiculant séparément les deux composants de la résine acrylique (résine + catalyseur) qui se mélangent à l'intérieur de la chambre ainsi pratiquée (23).

L'introduction du manchon et de l'équipement télévisé est fait par les regards de visite. L'ensemble est tracté dans la canalisation jusqu'à ce qu'une défectuosité soit observée sur le moniteur T.*M*. (9).

Une fois que le manchon est positionné au droit du joint, il est gonflé sous pression (air, eau) de d'autre du joint, de manière à créer au niveau de celui-ci une chambre d'injection annulaire. Le produit colmatant, envoyé sous pression (0.15 - 1kg/cm2) à partir de l'extérieur, remplit la chambre d'injection et pénètre dans le joint. (La pression d'injection doit pouvoir combattre les forces de friction à travers l'équipement, la tête d'eau souterraine au-dessus de la conduite et la résistance à l'écoulement dans le sol (28)). Il est précisément pompé à coups de manière à laisser le temps à chaque quantité injectée de se gélifier. Ainsi, l'injection continue jusqu'à ce qu'une contre pression suffisante soit atteinte (3). De cette façon, la résine se répartit à l'extérieur de la conduite en empruntant les voies d'infiltration pour former, après la prise en masse, un magma de terre et de coulis. Ce dernier adhère à la canalisation et en assure l'étanchéité (10) (l'ensemble des opérations est télécommandé depuis la surface). Après, le manchon est dégonflé et retiré.

Avant et après l'injection, les joints sont testés à l'air par gonflage des ballons latéraux et mis sous pression (0,65 bar) à l'air comprimé de la chambre d'injection (5). Si le joint n'est pas étanche après la réfection, on recommence l'opération.

La quantité de résine injectée dépend de la nature du terrain (elle est de l'ordre de 30 à 50 lt/joint), ainsi que du diamètre de la canalisation (de l'ordre de 0,075 fois le diamètre en mm) (10) (9).

La mise en eau de la conduite est immédiate après la polymérisation de la résine (1 minute) (10).

Cas des canalisations semi-visitables et visitables (D ^>600mm)

L'opération d'injection est analogue à celle des canalisations non visitables. Le manchon utilisé a aussi une structure analogue (cf. Figure 28).

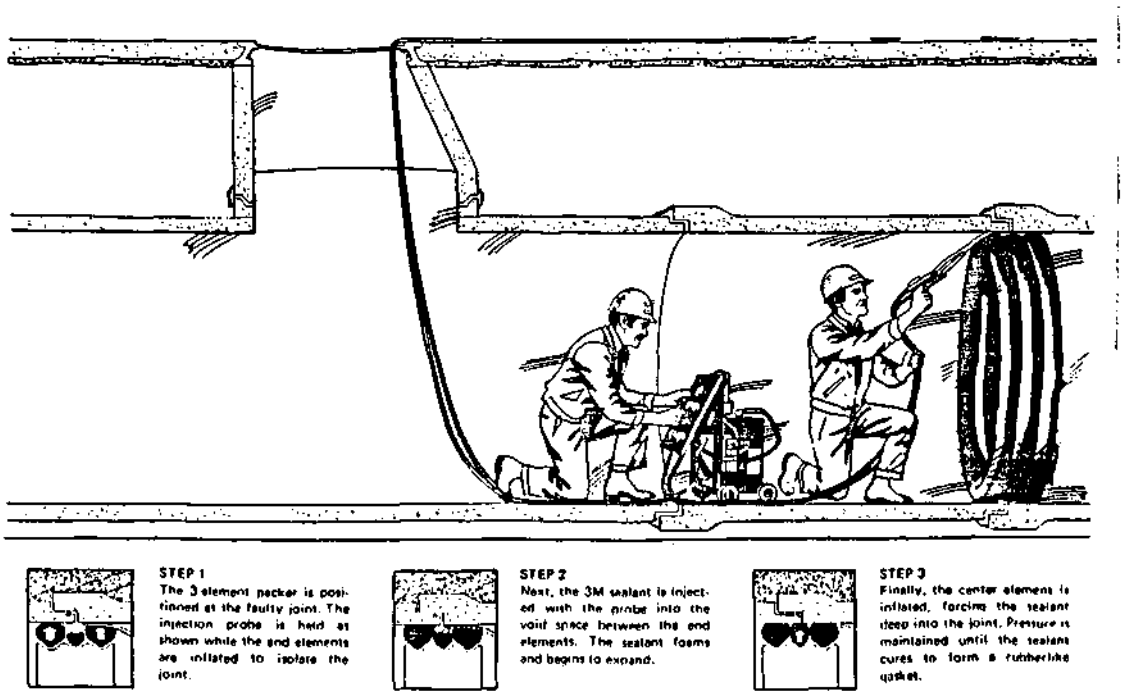



Figure 28 : Le colmatage des canalisations visitables

Mais, les résines acryliques ne sont pas en général utilisées pour le colmatage des joints des canalisations qui ont plus de BOOmm de diamètre à cause du coût du matériau élevé (11 F/lt) (10).

c) Avantages - Inconvénients

1) Avantages

- l'opération d'injection est effectuée par les regards de visite (pas besoin d'excavation) ;
- cette technique permet l'étanchement des joints plus la stabilisation du sol, ce qui limite les mouvements ultérieurs de la canalisation (9) ;
- la faible viscosité du produit avant gélification lui permet de pénétrer dans toutes les fissures (B) ;
- il est particulièrement adapté aux sols sableux et humides (9) ;
- le contrôle du temps de gélification simplifie l'application du procédé.

2) Inconvénients

- il constitue une technique chère surtout pour la réparation des grands collecteurs (5) ;
- cette technique ne peut être utilisée que par des équipes spécialisées (les produits composants étant toxiques et très corrosifs, l'équipement utilisé doit être fabriqué en conséquence et le personnel, lors de la préparation, doit être muni de gants, lunettes et aspirateurs (28)) ;
- l'efficacité de. l'injection dépend de la nature du sol environnant. Dans le cas où des vides importants existent dans le sol aux alentours de la canalisation (sables grossiers, graviers, roches), la dilution peut rendre le gel inefficace, surtout si le niveau de la nappe est variable (9) ;
- dans le cas d'absence d'humidité du milieu environnant, l'efficacité de l'opération diminue (phénomène de retrait) (19) ;
- l'écoulement des effluents doit être dérivé (5) ;

- étant donné que le produit utilisé peut facilement immigré dans le sol environnant, la quantité de la résine utilisée n'est pas strictement mesurable (5).

2. Injection de résines élastomères (mousse polyuréthane)

a) Nature des matériaux utilisés

Le produit utilisé (système CHERNE-3M) est un polymère liquide ayant l'aspect d'une huile (viscosité 300-350 centipoise). Lorsqu'il est comblé à l'eau, le produit se dilate (jusqu'à 12 fois le volume initial, et devient caoutchouteux (10) (5). La consistance du gel produit dépend du rapport eau/produit utilisé (généralement, on utilise un rapport 8 : 1 ou 10 : 1 qui donne un gel plus compact et plus solide que le gel acrylamide (27).

Pendant la période d'expansion (45 sec à 4°C - 15 sec à 38°C) et avant la polymérisation, le produit immigre dans le joint, mais en raison de sa grande viscosité il pénètre peu dans le sol environnant le joint. Après la pénétration, le produit se solidifie, prend l'aspect d'un mastic et assure l'étanchement du joint. La température influe sur le temps de solidification (15' (4°C) à 4,6' (38°C) sans catalyseur ; 5,5» (4°C) à 2,6' (38°C) avec 0,4% d'accélérateur) (9) (5). La présence d'eau n'affecte pas les conditions d'expansion et de solidification (10).

Propriétés du produit

Le produit final du colmatage présente :

- une résistance à la plupart des solvants organiques, aux acides et aux bases faibles (5) ;
- une densité de 225 kg/m3 ;
- une résistance à la traction de 5 à 6 bars ;
- une élongation de 700-800% et un retrait linéaire de 18% (9) (5).

Des additifs spéciaux pour arrêter la pousse des racines peuvent aussi être ajoutés ; on estime que l'efficacité de tels produits est de 2 à 5 ans (5).

b) Mise en oeuvre

Les opérations sont similaires à celles employées avec le gel acrylamide.

1) Injection du produit colmatant

La procédure d'application est similaire à celle employée avec le gel acrylamide. Le manchon est analogue mais l'injection s'effectue par expansion de la chambre d'injection.

Les deux gaines extrêmes du manchon d'injection sont dans un premier temps gonflées et le polymère et l'eau pompés dans l'espace créé entre les deux. La mousse se forme alors et c'est seulement ensuite qu'est gonflé l'élément central, forçant le produit dans le joint à la pression de 0,6 bar (9) (cf. Figure 29).

A la fin de la deuxième" phase de polymérisation (A minutes à 17°C) , l'étanchéité du joint est testée par mise en pression de la chambre d'injection.

Les quantités de produits à injecter dans le joint varient suivant le diamètre, le matériau de la canalisation et le défaut d'étanchéité. Contrairement au gel acrylamide, la quantité de mousse polyuréthane utilisée ne dépend pas de la nature du sol environnant (5).

Le manchon gonflable utilisé pour les canalisations visitables se base sur le même principe de fonctionnement. Ce sont d'ailleurs les résines élastomères qui sont surtout utilisées pour l'étanchement des grands collecteurs, à cause de la plus petite quantité de colmatant nécessaire pour l'opération (5) (10).

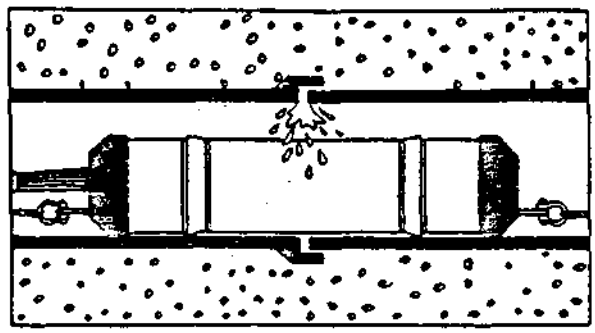


Photo 10 :

positionnement du manchon

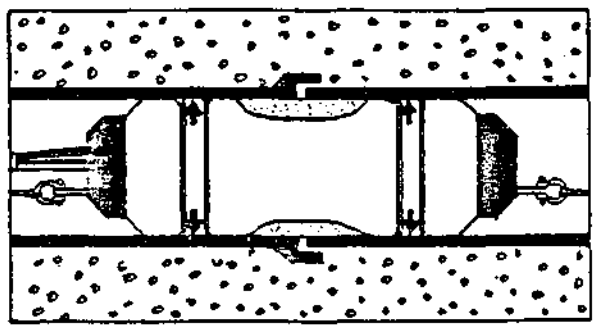


Photo 11 :

1ère phase de polymérisation du mélange injecté

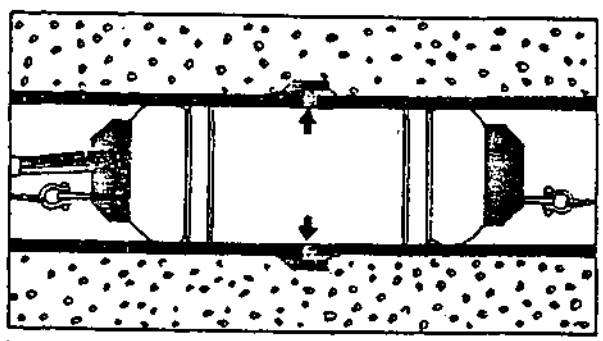


Photo 12 :

injection du produit par expansion de la chambre centrale

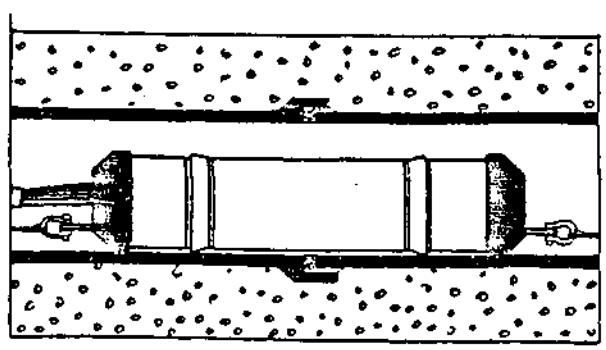


Photo 13 :

phase finale de l'étanchement le produit est réparti uniquement au niveau du joint.

Figure 29 : L'injection de résines élastomères

2) Moyens et matériels nécessaires à la mise en oeuvre

- 3 opérateurs (la présence d'une personne qui dispose d'une bonne connaissance du réseau est nécessaire, dans la mesure où des renseignements précis peuvent être apportés sur l'histoire du réseau, son implantation, etc., et de ce fait, orienter les travaux) (23) ;
- un équipement télévisé (caméra T.V., véhicule laboratoire ...) ;
- le manchon (longueur 60cm à 1m ; poids 50 à 100kg) ;
- un treuil mécanique ou électrique (10) ;
- des réservoirs de stockage spéciaux pour les produits chimiques utilisés (5) ;
- des moyens de mesure et de pompage spéciaux (pompes dpseuses) (5).

3) Durée des opérations

Elle dépend du nombre de joints et de fissures à traiter. Dans les meilleures conditions, le nombre de joints étanchés est de 25/j. Compte tenu de l'installation du matériel, on peut traiter au maximum 3 tronçons/jour (10).

c) Avantages. Inconvénients

1) Avantages

- le produit utilisé est suffisamment sensible pour accepter des mouvements du sol et il n'est pas influencé par les tassements différentiels (9) ;
- sa polymérisation en deux temps le rend particulièrement adapté aux fuites de fort débit (9) ;
- la mousse polyuréthane n'est pas affectée par un environnement alternativement sec et humide. Contrairement alors au gel acrylamide, elle peut être appliquée à tous les sols, quel que soit le niveau de la nappe (9) (5) ;
- les quantités de produit à injecter sont mesurables (il ne s'agit pas d'une pénétration profonde du produit colmatant dans le sol environnant).

2) Inconvénients

- les effluents du réseau doivent être dérivés pendant l'injection (5) ;
- la technique demande un équipement sophistiqué ainsi qu'une équipe qualifiée (5) ;
- le produit utilisé est extrêmement collant, de plus, l'humidité peut amorcer la réaction, ce qui rend le nettoyage de l'équipement très laborieux (28).

3. Injection de ciment

Il s'agit d'une vieille méthode utilisée depuis longtemps. Le procédé qui est actuellement utilisé est une invention australienne. Pour l'injection du ciment, une chambre d'injection est utilisée. Elle est délimitée par deux disques étanches en caoutchouc, flexible, d'un diamètre légèrement supérieur à celui de la canalisation à rénover, ce qui assure l'étanchéité de l'ensemble (g) (5) (cf. Figure 30).

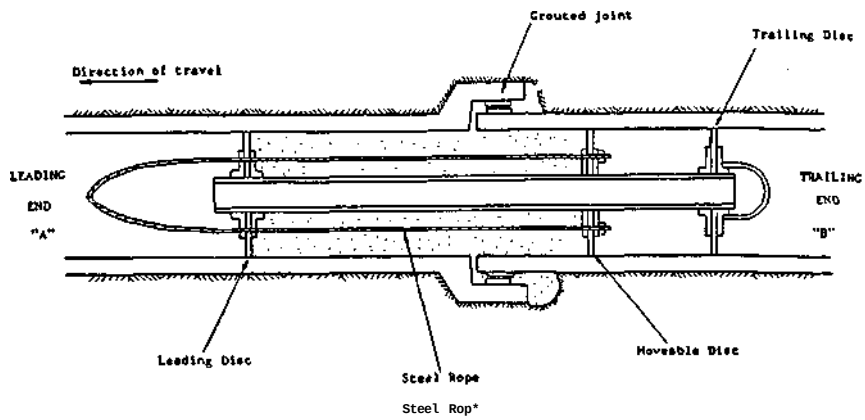



Figure 30 : Le procédé australien de colmatage "squeeze box"

Des cables sont fixés aux disques de telle manière que l'on puisse, en les tirant, rapprocher ces disques, entre lesquels est placée une masse de mortier. Le mortier est ainsi "pompé" et forcé dans la fissure ou le joint défectueux.

c) Avantages •- Inconvénients

1) Avantages

- technique pas chère (produit colmatant pas cher, il est disponible tout prêt) ;
- l'équipement nécessaire est simple ;
- on n'a pas une réduction de la section (5).

2) Inconvénients

- l'appareil est utilisé seulement pour des petits diamètres (100-250mm);
- la technique n'est pas applicable dans le cas d'infiltration au droit de la fissure ou du joint à traiter ;
- l'effluent doit être by-passé ;
- le maniement de l'applicateur de ciment nécessite une grande expérience pour que la technique soit efficace (5).

D. Domaine d'application

1. Nature et état de la canalisation

Ces techniques sont utilisables pour les canalisations en amiante ciment, béton, grès, métalliques à l'exclusion des conduites en P.U.C. et en polyéthylène (10).

2. Type et diamètre du réseau

Ces techniques sont employées dans le cas des réseaux unitaires ou séparatifs.

Les diamètres des canalisations à rénover doivent être :

- 100-250mm pour l'injection de ciment ;
- 100-500mm pour l'injection de résines acryliques ou de résines élastomères à l'aide d'un manchon gonflable téléguidé. Depuis 1984, il

existe aux U.S.A. un manchon d'injection pouvant pénétrer dans les branchements (30) ;

- 600 à 800-1.000mm pour l'injection des résines à l'aide d'un manchon manuellement mis en place. Dans les cas de diamètres aussi grands, comme produit colmatant on utilise les résines élastomères (10).

3. Type de détérioration

Le colmatage par injection des résines et de ciment est employé pour la réfection des :

- joints fuyards ou déboîtés (uniquement avec des résines acryliques) ;
- fissures radicales ou longitudinales courtes (L < 30cm). En Angleterre il existe des manchons longs spéciaux pour le colmatage des fissures longitudianles (1 ) ;
- perforations (diamètre inférieur à 15cm) dues à des phénomènes de tassements différentiels ou de corrosion (10) (4) ;
- branchements de service : dans ce cas, l'insertion du manchon s'effectue ou par le regard de visite situé à la sortie du système d'égout d'une maison ou par des puits d'accès creusés à la ligne de lot. Une fois le manchon introduit dans la canalisation, la conduite est complètement remplie de gel acrylamide poussé sous pression par le manchon installé à l'autre extrémité dans la conduite principale. Toutes les sources d'infiltration sont ainsi colmatées dans une seule opération. Il s'agit ensuite de vider le tuyau à l'aide d'une fiche de nettoyage (28).

L'injection des mortiers chimiques s'avère très efficace à l'étanchement des collecteurs mais elle n'apporte pas d'amélioration à la structure des conduites en raison de l'aspect local des interventions et de la nature même des réparations qui sont flexibles et qui s'appuient justement sur la structure des tuyaux pour résister aux forces d'infiltrations (28). Son application n'est alors possible que dans le cas où la structure du réseau est relativement saine : elle ne doit être ni rompue, ni écrasée, ni trop fissurée (9). En plus, la paroi interne de la canalisation ne doit

pas être fortement érodée pour que le manchon puisse se plaquer contre la canalisation (1). D'ailleurs, l'état de la canalisation doit permettre le passage du manchon (pas de courbes trop prononcées, d'obstructions, de racines ou de branchements trop pénétrants) (10) (9).

En particulier, dans le cas de l'uréthane, la fissure ou le joint détériorés doivent être suffisamment étroits pour que le gel puisse adhérer à la paroi (9). En cas de vide à la périphérie extérieure du joint, l'application de ce produit doit être précédée d'une injection structurante (10).

Par contre, l'application du gel acrylamide est surtout recommandée pour les canalisations situées dans des sols fins, et constamment humides, car il les rend à la fois plus imperméables et plus stables vis-à-vis des tassements ultérieurs (9).

La technique de colmatage par manchon peut généralement être utilisée pour le prolongement de la durée de vie de l'ouvrage. Souvent, elle est précédée d'une autre opération de réhabilitation (revêtement ciment ou époxy), pour arrêter les infiltrations (10).

E. Développement de la technique

L'étanchement de joint par manchon pneumatique et résines acryliques est apparu aux Etats-Unis dans le début des années 60. Vers le milieu des années 60, l'équipement T.V. a été utilisé pour le positionnement du manchon (10). En France, les premiers chantiers datent du début des années 70. Il s'agit surtout de l'étanchement des réseaux neufs (8). Actuellement, des recherches sont menées (CSTB) sur la pérennité des résines employées (29).

L'emploi de produits élastomères aux U.S.A. date depuis le début des années 70 (10). Quelques expériences ont été aussi menées en Angleterre. Mais, en France, ce procédé n'est pas encore utilisé. Aussi des manchons pour des canalisations ^600mm n'existent pas en France (12).

Aujourd'hui, plusieurs recherches sont menées visant l'amélioration des produits (augmenter la résistance du gel, empêcher parallèlement la prolifération des racines) et la performance des applications (30).

L'utilisation du ciment, utilisée depuis très longtemps, est de plus en plus abandonnée compte tenu de ses inconvénients, au profit de l'injection des résines (10).

F. Coût

Le coût de l'opération de colmatage dépend étroitement :

- des conditions de mise en oeuvre (conditions d'accès aux regards, absence d'obstacles à l'intérieur de la conduite, nombre de joints à traiter, situation géographique du chantier) ;
- du diamètre de la conduite ;
- de la quantité du mortier à injecter en fonction de la nature du sol et de la géométrie des joints (surtout pour le cas des résines acryliques).

Le coût de la résine est de l'ordre de 10-15 F/lt (12). Pour un diamètre de 200 à 300mm, on doit utiliser 20-301t/joint. Ainsi, le coût de l'opération varie de 600 F HT/joint (150mm) à 1.300 F HT/joint (600mm) (12) (9).

Ce coût unitaire comprend la fourniture du produit, l'étanchement et la vérification de l'étanchéité. A ce montant doivent être ajoutés : le nettoyage de la conduite (10-15 F/ml), l'inspection (10-15 F/ml) et éventuellement les travaux de carottage (10).

Dans le Tableau 1 figurent les prix de trois opérations d'injection de résine acrylique réalisées en France.

Tableau 1 : exemples d'application de la technique "injection de résine acrylique à l'aide d'un manchon"

| | EXEMPLE 1 | EXEMPLE 2 | EXEMPLE 3 |
|---|---|---|---|
| CARACTERISTIQUES DU CHANTIER | | | |
| - Localisation | PERIGUEUX | SAINT-RAPHAËL | CHAMPS (89) |
| - Date | 1978 | 12/79 | 05/79 |
| - Linéaire | 2.000m (0 150 - 200 - 300mm) | 2.000m (0 200 - 300mm) | 4.500m *(0* 200mm) |
| - Type de réseau | Séparatif - Béton | Séparatif - Amiante ciment | Séparatif - Amiante ciment |
| - Type de dégradation | Joints fuyards et fissures | Joints - Fissures | |
| COUTS | | | |
| - Inspection TV | 30.000 F | 115.000 F | 40.000 F |
| - Nettoyage | 20.000 F | 30.000 F | 10.000 F |
| - Etanchement | 44.000 F | 150.000 F | 171 .900 F |
| - Coût total | 94.000 F | 295.000 F | 221.900 F |
| | 47 F/ml | 147 F/ml | 49 F/ml |
| DIFFICULTES DE REALISATION | | Les cunettes des regards ont dû être agrandies pour le passage de la caméra et du manchon | Reprise des fissures longitudinales par des fouilles (15m - coût : 15.000 F)<br><br>Mise en place d'une obturation et d'un pompage |

## §10. INJECTION DE MORTIER DE CIMENT OU DE RESINES PAR POINTS

### 1. Principe

Cette technique consiste à remplir les vides présents dans la structure des conduites visitables par injection par points des produits colmatants, de façon à stopper de manière durable les infiltrations d'eau, les fuites d'eaux usées ou la pénétration des racines (10) (31).

### 2. Variantes technologiques

Les différents procédés existants se différencient par la nature des matériaux utilisés qui dépendent de l'objectif de l'opération. Ainsi, selon le but de l'intervention, on utilise réciproquement les matériaux suivants :

- pour la régénération : le ciment ;
- pour le collage : les résines ;
- pour l'étanchement : les coulis chimiques, les gels gonflables de type époxy (12).

#### a) Les injections de régénération (pointing)

Les injections de régénération ont pour objectif de combler les cavités présentées au niveau des joints d'egouts en maçonnerie et en béton et d'assurer le renforcement de la structure rénovée (10).

##### 1) Nature des matériaux utilisés

Le matériau utilisé est le ciment. Dans le cas où les vides sont importants, on emploie des mortiers (ciment, cendre bentonite) (10).

##### 2) Mise en place

Les joints entre les parements sont reconstitués, après élimination du matériau dégradé, à une profondeur au moins de 25mm (abattage, piquage,

nettoyage au jet hydraudynamique) par jointoiement manuel ou d'une manière plus efficace par injection ou par aiguilles (cf. Figure 31). Dans ce dernier cas, le jointoiement peut être fini manuellement pour obtenir une surface relativement lisse (5).

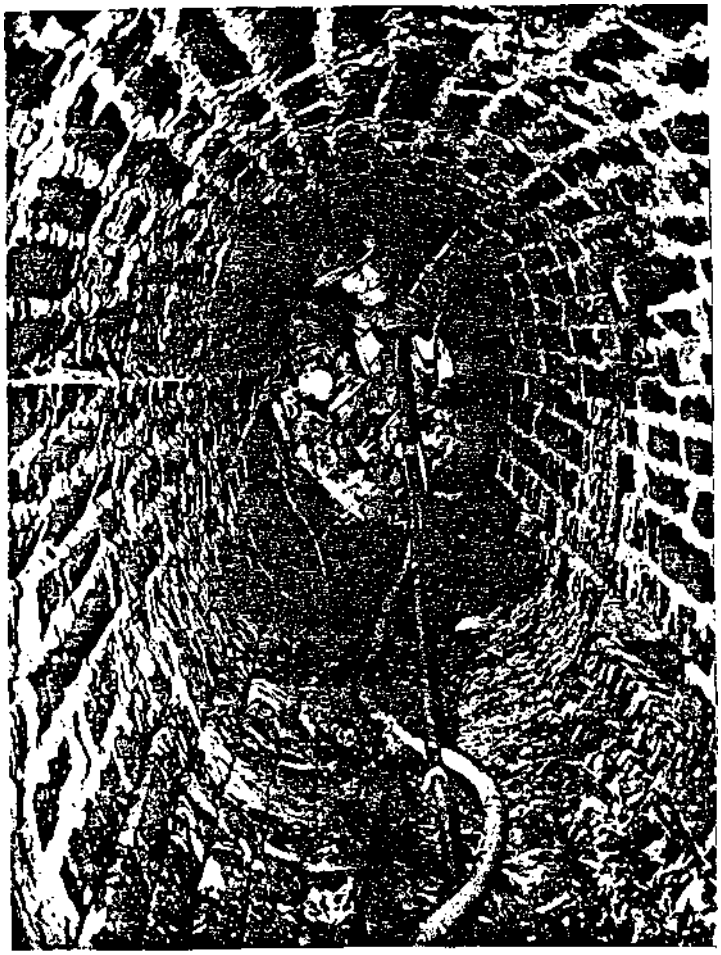


Figure 31 : Injection par points

Dans le cas de fissures importantes, on doit remplir les cavités formées à l'extérieur de la canalisation par injection de coulis, pour éviter l'effondrement éventuel de la chaussée. Cela peut s'effectuer par l'intérieur du réseau (5). Le remplissage de la cavité peut être facilement vérifié par le contrôle de la pression à l'injection (10).

L'injection de ciment ne peut pas être appliquée dans le cas d'infiltrations. On scelle alors des aiguilles dans la fissure à remplir, qui

assurent le rôle des drains pendant l'injection de mortier. Dans un deuxième temps, on injecte par les aiguilles une résine d'etanchement (10).

3) Moyens et matériels nécessaires à la mise en place

- des aiguilles d'injection de mortier de ciment ;
- des pompes-manomètres ;
- des raccords (5).

b) Les injections de collage

Les injections de collage ont pour but de rétablir la continuité de la structure des canalisations présentant une structure macroporeuse (ségrégation, fissures de retrait) tout en gardant une certaine résistance mécanique (10).

Les injections de régénération sont généralement associées à des injections de collage (10).

1) Nature des matériaux utilisés

On utilise des résines époxy de faible viscosité et à grand pouvoir d'allongement.

2) Mise en oeuvre

L'injection des résines se fait à l'aide d'une pompe à main, par l'intermédiaire d'aiguilles scellées.

L'injecteur est inséré dans un trou d'environ 13mm foré. Deux conduites reliées à la pompe manuelle amènent les composant chimiques et sont raccordées à l'injecteur où se fait le mélange (cf. Figure 32).

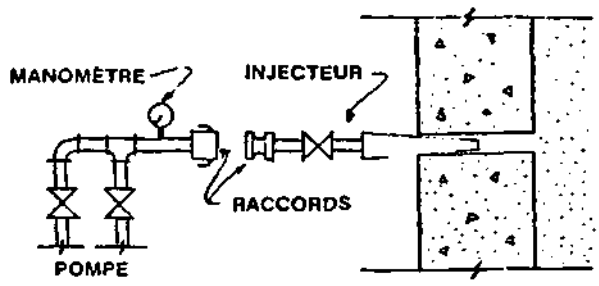



Figure 32 : Injecteur

Après s'être assuré que les produits se rendent bien jusqu'au raccord, on relie les conduites à l'injecteur. Sous une pression qui ne doit pas dépasser 175 KPa (25 psi), le liquide se répand dans le sol en obturant les vides pour réapparaître par la fissure. Cela nous permet de suivre son évolution derrière la canalisation (28).

c) L'injection d'étanchement

L'injection d'étanchement a pour but :

- de faire pénétrer le produit colmatant dans la masse de l'ouvrage à une profondeur suffisante pour stopper l'infiltration ;
- de gainer les réseaux poreux pour stopper les migrations capillaires d'humidité (10).

Nature des matériaux utilisés :

- Les coulis chimiques

Ce sont en général des coulis à base de silicate de soude associés à des résines de type époxy, des cendres de fuels (RFA) ou de la bentonite. Ils sont surtout utilisés au colmatage de cavités trop importantes. Ils présentent l'inconvénient d'être relativement rigides (10).

- Les gels gonflants de type époxy

Ils constituent le mélange d'une résine, d'un durcisseur et des accélérateurs, le produit final consistant à un gel souple plus ou moins consistant. La viscosité du mélange est voisine de l'eau, ce qui facilite la migration dans les réseaux. Le gel se gonfle à saturation en présence d'eau, ce qui, associé à un temps de polymérisation de quelques secondes, permet de traiter des infiltrations importantes.

3. Domaine d'application

a) Nature de la canalisation

Tous les types de matériaux, à l'exclusion de certaines matières plastiques (P.U.C.) pour les résines époxy (10).

b) Type et diamètre du réseau

Technique applicable pour les canalisations visitables (0 ^ 600mm) ainsi que les regards et les puits de visite.

Le réseau à rénover peut être de type unitaire ou séparatif, bien que compte tenu du diamètre ces techniques concernent généralement les réseaux unitaires et séparatifs pluviaux (10).

c) Type de détérioration

Ces techniques permettent de traiter :

- les fissures radicales de structures liées aux tassements différentiels, aux fluages du béton. L'injection de produits chimiques n'est pas utilisée pour l'étanchement des fissures longitudinales parce que le produit injecté risque de ne pas être absorbé sur toute la longueur de la fissure et par conséquent de tomber dans la conduite (4) ;
- l'humidité capillaire des parois devenues poreuses ;
- le jointoiement d'ouvrages en maçonnerie ;

- l'étanchernent des joints de regards ;
- l'étanchernent des branchements. Dans le cas des canalisations non visitables, le colmatage des branchements s'effectue par des forages à différents endroits au-dessus du branchement et injection à travers la tige de forage, de façon à enrober le tuyau (28).

Ces techniques assurent en effet l'étanchernent des ouvrages et dans une certaine mesure le renforcement des structures existantes et, donc, le prolongement de leur durée de vie. La structure du réseau endommagé ne doit pas être néanmoins fortement détériorée (5).

Dans le cas des joints trop ouverts, ou encore s'il y a beaucoup d'infiltration, le produit injecté a tendance à revenir trop rapidement par l'ouverture sans avoir le temps de se répandre suffisamment dans le sol pour l'étancher. Il est alors nécessaire de boucher le joint ou la fissure par un calfeutrage temporaire durant l'injection (28).

A. Développement de la technique

Les techniques de jointoiement manuel et d'injection sont très anciennes et largement utilisées dans les travaux publics. Par contre, la commercialisation des résines de nature et de qualité très diverses est récente.

5. Avantages - Inconvénients

a) Avantages

- technique utilisable pour l'étanchernent des regards ;
- les infiltrations ne sont pas gênantes (on effectue le drainage suivi d'une injection de mortier de ciment renforcé, puis on étanche par des aiguilles de drainage avec une résine époxy) ;
- technique applicable à une grande variété de détériorations. Selon le type de problèmes et de caractéristiques de l'ouvrage, on peut utiliser le produit colmatant le plus convenable (10) ;
- la dérivation des effluents n'est pas toujours nécessaire (7).

b) Inconvénients

- mise en oeuvre longue ;
- l'emploi de résine est cher surtout s'il existe des vides importants ;
- le caractère structurant de la rénovation est limité ;
- risque de colmatage ou de détérioration des canalisations avoisinantes (10).

## §11. COLMATAGE DES CANALISATIONS DE PETITS DIAMETRES PAR LA METHODE "FILL AND DRAIN" (REMPLISSAGE ET CURAGE)

### 1. Principe

Le principe de cette technique consiste à stabiliser et à assurer l'etancheité du sol au voisinage immédiat de la défectuosité afin de supprimer les infiltrations ou les exfiltrations (9).

### 2. Nature des matériaux utilisés

La plupart des résines utilisables en traitement des sols sont applicables (le temps de gélification doit être relativement long).

### 3. Mise en oeuvre

La section à rénover est isolée par deux obturateurs et puis remplie par résine. La résine se pompe sous pression afin que le terrain environnant absorbe la quantité nécessaire de résine.

La section est ensuite curée (avant la gélification complète de la résine, par des moyens mécaniques ou par de l'eau à haute pression et puis interceptée en amont de la station d'épuration.

### 4. Domaine d'application

Cette technique est utilisée surtout pour l'étanchement des canalisations d'un diamètre de moins de 100mm (10).

### 5. Développement de la technique

Cette technique est utilisée par la société BORDEL) en Angleterre.

6. Avantages - Inconvénients

a) Avantages

Les branchements individuels peuvent être colmatés en même temps et la canalisation dans le cas où ils s'interposent dans le tronçon rénové (5).

b) Inconvénients

- cette technique demande de grandes guantités de résine. Elle n'est alors applicable gue dans les canalisations de petits diamètres ;
- les effluents doivent être dérivés (5).

## §12. COLMATAGE DES FISSURES PAR CALFEUTRAGE

### 1 . Principe

Le calfeutrage consiste à boucher les ouvertures présentées dans la canalisation avec de l'étoupe, du ciment, un matériau caoutchouteux ou tout autre produit étanche. La réparation est en général réalisée manuellement (7).

Le bouchon formé lors du calfeutrage résiste à la pression hydraulicjje extérieure grâce aux forces de friction et aux propriétés adhésives du produit utilisé (cf. Figure 33) (28).

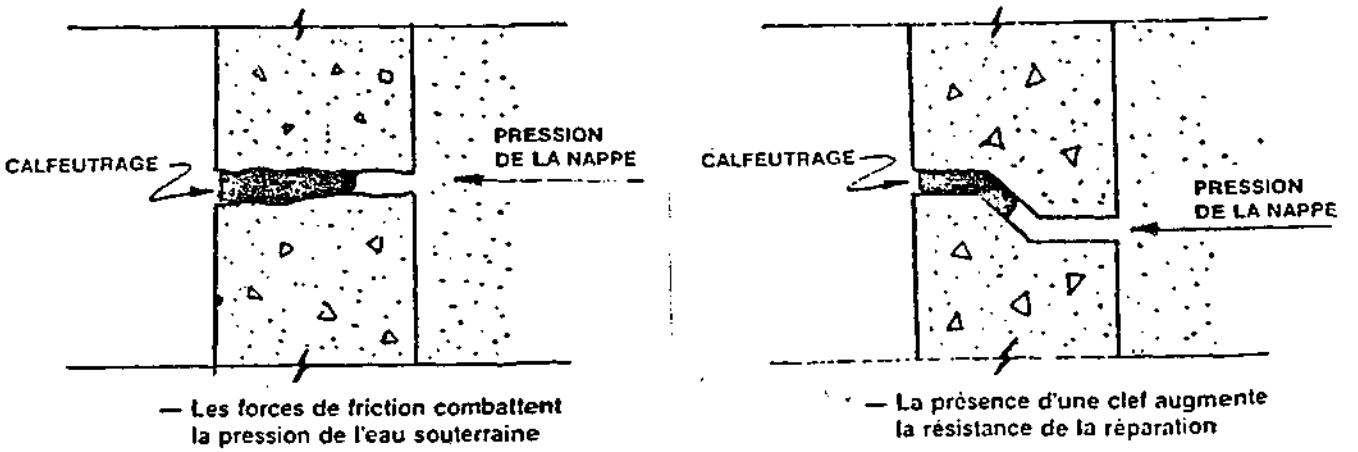



Figure 33 : Calfeutrage

### 2. Nature des matériaux utilisés

Les produits de calfeutrage, les plus souvent utilisés, sont de deux types : les ciments à prise et à l'étoupe activée (28).

- Ciment à prise rapide

Les ciments à prise rapide, c'est-à-dire qui se solidifient à peu près une minute après leur préparation, sont utilisés pour calfeutrer les ouvertures aux endroits où la flexibilité de la réparation n'est pas nécessaire : trous de levage ou fissure au centre d'une feuille de tuyau par exemple. Le produit a l'avantage d'être facile à manipuler. Il faut surtout éviter les ciments qui ont un retrait après la cure (28).

- Etoupe activée

L'etoupe activée est constituée de fibres de jute que l'on imbibe d'un produit à base de polyurethane. L'etoupe ainsi saturée de polyurethane est forcée puis mouillée dans le joint ou la fissure à colmater. Le mélange réagit avec l'eau, gonfle (10 fois son volume initial) et durcit, formant (après 35 sec) un caoutchouc compact, résitant, flexible et imperméable (27). Si l'expansion n'est pas limitée, le résultat sera semblable à une éponge. On ne peut donc utiliser ce produit que dans un espace restreint pour obtenir un caoutchouc plus dense et plus étanche. Le caoutchouc se solidifie et atteint toutes ses propriétés après un temps de cure d'une dizaine de minutes. Le temps de prise et de cure dépend de la température. Il peut être diminué en employant un additif (28).

3. Mise en oeuvre

a) Opérations préliminaires

Avant l'opération de colmatage il faut nettoyer soigneusement les surfaces. En effet, les surfaces à colmater doivent être préalablement débarrassées de poussière, saletés, graisses, béton ou mortier effrités. On ne doit pas trop compter quand même sur l'adhérence du produit, car la poussière de béton est difficile à éliminer. C'est plutôt la friction qui crée la résistance de la réparation aux pressions extérieures de la nappe d'eau (28).

Par ailleurs, dans le cas de calfeutrage avec du béton à prise rapide, si les fissures sont trop étroites elles doivent être agrandies pour obtenir une profondeur et une largeur d'au moins 20mm.

b) Opération de calfeutrage

Calfeutrage avec l'etoupe activée

Le diamètre des cordons d'étoupes est choisi en fonction de la largeur de l'ouverture à colmater. Les cordons sont d'abord trempés dans le

liquide colmatant et imbibés jusqu'à saturation. On envoie de l'eau dans 1'ouverture pour bien humecter les surfaces. Ensuite, l'etoupe est insérée dans 1'ouverture et tassée le plus profondément possible à l'aide de bâtons ou d'un couteau à mastic par exemple. Puis, on mouille l'etoupe pour amorcer la réaction chimique. Le jet d'eau ne doit pas être trop fort pour éviter que le produit chimique ne sorte de l'etoupe. On répète l'opération jusqu'à ce que l'ouverture soit remplie (28).

4. Domaine d'application

a) Type de réseau et diamètre

Le calfeutrage n'est applicable que dans le cas de canalisations visitables et par conséquent unitaire ou séparatif pluviales.

b) Type de détérioration

La technique du calfeutrage est utilisée pour l'étanchement des conduites et des regards de visite des réseaux.

La structure de la canalisation à rénover doit être en bon état.

5. Avantages - Inconvénients

a) Avantages

Le calfeutrage consiste en une technique simple et économique.

b) Inconvénients

- l'utilisation de produits chimiques nécessite une bonne ventilation ainsi que la prise de mesures de sécurité recommandées par le fabricant ;
- le nettoyage de l'équipement est difficile à faire.

## §13. REPARATION PAR COFFRAGE EXTERNE

### 1. Principe

Cette technique consiste à effectuer une excavation au droit de la détérioration ou du joint fuyard, à mettre en place un coffrage dans lequel est coulé du béton, après étanchement sommaire de la fuite (10).

### 2. relise en oeuvre

#### a) Opérations préliminaires

- localisation précise de la détérioration ;
- excavation ;
- mise en place d'un blindage ;
- évacuation des eaux de nappe ;
- obturation de la canalisation.

#### b) Opérations de réparation

- confection du coffrage ;
- préparation du béton ;
- étanchement sommaire de la détérioration ;
- remplissage du coffrage' avec le béton à prise rapide ;
- vérification de l'étanchéité par la mise en eau du tronçon après la prise du béton (3-6 heures) ;
- comblement de l'excavation et réfection de la chaussée (10).

#### c) Moyens et matériels nécessaires à la mise en oeuvre

- 2 personnes ;

- matériels d'excavation, de blindage et de préparation du béton.

#### d) Durée de mise en oeuvre

4-6 heures (elle dépend des conditions d'excavation).

3. Domaine d'application

a) Nature de la canalisation

Technique applicable à tous les types de canalisations.

b) Type et diamètre du réseau s

Technique utilisable à tous les types de réseaux unitaires ou séparatifs. En pratique, le domaine d'emploi de cette technique est limité aux petites canalisations (diamètre < 600mm).

c) Type de détérioration

L'utilisation de cette technique est réservée à la réparation de détériorations ponctuelles (perforation, absence de joints). L'étanchement de joints par cette technique est délicat à mettre en oeuv/re, de plus, le joint perd sa souplesse, et des cassures peuv/ent apparaître de part et d'autre du coffrage lors de mouvements de terrain (10).

A. Développement de la technique

Le coffrage est largement utilisé, il constitue la méthode la plus ancienne de réfection ponctuelle d'une canalisation (10).

5. Coût

Le coût est directement lié aux dimensions de la fouille et à la réalisation du blindage.

- Coût de démolition de la chaussée :
  . par engin mécanique : 6 F/m2 ;
  . pour des chaussées en pavés : 100-150 F/m2.
- Coût d'excavation : 25 F/m3.
- Coût de blindage non jointif : 25 F/m2.
- Coût de réfection de la chaussée : 55 F/m2.

6. Avantages. Inconvénients

a) Avantages

- technique ne nécessitant pas de matériel sophistiqué ;
- technique applicable directement à un grand nombre de diamètres et de types de canalisations ;
- opération peu coûteuse.

b) Inconvénients

- difficile à mettre en oeuvre dans le cas où le sous-sol est encombré ;
- le résultat dépend étroitement de la qualité de pose ;
- la technique supprime la flexibilité du joint ;
- la technique est économiquement inapplicable s'il y a de nombreuses détériorations.

## §14. REMPLACEMENT DE LA CANALISATION ENDOMMAGEE

### 1 . Principe

Cette technique consiste à changer le ou les éléments détériorés, par des tuyaux neufs.

On distingue trois grands types d'interventions :

- le remplacement ponctuel de l'élément détérioré ;
- le remplacement total d'un tronçon du réseau par échange des éléments détériorés avec des ensembles neufs (tuyaux cassés, branchements ou regards fuyards) ;
- la construction, parallèlement au tronçon dégradé, d'une nouvelle conduite, l'ouvrage primitif pouvant éventuellement jouer un rôle dans le nouveau schéma de collecte (10).

### 2. Mise en oeuvre

Une opération de remplacement comprend généralement trois étapes :

- Etude préalable :
  . connaissance des particularités du tronçon à remplacer ;
  . évaluation de l'état de la canalisation ;
  . évaluation des contraintes d'exécution (profondeur de la canalisation, nature du terrain, présence de nappe phréatique, occupation du sous-sol ...) ;
  . étude hydraulique pour le cas de construction d'un réseau neuf ;
  . prise en compte des changements intervenus depuis la pose de l'ouvrage existant.
- Excavation et pose des éléments neufs
- Essai de la canalisation
  . vérification de l'étanchéité ;
  . vérification de la stabilité ;
  . vérification de la qualité des branchements.

3. Domaine d'application

a) Nature de la canalisation

La nature du matériau constitutif de l'égout primitif ne joue qu'un rôle réduit dans le cadre de cette technique. Dans certains cas, le remplacement peut être l'occasion de modifier, au niveau des zones critiques les plus détériorées, la nature du matériau afin de lutter contre les causes de détérioration (10) ( A ) .

b) Type de réseau et diamètre

Cette technique est utilisable aussi bien sur des réseaux unitaires que séparatifs.

Elle est réservée aux tuyaux non visitables et en pratique dans la gamme de diamètres comprises entre 150 et 400mm, pour des raisons éventuelles de coût (de même pour les branchements fuyards).

c) Type de détérioration

Pour des raisons économiques cette méthode n'est conseillée que dans des cas de détériorations très graves du réseau (manque de tronçons, effondrements, présence de fractures longitudinales longues) (1 ). Avant d'engager une opération de remplacement, il faut connaître exactement les causes de détérioration, de manière à y porter remède durablement, en changeant la nature du matériau, les dimensions de la canalisation ou en modifiant les conditions de pose (10).

A. Développement de la technique

Ces techniques sont parmi les plus utilisées, surtout en milieu rural où les contraintes d'exécution sont moins importantes.

5. Coût

- Démolition de la chaussée
  . par engins mécaniques, sans récupération des matériaux : B F/m2 ;
  . chaussées pavées avec récupération des matériaux : 100-150 F/m2.
- Réfection de chaussées : 55 F/m2.
- Fouille (jusqu'à 3m de profondeur)
  . terrassement mécanique : 25 F/m2 ;
  . terrassement manuel : 100-125 F/m2.
- Evacuation des remblais utilisés : 2B F/m3.
- Blindage (non jointif) : 25 F/m2.
- Confection du lit de pose (fourniture de sable + pose) : 110 F/m3.
- Remblaiement (fourniture + pose) : 60 F/m3 (prix 1980).
- Compactage
  . 160 F/m2 pour des chaussées de grand trafic ;
  60 F/m2 pour des petites chaussées.
- Enrobage
  L'utilisation du béton bitumineux revient à 850 F/m3.
- Fourniture et pose des tuyaux (prix TTC)
  . amiante ciment, série 9000, à 1,5m de profondeur :
  Ø 200 : 180 F/ml
  Ø 400 : 325 F/ml
  . béton armé :
  Ø 300 : 252 F/ml
  Ø 400 : 310 F/ml
  Ø 600 : 475 F/ml
  Ø 1.000 : 950 F/ml
  . fonte :
  Ø 400 : 1.450 F/ml
  Ø 700 : 1.750 F/ml

  **Dans le cas de la fonte à 3m à profondeur :**
  Ø 400 : 2.130 F/ml
  Ø 700 : 2.500 F/ml
  Ø 2.000 : 5.030 F/ml

Pour un ovoïde T 200 en fonte, placé à 3m de profondeur, il faut compter 3.600 F/ml (9).

Dans ces prix, il faut aussi ajouter la gêne des usagers qui constitue une part non négligeable du coût global.

6. Avantages - Inconvénients

a) Avantages

- par le remplacement, on peut corriger les problèmes d'alignement du collecteur (4) ;
- conduite neuve (on peut utiliser des matériaux propres aux conditions particulières de l'ouvrage) ;
- on peut obtenir une augmentation de la capacité d'écoulement importante (10) (4) ;
- on obtient une réfection des branchements connectés (A).

b) Inconvénients

- gêne importante des usagers (encombrement de la chaussée, perturbation de l'écoulement) (10) (9) ;
- durée d'intervention importante ;
- servitudes importantes au niveau de la mise en oeuvre ;
- coût élevé (9) ;
- dans le cas de construction parallèlement au tronçon dégradé d'une nouvelle conduite, la présence de l'ouvrage primitif continue à constituer une menace de dommages ultérieurs (liées par exemple à un effondrement ou à un "effet de drainage"). Il doit alors être comblé ou déposé, ce qui conduit à un surcoût de l'ordre de *60%* (égal à la part des terrassements dans les dépenses d'installation d'une conduite.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE L'ANNEXE 13

1 - WATER RESEARCH CENTER, Seuterage Rehabilitation Manual, Dater Research Center, Water Authorities Association, Suiindon , 3 Vol., 1983.

2 - PAYNTING (Tony), "Size-for-size replacement shouin off", in Surveyor, 8 March 1984, pp. 8-10.

3 - ANDERSON, "Présent Techniques for "In-Situ" Seuier Rénovation", in Dater Pollution Control, 82, n° 2, 1983, pp. 179-186.

4 - WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, Existinq Seuier Evaluation and Rehabilitation , ASEE Manuals and Reports on Engineering Practice n° 62, WPCF Manual of Practice n° FD-6, WPCF, Washington, 1983, 106 p.

5 - STRICKLANDE L., Seuier Rénovation Technical Report TR87, Water Research Center, Suiindon, September 1978, 52 p.

6 - WILLIAMS RG., "Polyethylene for seuier rénovation", in Water and Waste Treatment, December 1983, p. 42.

7 - ANDREWS L. (Paul) et YONKER A. (Stephen), "Seuier Maintenance and Rehabilitation Options", in Water/Enqineerinq of Management, May 1982, pp. 38-46.

8 - PREFER H. (Eduiin), "Polyéthylène Pipe Insertion Réhabilitâtes Old Seuiers" , in Water and Seuierage Works, April 1976, pp. 92-94.

9 - C .R .E. A.T.E., Diagnostic et réhabilitation des réseaux d'eaux usées. C .R .E . A.T.E., Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Colombes, Mai 1983, 228 p.

10 - COLIN J.F., LE GUILLOU, Etude des procédures de réhabilitation des réseaux d'assainissement, IRH (Institut de Recherchers Hydraulogiques), Nancy, November 1980, 207 p.

11 - GREASLEY Kerry, "In the curing lies a cure for seuiers", in Surveyor, 9 February 1984, pp. 12-16.

12 - LE GUILLOUX, Intervention aux journées de formation continue à l'ENPC du 23-25 Avril 1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1985.

13 - "Seuer Repairs uiith Minimum Traffic Disruption", in Public Works, April 1975, p. 106.

14 - "Slip-Lining Simplifies Seuiers Repair", in Public Uorks, January 1979, p. 96.

15 - DE LA CLERGERIE Laterini, "Techniques de chimisage : procédé Insituform", in Actes de journées de formation continue de l'ENPC du 23-25 Avril 1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1985.

16 - GERMOUTY, "Rapport de l'opération de la rénovation des égouts de la grande rue de Saint-Clair à Caluire et Cuire", in Actes des journées de formation continue de l'ENPC du 23-25 Avril 1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1985.

17 - C00PETANCHE, Copeflex ; étanchéité et renforcement des conduites, Coopétanche, 1985, 6 p. (manuel technique d'applications générales).

18 - ENTREPOSE T.P., Travaux de réhabilitation de réseaux d'assainissement par qainaqe Insituform (liste de travaux supérieurs à 100.000 F H.T. exécutés depuis 1982.

19 - MORRISON Alain, "Sewers : repairing beats replacing", in Civil Engineering, ASCE, September 1983, pp. 60-63.

20 - GERBAULT (Coopetanche), Intervention aux journées de formation continue de l'ENPC du 23-25 Avril 1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1985.

21 - COOPETANCHE, "Le chemisage Copeflex", Actes de la journée de formation organisée par le C.R.E.A.T.E. en Octobre 1986, Rénovation des réseaux ; quelles techniques au service des exploitants 7, C.R.E.A.T.E. Agence Financière de Bassin Seine-Normandie), 1986.

22 - Propos recueillis auprès de Monsieur RENAUD, Ingénieur de la Coopetanche, lors d'une interview réalisée le 31-11-1986 à flelun.

23 - COOPETANCHE, "Techniques d'étanchéité et renforcement de conduites", in Actes des journées de formation continue de l'ENPC du 23-25 Avril 1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement. Paris, ENPC, 1985.

24 - "Réhabilitation des réseaux d'assainissement. Deux méthodes en réseau unitaire à Besançon", in Actes des journées de formation continue de l'ENPC du 23-25 Avril 1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1985.

25 - BURGUN D. et DE GUILLEBON B., "Béton projeté renforcé de fibres de fonte. Application à la réhabilitation d'un collecteur d'assainissement à Nancy", in T.5.PI.-EAU. Janvier 1987, pp. 19-26.

26 - PAYNTING Tony, "flesh and mortar reline a Londor semer", in Surveyor, 8 March 1984, pp. 12-15.

27 - BURGUN, "Réhabilitation sur le réseau d'assainissement de Nancy : reprise structurante en béton armé", in Actes des journées de formation

continue de l'ENPC du 23-25 Avril 1985, La réhabilitation des réseaux d'assainissement, Paris, ENPC, 1985.

28 - GENDRON Pierre, "Rehabilitation des réseaux d'égouts par colmatage", in Eau du Québec, Août 1982, pp. 295-299.

29 - Propos recueillis auprès de Monsieur TRANCART, Chargé d'études au CREATE, lors d'une interview réalisée le 25-11-1986 à Nanterre.

30 - "Latéral Sealing System Helps Control I/l", in Public Works, November 1984, pp. 58-61.

31 - COX G., "Survey of the rénovation of sewers", in Actes du Symposium on : Détérioration of Underground Assets, London, Institution of Mater Engineers and Scientists, 1983.

| TECHNIQUE | UNIT COST FORMULAE (£/m) | VALID DIAMETER RANGE (mm) | CONFIDENCE FACTOR | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Lower | Upper |
| PE<4m depth | $22.75\ L^{-0.24}D^{0.45}h^{0.38}$ | 200-700 | 0.5 | 1.9 |
| Insituform | $7.96\ L^{-0.39}D^{0.88}$ | 100-750 | 0.7 | 1.4 |
| PRC | $0.017\ L^{-0.14}D^{1.64}$ | 725-1300 | 0.5 | 2.2 |
| GRP | $0.56\ L^{-0.17}D^{1.11}$ | 600-1600 | 0.5 | 2.1 |
| GRC | 245 | 725-1050 | 0.6 | 1.4 |
| Gunile | 297 | 725-1200 | 0.8 | 1.2 |

Notes:
1. Valid for contracts between 50 and 600m in length
2. The "valid diameter range" minimum values for PRC, GRC and Gunite are équivalent diameters for non circular sections based on cross sectional area considérations. For normal available size ranges see Figure 2.4.

D — lining internai diameter (mm) (or équivalent diameter for non circular sections)
h = depth to inverl (m)
L = total contract length (m).

Source : WATER RESEARCHE CENTER. WATER AUTHORITIES ASSOCIATION. Seweraas réhabilitation manual. Swindon. Water Research Center. 1983-

# ANNEXE

## FORMULES CONCERNANT LE PRIX UNITAIRE DES TECHNIQUES DE REHABILITATION