

**MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE
L'ALIMENTATION, DE LA PECHE ET
DES AFFAIRES RURALES**

**Direction Générale de la forêt et des
affaires rurales**

DOCUMENT TECHNIQUE

FNDAE

N°32

Réhabilitation des réseaux d'assainissement en zone rurale

Jean-Marc BERLAND

Octobre 2004

FONDS NATIONAL POUR LE
DEVELOPPEMENT DES
ADDUCTIONS D'EAU



Office International de l'Eau
SNIDE

Le présent document a fait l'objet d'une relecture par :

Monsieur **BERGUE Jean-Michel**, Ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer, Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques – Projet National Réhabilitation des réseaux d'Assainissement Urbains (RERAU).

Monsieur **DUPONT Jean-Dominique**, Chef de Bureau, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires Rurales – Direction Générale de la forêt et des affaires rurales - Sous-direction du soutien aux territoires et aux acteurs ruraux – Bureau de l'aménagement rural.

Monsieur **MALRIEU Jacques**, Office International de l'Eau – Centre National de Formation aux Métiers de l'Eau – Responsable de la Formation et des Etudes – Pôle de La Souterraine.

Madame **THUAULT Maryline**, Chargée de Mission, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires Rurales – Direction Générale de la forêt et des affaires rurales - Sous-direction du soutien aux territoires et aux acteurs ruraux – Bureau de l'aménagement rural.

Qu'ils soient remerciés pour leurs apports précieux.

N° ISBN : 2-11-092859-X

Sommaire

1	<i>Préambule : terminologie employée</i>	7
2	<i>Introduction</i>	8
	<i>PARTIE I : CONNAISSANCES TECHNIQUES NECESSAIRES A L'EVALUATION DES BESOINS EN REHABILITATION / RENOUELEMENT DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT</i>	12
3	<i>Les causes de dégradation des ouvrages</i>	13
3.1	Risques géotechniques et hydrogéologiques	13
3.1.1	Entraînement de fines	13
3.1.2	Tassement	14
3.1.3	Dissolution	14
3.1.4	Effondrement dû aux vides	15
3.1.5	Gonflement – retrait	15
3.1.6	Glissement de terrain	15
3.1.7	Sismicité	15
3.1.8	Mouvements tectoniques	15
3.1.9	Eboulement rocheux	16
3.1.10	Marnage	16
3.2	Risques hydrauliques	17
3.2.1	Action mécanique et physico-chimique de l'effluent	17
3.2.2	Action hydraulique	17
3.3	Risques structurels	17
3.3.1	Les charges statiques et dynamiques	17
3.3.2	Maintenance	17
3.3.3	Construction	18
3.4	Risques d'impact du milieu	18
3.4.1	Interaction avec les usages de surfaces	18
3.4.2	Modification des usages de surfaces	19
3.4.3	Interaction avec le bâti	19
4	<i>Les défaillances possibles des réseaux d'assainissement et leurs conséquences</i>	20
4.1	Les cassures	20
4.2	Les déformations	22
4.3	Les défauts d'étanchéité	23
4.4	Les anomalies ponctuelles	24
4.5	Les dégradations de parements	25
4.6	Caractérisation des différents défauts rencontrés au niveau des conduites non visitables	26
5	<i>Le diagnostic global d'un réseau d'assainissement</i>	33
5.1	Méthodologie générale	33
5.1.1	Le diagnostic géométrique	33
5.1.2	Le diagnostic géophysique	33

5.1.3	Diagnostic physico-chimique	34
5.2	Les techniques d'auscultation des ouvrages	35
5.2.1	Inspection télévisée (ITV) des ouvrages non visitables	35
5.2.2	Les techniques d'auscultation géométrique	36
5.2.2.1	Inclinomètre	36
5.2.2.2	Capteur d'orientation	37
5.2.2.3	Relevé topographique	37
5.2.2.4	Sonar	37
5.2.3	Les techniques d'auscultation géotechnique	38
5.2.3.1	Radar géophysique	38
5.2.3.2	Sonde gamma	39
5.2.3.3	Impédance mécanique	39
5.2.3.4	Mesures électriques en courant quasi-continu	40
5.2.3.5	Essais MAC	40
5.2.4	Les autres tests	41
5.2.4.1	Paramètres physico-chimiques	41
5.2.4.2	Mesures des débits	41
5.2.4.3	Conformité des branchements	42
6	Diagnostics et préconisations	43
6.1	Les étapes du suivi d'un ouvrage d'assainissement	43
6.2	Le diagnostic	44
6.3	Document de préconisation des travaux	44
6.3.1	Rapport de présentation	45
6.3.2	Avant Projet Sommaire	45
6.3.2.1	Les plans	45
6.3.2.2	Le mémoire technique	45
6.3.2.3	L'estimation	46
7	Les techniques de réhabilitation pour les conduites non visitables (diamètre compris entre 200 et 1200 mm).	47
7.1	Procédés non destructifs	47
7.1.1	Robots multifonctions	47
7.1.2	Injections ponctuelles d'étanchement ;	48
7.1.3	Manchette (ou chemisage partiel)	50
7.1.4	Chemisage continu	52
7.1.5	Tubage.	53
7.1.5.1	Poussage ou traction d'éléments	54
7.1.5.2	Traction en continu d'un tubage long	55
7.1.5.3	Traction en continu d'un tube prédéformé	55
7.1.5.4	Tubage par enroulement hélicoïdal	56
7.2	Procédés destructifs pour un remplacement des réseaux sans ouverture de tranchée	56
7.2.1	Le microtunnelier « mange tube »	57
7.2.2	Eclate tuyaux.	57
7.3	La réhabilitation des réseaux avec ouverture de tranchée	58
7.3.1	La préparation du chantier	58
7.3.2	La pose des tuyaux	59
7.3.3	Le remblayage des tranchées	60
7.4	Avantages et inconvénients des techniques de réhabilitation des réseaux d'assainissement : récapitulatif	61

8	<i>Les techniques de réhabilitation des ouvrages annexes</i>	63
8.1	Réhabilitation de regards de visite	63
8.1.1	Les différentes techniques	63
8.1.2	Les contrôles	65
8.2	Le chemisage des branchements	67
9	<i>Suivi d'exécution des travaux de réhabilitation</i>	68
10	<i>L'apport des Systèmes d'Information Géographiques (SIG)</i>	71
10.1	Les utilisations possibles des SIG pour les services « assainissement »	71
10.2	Le développement des SIG dans les petites collectivités.	71
10.3	Les réticences possibles lors de la mise en œuvre de l'outil	72
10.4	Le choix du matériel	72
<i>PARTIE II : LE FINANCEMENT DU RENOUVELLEMENT DES RESEAUX</i>		
<i>D'ASSAINISSEMENT</i>		
11	<i>Renouvellement : une définition précise... un contour flou</i>	74
12	<i>Renouveler : quand et pourquoi ?</i>	75
12.1	Les raisons du renouvellement	75
12.1.1	Causes techniques	75
12.1.2	Causes économiques	75
12.1.3	Les causes technologiques	76
12.1.4	Les causes sociales ou réglementaires	76
12.1.5	Les causes contractuelles	76
12.2	La gestion patrimoniale des réseaux comme modèle à suivre	77
13	<i>Le financement du renouvellement des réseaux d'assainissement</i>	80
13.1	Le cadre budgétaire et comptable défini par différentes instructions	80
13.1.1	L'obligation d'individualisation budgétaire	80
13.1.2	Le cadre pour la présentation des budgets des services publics d'assainissement et de distribution d'eau potable.	83
13.2	Les différents moyens de financement du renouvellement des réseaux d'assainissement	84
13.2.1	La voie à privilégier pour le renouvellement des conduites d'assainissement : l'autofinancement local	84
13.2.1.1	L'amortissement des immobilisations	84
13.2.1.1.1	Les différentes notions d'amortissement	84
13.2.1.1.1.1	Amortissement (autrefois qualifié amortissement technique)	85
13.2.1.1.1.2	Amortissement budgétaire	86
13.2.1.1.1.3	Amortissement financier.	86
13.2.1.1.1.4	Conclusion sur les différentes notions d'amortissement	87
13.2.1.1.2	Les conditions de mise en œuvre de l'amortissement	87
13.2.1.1.2.1	Champ d'application	88
13.2.1.1.2.2	Méthodes d'inventaire	88
13.2.1.1.2.3	Base de calcul	89
13.2.1.1.2.4	Mode de calcul	90
13.2.1.1.2.5	Règles d'inscription au budget	90
13.2.1.1.3	La pratique de l'amortissement	91

13.2.1.1.3.1 Un moyen de couvrir l'amortissement financier	91
13.2.1.1.3.2 effet de la taille des collectivités	92
13.2.1.1.3.3 L'amortissement : un moyen d'autofinancement efficace mais faisant parfois l'objet de vives critiques.	93
13.2.1.1.4 La reprise des subventions	93
13.2.1.2 L'autofinancement complémentaire de la section d'investissement	94
13.2.1.3 Les réserves	96
13.2.1.4 Les provisions	96
13.2.1.5 Conclusion sur les différentes possibilités comptables d'autofinancement	98
13.2.1.6 Le financement du renouvellement par le gestionnaire délégué	99
13.2.1.6.1 La provision pour renouvellement	100
13.2.1.6.2 La provision pour risque de renouvellement	101
13.2.1.6.3 L'amortissement de caducité	101
13.2.1.7 Les clauses de renouvellement possibles	102
13.2.1.7.1 La Garantie de Renouvellement	102
13.2.1.7.2 Le compte de renouvellement	103
13.2.1.7.3 Tendance liée à chaque clause de renouvellement	103
13.2.1.8 Un contrôle par la collectivité nécessaire	103

PARTIE III : TROIS SITUATIONS PROBLEMATIQUES : CAUSES ET SOLUTIONS

	105
14 Exemple 1 : Reprise par la collectivité d'un réseau privé en très mauvais état	106
14.1 Présentation du problème	106
14.2 La « solution » choisie par la collectivité	106
14.3 Que faire pour éviter une telle situation conflictuelle ?	107
15 Exemple 2 : Constitution d'une communauté de communes avec de forts déséquilibres quant au patrimoine	108
15.1 Présentation du problème	108
15.2 La « solution » choisie par la collectivité	109
15.3 Que faire pour éviter une telle situation conflictuelle ?	109
16 Exemple 3 : Nécessité de renouveler rapidement alors qu'aucune marge d'autofinancement n'a été dégagée	110
16.1 Présentation du problème	110
16.2 La « solution » choisie par la collectivité	110
16.3 Que faire pour éviter une telle situation ?	110
17 Conclusion	111
18 Bibliographie	112
19 Index des tableaux	114
20 Index des graphiques	115

1 Préambule : terminologie employée

Au sens normatif technique, le terme réhabilitation est générique et comprend : réparation, rénovation, remplacement (sous entendu « place pour place », c'est à dire à l'emplacement précis de l'ouvrage à réhabiliter).

La norme NF EN 13 380 relative aux *prescriptions générales pour les composants utilisés pour la rénovation et la réparation des branchements et des réseaux d'assainissement à l'extérieur des bâtiments (sept. 2001)* propose également une terminologie des techniques indiquée ci- dessous. Nous respecterons cette terminologie dans ce rapport.

Réhabilitation : toutes mesures entreprises pour restaurer ou améliorer les performances d'un réseau d'assainissement existant.

Rénovation : travaux utilisant tout ou partie de l'ouvrage existant en améliorant ses performances actuelles.

Réparation : rectification des défauts localisés.

Remplacement : construction d'un réseau neuf se substituant à un réseau d'assainissement existant.

REHABILITATION (techniques sans tranchée)		
Rénovation (techniques continues)	Réparation (techniques ponctuelles)	Remplacement (techniques continues)
Chemisage continu polymérisé en place (<i>gainage ou chemisage continu</i>)	Injection d'étanchement (<i>injection</i>)	Tubage après éclatement (<i>éclateur</i>)
Tubage par tuyau continu avec espace annulaire (<i>tubage</i>)	Chemisage partiel	Microtunnelage (<i>mange tube</i>)
Tubage par tuyaux courts avec espace annulaire (<i>tubage</i>)	Robot à fonctions multiples	
Tubage par enroulement hélicoïdal avec espace annulaire (<i>tubage hélicoïdal</i>)	Robot découpeur	
Tubage par tuyau continu sans espace annulaire (<i>tubage prédéformé</i>)		

Nota : le terme anciennement utilisé par les praticiens est précisé en italiques dans le tableau ci-dessus.

D'autre part, une classification des différents modes de réhabilitation est proposée dans le projet de norme expérimentale française XP 16-106 (mai 2004) :

Réhabilitation préventive : toutes mesures entreprises pour restaurer ou améliorer les performances d'un réseau d'évacuation et d'assainissement existant, quand elles sont menacées

Réhabilitation curative : toutes mesures entreprises pour restaurer ou améliorer les performances d'un réseau d'évacuation et d'assainissement existant, quand elles sont perturbées.

Le terme renouvellement, en revanche, ne fait pas partie du vocabulaire normatif technique. Il est, par contre, constamment utilisé lorsque l'on parle de financement des interventions sur le patrimoine « réseau d'assainissement ». Remplacement et renouvellement sont, en fait, synonymes mais utilisés dans deux domaines différents (technique et financier), l'usage du premier sera donc à la partie technique et l'usage du second à la partie financière.

2 Introduction

Pour la France entière (métropole et départements d'outre mer), le nombre de communes rurales s'élevait à 34647 en 2000 contre 34609 en 1990. L'accroissement de communes s'explique principalement par des séparations de communes anciennement fusionnées.

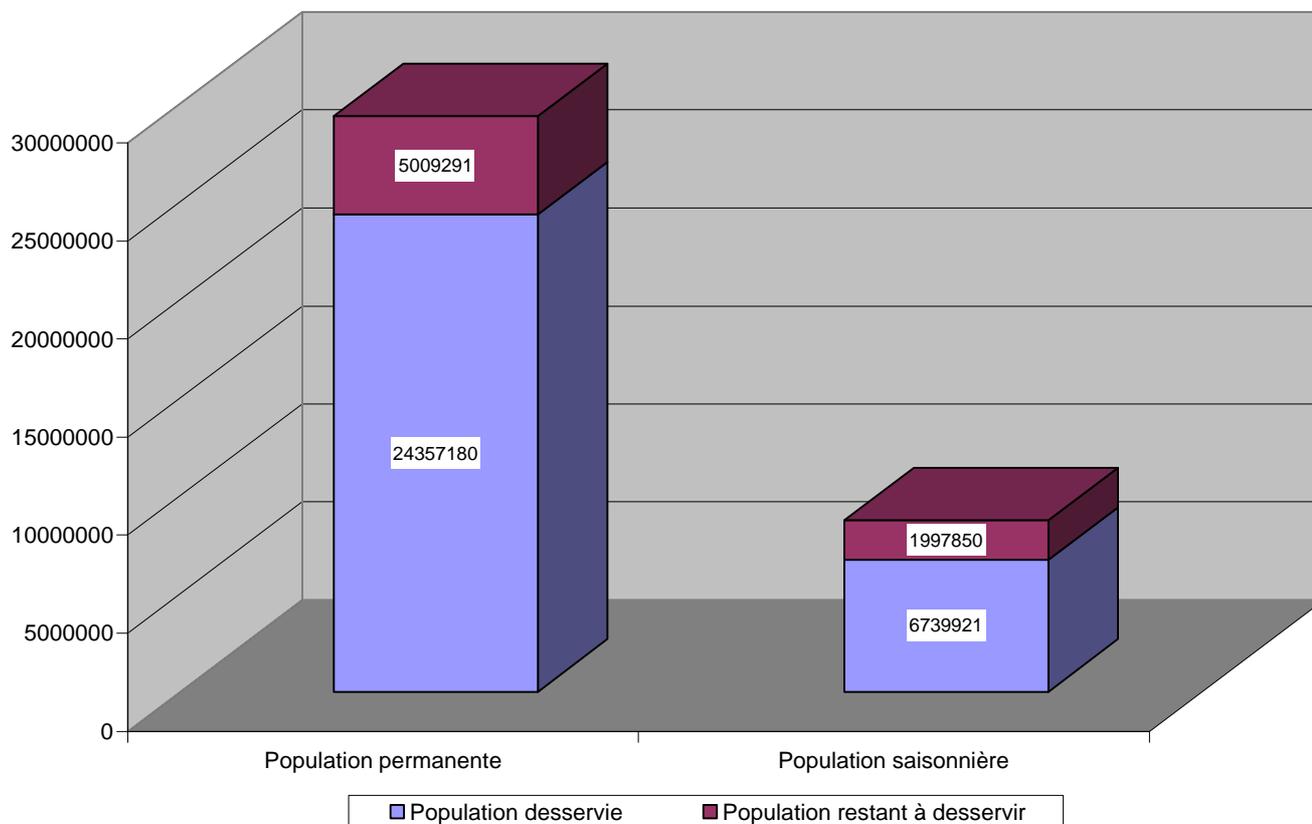
La population des communes rurales est passée de 24.394.000 à 25.498.543 entre 1990 et 1999 (FNDAE-2004).

Au 1^{er} janvier 2000, l'équipement en matière de réseau d'assainissement collectif n'était pas achevé comme le montrent le tableau et le graphe ci dessous.

Tableau 1. Répartition de la population rurale par type d'assainissement dont elle relève (FNDAE-2004).

Type d'assainissement	Population permanente		Population saisonnière		Population totale	
Individuel	4.379.381	19,36%	3.179.790	21,19%	7.559.171	20,09%
Regroupé	240.704	1,06%	545.955	3,64%	786.659	2,09%
Collectif	18.004.534	79,58%	11.283.820	75,18%	29.288.354	77,82%

Graphique 1. Populations permanentes et saisonnières relevant de l'assainissement collectif desservies ou restant à desservir (d'après FNDAE – 2004)

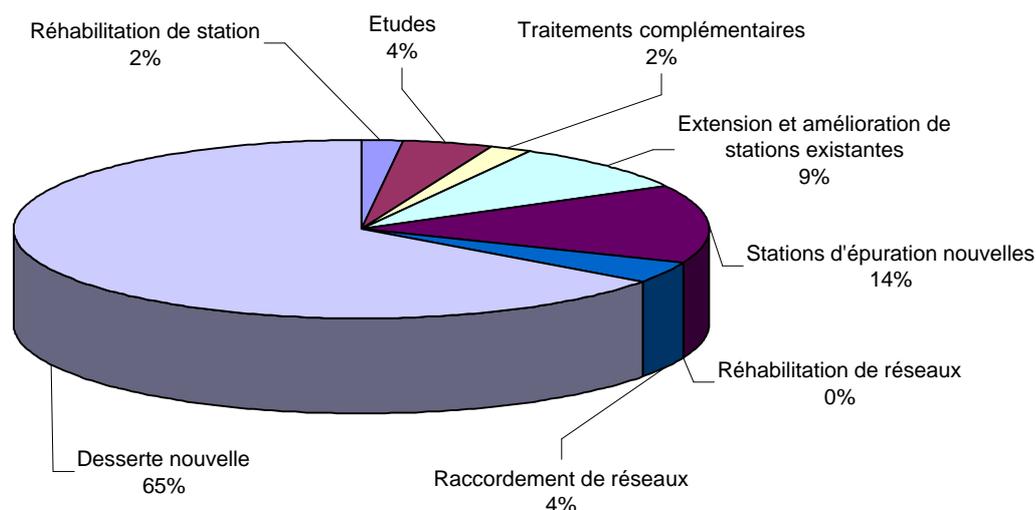


Dans ce contexte, il est possible que certaines communes, encore tournées vers la mise en place de l'équipement initial en matière d'assainissement, ne voient pas la planification de la réhabilitation des réseaux d'assainissement comme une priorité. Le graphique sur la répartition des investissements prévus en assainissement de 2000 à 2004 par les DDAF lors de l'enquête menée par le FNDAE en 2000, illustre cet état de fait. Néanmoins, le document a pour but de montrer :

- que les causes de désordre et de défaillances au niveau des réseaux d'assainissement sont nombreuses ;
- que leurs conséquences sur l'environnement ou sur le fonctionnement des stations d'épuration peuvent être importantes ;
- qu'il convient de bien suivre l'état des réseaux et de remédier à leurs dysfonctionnements.

Par ailleurs, les règles de la comptabilité publique obligent la plupart des communes à provisionner les sommes nécessaires au renouvellement des installations d'assainissement et de réaliser différents amortissements. Nous rappellerons ici ces règles et ce qu'elles impliquent pour les finances locales.

Graphique 2. Répartition des investissements prévus en assainissement (d'après FNDAE – 2004)

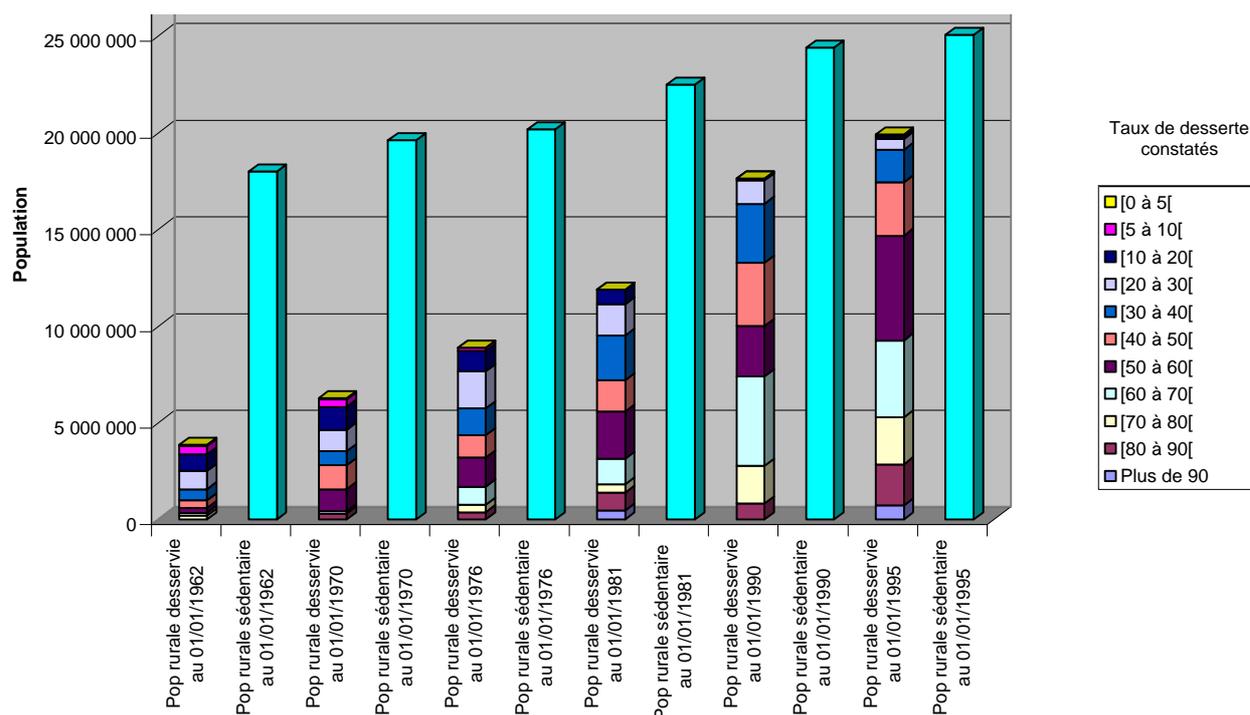


Il est possible de reconstruire l'historique des phases d'équipements en matière de desserte par les réseaux d'assainissement dans les zones rurales en dépouillant les inventaires réalisés pour le FNDAE (Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau) (cf. tableau ci-après).

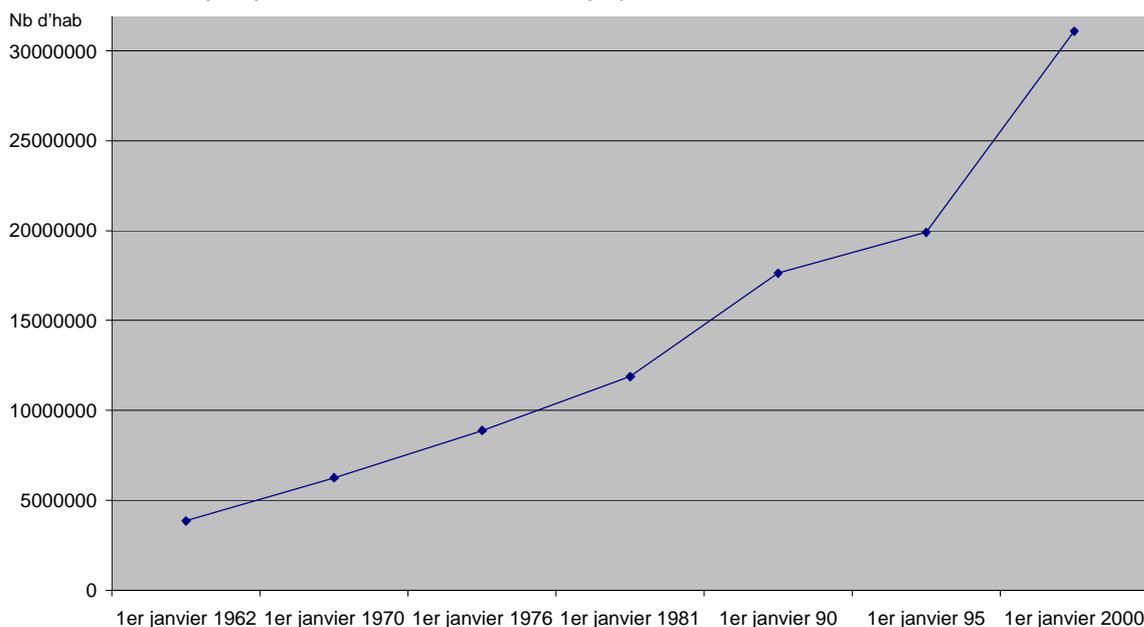
Tableau 2. La desserte par les réseaux d'assainissement dans les communes rurales de France métropolitaine (d'après dépouillement des enquêtes FNDAE relatives à l'alimentation en eau potable et à l'assainissement)

Taux de desserte par réseaux	Nb de départements présentant ce taux de desserte au 1er janvier 1962	Nb de départements présentant ce taux de desserte au 1er janvier 1970	Nb de départements présentant ce taux de desserte au 1er janvier 1976	Nb de départements présentant ce taux de desserte au 1er janvier 1981	Nb de départements présentant ce taux de desserte au 1er janvier 1990	Nb de départements présentant ce taux de desserte au 1er janvier 1995
Plus de 90	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	1 (1,09 %)	0 (0 %)	1 (1,09 %)
[80 à 90[	0 (0 %)	1 (1,1 %)	1 (1,09 %)	4 (4,35 %)	2 (2,17 %)	7 (7,61 %)
[70 à 80[	1 (1,12 %)	0 (0 %)	2 (2,17 %)	2 (2,17 %)	8 (8,7 %)	8 (8,7 %)
[60 à 70[	1 (1,12 %)	1 (1,1 %)	4 (4,35 %)	8 (8,7 %)	15 (16,3 %)	13 (14,13 %)
[50 à 60[	2 (2,25 %)	8 (8,79 %)	10 (10,87 %)	15 (16,3 %)	12 (13,04 %)	23 (25 %)
[40 à 50[	2 (2,25 %)	10 (10,99 %)	9 (9,78 %)	10 (10,87 %)	20 (21,74 %)	16 (17,39 %)
[30 à 40[	9 (10,11 %)	8 (8,79 %)	16 (17,39 %)	19 (20,65 %)	22 (23,91 %)	15 (16,3 %)
[20 à 30[	18 (20,22 %)	18 (19,78 %)	23 (25 %)	22 (23,91 %)	12 (13,04 %)	5 (5,43 %)
[10 à 20[	24 (26,97 %)	27 (29,67 %)	23 (25 %)	11 (11,96 %)	1 (1,09 %)	1 (1,09 %)
[5 à 10[	23 (25,84 %)	15 (16,48 %)	4 (4,35 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
[0 à 5[	9 (10,11 %)	3 (3,3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	2 (2,17 %)
Inconnu	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	1 (1,09 %)
Total	89 (100 %)	91 (100 %)	92 (100 %)	92 (100 %)	92 (100 %)	92 (100 %)

Graphique 3. La desserte par les réseaux d'assainissement dans les communes rurales de France métropolitaine – nombre d'habitants concernés (d'après dépouillement des enquêtes FNDAE relatives à l'alimentation en eau potable et à l'assainissement)



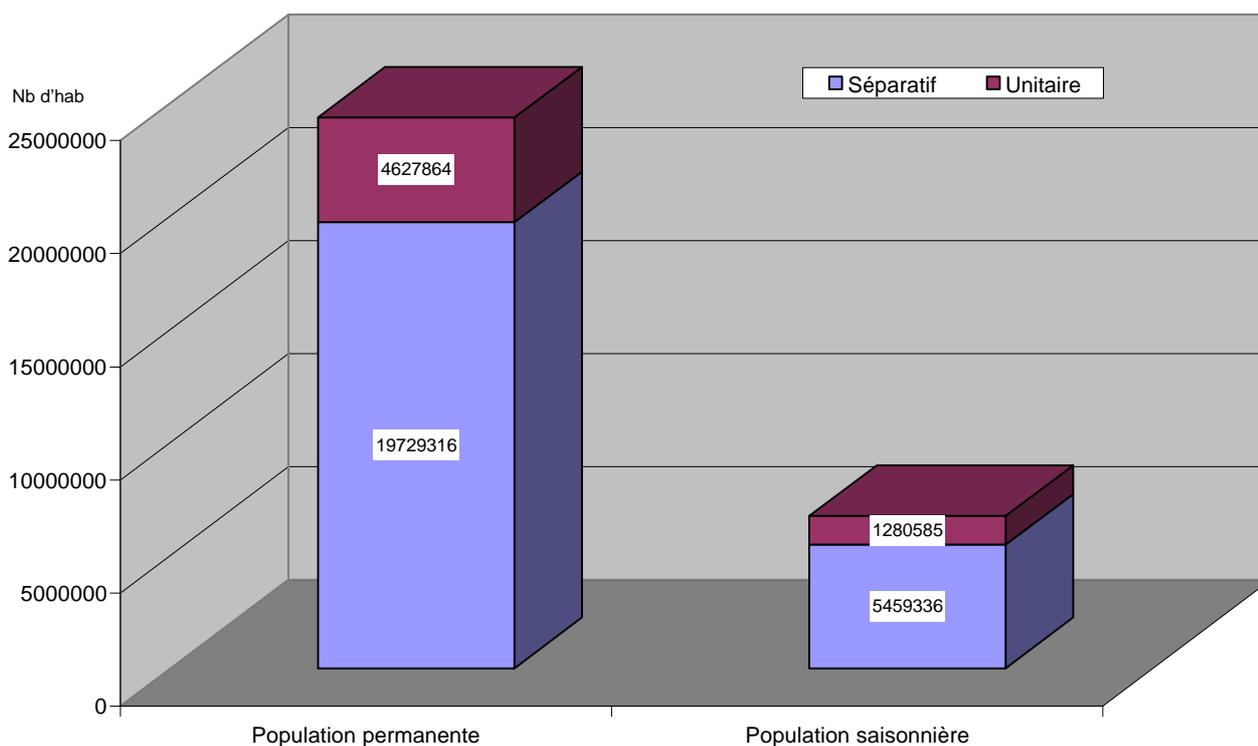
Graphique 4. Evolution de la population desservie en milieu rural



L'équipement en matière d'assainissement en zone rurale a eu lieu à partir de 1970. Les réseaux d'assainissements sont donc assez jeunes. Notons d'ores et déjà que cela ne constitue pas nécessairement un gage de fiabilité. En effet, les conditions de pose ont pu être très inégales au début de cette phase d'équipement avec de forts risques de réseaux « fuyards ». Cela est vrai, en particulier avant la généralisation de la fabrication de conduites ayant un joint intégré à la conduite en usine. Ce type de conduite s'est généralisé vers la fin des années 1970 (Faudry – 1984).

Les réseaux d'assainissement sont, dans leur grande majorité, de type séparatif comme le montre le Graphique 5.

Graphique 5. Répartition des populations selon le type de collecte (d'après FNDAE – 2004)



**PARTIE I : CONNAISSANCES TECHNIQUES
NECESSAIRES A L'EVALUATION DES
BESOINS EN REHABILITATION /
RENOUVELLEMENT DES RESEAUX
D'ASSAINISSEMENT**

3 Les causes de dégradation des ouvrages

Ce chapitre constitue une adaptation aux ouvrages rencontrés en zone rurale du chapitre consacré aux « conditions de dégradations des ouvrages » de la publication *RERAU – 2002, Restructuration des collecteurs visitables – guide technique, tome 1, Lavoisier, Paris.*

L'environnement des canalisations génère un certain nombre de risques de dégradation. Ils peuvent être liés :

- aux terrains (risques géotechniques et hydrogéologiques) ;
- à l'effluent transporté (risques hydrauliques) ;
- à l'ouvrage lui-même (risques structurels) ;
- au milieu environnant (risques d'impacts).

3.1 Risques géotechniques et hydrogéologiques

3.1.1 Entraînement de fines

L'écoulement de l'eau dans un sable engendre des forces hydrodynamiques tendant à entraîner les éléments de sol dans le sens de l'écoulement.

Dans le cas d'une canalisation mise en place sous une nappe, ce phénomène peut s'enclencher dès la phase de construction lorsqu'il y a déficience du système de rabattement de la nappe. Le processus d'entraînement du sol environnant la canalisation et sa périphérie s'aggravant au cours du temps, les vides créés au voisinage de la canalisation vont provoquer des désordres dans celui-ci (fissures, assemblages défectueux...) favorisant la pénétration du sol à l'intérieur et contribuant à l'amplification du phénomène.

Le phénomène peut aussi apparaître ou se développer postérieurement à la phase de construction. C'est le cas lorsque l'environnement perméable immédiat de la canalisation peut constituer un drain. L'origine du drainage de la nappe et donc de l'entraînement de fines peut aussi se trouver ailleurs qu'au droit même de la canalisation :

- Pompes temporaires dans les fouilles proches de l'ouvrage ;
- Drains perméables défectueux autour de constructions voisines ;
- Proximité d'un réseau d'adduction d'eau non étanche ;
- Remontée importante de nappe dans la partie amont de l'ouvrage ou au contraire baisse importante dans la partie aval (RERAU-2002).

3.1.2 Tassement

Ce sont, avant tout, les conditions de réalisation des conduites ou d'évolution de leur environnement qui vont générer ces tassements.

- Tassement influant sur le profil en long de l'ouvrage

Ce type de tassement concerne les ouvrages réalisés dans des sols naturellement compressibles suivants :

- Alluvions constituées d'argiles molles, vases, tourbes, ces matériaux ne se consolidant que sous l'action de rabattement de la nappe qui les baigne et sous l'action de surcharges statiques et / ou dynamiques en surface ;
- Remblais récents mis en place sans compactage en particulier ceux qui renferment des matériaux évolutifs (matériaux organiques, plâtres...).

Par ailleurs, des tassements peuvent également se produire suite à de mauvaises conditions de mise en œuvre de l'ouvrage notamment :

- en cas d'absence de compactage de la zone d'enrobage ;
- en cas de remaniement du fond de fouille dans des sables fins noyés sans rabattement préalable aux terrassements.

Nota : L'effet Marston qui consiste en un tassement influant dans le sens transversal concerne avant tout les collecteurs en maçonnerie. Ce type d'ouvrage étant quasi-inexistant en zone rurale, nous ne le traiterons pas ici. Les personnes rencontrant ce type d'ouvrage pourront se reporter à la publication suivante : RERAU – 2002, Restructuration des collecteurs visitables – guide technique, tome 1, Lavoisier, Paris

3.1.3 Dissolution

Certains matériaux naturels, tels que le gypse, sont solubles voire très solubles dans l'eau. La dissolution conduit à la formation de cavités et de Karst plus ou moins importants. Ceux-ci sont à l'origine de fissure, d'affaissement ou d'effondrement pour les conduites situées au-dessus ou dans des sols de ce type.

Cependant, pour qu'il y ait un risque réel, il faut que le sol soluble soit effectivement baigné par une nappe et :

- que cette nappe, dans le cas où elle s'écoule naturellement, ne soit pas saturée ;
- ou bien que cette nappe soit en mouvement sous l'effet d'un pompage dont la zone d'influence intéresse la canalisation.

Une fuite entraînant une circulation d'eau d'origine accidentelle constitue une autre grande cause de dissolution de ce type de sol.

3.1.4 Effondrement dû aux vides

L'existence d'un vide naturel ou artificiel souterrain peut entraîner des mouvements dans le sol sous-jacent et des efforts (cisaillement, flexion) sur la conduite qu'il renferme. Ces efforts risquent engendrer des désordres pouvant aller jusqu'à la ruine, si l'ouvrage n'a pas été conçu pour résister à l'effondrement du toit de la cavité.

3.1.5 Gonflement – retrait

Certaines argiles et marnes raides ont une tendance à changer de volume en fonction de leur teneur en eau. Pour une conduite qui traverse des terrains de cette nature, l'existence de cycles gonflement – retrait, causés par des fluctuations du niveau de la nappe phréatique ou par des cycles de sécheresses, peut se traduire par des soulèvements, des tassements et des efforts de compression à l'origine de déformation et de fissure de la structure.

3.1.6 Glissement de terrain

Les glissements de terrains résultent de la rupture d'un massif lorsque la contrainte de cisaillement, au niveau de la surface de rupture, devient supérieure à la résistance au cisaillement du sol. Ils entraînent, le plus souvent la ruine des ouvrages.

3.1.7 Sismicité

Ce risque reste très limité en zone métropolitaine. Il faut cependant le prendre en compte dans certaines régions exposées. L'importance des désordres tient aux facteurs suivants :

- Localisation géographique de l'ouvrage (zone de sismicité) ;
- Nature du terrain encaissant ;
- Vulnérabilité de la structure.

3.1.8 Mouvements tectoniques

Les facteurs influant sur ce type de risque sont :

- la nature et la proximité de l'accident tectonique (axe anticlinal ou synclinal, faille ou fosse de subsidence) et sa disposition par rapport à l'axe longitudinal de l'ouvrage ;
- la nature du terrain encaissant ;
- la nature de la structure de l'ouvrage ;
- la qualité du contact entre l'ouvrage et le terrain.

La vitesse d'évolution du phénomène tectonique peut varier fortement. Ainsi, dans le cas d'une faille, il peut s'agir d'une évolution brutale proche de celle d'un séisme, alors que dans le cas de fosse de subsidence, il s'agit de mouvements assimilables aux tassements.

3.1.9 Eboulement rocheux

Le risque d'éboulement rocheux se présente :

- pour un ouvrage situé en crête de falaise, risquant d'être entraîné par la rupture de celle-ci ;
- pour un ouvrage peu profond situé au pied d'une falaise.

Les facteurs intervenant sont liés :

- à la proximité de l'ouvrage par rapport à la crête de falaise et à la hauteur de celle-ci ;
- à la nature des terrains concernés, à la fracturation du massif rocheux, à la stratigraphie ou à la schistosité de ces terrains (influence importance des pendages de couche vers la falaise) ;
- à l'exposition aux intempéries où l'importance des cycles gel / dégel joue un rôle important

3.1.10 Marnage

Ce risque doit être pris en compte pour les ouvrages longeant et / ou débouchant sur un rivage marin à forte amplitude de marée, sur une berge de rivière avec des variations de niveau cyclique comme c'est le cas par exemple lorsqu'il y a une écluse à proximité.

Le marnage concerne les phénomènes hydrauliques engendrés par ces variations de niveau dans l'ouvrage lui-même et / ou dans le terrain environnant, l'ouvrage pouvant être, ou non, envahi par le flot.

Les facteurs intervenant sont :

- la position de l'ouvrage par rapport à la berge ou au rivage ;
- la nature et la perméabilité du terrain encaissant ;
- la rapidité, la fréquence et l'importance des variations de niveau d'eau.

Le marnage induit un phénomène de fatigue sur la structure.

3.2 Risques hydrauliques

3.2.1 Action mécanique et physico-chimique de l'effluent

La vitesse de circulation de l'effluent et / ou la charge solide qu'il transporte provoque inévitablement une usure mécanique des matériaux constitutifs de l'ouvrage. Par ailleurs, la composition chimique de l'effluent peut exercer une action corrosive.

Les conditions de transfert de l'effluent interviennent aussi. En effet, les zones de fermentation par absence de circulation suivies de brassage violent sont sources de dégagement d'H₂S.

Ces phénomènes peuvent conduire à une usure locale de l'ouvrage avec plusieurs conséquences :

- perte de résistance mécanique ;
- perte d'étanchéité, permettant des échanges entre canalisation et terrain encaissant. Le phénomène peut alors s'auto-amplifier.

3.2.2 Action hydraulique

L'effluent exerce une charge hydraulique dynamique ou statique sur l'ouvrage. Lors de crues ou de taux de remplissage inhabituel, l'ouvrage peut également subir des charges hydrauliques pour lesquelles il n'a pas été conçu. Il peut aussi avoir à encaisser un déséquilibre de pression différentielle exercée de part et d'autre de ses parois ou des coups de bélier résultant du fonctionnement d'une station de relevage proche.

3.3 Risques structurels

3.3.1 Les charges statiques et dynamiques

Une canalisation est d'autant plus sensible aux charges dynamiques et statiques qu'elle est plus proche de la surface.

3.3.2 Maintenance

L'observation régulière et sérieuse des conduites est une condition impérative pour la prévention de sa dégradation et de ses dysfonctionnements.

Sa négligence constitue un facteur de risque aggravant, de même que l'absence de réalisation des mesures préconisées après constat de désordres ou anomalies.

3.3.3 Construction

La vulnérabilité des ouvrages est fortement accrue par :

- l'inadaptation des techniques d'exécution ;
- la mauvaise maîtrise de ces techniques ;
- la rencontre d'aléas géologiques, pour lesquels les techniques d'exécution et la structure ont été mal adaptées.

Les modes d'exécution de l'ouvrage défailant suivant sont aussi générateurs, d'une vulnérabilité accrue des conduites :

- les travaux à ciel ouvert (en tranchées), où la mise en place du soutènement est décalée par rapport au terrassement et surtout où le rabattement préalable de la nappe n'a pas été réalisé¹ induisant ainsi un remaniement de fouille ;
- les travaux en souterrains, où la décompression du terrain environnant a pu se propager si le soutènement n'a pas été mis immédiatement en place.

Par ailleurs, pour les ouvrages récents, avec terrassement mécanisé et soutènement immédiat, les risques peuvent provenir soit du soutirage de sol plus important que le volume théorique, soit d'un mauvais remplissage de l'espace entre le terrain et l'ouvrage.

La vulnérabilité des conduites dépend aussi de la résistance des matériaux constitutifs de la structure, du dimensionnement de celle-ci², mais également de l'altérité des matériaux qui la constituent³.

Il convient de souligner ici que **l'ancienneté des ouvrages ne constitue pas un risque obligatoire d'accroissement de la vulnérabilité.**

3.4 Risques d'impact du milieu

3.4.1 Interaction avec les usages de surfaces

- Influence de la végétation en surface

Les risques engendrés par la proximité des systèmes racinaires des arbres sont accrus, lorsque ces derniers sont âgés, avec un volume foliaire important, dans une structure de sous-sol à agrégats dissociés.

Certaines espèces présentent plus de risques. C'est le cas, par exemple, des peupliers et des saules qui présentent un système racinaire très développé.

¹ C'est le cas principalement des ouvrages anciens qui restent donc rares en zones rurales.

² Cas d'ouvrages à dimensionner pour résister à l'effondrement de vides ou vis-à-vis de tassements ponctuels ou de charges particulières.

³ Cela concerne le phénomène d'alcali réaction, l'attaque par les chlorures, la destruction du liant des maçonneries et bétons.

- **Influence de vibrations et charges roulantes importantes**

Ce risque concerne notamment les ouvrages sous voies ferrées et sous chemin de roulement de grues ou portiques de manutention, battage de pieux ou palplanches à proximité...

3.4.2 Modification des usages de surfaces

Une variation des charges réparties en surface peut entraîner un changement de comportement de la conduite par rapport aux conditions initiales de réalisation.

Les contraintes peuvent alors dépasser la résistance mécanique de l'ouvrage et entraîner des déformations telles qu'ovalisation, fissurations et même rupture.

3.4.3 Interaction avec le bâti

L'évolution des contraintes mécaniques sur la conduite par rapport aux conditions initiales de pose doit être considérée. La construction d'un ouvrage aérien ou souterrain à proximité d'une conduite peut engendrer la modification de l'état d'équilibre du complexe sol / structure. Une mauvaise réalisation des terrassements peut entraîner une décompression du sol avoisinant et un entraînement de fines s'il y a drainage du terrain.

4 Les défaillances possibles des réseaux d'assainissement et leurs conséquences

La quasi-totalité des égouts présents en zone rurale sont de type non-visitables. Nous n'aborderons donc pas les défaillances propres aux égouts visitables.

Les défaillances des réseaux d'assainissement peuvent donc être classées en cinq familles distinctes, classées en ordre décroissant par rapport aux risques structurels potentiels qui s'y rattachent et donc par rapport aux besoins de restructuration qu'elles engendrent. Il s'agit :

- des cassures ;
- des déformations ;
- des défauts d'étanchéité ;
- des anomalies ponctuelles ;
- les dégradations de parements.

4.1 Les cassures

Les cassures sont l'une des familles de dégradations les plus liées à des risques structurels. Leurs conséquences sur l'intégrité de la structure des conduites sont lourdes et elles sont à l'origine de dysfonctionnements comme

- d'une part, la perturbation des écoulements ;
- d'autre part, les entrées d'eaux parasites de nappe et des fuites d'effluent.

Tableau 3. Les fissures pouvant survenir au niveau des réseaux

Nom	Définition description	Caractéristiques	Conséquences
Fissure longitudinale	Une cassure par fissure longitudinale est une discontinuité physique parallèle à l'axe de l'ouvrage. La fissure peut être ouverte, c'est-à-dire que l'ouverture des lèvres de la fissure est nette et mesurable, ou bien présente un déplacement des lèvres l'une par rapport à l'autre de type désaffleurement ou rejet.	La fissure affecte l'ouvrage sur une longueur importante, souvent plusieurs mètres. Une conduite est rarement affectée par une seule fissure longitudinale. Les mouvements relatifs des deux lèvres de la fissure sont représentés dans le Graphique 6.	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Ruine structurelle de la conduite sous l'effet des charges. ⇒ Infiltration d'eaux parasites, avec entraînement de fines et décompression des terrains adjacents et exfiltrations d'effluents (risques de pollution) sont possibles selon les niveaux respectifs de la nappe et de l'effluent. ⇒ Pénétration des racines facilitée.
Fissure transversale	Une cassure par fissure transversale est une discontinuité physique perpendiculaire à l'axe de l'ouvrage.	Comme pour une fissure longitudinale, les lèvres de la fissure sont écartées et peuvent présenter les mêmes types de mouvements relatifs. Une fissure transversale peut n'être visible que sur une partie de la section.	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Ruine structurelle de la conduite sous l'effet des charges. ⇒ Infiltration d'eaux parasites, avec entraînement de fines et décompression des terrains adjacents et exfiltrations d'effluents (risques de pollution) sont possibles selon les niveaux respectifs de la nappe et de l'effluent. ⇒ Pénétration des racines facilitée.
Fissure oblique	Une cassure par fissure oblique (ou biaise) est une discontinuité physique selon une direction oblique par rapport à l'axe longitudinal de la conduite.	Comme pour les autres fissures, les lèvres de la fissure oblique sont écartées et peuvent présenter les mêmes types de mouvements relatifs. Une fissure oblique est souvent associée à une fissure transversale plus ou moins inclinée pouvant se prolonger par une fissure longitudinale.	
Fissure annulaire	Une fissure annulaire est une fissure transversale ou oblique recoupant toute la section.	Comme pour les autres fissures, les lèvres de la fissure annulaire sont écartées et peuvent présenter les mêmes types de mouvements relatifs.	

Graphique 6. Mouvements relatifs des lèvres d'une fissure

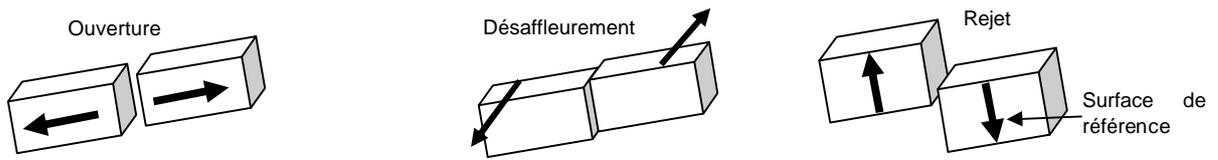
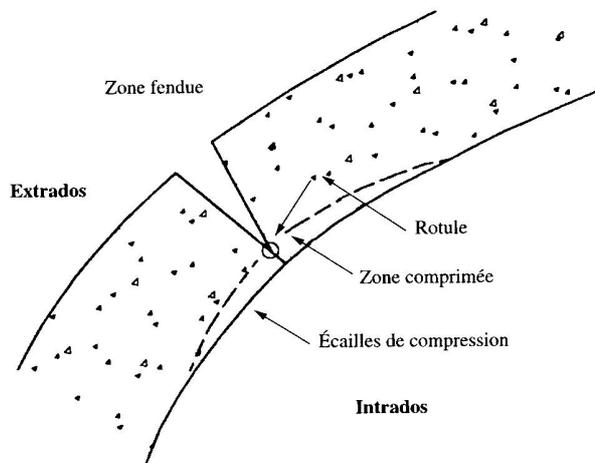


Tableau 4. Les autres cassures pouvant survenir au niveau des réseaux

Nom	Définition description	Caractéristiques	Conséquences
Effondrement	Un effondrement est une rupture localisée d'une partie de la conduite désolidarisée du reste de la structure. Un effondrement donne lieu, en général, à la création d'une cavité béante dans la structure de la conduite.	Lorsque l'effondrement affecte la voûte de la conduite, la chute des matériaux concernés, pendants ou tombés, obstrue partiellement ou totalement l'ouvrage.	Un effondrement traduit la ruine de la conduite. Les infiltrations et exfiltrations sont abondantes et donnent lieu à d'importants phénomènes d'entraînement des fines et de décompression des terrains adjacents.
Ecaillage	L'écaillage correspond à la formation d'éclats superficiels soulignant une fissure ou une zone comprimée à l'intrados.	En formation initiale à l'intrados, l'écaillage progresse vers l'extrados avec aggravation du désordre structurel (cf. Graphique 7).	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Ruine structurelle de la conduite sous l'effet des charges. ⇒ Infiltration d'eaux parasites, avec entraînement de fines et décompression des terrains adjacents et exfiltrations d'effluents (risques de pollution) sont possibles selon les niveaux respectifs de la nappe et de l'effluent. ⇒ Pénétration des racines facilitée.

Graphique 7. Mécanisme de l'écaillage (source RERAU – 2002)



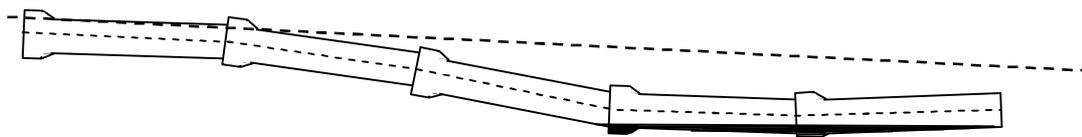
4.2 Les déformations

Les déformations relèvent, comme les cassures, d'une famille de dégradations liées à des risques structurels. Elles sont, elles aussi, à l'origine de désordres fonctionnels : perturbation des écoulements, infiltrations / exfiltrations.

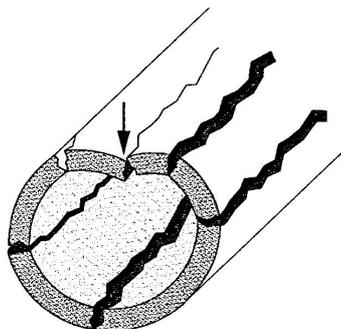
Tableau 5. Les déformations pouvant survenir au niveau des réseaux

Nom	Définition description	Caractéristiques	Conséquences
Affaissement d'ouvrage	Modification du profil en long de l'ouvrage, par tassement local d'une partie courante provoquant une modification de la pente. Lorsque l'affaissement provoque une augmentation de la pente suivie d'une contre-pente localisée, il se crée une flache (cf. Graphique 8).	L'affaissement provoque localement une déviation angulaire de l'axe longitudinal dans le plan vertical. Dans le cas d'une flache, il y a accumulation localisée d'effluent sur une hauteur dont le maximum correspond à la flèche.	Apparition de fissures et/ou désorganisation des assemblages entre éléments préfabriqués.
Affaissement de voûte	Déplacement de la voûte vers le bas avec déformation par aplatissement.	La déformation consiste en une ovalisation (cf. Graphique 9). Ce défaut est très fréquent pour les canalisations flexibles (essentiellement PVC ...).	L'affaissement de voûte peut conduire à un effondrement partiel de la voûte. Des infiltrations sont possibles si l'ouvrage est sous la nappe et des exfiltrations en cas de mise en charge de la conduite.
Ovalisation	Déformation verticale ou horizontale de la section d'un ouvrage circulaire (prenant la forme ovale) constitué de matériaux non rigides.	L'ovalisation d'un ouvrage circulaire correspond à l'aplatissement horizontal ou vertical de la section.	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Rupture quand les tolérances de déformation du matériau sont dépassées ; ⇒ Possibilité d'infiltration / exfiltrations selon les niveaux respectifs de la nappe et de l'effluent au niveau des assemblages ; ⇒ Perturbation (limitée) des écoulements.
Assemblages défectueux	Plusieurs assemblages entre éléments préfabriqués présentant des défauts comme des défaillances de joint, des déboîtements, des déviations angulaires, des emboîtements désaxés ou décentrés, des épaufrures.	Certains défauts évoqués en définition peuvent être concomitants. La continuité mécanique de la conduite est souvent interrompue, la continuité fonctionnelle est perturbée. Les déviations angulaires, désaxement ou décentrement, les épaufrures s'accompagnent de fissures plus ou moins visibles.	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Perte d'étanchéité de l'ouvrage, altération de la débitance ; ⇒ Exfiltrations et infiltrations selon les niveaux respectifs de la nappe et de l'effluent.

Graphique 8. Coupe longitudinale au droit d'une flache (d'après RERAU – 2002)



Graphique 9. Exemple d'affaissement de voûte (source RERAU – 2002)



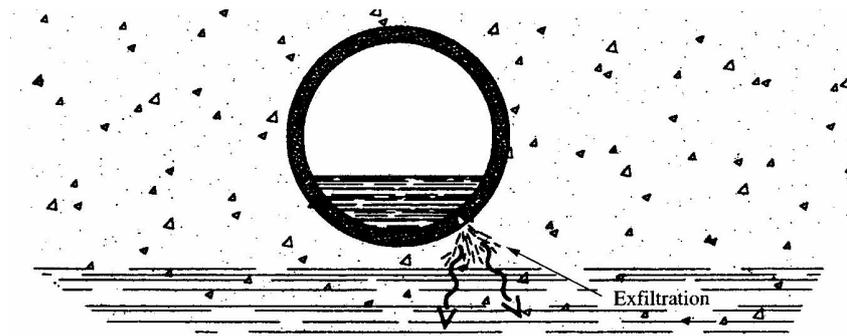
4.3 Les défauts d'étanchéité

L'autre famille de défaillances pouvant être constatée au niveau des réseaux d'assainissement est constituée par les défauts d'étanchéité. Ces dégradations peuvent être liées aux cassures et aux déformations et sont à l'origine de dysfonctionnements essentiellement hydrauliques. Leur ampleur peut également menacer l'intégrité structurelle.

Tableau 6. Les défauts d'étanchéité pouvant survenir au niveau des réseaux

Nom	Définition description	Caractéristiques	Conséquences
Infiltration	Introduction d'eaux parasites dans l'ouvrage par suite d'un défaut d'étanchéité.	Les arrivées d'eau proviennent de la nappe phréatique. Elles sont localisées ou, plus rarement, diffuses et se produisent à la faveur de fissures traversantes et autres cassures, assemblages défectueux, pénétration, branchement défectueux.	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Présence fréquente de concrétions au droit des infiltrations susceptibles de réduire la section hydraulique (encroûtement). ⇒ Désorganisation structurelle par lessivage des liants et entraînement des fines du terrain encaissant. ⇒ Perturbation fonctionnelle par dilution des effluents en cas de débits entrants importants (surcharge des stations d'épurations et de pompages).
Exfiltration	L'exfiltration est une perte d'effluent à travers l'ouvrage par suite d'un défaut d'étanchéité (cf. Graphique 10).	Comme les infiltrations, les exfiltrations sont localisées ou, plus rarement, diffuses et se produisent à la faveur de fissures traversantes et autres cassures, assemblages défectueux, pénétration, branchement défectueux.	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Lessivage ou érosion accélérée du revêtement dans les zones d'exfiltrations. ⇒ Désorganisation structurelle du fait de la création de cavités sous ou autour de l'ouvrage par dissolution des terrains encaissants ou entraînement de fines à l'interface ouvrage/sol support. ⇒ Pollution des sols et de la nappe phréatique.
Suintement	Infiltration à débit infime.	Les entrées d'eau se manifestent sous forme d'une humidité entretenue, ponctuelle, linéaire ou diffuse, ou d'un « goutte à goutte », à la faveur de défauts de même nature mais moins marqués que ceux des infiltrations.	Les zones ou lignes de suintement sont souvent soulignées par des efflorescences ou des dépôts (cristallisation de sels dissous). Les zones de « goutte à goutte » peuvent être marquées par des stalactites. L'évolution vers l'infiltration est possible.
Concrétion	Dépôt solide minéral irrégulier soulignant les zones d'infiltration d'eaux carbonatées ou sulfatées.	Ce dépôt peut revêtir la forme d'enduit mince, d'efflorescence ou de stalactite. A la faveur de défauts du même ordre que pour les suintements, les concrétions constituent des encroûtements plus ou moins importants et localisés.	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Evolution possible vers infiltration avec entraînement de fines du terrain. ⇒ Diminution plus ou moins accentuée de la débitance par réduction (faible) de la section d'écoulement et augmentation de la rugosité de surface.
Usure	L'usure est une érosion de l'intrados de l'ouvrage. Cette érosion a lieu sous l'action corrosive ou abrasive des effluents.	L'usure par érosion se manifeste par entraînement de disparition de matériau réduisant l'épaisseur de la conduite. La corrosion (attaque chimique à partir de l'effluent) intervient généralement sur la partie baignée de la conduite, mais elle peut aussi se manifester dans la partie non baignée de la conduite (attaque acide due à la production d'H ₂ S). Pour les conduites en béton ou fibre ciment, le liant est attaqué, ce qui entraîne le déchaussement des granulats, la corrosion des armatures, la décompression des fibres. L'abrasion intervient principalement dans la partie baignée par l'effluent.	L'usure est un phénomène évolutif qui peut atteindre toute l'épaisseur de la conduite et conduire à sa ruine. A plus brève échéance, la résistance mécanique est affaiblie par réduction de section résistante, et les infiltrations / exfiltrations peuvent se produire avec entraînement de fine, décompression de terrains adjacents, pollution de la nappe.

Graphique 10. Exfiltration (source RERAU – 2002)



4.4 Les anomalies ponctuelles

Du fait même de leur faible étendue, les anomalies ponctuelles ne constituent pas une menace directe et immédiate pour l'intégrité structurelle et le fonctionnement hydraulique d'une conduite. Toutefois, leur caractère évolutif présente de fait un réel niveau de risque pour la conduite.

Tableau 7. Les anomalies ponctuelles pouvant survenir au niveau des réseaux

Nom	Définition description	Caractéristiques	Conséquences
Intrusion	Pénétration dans l'ouvrage (ou traversée) d'un élément extérieur : racines, tuyaux, gaines...	L'élément extérieur n'a aucun rapport avec l'ouvrage et constitue un obstacle à l'écoulement par réduction de la section hydraulique utile et création de turbulences. Les racines pénètrent préférentiellement au travers de défauts de structure.	⇒ Apparition de défauts d'étanchéité et de fissures, avec infiltrations et exfiltrations. ⇒ Accumulation de matériaux divers. ⇒ Croissance et extension des intrusions de racines qui trouvent dans les conduites des éléments nutritifs.
Raccordement défectueux	Raccordement qui n'a pas été réalisé selon les règles de l'art. C'est le cas, par exemple, d'un branchement pénétrant, c'est-à-dire débordant le parement interne de l'ouvrage et ou le raccordement n'est pas étanche.	Le débordement du branchement à l'intrados est un obstacle à l'écoulement par réduction de la section hydraulique et création de turbulence. Un branchement défectueux facilite également l'intrusion de racines.	
Perforation	Perçement localisé de la conduite avec disparition d'une partie de la structure.	La perforation, généralement accidentelle (impact d'un élément dur extérieur) est caractérisée par un trou de dimension réduite affectant la structure.	Le défaut localisé d'étanchéité (infiltrations et exfiltrations) entraîne les matériaux du terrain et perturbe les écoulements si ces matériaux s'accumulent.
Poinçonnement	Déformation ponctuelle non traversante de la conduite.	Le poinçonnement s'apparente à une perforation non aboutie, c'est à dire sans percement ni perte d'étanchéité, il se manifeste localement par une déformation du matériau constitutif de la conduite sous l'effet de la poussée d'un élément dur extérieur.	⇒ Décompression du terrain au droit du poinçonnement. ⇒ Apparition de microfissures à l'intrados. ⇒ Evolution souvent rapide vers une perforation avec perte d'étanchéité.
Assemblage défectueux	Un assemblage défectueux isolé, entre deux éléments préfabriqués, est considéré comme une anomalie ponctuelle, des assemblages défectueux répétés constituant une déformation. Une défaillance de joint, un déboîtement, une déviation angulaire, un emboîtement désaxé, une épaufrure... peuvent chacun seul ou en association avec un (d') autre(s), constituer un assemblage défectueux.	Un assemblage défectueux s'accompagne fréquemment d'une fissuration locale, plus ou moins visible, de la structure. Il constitue un passage préférentiel à l'intrusion des racines. La continuité mécanique et fonctionnelle n'est que localement et faiblement perturbée.	Elles se manifestent très localement par une perte ponctuelle d'étanchéité, des infiltrations et exfiltrations, la pénétration des racines, des affouillements et entraînements de terrain dans l'ouvrage.

4.5 Les dégradations de parements

Les dégradations superficielles constituent une famille de désordres sans caractère de gravité immédiate mais qui peuvent s'amplifier et justifier, de ce fait, une démarche de réhabilitation.

Tableau 8. Les dégradations de parements

Nom	Définition description	Caractéristiques	Conséquences
Faïençage	Réseau maillé de microfissures affectant l'intrados de l'ouvrage.	Le réseau de microfissures est superficiel. Sa maille est de l'ordre du décimètre. La peau du béton est fragilisée et perd de son adhérence.	Sur les ouvrages en béton armé, le faïençage réduit l'enrobage et rend vulnérable les aciers.
Usure du revêtement	Diminution d'épaisseur de l'intrados de l'ouvrage sur une faible épaisseur. Elle résulte d'une érosion (action abrasive d'effluents chargés de particules solides) et / ou d'une corrosion (action physicochimique).	L'abrasion est généralement partielle et porte principalement sur le radier.	L'usure du revêtement augmente localement la rugosité. Par ailleurs, il peut se produire une perte d'étanchéité avec fragilisation de la protection des armatures (le cas échéant) et apparition de chevelus de racines.

Les déformations telles que les affaissements de radiers, les convergences ou les divergences de piédroits, les ventres (déformations de piédroits) et les déversements sont des déformations qui ne concernent que les sections de type ovoïdes.

Les défauts d'étanchéité tels que les déjointements ne concernent que les ouvrages en maçonnerie non enduite.

Les dégradations de parement tels que le décollement d'enduit et le déjointement ne concernent que les ouvrages en maçonnerie.

Ces techniques sont utilisées avant tout pour les égouts visitables. Ce type d'ouvrage restant plus qu'exceptionnel en zone rurale, nous ne les traiterons pas ici. Les personnes rencontrant ce type d'ouvrage pourront se reporter à la publication suivante : RERAU – 2002, Restructuration des collecteurs visitables – guide technique, tome 1, Lavoisier, Paris

4.6 Caractérisation des différents défauts rencontrés au niveau des conduites non visitables

Les tableaux présents dans ce chapitre ont pour but de donner un descriptif le plus exhaustif possible des différents défauts rencontrés au niveau des conduites non visitables.

Tableau 9. Défauts d'assemblage : Emboîtements / Déboîtements (d'après FSTT, AGHTM – 1999)

Nom	Matériaux affectés	Schéma descriptif
Emboîtement insuffisant	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement ⇒ Défaut majeur pour les tuyaux en béton 	
Emboîtement désaligné (désaxé)	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement ⇒ Défaut majeur pour les tuyaux en béton 	
Emboîtement décentré horizontalement et / ou verticalement	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement ⇒ Défaut majeur pour les tuyaux en béton 	
Déboîtement longitudinal	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement 	
Déboîtement désaligné (désaxé) horizontal et / ou vertical	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement 	
Déboîtement décentré horizontal et / ou vertical	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement 	

Tableau 10. Défauts d'assemblage – suite (d'après FSTT, AGHTM – 1999)

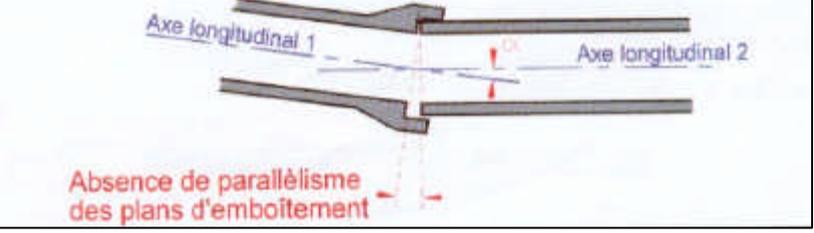
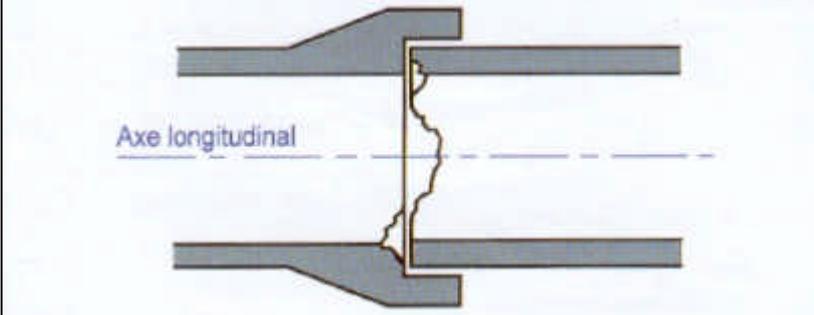
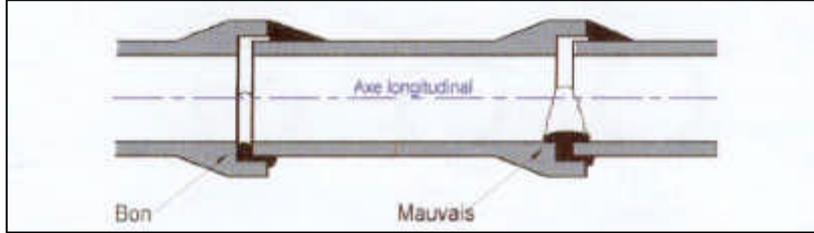
Nom	Matériaux affectés	Schéma descriptif
Déviation angulaire	⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement ⇒ Défaut majeur pour les tuyaux en béton	 <p>Axe longitudinal 1</p> <p>Axe longitudinal 2</p> <p>Absence de parallélisme des plans d'emboîtement</p>
Epaufrure	Tuyaux en béton, béton armé, amiante ciment, revêtement de tuyaux en fonte	 <p>Axe longitudinal</p>
Joints défectueux / Elastomère	Tous matériaux assemblés avec des joints élastomères	 <p>Joint resté dans l'emboîture</p> <p>Joint sorti de son logement</p> <p>Joint pendant</p>
Joints défectueux / mortier, corde imprégnée...	Tous matériaux assemblés avec des joints réalisés in situ	 <p>Bon</p> <p>Mauvais</p> <p>Axe longitudinal</p>

Tableau 11. Défauts affectant la géométrie (d'après FSTT, AGHTM – 1999)

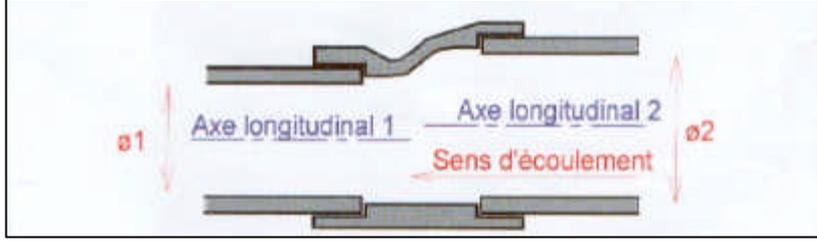
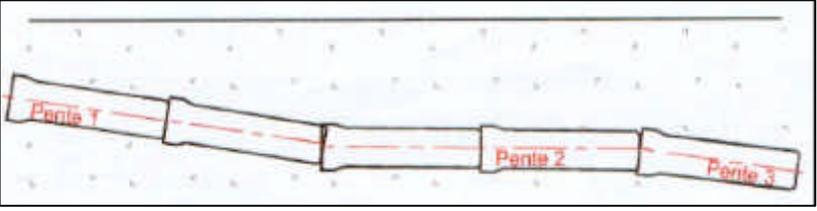
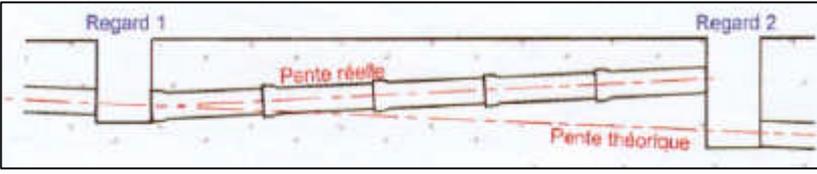
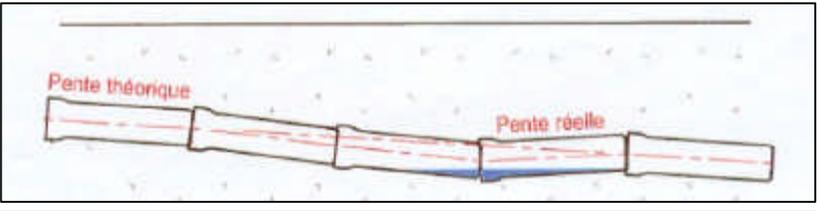
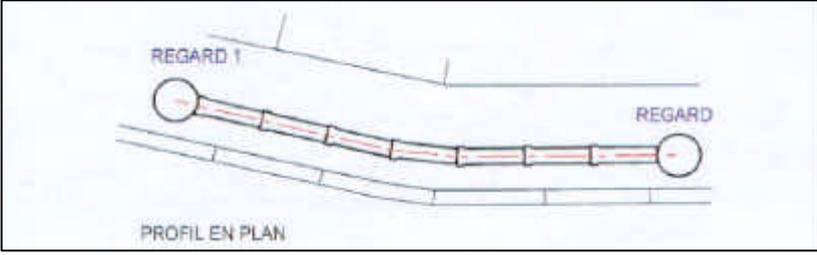
Nom	Matériaux affectés	Schéma descriptif
<p>Changement de section</p>	<p>⇒ Changement de matériaux et / ou de dimension ⇒ Réductions successives (pièces en PVC)</p>	
<p>Modification du profil en long</p>	<p>Tous matériaux</p>	
<p>Profil en long / contre-pente</p>	<p>Tous matériaux</p>	
<p>Profil en long / Flache</p>	<p>Tous matériaux assemblés par emboîtement</p>	
<p>Profil en plan / modification angulaire</p>	<p>⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement ⇒ Tous matériaux non rigides</p>	

Tableau 12. Défauts d'étanchéité (d'après FSTT, AGHTM – 1999)

Nom	Matériaux affectés	Schéma descriptif
Infiltration => ruissellement - jaillissement	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Structure : canalisation en béton (et maçonnerie) ⇒ Joints : toutes natures 	
Exfiltration	Tous matériaux et assemblages présentant des défauts d'étanchéité	

Tableau 13. Fissures (d'après FSTT, AGHTM – 1999)

Nom	Matériaux affectés	Schéma descriptif
Fissure longitudinale fermée	Béton armé et non armé, grès vernissé	
Fissure longitudinale ouverte (cassure) avec ou sans rejet	Béton armé et non armé, grès vernissé	
Fissure transversale ouverte (cassure) avec ou sans rejet	Tuyaux de grande longueur et de petit diamètre en béton armé ou non de fibre ciment	
Fissure hélicoïdale (biaise) fermée	Béton armé et non armé, PVC, grès vernissé	
Fissure hélicoïdale (biaise) ouverte (cassure) avec ou sans rejet	Béton armé et non armé, PVC, grès vernissé	

Tableau 14. Déformations (d'après FSTT, AGHTM – 1999)

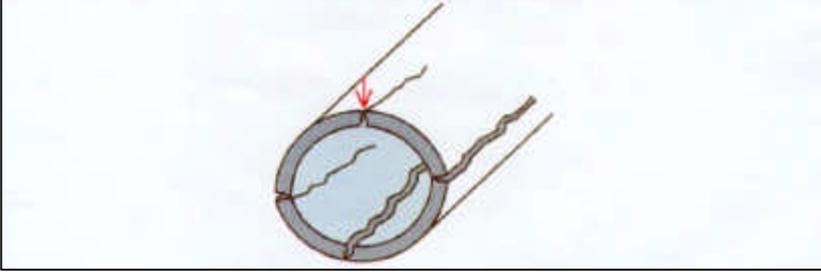
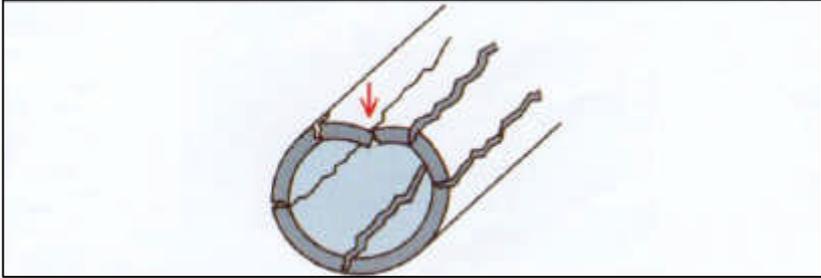
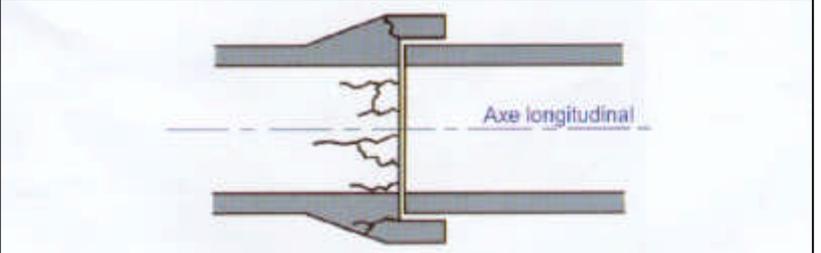
Nom	Matériaux affectés	Schéma descriptif
Ecrasement vertical ou latéral	Tous matériaux	
Affaissement de voûte (ovalisation des canalisations circulaires)	Tous matériaux	
Eclatement	Tous matériaux notamment le béton armé et le grès	

Tableau 15. Défauts affectant l'intrados (d'après FSTT, AGHTM – 1999)

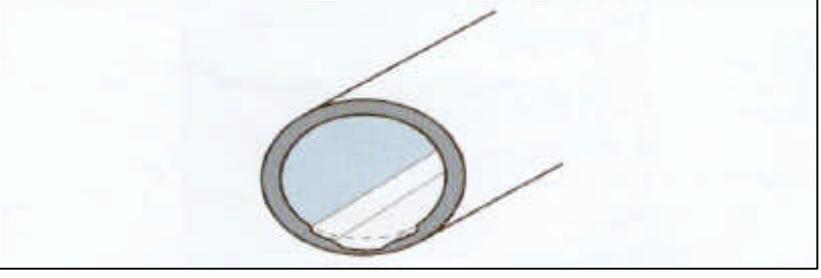
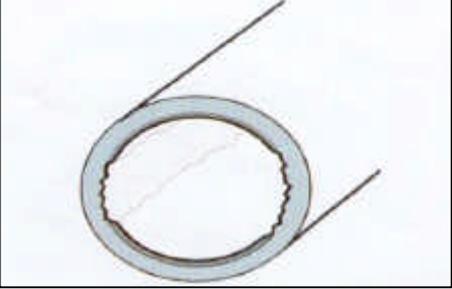
Nom	Matériaux affectés	Schéma descriptif
Abrasion partielle ou totale	Le plus souvent matériaux à base de ciment (béton, amiante ciment) ou canalisation de ciment	
Dégradation du revêtement	Toutes canalisations revêtues (métalliques ou en béton)	

Tableau 16. Défauts affectant le raccordement de branchement (d'après FSTT, AGHTM – 1999)

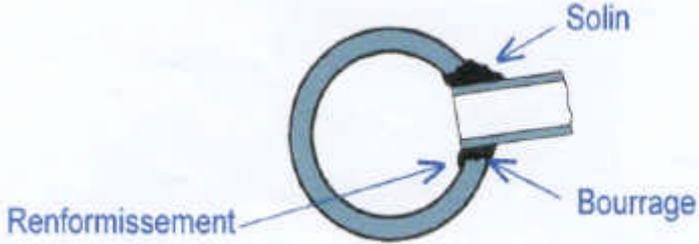
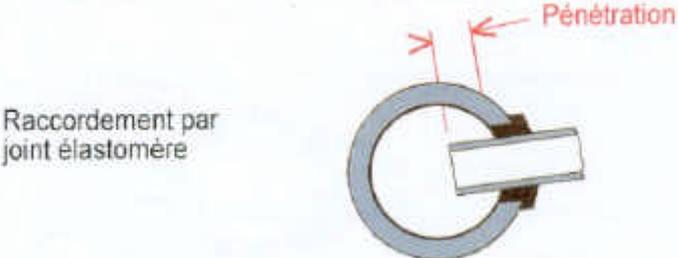
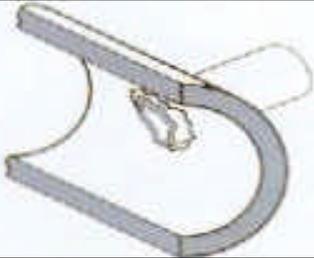
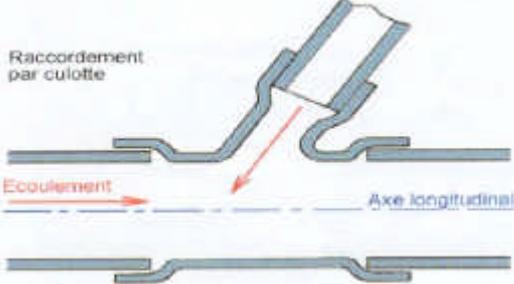
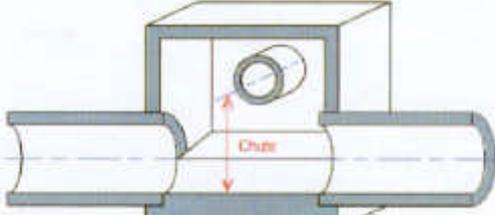
Nom	Matériaux affectés	Schéma descriptif
Piquage direct	Tous matériaux <u>Types de raccordement concernés</u> : le piquage direct en réseaux non visitable est un défaut en soi	 <p>Diagramme illustrant un piquage direct sur un tuyau. Un solin est inséré dans le tuyau, fixé par un bourrage. Le tuyau est renforcé autour du point de piquage.</p>
Raccordement de branchement en retrait	Tous matériaux <u>Types de raccordement concernés</u> : les piquages directs, culotte, selles, tulipes, joints élastomères, clips, regards non visitables	 <p>Diagramme illustrant un raccordement par tulipe. Le solin est en retrait par rapport au tuyau principal.</p>
Raccordement de branchement pénétrant	Tous matériaux <u>Types de raccordement concernés</u> : les piquages directs, joints élastomères, regards non visitables	 <p>Diagramme illustrant un raccordement par joint élastomère. Le solin pénètre dans le tuyau principal.</p>
Percement mal découpé	Tous matériaux <u>Types de raccordement concernés</u> : les piquages directs, selles, tulipes, joints élastomères, clips, regards non visitables	 <p>Diagramme illustrant un percement mal découpé, montrant un joint défectueux entre le solin et le tuyau.</p>
Raccordement du branchement en contresens	Tous matériaux <u>Types de raccordement concernés</u> : les piquages directs, culotte, selles, tulipes, joints élastomères, clips, regards non visitables	 <p>Diagramme illustrant un raccordement par culotte. On observe un écoulement et l'axe longitudinal du tuyau.</p>
Raccordement du branchement avec chute	Tous matériaux <u>Types de raccordement concernés</u> : regards non visitables	 <p>Diagramme illustrant un raccordement avec chute, montrant une chute de matériau au point de connexion.</p>

Tableau 17. Défauts affectant les regards de visite (d'après FSTT, AGHTM – 1999)

Nom	Matériaux affectés	Schéma descriptif
Fond de l'ouvrage / défauts de cunette	Sans objet	
Fond de l'ouvrage / défauts de banquettes	Sans objet	

Nota : les regards préfabriqués ou en maçonnerie présentent souvent des problèmes d'étanchéité.

5 Le diagnostic global d'un réseau d'assainissement

5.1 Méthodologie générale

Le diagnostic global est la réunion de trois types d'investigations :

- Le diagnostic géométrique ;
- Le diagnostic géophysique ;
- Le diagnostic physico-chimique (CHERGUI Salah – 1996).

5.1.1 Le diagnostic géométrique

Il s'agit de diagnostiquer les dégradations affectant la géométrie de la conduite suite au comportement mécanique du sol environnant. Pour cela, il est nécessaire de faire appel à des auscultations géométriques qui permettent de comparer la mesure de la géométrie de la canalisation à une référence, afin d'identifier les déformations éventuelles. Les méthodes utilisables dans les conduites non visitables sont les suivantes :

- le relevé topographique. Le levé (tachéomètre) en trois dimensions des points d'accessibilité du réseau (regards d'accès) permet de connaître la position en plan et en altitude des canalisations et des branchements;
- l'inclinomètre mesure les pentes de canalisations entre deux points d'accès en vue d'établir son profil en long ;
- le capteur d'orientation permet de mesurer les déviations angulaires ;
- le sonar permet de localiser et visualiser les défauts géométriques et les zones de sédimentation.

En réseau non-visitable, l'utilisation de la caméra vidéo est devenue une pratique courante chez les gestionnaires des réseaux d'assainissement.

Nous détaillerons ces techniques dans le chapitre 5.2.

Pour mémoire, il est possible d'utiliser les appareils suivant dans les conduites visitables :

- les photoprofils optiques et laser assurent l'auscultation de profils par la mesure de la section, de déformations ou de malformations d'une conduite visitable ;
- le fissuromètre permet de mesurer en trois dimensions l'ouverture de fissures ;
- la tachéométrie permet l'élaboration de profils linéaires et transversaux par la saisie de mesure d'angle et de distance entre l'appareil et un point cible mobile ou fixe sur la paroi.

5.1.2 Le diagnostic géophysique

Parmi les causes de la dégradation du réseau, on trouve divers mouvements du sol entourant la canalisation :

- un lit de pose mal compacté ;
- l'influence des charges roulantes en surface ;
- les phénomènes de renard...

Afin d'anticiper les dysfonctionnements du réseau, il est nécessaire d'obtenir une connaissance la plus précise et la plus détaillée possible de la géologie du sol alentour.

Les paramètres géophysiques à renseigner sont notamment :

- la présence d'une cavité de densité différente (poche d'air ou d'eau) ;
- la nature géologique du sol voisin (argile, sable, grès) ;
- la pression exercée par le sol sur la canalisation (charge roulante).

L'appareil d'auscultation actuellement utilisé reste le radar qui permet de détecter les cavités, les zones décomprimées, les variations géologiques...

La thermographie infrarouge, qui permet de contrôler l'état d'échauffement d'un matériel en le comparant à un état normal ou à une valeur préalable, est, elle, très peu utilisée que ce soit pour les conduites non-visibles ou les conduites visibles.

Nous détaillerons ces techniques dans le chapitre 5.2.

5.1.3 Diagnostic physico-chimique

Il s'agit d'évaluer les dégradations intrinsèques des canalisations. Les paramètres physico-chimiques des canalisations dont on doit suivre l'évolution dans le temps sont les suivants :

- mesure du pH au niveau de la surface interne ;
- mesure de la résistance mécanique ;
- pénétrabilité du matériau (effritement) ;
- épaisseur du matériau au-dessus de l'armature (béton armé) ;
- étanchéité et perméabilité.

Concernant l'air ambiant et les effluents qui transitent dans les canalisations, les divers paramètres à suivre peuvent être :

- débit, pH, température, potentiel oxydoréduction ;
- concentration en DBO₅, DCO, sulfure et hydrogène dissous ;
- concentration en hydrogène sulfuré dans l'air.

5.2 Les techniques d'auscultation des ouvrages

5.2.1 Inspection télévisée (ITV) des ouvrages non visitables

Photographie n°1 : Robot permettant l'inspection télévisée en conduite non visitable
(sources <http://www.telerep.fr/fichiers/moyens.php> et <http://www.aps-france.com/Page6.html>)



Le curage des canalisations constitue un préalable obligatoire à toute inspection télévisée. Etant donné le défaut d'entretien de certains réseaux d'assainissement, il faudra, parfois, 2 ou 3 passages d'hydrocureuse, combinés avec une aspiration des matériaux, pour obtenir un état de propreté suffisant. Cela peut entraîner un surcoût par rapport aux coûts affichés par les entreprises spécialisées.

L'inspection télévisée est un outil particulièrement adapté aux réseaux non visitables. Elle permet de vérifier l'état et le fonctionnement de l'ouvrage en service.

Les principaux défauts diagnostiqués par l'inspection télévisée sont les suivants :

- dépôts sur le radier (sables, résidus de béton) ;
- dépôt à hauteur du fil d'eau (en général des graisses) ;
- dépôts sur les parois en voûtes (traces de mise en charge) ;
- variations de pentes matérialisées par la stagnation de l'eau ou variation du taux de remplissage (flaches) ;
- mises en charge partielles ou totales ;
- fissures, casses ;
- absence de joint de butée ;
- décalage, déboîtement ;
- ovalisation avec ou sans effondrement ;
- trous de poinçonnement et corrosion ;
- branchements pénétrants, racines.

L'inspection télévisée présente cependant certaines limites. Sauf défauts graves tels que grosses fissures, effondrements, casses, déboîtements et piquages grossièrement réalisés, il est difficile de conclure au défaut d'étanchéité de la canalisation. En effet, de minces fissures transversales, l'absence de joints de butée... ne génèrent pas forcément des infiltrations continues et suffisamment importantes pour être aisément détectées lors d'une

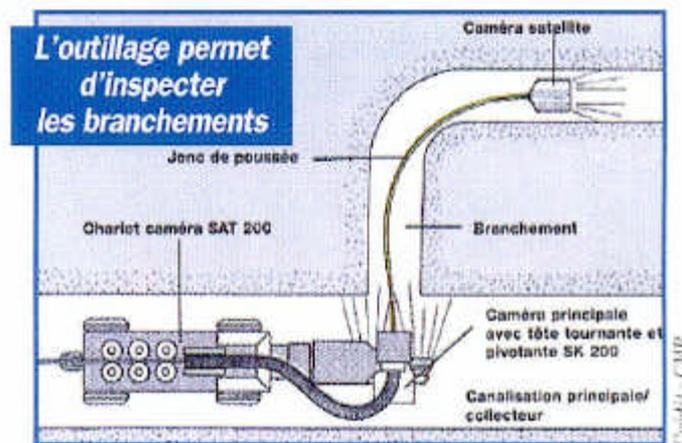
inspection télévisée. Cependant, dans le cas où la conduite est située dans une nappe ou dans un environnement humide, l'inspection télévisée peut éventuellement permettre de localiser toute trace d'infiltration : l'expérience de l'opérateur est ici très importante.

Par ailleurs, sauf équipement spécial (capteur d'orientation et inclinomètre greffé à la caméra), il est impossible de dire si les déviations angulaires en plan n'ont pas atteint une valeur critique et si les pentes longitudinales sont bien conformes (YAHIAOUI Fadila – 2000). Le degré d'ovalisation est aujourd'hui mesurable à l'aide de nouveaux équipements faisant appel aux technologies « laser » ou « infrarouge ».

Des progrès conséquents ont cependant eu lieu au niveau de l'outillage et certains robots permettent la mesure de l'ouverture des fissures ou de la taille des défauts grâce à un logiciel d'analyse des images.

D'autres robots permettent l'inspection télévisée de branchements (cf. schéma ci-dessous).

Graphique 11. Inspection télévisée des branchements (source : LOMBARD Anne – 2000)



5.2.2 Les techniques d'auscultation géométrique

5.2.2.1 Inclinomètre

Cette technique ne peut être utilisée que pour les ouvrages non visitables de diamètre supérieur à 150 mm.

L'inclinomètre permet de réaliser un profil en long de la canalisation, il mesure en continu (moyenne glissante) ou point par point la pente entre deux regards d'accès, grâce à un capteur d'inclinaison qui est embarqué sur une caméra d'inspection vidéo ; le déplacement de l'inclinomètre doit se faire parallèlement à l'axe de la canalisation. De plus, la distance parcourue est évaluée électroniquement, ce qui permet d'établir automatiquement le profil en long (YAHIAOUI Fadila – 2000).

Cependant le profil généré n'est qu'indicatif. En effet, les dépôts réfractaires, les dépôts en radier peuvent entraîner localement des erreurs importantes. Il ne faut donc jamais se référer aux valeurs absolues mais analyser la tendance obtenue.

5.2.2.2 Capteur d'orientation

Cette technique ne peut être utilisée que pour les ouvrages non visitables de diamètre supérieur à 100 mm.

Le capteur d'orientation permet d'établir la vue en plan de la canalisation. Son principe réside en la mesure point par point de la variation angulaire et de la longueur de la canalisation.

Un gyroscope miniature est embarqué sur le chariot d'inspection télévisée. Son déplacement est parallèle à l'axe de la canalisation. Les résultats prennent la forme d'une courbe caractérisant l'orientation de la canalisation dans le plan horizontal (YAHIAOUI Fadila – 2000).

Le capteur d'orientation s'utilise en complément de l'inspection télévisée et de l'inclinomètre.

5.2.2.3 Relevé topographique

Le levé (tachéomètre) en trois dimensions des points d'accessibilité du réseau (regards d'accès) permet de connaître la position en plan et en altitude des canalisations et des branchements. Une vue en plan du réseau et son profil en long sont ensuite réalisés. Les pentes et déviations angulaires sont données entre regards (pente moyenne). Un tel procédé ne permet pas de disposer des variations ponctuelles de pente. C'est là son principal inconvénient.

5.2.2.4 Sonar

Le sonar peut être utilisé dans les ouvrages immergés et semi-immersés de 150 à 4000 mm. Il permet de localiser et visualiser les défauts géométriques et les zones d'entartrage et de sédimentation. L'appareillage est constitué d'un laboratoire d'acquisition sonar de surface et de transducteurs étanches embarqués sur un chariot motorisé.

Une onde acoustique est émise vers les parois internes et immergées de la canalisation sur lesquelles elle se réfléchit. La mesure est réalisée en continu le long des profils transversaux. Le sonar génère alors sur un écran vidéo une image de la partie immergée de l'ouvrage. La section et les défauts géométriques peuvent ainsi être dimensionnés. Les résultats se présentent sous forme de profils transversaux positionnés en fonction du déplacement du chariot (YAHIAOUI Fadila – 2000).

La mise en œuvre de cette technique est soumise aux contraintes suivantes :

- la présence d'eau dans la section étudiée est indispensable ;
- le transducteur doit être stationnaire pendant l'acquisition du profil ;
- la longueur de l'ouvrage doit être inférieure à 300 m ;
- le choix de la fréquence des transducteurs est fonction des dimensions de l'ouvrage.

5.2.3 Les techniques d'auscultation géotechnique

L'objectif de ces techniques est d'ausculter seulement l'environnement proche des conduites qui paraît capable de réagir rapidement sur l'ouvrage enterré. Elles ne permettent pas de tenir compte des mouvements géotechniques d'ensemble du site (glissement de terrain, fontis...).

5.2.3.1 Radar géophysique

Au niveau des conduites visitables, l'auscultation par radar géophysique permet de caractériser la structure de l'ouvrage, la nature de l'encaissant, ainsi que la qualité des interfaces. Sont ainsi détectés les désordres suivants :

- cavités et poches d'eau ;
- zones d'entraînement de fine et sols décomprimés ;
- géométrie de l'encaissant, suivi d'interface ;
- présence d'armatures, contrôle des emboîtements.

Au niveau des conduites visitables, l'apport est limité à une auscultation en surface qui permet de détecter la présence de cavités essentiellement.

Le radar géophysique travaille sur des fréquences de quelques centaines de Mhz à 1 Gz (le choix de la fréquence dépend des dimensions de l'ouvrage). En traversant le sol, une partie de l'énergie est adsorbée, une autre partie est réfléchi soit sur des obstacles (points durs), soit sur des interfaces entre deux milieux de caractéristiques électriques différentes ; le pouvoir de pénétration et la vitesse de propagation varient suivant les milieux. Un gradient progressif n'est pas détecté à priori ; seules le sont les discontinuités.

Le signal électromagnétique est émis sous forme de brèves impulsions (tirs de quelques nanosecondes), soit quelques dizaines ou centaines de tirs par mètre de canalisation auscultée. En balayage continu, on obtient des radargrammes dans lesquels les ordonnées sont proportionnelles aux temps aller-retour. L'antenne émettant dans un cône de 60 à 90°, les interfaces apparaissent délimitées par des arcs hyperboles, les obstacles sont donc déformés. La technique de la couverture double (2 couples émetteur-récepteur) est préférable à une couverture simple (1 couple émetteur-récepteur). Cependant, elle exige un traitement informatique qui la rend bien plus coûteuse.

La mise en œuvre est non destructive. Chaque étude débute par l'adaptation de paramètres aux conditions physiques du site (choix des antennes, de la fréquence...). En outre, la

canalisation doit être de préférence auscultée à sec car la présence d'eau diminue sensiblement la portée des ondes électromagnétiques et complique l'interprétation des radargrammes (YAHIAOUI Fadila – 2000).

5.2.3.2 Sonde gamma

Les sondes, tractées à l'intérieur de la canalisation (diamètre de 50mm, longueur de 1,5 à 2 m), sont équipées de deux détecteurs : un détecteur à faible portée situé à 15-20 cm de la source et un détecteur à longue portée situé à 30-40 cm de la source. La paroi de la canalisation influence surtout le détecteur à faible portée tandis que la nature du sol influence préférentiellement le détecteur à grande portée. Pour connaître la densité exacte des terrains traversés, les sondes sont étalonnées (YAHIAOUI Fadila – 2000).

Les densités sont d'autant mieux mesurables que :

- le tuyau est moins épais ;
- la source est puissante ;
- la sonde est proche de la paroi ;
- la sonde est focalisée suivant une génératrice ;
- l'anomalie se rapproche de deux conditions extrêmes (soit un vide, soit un point dur...).

Cette méthode est très peu utilisée, y compris au niveau des collecteurs visitables.

5.2.3.3 Impédance mécanique

L'essai d'impédance mécanique a pour but :

- de mesurer les caractéristiques mécaniques de la structure ;
- d'apprécier les caractéristiques et l'état du sol environnant ;
- de vérifier les conditions de liaison du conduit avec le sol (interface sol / structure) ;
- de localiser et qualifier les désordres dans le conduit ou dans son environnement.

Cet essai dynamique consiste à transmettre une vibration à une structure dont on va étudier le mouvement. Chaque vibration est mesurée et enregistrée. Le dispositif d'essai est composé de deux éléments distincts. Le premier est destiné à produire et à mesurer une force, le second à mesurer le mouvement induit. Les différentes fonctions calculées en un point de la structure permettent d'extraire la signature d'un défaut ou d'une anomalie caractérisée par un modèle de propagation d'onde ou par un calage in situ. Le résultat peut ensuite être cartographié pour l'ensemble de la structure.

Cet essai ne peut se faire que lorsque la canalisation est propre. De plus, un bon étalonnage facilite l'interprétation et en augmente la fiabilité (YAHIAOUI Fadila – 2000).

Comme la sonde gamma, cette méthode est très peu utilisée, y compris au niveau des collecteurs visitables.

5.2.3.4 Mesures électriques en courant quasi-continu

L'objectif de ces mesures est :

- de localiser et détecter les désordres affectant la structure et les terrains encaissants (fissures, vides...);
- d'étudier le radier noyé des ouvrages et des canalisations non métalliques et non isolantes ;
- d'étudier la variation de nature et / ou d'état des matériaux.

Le principe consiste à injecter vers le sol un courant (continu ou alternatif) par deux points de contact et à enregistrer les différences de potentiel entre deux électrodes de mesures. Le dispositif se compose donc de quatre électrodes (émetteurs / récepteurs) et d'un poste de mesure dont le déplacement s'effectue à l'aide d'un chariot, d'un treuil ou d'un jonc. La tension maximale est de 12, 24 ou 35 volts selon le modèle : il n'y a donc aucun risque d'électrocution ou d'explosion.

Comme les deux précédentes, cette méthode ne s'est pas encore diffusée et est très peu utilisée, y compris au niveau des collecteurs visitables.

5.2.3.5 Essais MAC

L'essai MAC permet de caractériser le comportement sol / conduit des réseaux d'assainissement. Il est avant tout utilisé pour les réseaux visitables. Cependant, il existe une version de cet essai utilisable en non visitable. Il est peu utilisé mais il convient de connaître son existence si l'on doit mener certaines études « sensibles » (expertises).

L'essai MAC est un outil d'auscultation mécanique des ouvrages et de leur sol encaissant non destructif. Il peut être utilisé pour toute forme d'ouvrage. Il permet de renseigner sur le comportement mécanique de la structure et du sol. Il peut également déceler les vides mais pas forcément leurs dimensions. Il est donc intéressant de procéder parallèlement à des essais de radar géophysique.

L'essai MAC consiste à ovaliser un conduit par un dispositif de vérinage interne, et à mesurer la déformation tridimensionnelle résultante. Les déformations exercées par les vérins sont de l'ordre de la centaine de micromètres.

Les étapes de la méthodologie sont les suivantes :

- Essais mécaniques sur site : mesure de la raideur (k) de l'ensemble sol/conduit et du coefficient d'amortissement (Ω) ; ils constituent la « signature » du conduit à l'abscisse X.
- Traitement statistique : le but est de définir les zones de même homogénéité (zones de même comportement) afin de positionner judicieusement les prélèvements par carottages (leur nombre est ainsi limité au strict nécessaire).

- Analyse des signatures à l'aide de modèles paramétriques : il est procédé au découplage et à la détermination des raideurs propres du sol et de la conduite. La mécanique résiduelle de l'ouvrage est alors calculée.

Nota : l'essai Dynarard permet de caractériser le comportement sol / conduit des réseaux d'assainissement visitables. Ce type de conduite restant plus que marginal en zone rurale, nous n'aborderons pas cet essai dans ce document.

5.2.4 Les autres tests

5.2.4.1 Paramètres physico-chimiques

La composition chimique de l'effluent et / ou la charge solide qu'il transporte entraîne une usure mécanique de la conduite. Il est donc important, dans certains cas, de déterminer la conformité du fluide transporté. Pour cela, il est nécessaire de procéder à des prélèvements in situ (manuels ou automatiques) avec analyse en laboratoire et à la mesure de température.

5.2.4.2 Mesures des débits

La vitesse de circulation de l'effluent et / ou la charge solide qu'il transporte entraîne une usure mécanique de la conduite. De plus, l'ouvrage peut subir des charges hydrauliques pour lesquelles il n'a pas été conçu (crue, taux de remplissage inhabituels). Ces actions mécaniques et hydrauliques combinées aux actions physico-chimiques décrites ci-dessus, favorisent l'érosion et fragilisent ainsi la structure de l'ouvrage (YAHIAOUI Fadila – 2000).

Théoriquement, la mesure du débit se fait :

- soit directement par traçage : cette technique ne perturbe pas les conditions d'écoulement et ne modifie en rien la ligne d'eau. Le principe consiste à injecter en amont du réseau un traceur de concentration connue (traceur chimique type chlorure de lithium, traceur coloré type rhodamine...). Ce traceur est choisi de façon à se mélanger le plus rapidement aux effluents et à pouvoir être dosé en aval avec une précision suffisante. Cependant, cette approche est difficilement utilisable en réseau d'assainissement en raison de la concentration des effluents ;
- soit indirectement par mesure des hauteurs et vitesses : le calcul du débit s'obtient par les formules $Q = \text{Vitesse} \times \text{section mouillée}$ et $Q = \text{volume} / \text{temps}$. C'est ce type de méthodologie qui est utilisé avant tout en assainissement. Les outils utilisés sont, à titre indicatif :
 - pour la mesure de la vitesse : le moulinet, la sonde à ultrason, le courantomètre...
 - pour la mesure de la hauteur : la sonde pressiométrique, bulle à bulle, ultrason...

5.2.4.3 Conformité des branchements

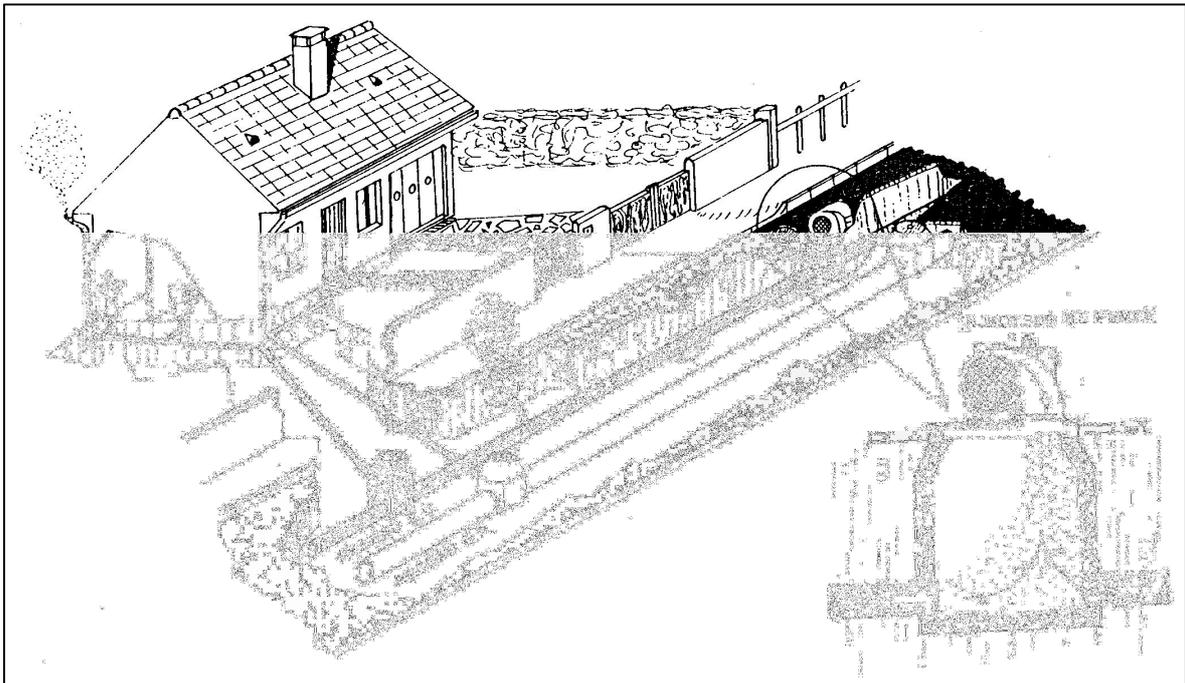
Les tests à la fumée et au colorant permettent de savoir si, en réseau séparatif, les toitures et les caniveaux ne sont pas connectés sur une canalisation d'eaux usées. Par ailleurs, ces tests renseignent sur les divers branchements qui composent (ou non) le réseau étudié : tel branchement est-il bien raccordé à la canalisation étudiée ? tel autre ne serait-il pas hors service ou obstrué ?

Le test au colorant consiste à verser dans les branchements, WC, lavabos... de la fluorescéine ou de la rhodamine. Services municipaux et riverains doivent être avertis de ces essais afin d'éviter tout déclenchement intempestif d'alertes à la pollution.

Le test à la fumée (cf. schéma de principe ci-dessous) consiste à obturer un tronçon de réseau puis à propulser à l'aide d'un ventilateur de la fumée produite soit par des bombes fumigènes, soit par combustion de paraffine. L'opérateur du test à la fumée doit :

- prévenir les services municipaux et les riverains ;
- opérer en absence de vent, la fumée étant rapidement dispersée, et par temps clair ;
- en cas de doute, vérifier à l'aide d'une injection de colorant.

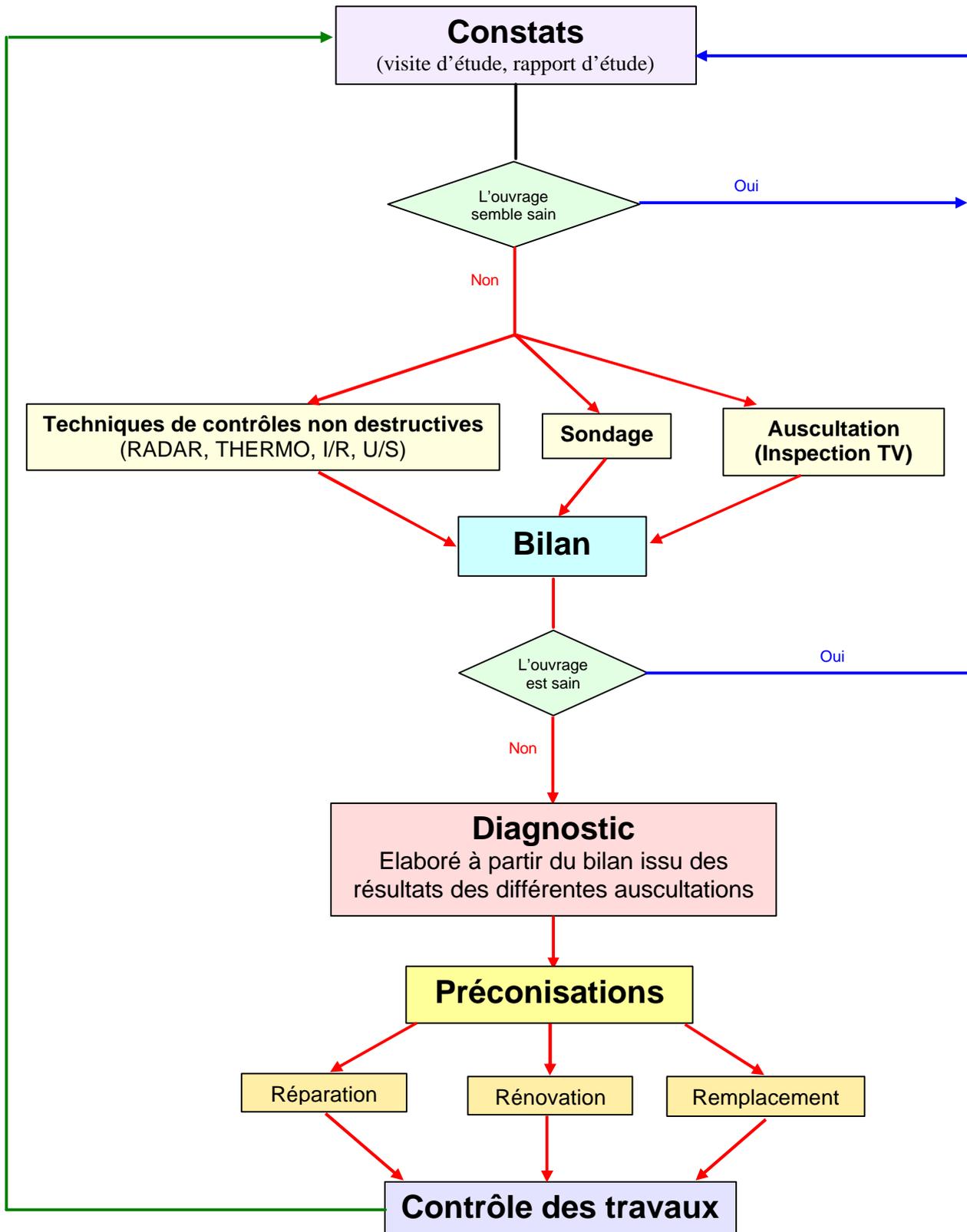
Graphique 12. Schéma de principe du contrôle des branchements en réseau séparatif par dispositif fumigène (Source : BALAS Emmanuel, RUPERD Yves – 1993)



6 Diagnostics et préconisations

6.1 Les étapes du suivi d'un ouvrage d'assainissement

Graphique 13. Organigramme des étapes pour le suivi d'un ouvrage d'assainissement



6.2 Le diagnostic

L'auscultation s'achève par l'établissement du diagnostic d'état de l'ouvrage. Celui-ci doit :

- déterminer le caractère évolutif ou non des dégradations constatées ;
- évaluer leurs conséquences dommageables pour l'ouvrage et son environnement ;
- hiérarchiser le niveau des risques encourus par l'ouvrage et son environnement ;
- préciser la nature et les objectifs des actions à entreprendre, leur degré d'urgence et les prescriptions particulières qui y sont attachées telles que les conditions d'exploitation, les restrictions ou protections spécifiques...
- indiquer la validité des propositions d'action.

Le diagnostic doit préconiser une des solutions suivantes en ce qui concerne l'ouvrage :

- mise sous surveillance ;
- réparation ;
- rénovation ;
- remplacement sans tranchée ou par tranchée à ciel ouvert ;
- mise hors service.

Dans le cas d'une réhabilitation, des préconisations de travaux doivent faire suite au diagnostic.

6.3 Document de préconisation des travaux

Ce document définit :

- le type de travaux de réhabilitation ;
- leur localisation au sein des ouvrages ;
- leur coût ;
- leurs délais de mise en œuvre.

Il rappelle également les principales conclusions du diagnostic et définit clairement pour chaque solution technique les objectifs des différents types de travaux en justifiant leur choix du point de vue technique et financier.

Autrement dit, ce document ressemble fortement à un Avant Projet Sommaire qui doit permettre au gestionnaire du réseau d'établir la programmation de ses travaux. Il doit donc comporter :

- un rapport de présentation ;
- l'Avant Projet Sommaire proprement dit (YAHIAOUI Fadila – 2000).

6.3.1 Rapport de présentation

Ce rapport est un descriptif de la conduite à réhabiliter qui doit obligatoirement comporter les rubriques suivantes :

- le plan de situation de la conduite à réhabiliter dans le réseau ;
- les caractéristiques géométriques générales (longueur, nature, forme, dimension...) ;
- le mode de fonctionnement (unitaire ou séparatif, nature des effluents, débit...) ;
- un bref rappel des études et investigations ayant conduit au diagnostic ;
- le mode d'insertion dans un programme plus vaste de réhabilitation du réseau ;
- selon l'importance des coûts, l'indication :
 - du découpage éventuel en tranches et des délais prévisibles de réalisation ;
 - des procédures de consultation des entreprises envisageables.

6.3.2 Avant Projet Sommaire

L'Avant Projet Sommaire comprend obligatoirement :

- **un jeu de plan ;**
- **le mémoire technique ;**
- **une estimation des coûts.**

6.3.2.1 Les plans

Des plans doivent illustrer le mémoire technique et justifier l'avant métré pour l'estimation. Les rubriques les plus pertinentes pour illustrer le mémoire technique sont :

- un plan de situation de la conduite dans le réseau ;
- un plan de masse repérant les tronçons à réhabiliter, leur longueur et la technique préconisée ;
- le profil longitudinal de l'ouvrage avant et après réhabilitation ;
- la (ou les) coupe(s) transversale(s) de principe ;
- les schémas de phasage des travaux ;
- des croquis spécifiques à diverses solutions techniques.

6.3.2.2 Le mémoire technique

Ce mémoire doit expliquer la logique des choix techniques préconisés en fonction des niveaux de service et de sécurité à atteindre.

◆ **Objectifs à satisfaire**

Le document doit aborder les thèmes suivants :

- le **dimensionnement hydraulique** : débit minimum à assurer ;

- **la tenue mécanique de l'ouvrage réhabilité souhaitée** : caractéristiques mécaniques visées pour la nouvelle structure, rigidité notamment ;
- le niveau **d'étanchéité** à atteindre ;
- **la sujétion de travaux** :
 - contraintes de chantier, accès ;
 - présence de nappe ;
 - possibilité de dérivations ;
 - maintien ou non du service pendant les travaux...
- **la tenue de l'ouvrage** face aux **contraintes physico-chimiques** de l'effluent (pH, présence d'H₂S...)

Ces rubriques doivent contribuer à justifier le choix d'une (ou plusieurs) famille(s) de techniques de réhabilitation.

◆ **Choix d'une famille de techniques**

Le mémoire technique doit justifier le choix d'une ou plusieurs techniques aptes à satisfaire les objectifs visés. Pour chacune d'elles, un descriptif sommaire doit indiquer :

- le principe de la méthode ;
- les conditions d'accessibilité ;
- le mode de réalisation ;
- les performances habituelles ;
- le phasage ;
- les délais ;
- les conditions d'exploitation ;
- la pérennité ;
- les garanties.

6.3.2.3 L'estimation

Elle est faite sur la base d'un avant métré sommaire des principales quantités prévisibles.

Toutes les solutions techniques possibles sont chiffrées, en incluant les coûts induits par « l'environnement » du chantier (ces coûts fluctuent en fonction de la technique), et doivent faire l'objet d'une **analyse comparative** de leurs coûts globaux.

L'estimation des travaux traduit finalement le coût de la solution technique jugée la plus avantageuse financièrement, sous la forme d'une fourchette, dont l'étendue est liée à la complexité du chantier.

7 Les techniques de réhabilitation pour les conduites non visitables (diamètre compris entre 200 et 1200 mm).

Les techniques de réparation et de rénovation pour les conduites non visitables sont réalisées sans ouverture de tranchée et ne sont pas destructives contrairement aux techniques de remplacement à neuf.

Les techniques de réparation et de rénovation sont les suivantes :

- Procédés non destructifs :
 - robots multifonctions (réparation) ;
 - injections d'étanchement (réparation) ;
 - chemisage partiel (réparation) ;
 - chemisage continu (rénovation) ;
 - tubages (rénovation).

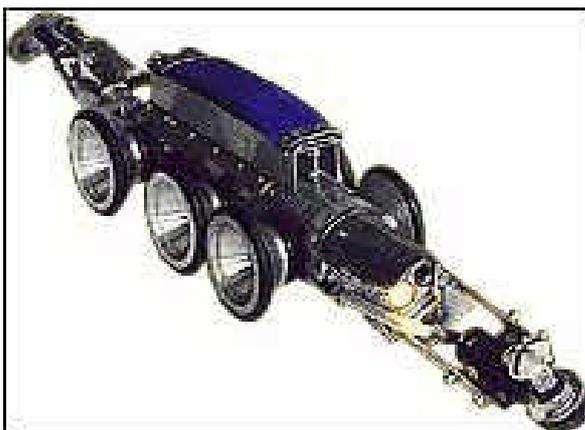
- Procédés destructifs (remplacement) :
 - Mange tube ;
 - Eclate tuyaux.

- Ouverture de tranchée (rénovation, réparation ou remplacement).

7.1 Procédés non destructifs

7.1.1 Robots multifonctions

Photographie n°2 : Robot multifonctions (Source : <http://www.valentintp.com>)



Les robots multifonctions sont utilisés pour les tâches suivantes :

- l'application de résines ;
- l'étanchement ;
- les réparations ponctuelles de fissures diverses (en particulier longitudinales) ou de joints ;
- l'élimination d'obstacles (racines, branchement pénétrant, dépôts...) ;
- percements après chemisage ou tubage.

Un robot est introduit dans une conduite depuis le regard de visite. Il est installé sur un chariot automoteur piloté, sous contrôle vidéo, à partir d'un véhicule spécialement équipé. Il doit être procédé à un hydrocurage au préalable. Le robot s'adapte au diamètre de la canalisation et peut opérer à partir d'un diamètre de 150 mm. En général la dérivation des effluents est inutile sauf en cas de débit important.

Le robot multifonctions dispose de plusieurs outils adaptables aux défauts à traiter ou aux interventions à réaliser :

- meulage, fraisage ;
- talochage, application de résines époxydiques ou acryliques ;
- percement avec réagréage, mise en place de coffrages.

Le robot multifonctions permet de traiter, selon les défauts, de 3 à 8 points par jour.

7.1.2 Injections ponctuelles d'étanchement

Ces injections ont pour but de rétablir l'étanchéité de la conduite en supprimant ponctuellement les infiltrations ou exfiltrations d'eau entre le sous-sol et la conduite. Ainsi sont traitées localement les défaillances de joint, les fissures circulaires et les perforations de la canalisation.

Les résines les plus utilisées sont les résines acryliques et polyuréthanes. On trouve également les résines époxydes et les élastomères. Ces produits sont souvent des bicomposants auxquels on ajoute d'autres produits comme des catalyseurs, des plastifiants, etc..., afin de modifier certaines caractéristiques du mélange. Enfin des coulis à base de ciment peuvent parfois être utilisés.

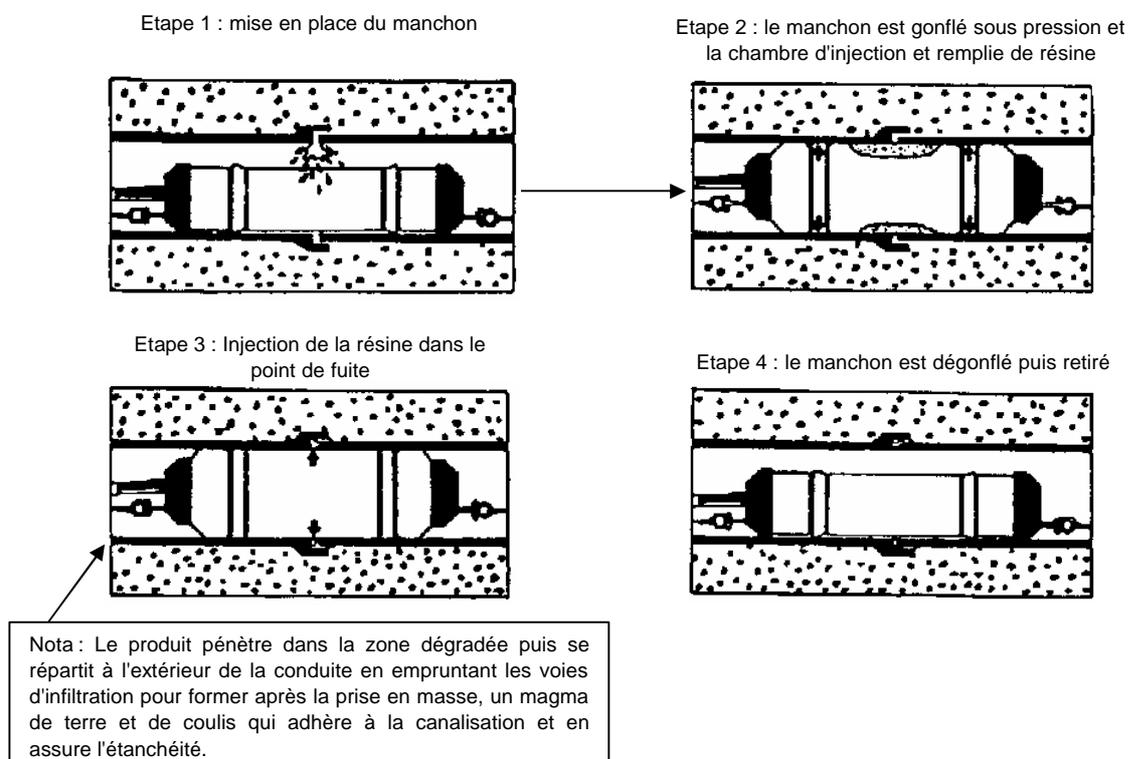
Les étapes à respecter lors d'injections ponctuelles d'étanchement sont les suivantes :

- évaluation du nombre de fuites et localisation des points de fuites (joints, fissures, trous) ;
- inspection de la canalisation, vérification de l'absence de détérioration importante de la structure ;
- élimination des obstacles susceptibles de gêner le passage du manchon ;
- nettoyage très soigné de la canalisation par curage hydrodynamique et, si nécessaire, par disques racleurs en caoutchouc ;
- mise hors eau du tronçon détérioré par obturation à l'aide du ballon gonflable et dérivation des eaux, si l'écoulement est important. Un faible écoulement n'est pas gênant ;

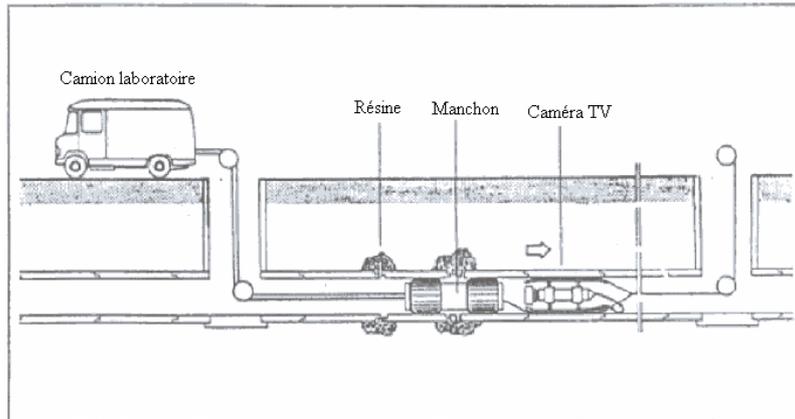
- introduction par les regards de visite de l'équipement télévisé et du manchon. Les appareils sont descendus par une personne à l'aide de cordes (diamètre du manchon 150 - 200 mm) ou éventuellement à l'aide d'un palan (diamètre du manchon 400-600) ;
- tractage manuel ou électrique des équipements à l'aide d'un câble introduit antérieurement ;
- positionnement du manchon à partir de l'écran TV situé dans le camion laboratoire ;
- vérification de l'étanchéité du joint par gonflage des ballons latéraux, mise sous pression à l'air comprimé (0,5 à 1 kg/cm²) de la chambre d'injection ;
- si la pression ne se stabilise pas, le joint est fuyard, on procède à l'injection de deux composants de la résine (0,5 - 1 bar), la quantité varie en fonction de la nature du terrain (en moyenne on injecte 50 à 70 l/joint pour un diamètre de 700 mm) ;
- après polymérisation, vérification de l'étanchéité du joint par mise sous pression à l'air ; si le joint n'est pas étanche, on recommence l'opération ;
- mise en eau immédiate.

Le schéma ci-après résume les principales phases de la technique d'injection pour les conduites non-visitables.

Graphique 14. Les principales phases de la technique d'injection pour les conduites non-visitables.

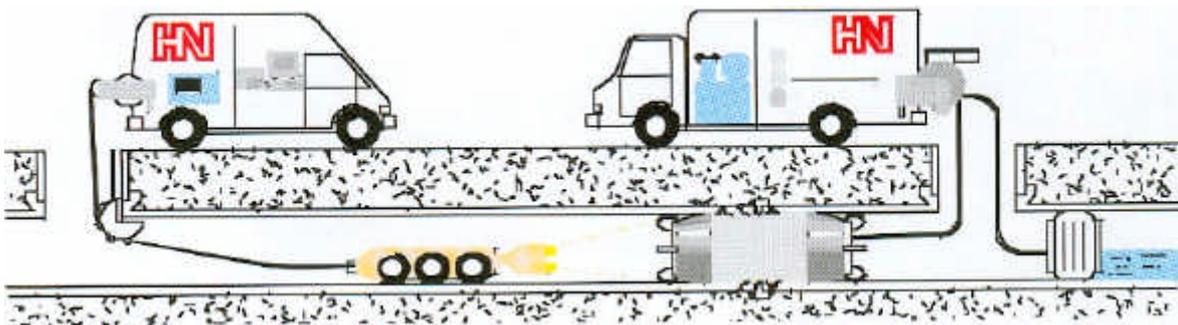


Graphique 15. Technique d'injection : vue d'ensemble



7.1.3 Manchette (ou chemisage partiel)

Graphique 16. Schéma de principe du procédé ASS
(Source : AVICE Jean-Michel – 1997)



Cette technique concerne, en général, les canalisations non visitables à partir d'un diamètre de 150 mm.

Le double objectif du chemisage partiel est l'étanchéement et la réparation résistante ou structurante des défauts ponctuels. Il peut donc être fait appel à cette technique afin de corriger localement les faiblesses de structure et d'étanchéité telles que :

- les fissures longitudinales ou multiples, fissures circulaires, microfissures, perforations ;
- les joints déboîtés et / ou fuyards ;
- les pénétrations de racines ;
- les casses ;
- la condamnation des branchements hors service.

Cette technique ne s'applique pas aux défauts de masse et de surface.

Il existe deux types de chemisage partiel :

- le manchonnage
- et le gainage partiel.

Ces deux techniques permettent l'application sous pression d'une manchette imprégnée auparavant de résine ou l'application sous pression de résine constituant la manchette (ATTF – 2002).

La polymérisation de la résine est :

- préprogrammée (mise en place juste avant le chantier) pour les manchettes imprégnées de résine ;
- réalisée sur place par chauffage (eau, vapeur, résistance électrique) dans le cas d'application sous pression d'une résine constituant la manchette.

La manchette est composée de trois éléments :

- résine protégée ou non par un film (polyester, époxydique, vinylester...);
- armature en fibres de verre ou de polyester tissé ou non ;
- film en polychlorure de vinyle (PVC), polyuréthane (PU) ou polyéthylène (PE).

Le procédé ASS (cf. schéma de principe ci-avant), reste actuellement l'un des plus utilisés par les entreprises de réhabilitation, propose des manchettes composées de tissu en fibre de verre et de feutre (3 ou 4 épaisseurs de tissu de verre alternées par 2 ou 3 épaisseurs de feutre). Les différentes couches sont ensuite imprégnées de résine vinylester. Cette résine apporte à la manchette une résistance mécanique et chimique pour lutter contre l'abrasion et la corrosion, le tissu en fibre de verre lui fournit épaisseur et résistance, le feutre lui assure son étanchéité.

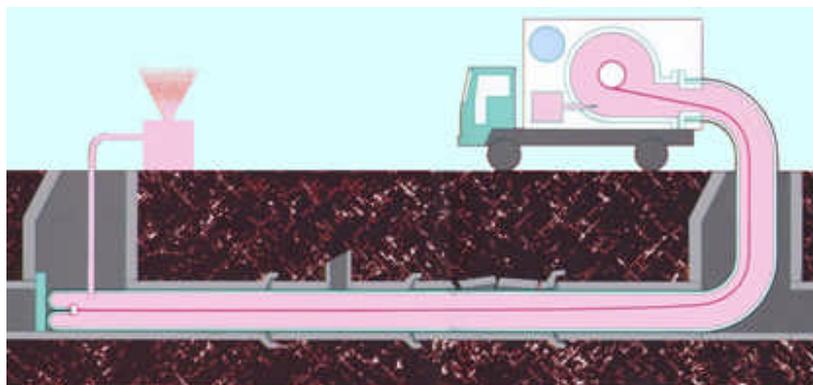
Quel que soit le procédé utilisé, la technique de pose consiste à plaquer la manchette sous pression pour l'encreur ou la fixer à la paroi de l'ouvrage. L'opération doit être réalisée avec beaucoup de soin afin d'éviter tout décollement ultérieur. Selon les diamètres et l'implantation des défauts à traiter, il est possible de mettre en place de 4 à 6 unités par jour.

Les étapes à respecter lors d'une pose de manchette sont les suivantes :

- imprégnation de la manchette en atelier ou sur site ;
- installation sur le manchon ;
- introduction du manchon par traction ;
- mise en place du manchon au droit du défaut à traiter ;
- gonflage du manchon ;
- polymérisation de la résine et durcissement ;
- dégonflage éventuel et dégagement du manchon ;
- chanfreinage éventuel des extrémités de la manchette ;
- renouvellement de l'opération au défaut suivant ;
- inspection télévisée ou visuelle d'autocontrôle ;
- remise en service du réseau.

7.1.4 Chemisage continu

Graphique 17. Schéma de principe d'un chemisage en continu
(Source : <http://www.telerep.fr>)



Cette technique de rénovation est employée couramment sur des diamètres allant de 200 à 800 mm.

Les objectifs du chemisage sont :

- l'étanchéité seule (chemisage non structurant) ;
- la restructuration de l'ouvrage ;
- l'amélioration de l'hydraulicité (exceptionnellement) ;
- l'amélioration de la résistance aux effluents corrosifs et à l'abrasion.

La technique du chemisage continu consiste à insérer à l'intérieur de la conduite dégradée une enveloppe souple constituée d'une armature souple fortement imbibée d'une résine sans laisser subsister d'espace annulaire.

Le chemisage ne réduit que de manière marginale la section d'écoulement (l'épaisseur de la gaine est comprise entre 3 mm et 10 mm). En revanche, il améliore les caractéristiques hydrauliques de la conduite de 15 à 35 % de ses capacités d'écoulement et cela grâce aux phénomènes suivants:

- diminution de la rugosité ;
- suppression des variations de section (limité) et des obstacles ;
- suppression des remous et décalages au droit des assemblages.

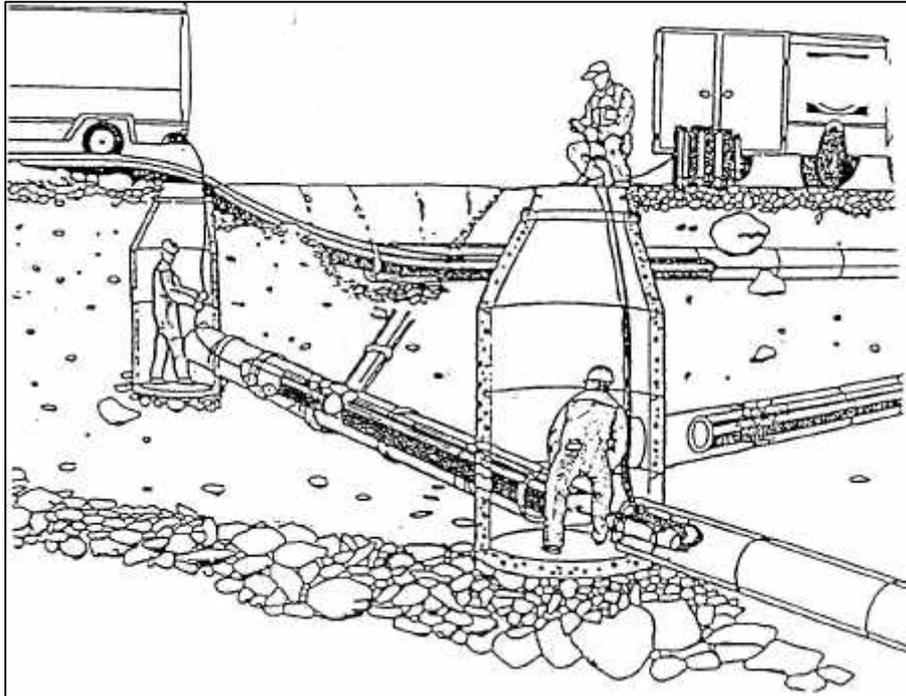
Le chemisage, qui peut être considéré comme un tuyau sans joints, est préformé en usine aux dimensions du tronçon à réhabiliter. Il est constitué de matériaux composites, la résine armée pouvant être protégée par un film. Les résines utilisées sont en polyester, époxy, ou vinylester ; les armatures en fibres de verre ou de polyester tissées ou non ; les films en polychlorure de vinyle (PVC), polyuréthane (PU) ou polyéthylène (PE).

Les règles de calcul du chemisage continu que nous ne détaillerons pas ici sont basées sur les préconisations du Fascicule 70 du CCTG. Elles ont été adaptées aux travaux de réhabilitation par une commission de l'A.G.H.T.M. ; la méthode ainsi que la note de calcul

figurent en annexe de ses « Recommandations pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement » (AGHTM – 1998).

7.1.5 Tubage

Graphique 18. Différentes techniques de tubage (source : CRETEL Jacques – 1998)



Les objectifs et les défauts traités sont les mêmes que pour le chemisage.

Les matériaux utilisés sont des plastiques :

- polychlorure de vinyle (PVC) ;
- plastique renforcé fibres de verre (PRV) ;
- polyéthylène (PE).

La technique consiste à mettre en place par tractage ou poussage dans la canalisation existante une nouvelle conduite d'un diamètre inférieur.

Le tubage peut être une technique structurante si le vide annulaire est injecté pour assurer la transmission des charges extérieures au nouveau tuyau.

L'ouverture d'une fouille servant de fosse d'introduction est nécessaire pour les cas suivants :

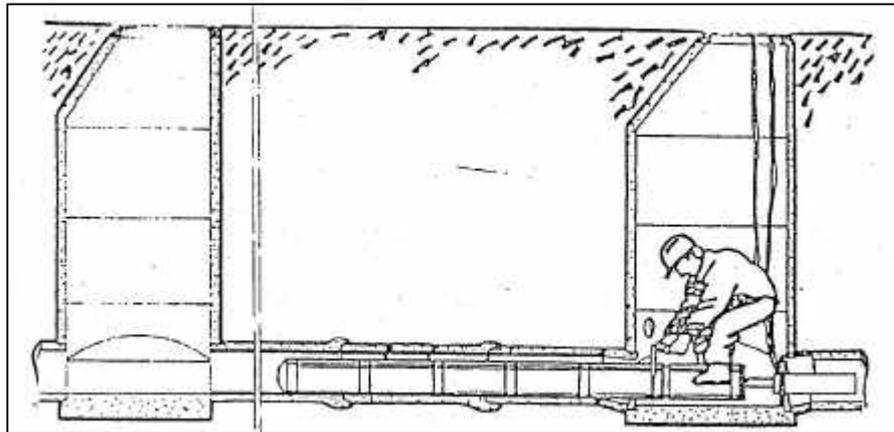
- tubage par éléments longs ; la taille de la fouille est alors 2 fois supérieure aux longueurs unitaires d'éléments ;
- tubage par éléments longs en continu ; la taille de la fouille est, dans ce cas, fonction du rayon de courbure.

La dérivation des effluents est souhaitable si l'on réalise un tubage par éléments. En revanche, elle est obligatoire pour les tubages en continu.

7.1.5.1 Poussage ou traction d'éléments

Le tubage peut être réalisé par poussage ou traction d'éléments courts (0,50 à 0,80 m) ou longs (3 à 6m), de tuyaux à assemblage étanche (collage, verrouillage, emboîtement).

Graphique 19. Poussage d'éléments courts (source : CRETEL Jacques – 1998)



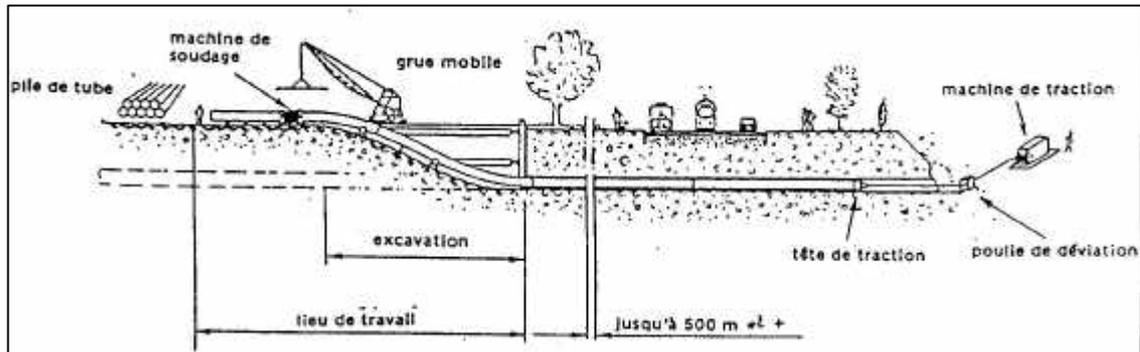
La mise en œuvre consiste à tirer ou pousser le nouveau tube dans l'ancienne canalisation puis à remplir par injection l'espace annulaire.

L'assemblage des tubes diffère selon le procédé utilisé. L'étanchéité est obtenue par un joint en caoutchouc.

7.1.5.2 Traction en continu d'un tubage long

Cette technique consiste en une traction en continu d'un tubage long (en couronne ou en barre) préfabriqué en usine, assemblé par thermo-soudure.

Graphique 20. Traction en continu d'un tubage long (source : CRETEL Jacques – 1998)



7.1.5.3 Traction en continu d'un tube prédéformé

La technique du tube prédéformé ne s'applique qu'aux ouvrages non visitables de diamètre 150 à 800 mm ; il s'agit d'un tubage par tuyau continu sans espace annulaire. Cette technique est destinée à la rénovation de tronçons de réseaux droits, légèrement courbés ou désaxés, pouvant atteindre de grandes longueurs.

Elle consiste en l'insertion par traction :

- d'un profil au diamètre réduit dans un gabarit conique ;
- ou bien d'une section déformée à chaud en usine, sous la forme d'un U si bien que le diamètre extérieur est réduit d'environ 30 %.

Photographie n°3 : Les tubes prédéformés pour le tubage par traction en continu (source : YAHIAOUI Fadila – 2000).



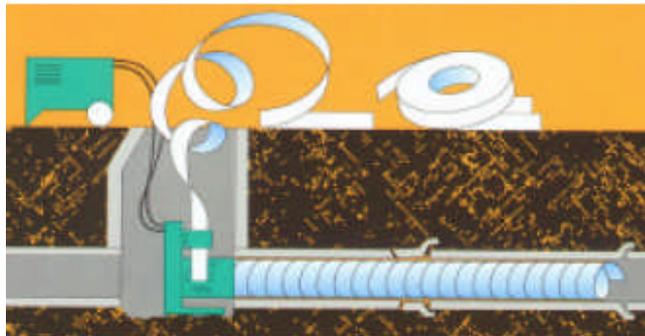
Le tube est introduit dans la canalisation par un regard ou une fouille de départ à l'aide d'un treuil. Il est alors coupé à la longueur souhaitée. Il reprend ensuite sa forme initialement ronde et se plaque contre la paroi intérieure de la canalisation existante soit spontanément, soit par mise sous pression à la vapeur ou à l'eau (après obturation des extrémités). Le rapport entre le diamètre intérieur du tube à réhabiliter et le diamètre extérieur du nouveau

tube est préalablement défini afin de garantir une bonne adhérence (YAHIAOUI Fadila – 2000).

7.1.5.4 Tubage par enroulement hélicoïdal

Cette technique s'emploie couramment sur des diamètres de 500 à 1500 mm. Elle consiste en la fabrication mécanique in situ d'un tuyau, par enroulement hélicoïdal d'un profilé spécial assemblé par clipsage. L'étanchéité est assurée par la compression de joints en caoutchouc ou par collage. L'espace entre la canalisation existante et le tube est rempli par injection de coulis. L'épaisseur du coulis est ajustée en fonction de la résistance mécanique à obtenir et de la section finale désirée.

Graphique 21. Aménagement de la cunette pour installation de la machine à spiraler



7.2 Procédés destructifs pour un remplacement des réseaux sans ouverture de tranchée

Les techniques destructives sans ouverture de tranchée sont fondées sur la destruction totale de la conduite dégradée et son remplacement par l'intérieur, sans ouverture de tranchée.

Il s'agit du tubage après broyage à l'aide d'un microtunnelier (microtunnelier « mange tube ») ou après éclatement de la canalisation dégradée (« éclate tuyau »).

Ces dispositifs sont utilisés lorsque que l'on ne peut plus recourir aux procédés de rénovation non destructifs ou au remplacement traditionnel par tranchée.

L'ouverture de fosses de travail peut s'avérer indispensable de même que de grandes courbes nécessitent des fouilles ponctuelles. Ces techniques destructives concernent uniquement les ouvrages non visitables. Elles sont applicables sur la plupart des canalisations non seulement pour les matériaux dit « cassables » (grès vitrifié, amiante

ciment¹, béton non armé, fonte grise) mais aussi, depuis peu, pour la fonte ductile et l'acier. Reste exclu le béton armé.

Par ailleurs, il doit être procédé à la dérivation des effluents (YAHIAOUI Fadila – 2000).

Il n'est donc pas certain que ces techniques soient les plus appropriées en zone rurale où les ouvertures de tranchées ont un impact bien moindre sur le trafic. Seuls les centres villes resteront concernés.

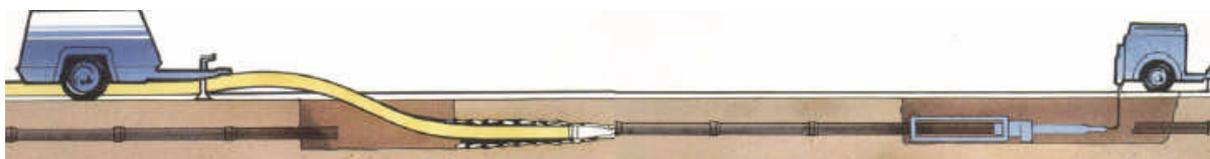
7.2.1 Le microtunnelier « mange tube »

A partir d'un puits de travail, un ensemble de tuyaux précédé d'une tête de forage orientable est poussé en continu vers un puits de sortie. La tête de forage est guidée par laser à partir d'un poste de pilotage. Elle broie le terrain en place et surtout la conduite existante. C'est en cela que réside toute la particularité de ce microtunnelier « mange tube ». C'est ainsi que peuvent être installés des tuyaux de diamètre **supérieur** à celui de la canalisation de départ. **Les débris** broyés de l'ancienne conduite **sont évacués** à travers la nouvelle canalisation (par un circuit de marinage) vers un bac de décantation.

7.2.2 Eclate tuyaux

L'éclate tuyau peut être soit poussé, soit tiré à l'intérieur de la canalisation à remplacer. Il permet le remplacement des canalisations de diamètre nominal 100 à 1000 mm. L'ensemble des tuyaux neufs est mis en place dans la continuité de l'éclate tuyau (fusée) qui détruit l'ancienne conduite à l'avancement et **repousse les débris dans le terrain environnant** (éclatement statique ou dynamique). Il est ainsi possible de mettre en place des tubes de **section nominale identique voire même supérieure**. L'assemblage se fait ensuite de façon mécanique ou par soudage.

Graphique 22. Principe du renouvellement des conduites à l'aide d'un éclate tuyau (source : YAHIAOUI Fadila – 2000).



Nota : La mise en œuvre de l'éclate tuyau entraîne un soulèvement du sol en place bien que le diamètre installé ne soit pas différent du diamètre détruit. Par ailleurs, des phénomènes de dilatation, compression, cisaillement et fracturation du sol en place ont été mis en évidence, ce qui implique de bien connaître le sous-sol avant d'intervenir.

¹ Néanmoins face à la nouvelle réglementation sur les déchets d'amiante, il nous semble que l'utilisation d'un éclate tube qui laisse les déchets dans le sous-sol est devenue une « solution » à proscrire.

7.3 La réhabilitation des réseaux avec ouverture de tranchée

Il s'agit de la technique qui reste la plus répandue pour la réhabilitation¹ des réseaux en zone rurale peu dense. Beaucoup d'entreprises la pratiquent mais il convient de s'assurer que les règles de l'art sont bien suivies. A cet égard, si une charte pour la qualité des réseaux d'assainissement a été signée dans son département, le maître d'ouvrage aura tout intérêt à vérifier que les entreprises qu'il souhaite employer ont bien signé ce document.

Différentes normes, très complètes, fixent les règles de l'art pour la pose de conduites d'assainissement. L'ouvrage de référence reste le fascicule 70. Nous ne le détaillerons pas mais nous rappellerons les points qu'il est absolument nécessaire de respecter lors de la conduite des chantiers de pose de canalisations.

Nous aborderons quatre grands points :

- la préparation du chantier ;
- la pose des tuyaux ;
- le remblayage des tranchées ;
- les contrôles préalables à la réception.

7.3.1 La préparation du chantier

Tous les travaux en domaine public font l'objet de prescriptions et d'autorisations obligatoires (art. 37 du CCAG) devant être requises avant le commencement des travaux.

En ce qui concerne la sécurité, la signalisation doit être adaptée, cohérente, crédible, lisible et stable... Le chantier doit faire l'objet de mesures visant à protéger le public et les ouvriers. Une base de vie doit être agencée conformément à la réglementation.

La reconnaissance du tracé doit être précédée d'une reconnaissance des autres réseaux ou obstacles.

La réception des produits, exécutée par l'entrepreneur et le maître d'œuvre doit donner lieu à une vérification portant sur :

- les quantités ;
- l'aspect et le contrôle de l'intégrité ;
- le marquage (norme NF P 16 100).

¹ Ouverture de fouilles au droit des défauts et remplacement de l'élément défectueux.

7.3.2 La pose des tuyaux

La largeur de la fouille doit être suffisante pour permettre une bonne mise en place des canalisations et notamment le compactage. Le fascicule 70 et la norme NF EN 1610 donnent des indications pour définir cette largeur.

Afin d'assurer aux travaux un niveau de qualité satisfaisant, il est nécessaire :

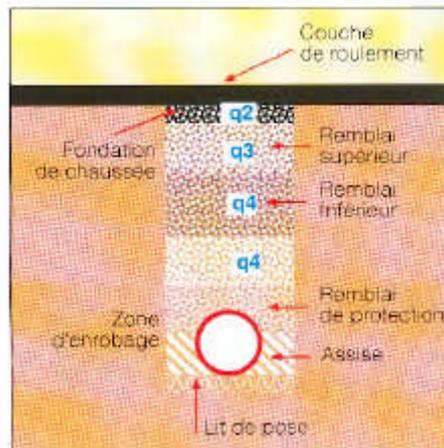
- **de ne pas remanier le fond de fouille : la profondeur de la tranchée est donnée par le fil d'eau augmenté de l'épaisseur du tuyau et du lit de pose (10 cm) ;**
- **que le fond de fouille soit plan pour éviter des tassements différentiels du lit de pose ;**
- **que les terres en excès ou impropres au remblayage soient immédiatement évacuées ;**
- **que le blindage de fouille soit jointif afin de prévenir tout éboulement ;**
- **qu'une attention particulière soit accordée aux risques d'éboulement des dépôts de déblais en bordure de fouille ;**
- **que des dispositions provisoires soient prises pour soutenir les canalisations déjà en place.**

Lors de la mise en place des tuyaux, les principes suivants doivent être respectés :

- **des niches dans le lit de pose doivent être prévues pour les tuyaux à emboîture ;**
- **la pose doit se dérouler de l'aval vers l'amont ;**
- **l'emboîture des tuyaux doit être dirigée vers l'amont ;**
- **le nivellement doit être réalisé à l'aide d'un niveau « laser de conduite » ;**
- **la coupe des conduites doit être réalisée en suivant précisément les prescriptions du fabricant ;**
- **les abouts doivent être nettoyés et les joints lubrifiés si nécessaires ;**
- **l'emboîtement des conduites est réalisé par poussée progressive dans l'axe ;**
- **l'élingage des tuyaux par l'intérieur est à proscrire.**

7.3.3 Le remblayage des tranchées

Graphique 23. Les différentes couches de remblai (Source : MALRIEU Jacques – 1999)



La qualité d'exécution de la zone d'enrobage conditionne la bonne tenue des tuyaux.

Pour l'assise, le remblai est déversé de part et d'autre de la canalisation, poussé sous les flancs et compacté. Elle est réalisée par couche, jusqu'au niveau de la génératrice médiane du tuyau.

La même procédure doit être appliquée pour le remblai de protection.

L'épaisseur minimale de la hauteur de recouvrement hr est égale à 150 mm.

L'utilisation de compacteur pour réaliser l'assise peut parfois se révéler beaucoup trop risquée pour le tuyau. Les options pour pallier ce problème sont alors :

- l'utilisation de matériaux autocompactants (sables à granulométrie serrée) ;
- la réalisation d'un fichage à l'eau avec des matériaux non argileux (sables sans fines) ;
- utilisation de bétons autocompactants (MALRIEU Jacques – 1999).

Le remblayage s'effectue par couches successives dont l'épaisseur varie selon le matériau, le matériel de compactage et l'objectif de densification.

L'épaisseur du remblai supérieur dépend du niveau de trafic.

7.4 Avantages et inconvénients des techniques de réhabilitation des réseaux d'assainissement : récapitulatif

En conclusion de ce chapitre, nous récapitulerons les différents avantages et inconvénients des techniques évoquées.

Tableau 18. Avantages et inconvénients des techniques de réhabilitation des réseaux d'assainissement (d'après BOMSTEIN Dominique, ANHEIM Simon et TUBIANIA Fabian – 2004)

Technique	Applicabilité	Avantages	Inconvénients
Chemisage continu polymérisé en place	Traitement intégral pour réseaux circulaires de diamètre 100 à 1600 mm. Tous matériaux.	Pas d'espace annulaire. Applicable sur de très grandes longueurs. Rénovation structurante. Rapidité de mise en œuvre.	Stockage ou dérivation des effluents nécessaires. Manipulation délicate. Risque de brûlure ou d'absence de polymérisation avec un durcissement aux UV.
Tubage par tuyau continu avec espace annulaire ou Tubage par tuyaux courts avec espace annulaire	Traitement intégral pour réseaux circulaires de diamètre 100 à 1600 mm. Tous matériaux.	Applicable sur de très grandes longueurs. Applicable à des conduites présentant de très nombreux désordres. Rénovation structurante selon le diamètre.	Mise hors-service du tronçon. Accès impératif aux deux extrémités. Mise en œuvre en tronçon droit. Espace annulaire.
Tubage par tuyau continu sans espace annulaire	Traitement intégral pour réseaux circulaires de diamètre 100 à 1600 mm. Tous matériaux.	Applicable sur de très grandes longueurs. Pas d'espace annulaire. Applicable à des conduites présentant de très nombreux désordres. Rénovation structurante selon le diamètre.	Mise hors-service du tronçon. Accès impératif aux deux extrémités. Mise en œuvre en tronçon droit.
Tubage par enroulement hélicoïdal avec espace annulaire	Traitement intégral pour réseaux circulaires de diamètre 100 à 2500 mm et non circulaires à partir de 800 mm. Tous matériaux.	Pas d'obturation de la conduite. Faible coût du PVC. Rénovation structurante.	Fabrication du profilé depuis un regard de visite. Branchements très difficiles à réaliser en non-visitable.
Chemisage partiel	Traitement ponctuel pour réseaux circulaires ou ovoïdes de diamètre 100 à 600 mm. Tous matériaux.	Pas d'espace annulaire. Grande rapidité de mise en œuvre. Réparation structurante	Stockage ou dérivation des effluents nécessaires. Ovalisation maximale de 8 %. Manipulation délicate.
Injection d'étanchement	Traitement ponctuel pour réseaux circulaires ou ovoïdes de diamètre 100 à 900 mm. Presque tous matériaux.	Vides extérieurs comblés. Produits d'étanchéité élastiques et adhérents. Technique économique.	Non adapté aux détériorations importantes. Non adapté aux coudes et rétrécissements importants. Réparation non structurante.
Robot multifonction	Traitement ponctuel pour réseaux non visitables à partir de 200 mm. Tous matériaux.	Traitement des liaisons entre canalisation et branchements. Outil polyvalent. Précision.	Coût du matériel. Très dépendant de la compétence des opérateurs.
Robot découpeur	Traitement ponctuel pour réseaux non visitables à partir de 200 mm. Tous matériaux.	Suppression des racines et raccordements entrants. Précision.	Coût du matériel. Très dépendant de la compétence des opérateurs.
Microtunnelier « mange tube »	Traitement intégral pour réseaux non visitables. Tous matériaux.	Maintien ou augmentation du diamètre. Adapté aux canalisations très endommagées.	Interférences avec le milieu (autres réseaux, sols).
Tubage après éclatement « Eclate tuyau »	Traitement intégral pour réseaux circulaires de diamètre 100 à 600 mm. Tous matériaux sauf béton armé et parfois PEHD.	Maintien ou augmentation du diamètre. PEHD autostucturant. Adapté aux canalisations très endommagées. Longueur jusqu'à 120 m.	Exigences planimétriques non respectées en gravitaire. L'ancienne canalisation reste dans le sol. Interférences avec le milieu (autres réseaux, sols).
Tranchée ouverte	Tous types de réseaux. Tous matériaux.	Simple à mettre en œuvre en milieu dégagé. Technique souvent la plus économique en coût direct à moins de 2 m de profondeur.	Coûts indirects importants en milieu urbanisé. Impossible à mettre en œuvre dans certains cas (traversée de routes, voies de chemin de fer, cours d'eau).

Rénovation : travaux utilisant tout ou partie de l'ouvrage existant en améliorant ses performances actuelles.

Réparation : rectification de défauts localisés.

Remplacement : construction d'un réseau neuf se substituant à un réseau existant.

Rénovation, réparation ou remplacement avec tranchée.

Selon monsieur Jean-Michel BERGUE (Projet National RERAU), il est possible de classer par ordre de durabilité décroissante :

1. Ouvrage neuf (posé avec ou sans tranchée en site inoccupé)¹ ;
2. Ouvrage remplacé avec tranchée² ;
3. Ouvrage remplacé sans tranchée par microtunnelage³ ;
4. Ouvrage remplacé sans tranchée par éclatement⁴ ;
5. Ouvrage rénové ;
6. Ouvrage réparé.

Ce classement nuancé reste un peu subjectif et donc discutable. Cependant, il n'y a de doute pour personne sur les durabilités qui restent très largement différentes entre le niveau 1 et le niveau 6. Le caractère ponctuel des travaux de réparation, même sur un ouvrage faiblement dégradé ne prolonge que peu la durabilité de l'ouvrage existant, telle qu'estimée à sa construction.

Pour simplifier l'usage de ce classement, monsieur Jean-Michel BERGUE estime que l'on peut sans doute gommer quelques nuances en regroupant les niveaux allant de 1 à 4 et proposer trois classes de durabilité (relativement) bien distinctes :

- A – ouvrage neuf ou remplacé ;
- B – ouvrage rénové ;
- C – ouvrage réparé.

¹ L'ouvrage qualifié « existant ».

² Le retrait de l'ouvrage en place peut créer des conditions particulières et défavorables à la pose du nouvel ouvrage.

³ Technique quasi pas utilisée en France en milieu urbain, alors autant dire pas en milieu rural.

⁴ Cette technique laisse subsister dans l'environnement immédiat de l'ouvrage de nombreux morceaux de l'ouvrage existant, créant ainsi une hétérogénéité de son environnement qui peut être dommageable à son comportement mécanique et partant sa durabilité.

8 Les techniques de réhabilitation des ouvrages annexes

8.1 Réhabilitation de regards de visite

8.1.1 Les différentes techniques

La réhabilitation continue ou partielle des regards de visite se caractérise par :

- reprise de surfaces dégradées ou traitement global ;
- traitement de l'étanchéité ;
- remise en conformité des éléments de sécurité.

Les quatre grandes familles de techniques utilisées sont :

- enduisage projeté ou manuel, résine ;
- chemisage en béton coulé en place ou projeté ;
- tubage en un seul élément ou plusieurs éléments préfabriqués ;
- injection de l'ouvrage (étanchement ou régénération) ou de l'extrados (collage ou traitement du sol environnant).

Ces techniques peuvent être structurantes (avec apport mécanique calculable). C'est le cas du chemisage, du tubage et de l'injection de régénération (AGHTM – 1998). Elles peuvent aussi être non structurantes (sans apport mécanique). C'est le cas de l'enduisage, du chemisage en béton projeté et de l'injection d'étanchement (AGHTM – 1998).

Toutes ces techniques permettent de traiter l'étanchéité. En revanche, la lutte contre la corrosion ou contre l'abrasion ne peut se faire que via les techniques d'enduisage, de chemisage ou de tubage (AGHTM – 1998).

Les composants des différentes techniques sont les suivants :

Tableau 19. Les composants des différentes techniques de réhabilitation des regards de visite (d'après AGHTM – 1998).

Technique	Composants
Enduisage	⇒ mortier hydraulique ou mortier de résine ⇒ résine
Chemisage	⇒ béton hydraulique ou fibres tissées ou non (verre, polyester, carbone...) avec résine (époxydique, polyester, vinylester...)
Tubage	⇒ polychlorure de vinyle (PVC), polyéthylène basse ou moyenne densité (PEBD ou PEMD), polyuréthane (PU), polymère renforcé de verre (PRV)... avec coulis à base de ciment injecté entre l'ouvrage existant et le ou les nouveaux éléments
Injection	⇒ gel acrylique ou polyuréthane, coulis à base de ciment

La mise en œuvre ne peut se faire qu'en respectant les contraintes suivantes

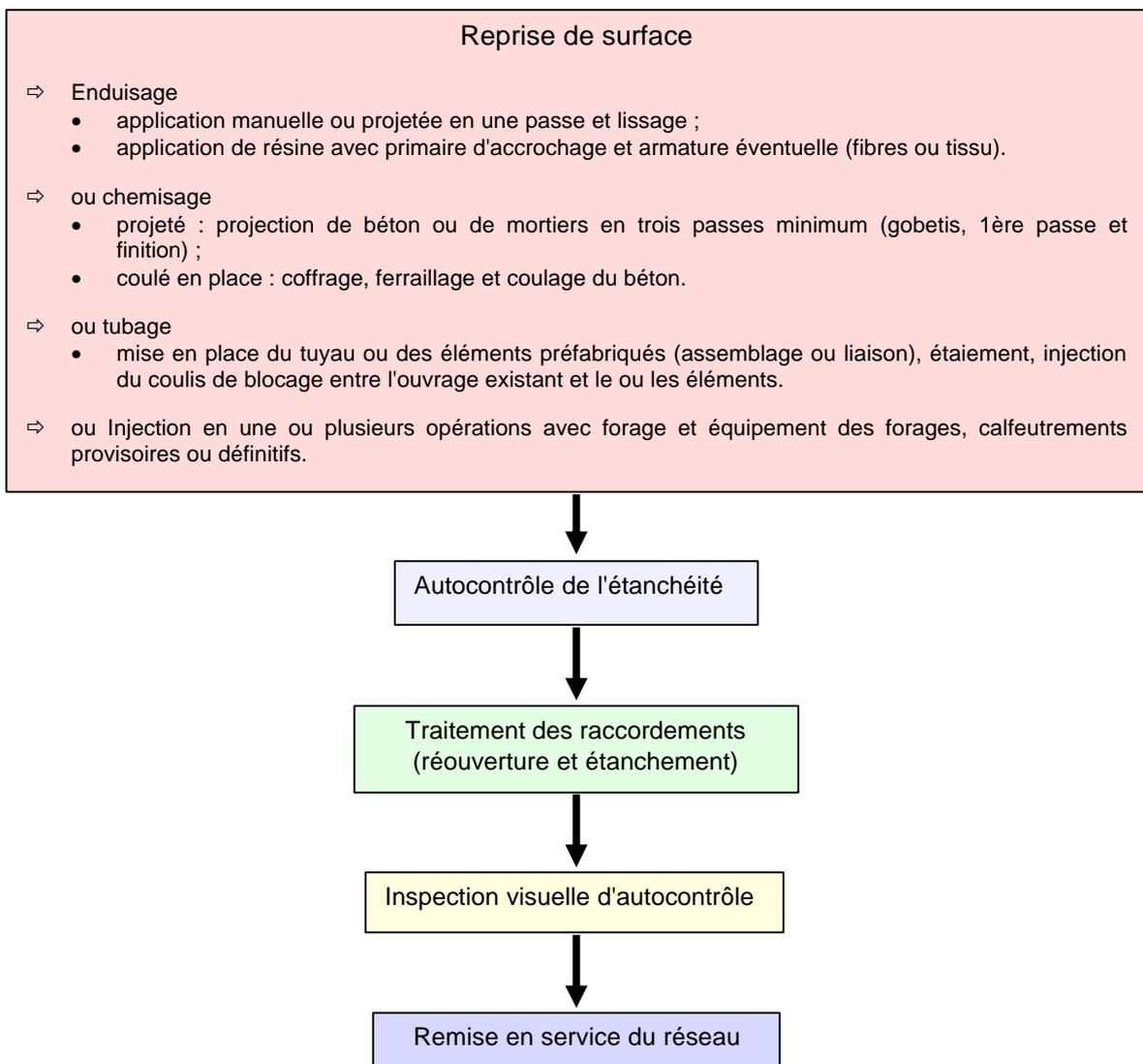
- le terrain environnant doit être stabilisé ;
- le réseau au droit de l'ouvrage doit être mis hors service avec dérivation ou stockage des effluents ;
- le matériel d'intervention doit être stationné à proximité d'un regard de visite et ouverture simultanée d'au moins deux regards ;
- la dimension minimum doit être de 800 mm de diamètre ou 800 x 800 mm.

Les travaux préparatoires sont les suivants :

- signalisation du chantier et mesures de sécurité ;
- dérivation ou stockage des effluents ;
- curage hydrodynamique soigné ;
- vérification de l'état initial par examen visuel ;
- dépose provisoire du tampon et de la dalle de répartition (le cas échéant) ;
- dépose provisoire des éléments de sécurité (le cas échéant) ;
- découpage ou enlèvement des obstacles (branchements et racines pénétrants, excroissances de béton...) ;
- curage hydrodynamique soigné ou lavage haute pression ou sablage ;
- vérification de l'état d'accueil par examen visuel.

Les travaux doivent suivre les phases suivantes (cf. Graphique 24).

Graphique 24. Réhabilitation des regards de visite : les phases de travaux



8.1.2 Les contrôles

Les points qui doivent être contrôlés avant et après les travaux de réhabilitation sont les suivants :

- inspection visuelle avant travaux (rapport)
- contrôle des matériaux constitutifs (normes, certifications, cahiers de charges) ;
- reprise de surface :
 - enduisage => Contrôle de la qualité de l'adhérence, prise de l'enduit ou paramètres critiques de la polymérisation, liaison enduisage / canalisation ;
 - chemisage => Contrôle de la qualité de l'adhérence, prise du béton ou mortier, épaisseur de la paroi résultante, liaison chemisage / canalisation ;

- tubage => Contrôle de la qualité des assemblages, conditions de l'insertion, condition de blocage du ou des éléments, liaison tubage / canalisation ;
- injection=> Contrôle des pressions du fluide de mise en œuvre, paramètres critiques de la polymérisation ou du durcissement, liaison avec la canalisation ;
- autocontrôle de l'étanchéité (prélèvement d'échantillons et essais) ;
- opérations préalables à la réception.

8.2 Le chemisage des branchements

Jusqu'à une période très récente (fin des années 90), la reprise des branchements devait être effectuée de manière traditionnelle, c'est-à-dire par reprise du piquage par l'extérieur.

Il n'existait pas de technique de réhabilitation des branchements appropriée, seul le traitement ponctuel du branchement sur la conduite par robot multifonctions était possible (ATTF – 2002).

Un procédé de chemisage par inversion dans le branchement à partir de la canalisation principale est arrivé sur le marché français au début des années 2000.

Nota : c'est l'étanchéité qui est généralement recherchée dans la réhabilitation des branchements.

La technique reste la même que celle du chemisage d'une conduite mais elle est réalisée à partir d'un robot et d'un lanceur. Les matériaux utilisés sont les mêmes que ceux mis en œuvre pour le chemisage de la conduite.

Le phasage des travaux de chemisage des branchements est le suivant :

- confection d'une pièce en PVC pré-imprégnée de résine fibrée (appelée « selle »). Cette pièce, adaptée au diamètre et à l'angle du branchement, assurera l'étanchéité au droit du raccordement conduite-branchement. L'extrémité du chemisage du branchement vient se fixer sur cette selle qui tient lieu de « tête d'inversion ».
- chargement, dans le lanceur du robot, du chemisage de branchement imprégné d'une résine durcissante à température ambiante.
- introduction par le regard de visite dans la conduite du robot couplé à une caméra, puis tracté au droit du branchement à réhabiliter.
- inversion, à l'intérieur du branchement, du chemisage à l'aide du ballon de coffrage qui, se déployant sous pression d'air, l'entraîne.
- durcissement de la résine et donc du chemisage.
- retrait du ballon de coffrage par inversion.
- reprise des piquages, selles de raccordement, regards de façades...

Le chemisage par traction est, lui, utilisable quand on dispose d'un accès par boîte de branchement.

9 Suivi d'exécution des travaux de réhabilitation

Les deux phases préalables à l'exécution des travaux sont :

- La vérification de l'état initial de la canalisation. Cette phase se situe au début des travaux et doit permettre de vérifier, par inspection télévisée, si l'état de la canalisation n'a pas évolué depuis l'étude de diagnostic de l'état. La vérification fait l'objet d'un rapport (comparatif s'il y a lieu) qui est remis au maître d'œuvre (rapport photos, cassette vidéo).
- La vérification de l'état d'accueil de la canalisation. Cette phase fait suite aux travaux préparatoires (hydrocurage, fraisage des obstacles) et fait également l'objet d'un rapport remis au maître d'œuvre (rapport photos, cassette vidéo).

Le suivi d'exécution des travaux de réhabilitation peut varier fortement en fonction des techniques utilisées. Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des différentes étapes du suivi d'exécution des travaux en fonction des techniques (AGHTM – 1998).

Tableau 20. Les différentes étapes du suivi d'exécution des travaux de réhabilitation

Type de travaux	Etapes du suivi d'exécution des travaux
Injections ponctuelles d'étanchement	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Test de polymérisation du mélange utilisé, réalisé lors de la préparation des composants, ◆ Inspection visuelle ou télévisée avant travaux matérialisée par la remise d'un rapport et d'une cassette vidéo au maître d'œuvre, ◆ Contrôle des matériaux constitutifs (normes, certifications, cahier des charges), ◆ Contrôle des pressions du fluide de mise en œuvre, ◆ Contrôle des paramètres critiques de la polymérisation ou du durcissement, ◆ Rapport d'injection avec, pour chaque point traité, la quantité injectée et pour chaque point non traité, la raison pour laquelle il n'a pu l'être.
Manchette ou chemisage partiel	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Inspection visuelle ou télévisée avant travaux (rapport photographique et cassette vidéo), ◆ Contrôles des matériaux constitutifs, ◆ Contrôle de la qualité de l'imprégnation, ◆ Contrôle des pressions du fluide de mise en œuvre, ◆ Contrôle des paramètres critiques de la polymérisation, ◆ Rapport de chemisage partiel avec, pour chaque point non traité, la raison pour laquelle il n'a pu l'être.
Chemisage continu polymérisé en place	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Inspection visuelle ou télévisée avant travaux (rapport photographique et cassette vidéo), ◆ Contrôle des caractéristiques dimensionnelles et des tolérances de fabrication (note de calcul), ◆ Contrôle de l'épaisseur de la paroi résultante, ◆ Contrôle des matériaux constitutifs, ◆ Contrôle de la qualité de l'imprégnation, ◆ Contrôle des pressions du fluide de mise en œuvre, ◆ Contrôle des paramètres critiques de la polymérisation, ◆ Prélèvements d'échantillons et essais.
Tubage sans vide annulaire	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Inspection télévisée avant travaux (rapport photographique et cassette vidéo), ◆ Contrôle des caractéristiques dimensionnelles et des tolérances de fabrication (note de calcul), ◆ Contrôle de l'épaisseur de la paroi résultante, ◆ Contrôle des matériaux constitutifs, ◆ Contrôle de la qualité de l'assemblage des tuyaux, ◆ Contrôle des conditions de l'insertion, ◆ Contrôle des conditions de la remise à la forme initiale, ◆ Autocontrôle de l'étanchéité et du blocage des extrémités (liaison tuyau / regards de visite), ◆ Autocontrôle de l'étanchéité au droit des raccordements.
Tubage avec vide annulaire	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Inspection visuelle ou télévisée avant travaux (rapport photographique et cassette vidéo), ◆ Contrôle des caractéristiques dimensionnelles et des tolérances de fabrication (note de calcul), ◆ Contrôle de l'épaisseur de la paroi résultante, ◆ Contrôle des matériaux constitutifs, ◆ Contrôle de la qualité de l'assemblage des tuyaux, ◆ Contrôle des conditions de l'insertion, ◆ Contrôle de l'étanchéité et du blocage des extrémités, ◆ Contrôle de l'étanchéité au droit des raccordements, ◆ Contrôle des conditions d'injection, ◆ Prélèvements d'échantillons du coulis de blocage et essais.

Les contrôles préalables à la réception interviennent dans le cadre de l'autocontrôle de l'entreprise et consistent en une inspection visuelle ou télévisée ainsi qu'un test d'étanchéité (avant remise en service des branchements) sur l'ensemble du linéaire réhabilité.

La réception des travaux est un acte, prononcé contradictoirement, par lequel le Maître d'Ouvrage reconnaît la conformité des travaux réalisés par l'entreprise.

Une réception de qualité doit permettre de vérifier effectivement le parfait achèvement des travaux. Les objectifs poursuivis sont :

- La garantie que le réseau fonctionne correctement ;
- L'assurance qu'après stabilisation du sol, cette fonctionnalité sera maintenue (cela est sans objet pour les techniques de réhabilitation non destructives).

L'arrêté du 22 décembre 1994 fixant les prescriptions techniques relatives aux ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées précise en son annexe 1 les dispositions suivantes :

- les contrôles de réception sont effectués par une société spécialisée indépendante de l'entreprise de travaux ;
- l'opérateur doit être qualifié ;
- les contrôles doivent faire l'objet d'un marché particulier ;
- la réception définitive prévoit :
 - un test d'étanchéité (eau ou air),
 - un test d'écoulement suivi d'un test visuel (vidéo) permettant de vérifier le profil en long,
 - un contrôle de compactage,
 - la fourniture des plans de recollement.

Le groupe de travail « réhabilitation des réseaux » de l'ASTEE a publié en 2004 différentes recommandations pour la réalisation des contrôles préalables à la réception des travaux de réhabilitation des réseaux d'assainissement (Groupe de travail « réhabilitation des réseaux » de l'ASTEE – 2004). Le Tableau 21 synthétise les différentes recommandations énoncées pour les canalisations non visitables.

Par ailleurs, il convient de se reporter à cette publication¹ pour avoir d'un descriptif détaillé des protocoles d'essai concernant :

- le contrôle sur site des épaisseurs de béton frais ;
- le contrôle par carottage ;
- le vérinage intérieur pour l'auscultation mécanique des ouvrages et du sol encaissant (essai MAC) ;
- le sondage sonique au marteau non instrumenté ;
- la méthode d'impédance mécanique (MIM) ;
- l'auscultation radar ;
- le contrôle de réception des caractéristiques mécaniques des chemisages polymérisés en place par essai de flexion en trois points.

¹ Groupe de travail « réhabilitation des réseaux » de l'ASTEE – 2004, Recommandations pour la réalisation des contrôles préalables à la réception des travaux de réhabilitation des réseaux d'assainissement, in *TSM n°2*, février 2004 – 99^{ème} année.

Tableau 21. Opérations préalables à la réception pour les canalisations non visitables (d'après Groupe de travail « réhabilitation des réseaux » de l'ASTEE – 2004)

Technique de réhabilitation utilisée	Points à réceptionner				
	Restructuration	Consolidation	Étanchéité	Hydraulique	Anticorrosion et anti-abrasion
Chemisage continu polymérisé en place	- Inspection télévisuelle sur l'ensemble des ouvrages rénovés ; - Contrôle de l'épaisseur et des caractéristiques sur éprouvettes prélevées sur chantier ; - Essais de vérinage intérieur (Ø 200 mm) ou par la méthode d'impédance mécanique (Ø 300 mm).	Sans objet.	Epreuve d'étanchéité à l'air ou à l'eau sur l'ensemble des ouvrages rénovés exécutée dès achèvement des travaux ou différée.	Inspection télévisuelle sur l'ensemble des ouvrages rénovés (canalisation principale et branchements) exécutée dès achèvement des travaux ou différée.	Sans objet dans le cas général dans la limite d'effluents conformes à la circulaire 77.284 / INT. Dans des cas particuliers, contrôle des caractéristiques des matériaux frais et durcis.
Tubage avec espace annulaire	- Contrôle des caractéristiques du coulis de remplissage exécuté en cours de travaux ; - Inspection télévisuelle sur l'ensemble des ouvrages rénovés ; - Essais de vérinage intérieur (Ø 200 mm) ou par la méthode d'impédance mécanique (Ø 300 mm) ;	Sans objet.	Epreuve d'étanchéité à l'air ou à l'eau sur l'ensemble des ouvrages rénovés exécutée dès achèvement des travaux ou différée.	Inspection télévisuelle sur l'ensemble des ouvrages rénovés (canalisation principale et branchements) exécutée dès achèvement des travaux ou différée.	Sans objet dans le cas général dans la limite d'effluents conformes à la circulaire 77.284 / INT. Dans des cas particuliers, contrôle des caractéristiques des matériaux frais et durcis.
Injection d'étanchement avec manchon	- Inspection télévisuelle sur l'ensemble des ouvrages rénovés.	- Epreuve d'étanchéité à l'air ou à l'eau sur l'ensemble des ouvrages rénovés exécutée dès achèvement des travaux ou différée.	- Contrôle de l'autocontrôle de l'ensemble des anomalies ou joints réparés.		
Chemisage partiel polymérisé en place	Sans objet.	Contrôle de l'autocontrôle des paramètres-clés de mise en œuvre (polymérisation, pression, épaisseur).	Epreuve éventuelle d'étanchéité.	Inspection télévisuelle sur l'ensemble des ouvrages rénovés (canalisation principale et branchements) exécutée dès achèvement des travaux ou différée.	/
Robots à fonctions multiples	Sans objet.	Contrôle de l'autocontrôle des paramètres-clés de mise en œuvre (polymérisation, pression, épaisseur).	- Contrôle de l'autocontrôle des anomalies réparées. - Inspection télévisuelle sur l'ensemble des ouvrages réparés.	Inspection télévisuelle sur l'ensemble des ouvrages réparés.	/
Réhabilitation des regards de visite	Dans ce cas, les opérations préalables à la réception sont celles définies pour la ou les techniques.	Sans objet.	- Inspection visuelle ; - Essai global d'étanchéité ; - Contrôle de prélèvement par carottage (en cas d'absence de contrôle en cours de travaux) ; - Dans le cas où l'essai global d'étanchéité n'est pas réalisé : <ul style="list-style-type: none"> • contrôle des épaisseurs de matériaux ; • contrôle des caractéristiques des matériaux mis en place. 	- Inspection visuelle.	Sans objet dans le cas général dans la limite d'effluents conformes à la circulaire 77.284 / INT. Dans des cas particuliers, contrôle des caractéristiques des matériaux frais et durcis.

10 L'apport des Systèmes d'Information Géographiques (SIG)

10.1 Les utilisations possibles des SIG pour les services « assainissement »

Les SIG permettent la **représentation cartographique** des réseaux d'assainissement. Au-delà de cette fonction cartographique, les SIG sont des outils d'aide à la décision pour la **gestion opérationnelle** et pour la **gestion patrimoniale** du réseau. Par exemple, le SIG permet au gestionnaire non seulement de savoir où est positionné tel tronçon du réseau, mais aussi de l'aider à trouver des solutions à des questions auxquelles il est confronté :

- Comment dériver un effluent pour une opération de réhabilitation ?
- Quels sont les usagers concernés par la gêne occasionnée lors de ces travaux ?

Les applications SIG peuvent aussi être utilisées pour :

- Estimer la valeur du patrimoine immobilisé dans le cas d'un partage d'un réseau existant (exemple : lorsqu'une commune se retire d'une communauté de communes ou d'un syndicat) et dans le cas où le gestionnaire ou la collectivité souhaiterait calculer avec précision le montant des amortissements ;
- Prévoir la réhabilitation des réseaux anciens. Les liens entre les outils SIG et les modèles d'estimation de l'état d'un réseau sont amenés à se développer dans les prochaines années ;
- Faire de la gestion prospective du réseau en comparant différents scénarios ;
- Prévoir les opérations de maintenance. Il peut être envisagé d'utiliser un SIG en le couplant à un modèle statistique d'estimation de la qualité du réseau fondé sur des corrélations entre la nature du sol, les risques de corrosion et la localisation des dysfonctionnements passés. Ce type d'approche reste expérimental et est appliqué, avant tout, aux réseaux de distribution d'eau des grands centres urbains (GOURMAIN Patrick – 2001).

10.2 Le développement des SIG dans les petites collectivités

Il n'existe pas de données bibliographiques sur le nombre de services d'eau utilisant un SIG. En revanche, les données relatives au nombre de projets SIG dans les collectivités territoriales (Tableau ci-dessous) peuvent fournir des ordres de grandeur sur le nombre de projets SIG liés à la gestion des services d'eau. En effet, l'utilisation d'un SIG dans une commune concerne d'abord des actions dans le domaine de l'urbanisme et du droit des sols. A l'occasion de l'établissement ou de la modification des documents d'urbanisme (POS...), le cadastre a été numérisé puis les zonages de territoire ont été associés, ce qui a donné naissance aux premiers SIG. Les autres services techniques qui gèrent au quotidien leurs patrimoines (dont les réseaux : eau potable, assainissement mais aussi voirie, électricité, gaz, éclairage public, télécommunication, réseau câblé de chaleur) et les événements sur le territoire s'y sont ensuite intéressés. L'usage des SIG est aujourd'hui répandu, y compris dans les petites collectivités comme le montre le tableau ci-dessous (GOURMAIN Patrick – 2001).

Tableau 22. Evolution de l'usage des SIG dans les petites collectivités territoriales / données de l'année 2002 (source IETI Consultants – 2004)

Collectivités territoriales	Nb de communes équipées	
	2000	2002
Communes de 5 000 à 10 000 habitants	99	181
Communes de moins de 5000 habitants (hors intercommunalité)	351	804

10.3 Les réticences possibles lors de la mise en œuvre de l'outil

L'apparition d'un SIG n'est pas neutre par rapport à l'organisation d'un service assainissement. Cela peut être un atout mais aussi un frein à leur développement.

Aujourd'hui, la dématérialisation de l'information révolutionne en profondeur les habitudes en matière de diffusion de l'information constituée dans le cadre de la gestion d'un service. Avant les SIG et l'informatique, le pouvoir du détenteur d'information était important. Les nouvelles architectures et les nouveaux outils SIG permettent de moins en moins la rétention d'informations. Les SIG ont donc un impact sur les systèmes de pouvoir et peuvent, de ce fait générer des conflits. En revanche, ils contribuent à plus de transparence dans la gestion des services d'eau et d'assainissement (GOURMAIN Patrick – 2001).

10.4 Le choix du matériel

Les avantages de l'utilisation d'un SIG (rapidité, mémoire, adaptabilité aux besoins des utilisateurs...) dans une application de gestion d'un réseau d'eau ont augmenté au fur et à mesure du développement des progrès des technologies informatiques.

Une première génération d'outils complexes et coûteux a conduit, dans un premier temps, à la mise en œuvre de démarches très centralisatrices visant à contrôler et à coordonner le développement de la géomatique dans les organisations. Une deuxième génération d'outils bon marché et plus faciles à utiliser, mais conçus pour un usage individuel a permis aux utilisateurs de développer des démarches très autonomes, plus décentralisées, focalisées sur la satisfaction de leurs besoins individuels. Dans les deux cas, l'organisation subissait l'impact organisationnel "par défaut" des outils.

Les outils SIG ont connu, depuis quelques années, une évolution très rapide vers une gamme de produits élargis, allant de la station de travail au produit bureautique, permettant à chacun d'adapter ses choix à ses besoins. Deux types d'outils peuvent être utilisés par les gestionnaires de réseaux :

- Des outils SIG très généralistes par lesquels il est possible de développer tout type d'application (Géoconcept, ArcInfo, ArcView, Mapinfo...). Ils présentent aujourd'hui des interfaces utilisateurs ergonomiques et conviviales, utilisables par des non-spécialistes. Cependant leur paramétrage lors de la mise en place du SIG et éventuellement leur programmation en cours de son utilisation nécessitent des compétences en informatique.
- Des outils intégrant des fonctions très performantes, spécifiques au domaine des réseaux d'eau et d'assainissement. Leur champ d'utilisation est limité aux tâches du gestionnaire mais des liens vers d'autres systèmes sont possibles. Les trois grandes sociétés d'exploitation ont chacune développé leur propre SIG et ont un programme de développement dans les services qui leur sont délégués (GOURMAIN Patrick – 2001).

PARTIE II : LE FINANCEMENT DU RENOUVELLEMENT DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT

11 Renouvellement : une définition précise... un contour flou

Les opérations de réparation et d'entretien d'un réseau sont imputées à la section exploitation du budget du service. Cela ne pose pas de difficultés comptables particulières et nous ne les aborderons pas ici. Cependant une des grandes difficultés pour le gestionnaire est de tracer une frontière précise entre une opération de réparation ou d'entretien et une opération de renouvellement.

A priori la définition du renouvellement est précise. On qualifie de renouvellement tout investissement correspondant à la réalisation d'une immobilisation qui se substitue, à l'identique ou à fonctions identiques, à une immobilisation existante (ALEXANDRE Olivier – 1993).

Cette définition, par l'usage du terme « investissement » suppose la création d'une immobilisation et introduit la notion de remplacement.

Le renouvellement, par sa vocation de maintien du service, sans accroissement de capacité ni de qualité est très proche des opérations d'entretien et de réparation. Ces dernières n'ont cependant pour effet que de modifier une immobilisation existante qui continue d'assurer ses fonctions.

Les techniques de réhabilitation point par point évoquées en première partie sont écartées a priori de cette définition. En revanche, les techniques destructives et les remplacements de conduites avec ouverture de tranchée y répondent bien à condition qu'elles soient employées sur une distance qui dépasse un certain seuil que l'on ne peut fixer qu'arbitrairement (10-20 mètres).

Par ailleurs, le classement du chemisage continu de conduites ou des techniques de tubage peut poser problèmes dès lors :

- que ces techniques sont employées sur une longue distance ;
- que la méthode employée permet une restructuration de l'ouvrage ;
- que le coût de l'opération est important.

Une réhabilitation de ce type n'atteindra, cependant, jamais la durée de vie d'une conduite neuve posée à l'aide d'une technique destructive (sans tranchée) ou à l'aide d'une ouverture de tranchée. Autrement dit, si l'investissement est évident, le remplacement à l'identique n'a pas lieu. Cependant, en raison des sommes en jeu, il convient d'appliquer à cet investissement les mêmes règles que pour les opérations de renouvellement en ce qui concerne :

- l'amortissement ;
- les provisions pour grosses réparations.

Enfin, les opérations dites de renforcement des réseaux s'accompagnent d'une augmentation de capacité ou de performance. Les techniques de microtunnelier, et d'ouverture de tranchée permettent ces opérations, de même que, dans certains cas, l'éclate-tube. Dans cette situation la part du renouvellement doit être pris en charge par la collectivité et/ou le gestionnaire délégué du réseau alors que la part consacrée à l'augmentation de capacité ou de performance peut être aidée ou subventionnée. Une clef de répartition doit donc être mise en place afin de bien différencier les coûts qui relèvent du remplacement de ceux qui relèvent de l'augmentation des capacités de l'ouvrage.

12 Renouveler : quand et pourquoi ?

12.1 Les raisons du renouvellement

La décision de renouveler une infrastructure intervient, en principe, quand celle-ci atteint sa limite de vétusté. Cependant cette notion de vétusté ne peut être définie simplement et rapidement. En effet, on peut recenser cinq grandes causes d'obsolescence. Elles peuvent être :

- techniques ;
- économiques ;
- technologiques ;
- sociales ou réglementaires ;
- contractuelles.

12.1.1 Causes techniques

Les causes techniques sont liées aux phénomènes d'usure et de dégradation qui affectent les éléments matériels. La première partie du présent document vise à donner une méthodologie pour évaluer cette usure dans une optique de **gestion prévisionnelle**.

12.1.2 Causes économiques

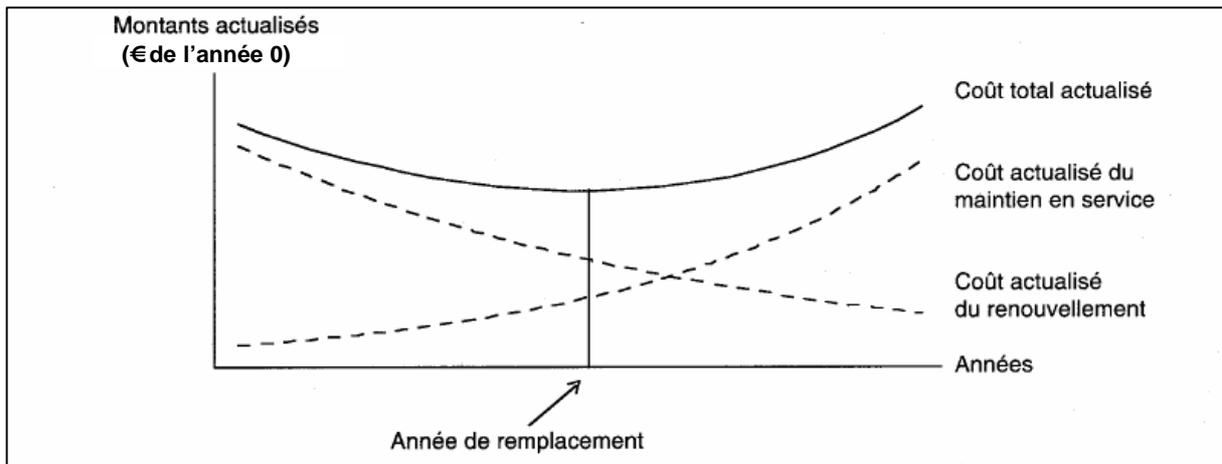
Les causes économiques sont liées à la recherche d'un coût global¹ de renouvellement minimal. Cette démarche de minimisation du coût global repose sur les deux constats suivants :

- tout équipement engendre des coûts d'exploitation et d'entretien qui augmentent avec son âge ;
- le coût actualisé de son renouvellement est une fonction décroissante dans le temps.

Pour les canalisations, cette approche nécessite la mise en place d'une démarche lourde qui ne risque être mise en œuvre que dans les grands centres urbains pour ce qui concerne l'assainissement. Nous ne la détaillerons donc pas ici. Rappelons simplement qu'elle consiste à reconstituer l'évolution des différents coûts évoqués ci-dessus à l'aide d'une **modélisation** de l'évolution des conduites (qui ne peut se faire qu'en procédant à une analyse statistique de l'histoire de l'exploitation) et de calculs actualisés. On cherche ainsi à optimiser le coût de remplacement des canalisations en décidant de remplacer l'équipement l'année où son coût total actualisé est minimum comme le montre le schéma ci-dessous (ALEXANDRE Olivier – 1993).

¹ Coût global = coûts actualisés d'investissement, d'entretien et de fonctionnement.

Graphique 25. Optimisation économique du renouvellement des conduites (source : ALEXANDRE Olivier – 1993).



12.1.3 Les causes technologiques

Elles sont liées aux progrès techniques et à l'apparition de nouveaux équipements qui ont :

- pour un coût inférieur des performances similaires à celles des anciens équipements ;
- ou, pour un coût voisin, voire inférieur, des performances supérieures à celles des anciens équipements.

Cette cause ne provoque pas à elle seule le remplacement d'un réseau d'assainissement. En revanche, elle peut induire un changement au niveau des choix techniques lors des phases de renouvellement qui ont lieu après le début de la production industrielle de l'innovation.

12.1.4 Les causes sociales ou réglementaires

Elles recouvrent, par exemple une augmentation des performances requises des stations d'épuration ; performances qui peuvent être gênées par les eaux parasites. La meilleure prise en compte des défaillances du réseau induisant ces eaux parasites va conduire à accélérer les opérations de réparation / rénovation et de remplacement des parties les plus atteintes du réseau.

12.1.5 Les causes contractuelles

Cette cause couvre le cas où un prestataire de service a pris l'engagement de renouveler certains équipements à une période prédéterminée. La signature de tels contrats est cependant liée au constat préalable d'un besoin en renouvellement pour des raisons techniques ou autres. Cette cause n'est donc que très rarement déconnectée des autres causes évoquées précédemment.

12.2 La gestion patrimoniale des réseaux comme modèle à suivre

Bien souvent, c'est une politique minimum qui consiste à pallier les défaillances les plus évidentes des réseaux d'assainissement qui est mis en place y compris au sein des grands centres urbains (BERLAND JM, JUERY C. – 2002)

Cette approche prend parfois des formes plus élaborées. Par exemple, le Grand Lyon a mis en place son propre outil de planification des travaux d'entretien des réseaux d'assainissement. Il s'agit d'un système de notation des tronçons qui permet de les classer selon leur état. Les décisions de réhabilitation sont ensuite programmées en fonction des impacts possibles des dysfonctionnements du réseau sur l'environnement (risques de glissement de terrain...).

Cependant, il n'existe pas réellement de programme de réhabilitation / renouvellement des réseaux d'assainissement. Une surveillance du réseau permet de cerner les portions du réseau qui sont les plus dégradées. La surveillance mise en place sur ces portions permet de procéder aux travaux les plus urgents afin qu'il n'y ait pas d'impact majeur sur l'environnement (BERLAND JM, JUERY C. – 2002).

La démarche dont la mise en œuvre présente les plus gros enjeux reste la démarche dite de gestion patrimoniale des réseaux. Le but principal de cette approche est de limiter la dévalorisation du patrimoine que constitue le réseau d'assainissement. Du fait de son caractère prévisionnel marqué, c'est également une démarche allant dans le sens d'une meilleure lutte :

- contre la présence d'eaux parasites dans les réseaux ;
- contre la pollution des eaux souterraines dues aux exfiltrations.

Il s'agit de programmer régulièrement le renouvellement de parties vétustes de l'infrastructure.

La base de cette démarche est l'analyse de l'état des équipements. Il ne s'agit plus, comme dans la démarche curative, d'attendre leur dégradation complète (ruine) mais de la **prévenir**.

Le rythme régulier de renouvellement que permet cette approche affranchit la collectivité des à-coups liés au remplacement sporadique d'éléments d'infrastructures irrémédiablement dégradés.

Une gestion patrimoniale n'interdit en rien de faire appel aux techniques de réparations ponctuelles ou de rénovation sur de grandes longueurs de conduite, bien au contraire. Ces techniques permettent, en effet, d'augmenter, parfois considérablement, la durée de vie d'une conduite et sont utiles pour obtenir un étalement dans le temps des investissements nécessaires au remplacement des infrastructures.

La démarche patrimoniale est parfois engagée sur la base d'une analyse du seul âge des équipements. Nous avons vu dans la première partie que le vieillissement du matériau et l'affaiblissement structural qui peut en résulter ne sont que des facteurs de défaillance parmi bien d'autres (cf. paragraphe 3). Une gestion patrimoniale doit donc s'appuyer sur une connaissance la plus fine possible des infrastructures, accompagnée d'une analyse détaillée de toutes ces défaillances.

Un inventaire exhaustif des équipements, complété par un recensement précis de tous les incidents (localisation, description...) doit donc être menée (ALEXANDRE Olivier – 1993).

Cet inventaire devra comprendre, au minimum, par tronçon :

- le diamètre de la conduite ;
- sa profondeur ;
- son matériau ;
- le type des joints ;
- la période de pose ;
- la nature du sol ;
- les conditions d'implantation (sous chaussée, sous trottoir...).

A chaque intervention, on pourra compléter les informations citées ci-dessus qui feraient défaut et il pourra y être adjoind :

- le type de dommage (ruine structurelle, fissure...) ;
- la cause du dommage (défaut de mise en œuvre, défaut du matériau, cause liée à l'environnement...) ;
- les mesures prises (réparation, rénovation, remplacement...).

Pour une meilleure connaissance des coûts d'intervention, il sera utile d'intégrer :

- le type de revêtement de chaussée ;
- les dommages causés aux autres réseaux ;
- les dommages causés aux domaines publics et privés ;
- des indications concernant la gêne par rapport aux activités de surface...

La gestion d'une banque de données ainsi obtenue sera complétée par une cartographie des défaillances constatées (par une inspection télévisée par exemple). L'utilisation d'un Système d'Informations Géographiques sera d'une grande utilité pour localiser les secteurs posant problème, comprendre les causes et aider à la décision.

L'ensemble des informations que nous venons de décrire constitue la base sur laquelle peut être mise en œuvre une gestion patrimoniale caractérisée par une prévision, une anticipation des désordres et une programmation des investissements nécessaires pour prévenir ces derniers. Cette approche permettra, dans de bonnes conditions :

- de procéder au choix raisonné d'un équipement à renouveler dans le cadre de l'enveloppe « renouvellement » arrêtée par la collectivité gestionnaire ;
- de motiver, de manière argumentée, une décision de remplacement coordonnée avec d'autres travaux ;
- d'établir un échéancier prévisionnel des besoins de renouvellement.

Enfin, nous soulignerons que la gestion patrimoniale des réseaux ne s'oppose pas à ce que la collectivité base parfois ses choix de remplacement sur des événements extérieurs. Au contraire, la fine connaissance des réseaux d'assainissement qu'implique ce type de gestion ne peut que faciliter ce que différents auteurs ont appelé la démarche conjoncturelle (ALEXANDRE O.-1993).

On parle de démarche conjoncturelle lorsque l'occurrence d'événements extérieurs peut, par opportunité, conduire le gestionnaire à privilégier un renouvellement par rapport à un autre, voire à en différer certains ou à en avancer d'autres.

En effet, en ce qui concerne notamment les canalisations d'assainissement :

- les travaux engagés sur les voies de circulation sont de plus en plus mal perçus par les utilisateurs de cette voie, les riverains et les élus ;
- une chaussée est toujours endommagée par l'ouverture d'une tranchée, quel que soit le soin apporté au remblaiement et à la réfection de voirie ;
- les travaux de voirie peuvent entraîner des sollicitations incompatibles avec l'état ou la position d'une canalisation ;
- la réfection de voirie peut présenter une part non négligeable du coût de pose d'une canalisation.

Pour ces différentes raisons, les travaux réalisés sur les réseaux d'assainissement doivent s'insérer dans la programmation des opérations de voirie et les interventions doivent être coordonnées avec celles qui concernent les autres réseaux enterrés.

Ceci peut conduire à agir sur le programme de renouvellement :

- en le réduisant, en différant les interventions sur canalisation dans les rues dont la réfection est prévue à une date ultérieure ;
- en l'augmentant, en intégrant le remplacement de canalisations aux travaux prévus prochainement dans une rue alors que ce renouvellement se dessinait mais ne représentait pas encore une nécessité immédiate.

Nota : Un ouvrage du PN RERAU sera publié chez Lavoisier fin 2004. Ce guide¹ proposera des éléments méthodologiques vis-à-vis des différents volets indispensables et complémentaires d'une gestion patrimoniale : observer et évaluer un patrimoine physique, prévoir son évolution, enrichir et fiabiliser les données et les modèles de ce patrimoine, définir les actions de réhabilitation à mener.

Il contiendra les chapitres suivants :

- **indicateurs de performance et critères de décision pour la programmation des investigations et pour la programmation d'actions de réhabilitation ;**
- **principes de construction et d'utilisation de modèles de vieillissement des conduites ;**
- **esquisse d'indicateurs relatifs à la qualité du patrimoine immatériel : données et modèles du patrimoine physique ;**
- **mise en perspective de ces outils à l'aide d'un démonstrateur informatique pour la simulation de programmes de gestion d'un patrimoine.**

La planification des travaux, décrite dans ce chapitre, est, par la prise en compte de l'ensemble des facteurs, optimisée d'un point de vue technico-économique. Il convient, maintenant, d'aborder l'autre grand aspect de la problématique du renouvellement de réseaux d'assainissement : le financement des travaux correspondants.

¹ Guide méthodologique pour la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains

13 Le financement du renouvellement des réseaux d'assainissement

13.1 Le cadre budgétaire et comptable défini par différentes instructions

13.1.1 L'obligation d'individualisation budgétaire

L'instruction M 4 a pour objet de présenter les règles budgétaires et comptables rénovées applicables à l'ensemble des services publics industriels et commerciaux à compter du 1^{er} janvier 2003. Ceci afin que les ordonnateurs et les comptables de ces services puissent disposer d'une instruction unique mise à jour. Pour les services d'eau et d'assainissement, elle renvoie à la nomenclature de l'instruction budgétaire et comptable M49 relative aux services publics d'assainissement et de distribution d'eau potable. L'Instruction M 4 intègre, par ailleurs, les précisions apportées par le décret n°2001-184 du 23 février 2001 relatif aux régies.

L'instruction M 4 est disponible à l'adresse Internet suivante :

- http://www.dgcl.interieur.gouv.fr/bases_juridiques/M4/Sommaire_M4.htm

L'instruction budgétaire et comptable M49 est un cadre de gestion qui s'applique aux collectivités de plus de 500 habitants. Elle renvoie au plan comptable de 82. Il s'agit, en fait, d'introduire un mode de comptabilité ressemblant à celui du privé, tout en imposant l'équilibre des budgets de l'eau et de l'assainissement, indépendamment du budget général de la commune.

L'instruction M49 rend obligatoire pour les collectivités de faire apparaître la gestion des services de l'eau potable et de l'assainissement dans un budget annexe, où dépenses (amortissements, annuités d'emprunts, dépenses de fonctionnement, investissements) et recettes (redevances, subventions), doivent être apparentes. Ceci rend nécessaire l'équilibre financier, base de la comptabilité publique et donc l'évaluation du prix réel de l'eau. La règle énoncée par ce texte n'était pas nouvelle en soi lors de la parution de l'instruction M 49 (1992) car d'autres textes législatifs ou réglementaires insistaient sur la nécessité de cette évaluation, mais sans obligation réelle.

Cette instruction implique donc une obligation d'individualisation budgétaire dont seuls les services concédés sont dispensés. Cette obligation implique pour le service d'assainissement la création d'un budget propre ou d'un budget annexe selon les principes exposés dans le Tableau 23.

Tableau 23. Principes d'individualisation budgétaire en fonction du mode de gestion des services (Instruction budgétaire et comptable M 4)

Mode de gestion	Directe	Déléguée ou indirecte	Mixte
Régie simple ou directe	Budget annexe (pas de patrimoine propre) ou budget unique		
Régie avec autonomie financière	Budget propre		
Régie avec personnalité morale	Budget propre (patrimoine distinct)		
Concession ¹		Pas d'individualisation budgétaire	
Affermage		Budget annexe ou budget propre (opérations patrimoniales)	
Régie intéressée			Budget annexe ou budget propre
Gérance			Budget annexe ou budget propre

L'instruction budgétaire et comptable M 49 oblige à amortir les investissements neufs et donne des fourchettes relatives à la durée d'amortissement des installations. Ces fourchettes sont très larges. La collectivité peut alors choisir de raccourcir ce délai et ainsi d'augmenter son autofinancement. Elle peut aussi rallonger ce délai et diminuer cet autofinancement, ce faisant, elle prend le risque de garder un prix de l'eau artificiellement bas.

Les collectivités de moins de 3.000 habitants ne sont cependant pas tenues à l'équilibre du budget de l'eau et de l'assainissement (COLIN DE VERDIERE Cyril – 1997). On peut penser que l'impact pour les collectivités les plus petites a donc été restreint. Cependant les communes rurales les plus importantes restent concernées.

Cela ne reflète pas complètement la réalité car les règles budgétaires spécifiques existent en fonction de l'importance de la population (-3 000 habitants ou – 500 habitants) :

◆ **Pour les communes de moins de 3000 habitants**

- Le coût des services d'eau et d'assainissement des communes de moins de 3 000 habitants et des groupements composés de communes dont la population ne dépasse pas 3 000 habitants peut valablement être répercuté sur la fiscalité directe locale ;
- Lorsqu'une commune ou un groupement de communes de moins de 3000 habitants gère conjointement les activités d'eau et d'assainissement, il est possible de regrouper les deux services en un budget unique à la condition :
 - que les deux services soient gérés selon un mode de gestion identique : gestion directe ou gestion déléguée,
 - et qu'ils soient soumis aux mêmes règles d'assujettissement à la T.V.A : assujettissement ou non-assujettissement pour les deux services.
- Le budget et les factures émises doivent faire apparaître la répartition entre les opérations relatives à la distribution d'eau potable et celles relatives à l'assainissement.

¹ La concession reste une mode de gestion plus qu'exceptionnel pour les réseaux d'assainissement en zone rurale

- ◆ **Pour les communes de moins de 500 habitants**
- L'établissement d'un budget annexe, pour les services de distribution d'eau potable et d'assainissement gérés sous la forme d'une régie simple ou directe, est facultatif pour les communes de **moins de 500 habitants**, dès lors qu'elles produisent, en annexe au budget et au compte administratif, un état sommaire présentant, article par article, les montants de dépenses et de recettes affectées à ces services
- Cette faculté a pour conséquence l'application de la nomenclature M14¹ à ces services mais **elle ne dispense pas de l'application des règles budgétaires et comptables propres aux services publics industriels et commerciaux** (amortissement, provisionnement, rattachement des charges et des produits à l'exercice...).

L'instruction M 14 est disponible à l'adresse Internet suivante :

http://www.dgcl.interieur.gouv.fr/bases_juridiques/M14/Accueil_M14.html

¹ L'instruction M14 est applicable aux communes et aux établissements publics de coopération intercommunale depuis le 1er janvier 1997.

13.1.2 Le cadre pour la présentation des budgets des services publics d'assainissement et de distribution d'eau potable

Les instructions M 4 / M 49 et M 14 encadrent l'ensemble des collectivités locales en ce qui concerne le budget des services publics d'assainissement. Nous reproduisons ci-dessous le cadre pour la présentation des budgets des services publics d'assainissement donné par l'instruction M 49.

Tableau 24. Budget des services publics d'assainissement et de distribution d'eau potable (instruction budgétaire et comptable M 49 reprise dans l'instruction M4)

SECTION D'EXPLOITATION		
DEPENSES		
Comptes	Libellés	Montants
60/61/62	Achat et variation de stock, autres	
709	Charges externes, rabais, remises, ristournes accordées	
63	Impôt, taxes et versements assimilés	
64	Charge de personnel	
65	Autres charges de gestion courante	
66	Charges financières	
67	Charges exceptionnelles	
68	Dotations aux amortissements et aux provisions	
71	Production stockée (ou déstockage)	
	SOUS TOTAL	
004	Dépenses imprévues	
006	Autofinancement complémentaire de la section d'investissement	
	TOTAL DES DEPENSES	
002	Déficits antérieurs reportés	
	TOTAL DE LA SECTION	
RECETTES		
70	Ventes de produits fabriqués, prestations de services, marchandises	
71	Production stockée (ou déstockage)	
72	Production immobilisée	
74	Subvention d'exploitation	
75	Autres produits de gestion courante	
76	Produits financiers	
77	Produits exceptionnels	
78	Reprises sur amortissements et provisions	
79	Transferts de charges	
603	Variation de stocks	
609	Rabais, remises, ristournes obtenus sur achats	
619	Rabais, remises, ristournes obtenus sur services extérieurs	
629	Rabais, remises, ristournes obtenus sur autres services extérieurs	
6419	Remboursements sur rémunérations	
6459	Remboursement sur charges de sécurité sociale et de prévoyance	
	Excédents antérieurs reportés	
	TOTAL DE LA SECTION	

SECTION D'INVESTISSEMENT		
DEPENSES		
Comptes	Libellés	Montants
001	Déficit antérieur reporté	
10	Apport, dotation et réserves	
13	Subventions d'investissement	
14	Provisions réglementées et amortissements dérogatoires	
15	Provision pour charge et risque	
16	Emprunts et dettes assimilées	
20	Immobilisations incorporelles	
21	Immobilisations corporelles	
22	Immobilisations mises en concession	
23	Immobilisations en cours	
26	Participations et créances rattachées à des participations	
27	Autres immobilisations financières	
29	Provision pour dépréciation des immobilisations	
39	Provision pour dépréciation des stocks et en-cours	
481	Charges à répartir sur plusieurs exercices	
49	Provisions pour dépréciation des comptes de tiers	
59	Provisions pour dépréciation des comptes financiers	
003	Dépenses imprévues	
	TOTAL	
RECETTES		
001	Excédent antérieur reporté	
10	Apport, dotations et réserves	
13	Subventions d'investissement	
14	Provisions réglementées et amortissement dérogatoires	
15	Provisions pour risques et charges	
16	Emprunts et dettes assimilées	
20	Immobilisations incorporelles	
21	Immobilisations corporelles	
26	Participation et créances rattachées à des participations	
27	Autres immobilisations financières	
28	Amortissement des immobilisations	
29	Provisions pour dépréciation des immobilisations	
39	Provisions pour dépréciation des stocks et en-cours	
481	Charges à répartir sur plusieurs exercices	
69	Provisions pour dépréciation des comptes de tiers	
59	Provisions pour dépréciation des comptes financiers	
005	Autofinancement complémentaire de la section d'investissement	
	TOTAL	

13.2 Les différents moyens de financement du renouvellement des réseaux d'assainissement

Ce chapitre est une mise à jour adaptée au contexte de l'assainissement de la documentation technique FNDAE n°15 relatif au financement du renouvellement des réseaux d'adduction d'eau potable. Ce guide, paru en 1993, a été rédigé par Monsieur Olivier ALEXANDRE.

13.2.1 La voie à privilégier pour le renouvellement des conduites d'assainissement : l'autofinancement local

Les agences de l'eau ne subventionnent pas les travaux de renouvellement, seuls les investissements initiaux ou les travaux de mise à niveau par rapport à des exigences réglementaires nouvelles sont aidés. Bien d'autres organismes subventionneurs (Régions, Conseils Généraux, Union Européenne...) ont des règles qui ne permettent pas d'aider les opérations de renouvellement ou seulement de manière très marginale.

Dans ce contexte, c'est la voie de l'autofinancement en local qui doit être privilégiée. L'autofinancement se définit comme la partie non extérieure du financement d'un investissement, le financement extérieur regroupant l'ensemble des capitaux qui proviennent de tiers, que ces capitaux soient onéreux (emprunts) ou non (subvention et participation).

On parle de mécanisme d'autofinancement s'il y a mise en œuvre d'un mouvement budgétaire de la section de fonctionnement vers la section d'investissement.

Ces mouvements sont régis par le cadre comptable présenté dans le chapitre 13.1.

Les mécanismes d'autofinancement possibles sont :

- l'amortissement des immobilisations ;
- l'autofinancement complémentaire de la section d'investissement (mécanisme prévisionnel) ;
- les réserves ;
- les provisions.

13.2.1.1 L'amortissement des immobilisations

13.2.1.1.1 Les différentes notions d'amortissement

Le cadre comptable et budgétaire applicable aux services d'assainissement instaure l'amortissement des immobilisations comme la procédure assurant à titre principal l'autofinancement du service. Nous la développerons donc ici en détail.

Les amortissements sont la constatation d'un amoindrissement de la valeur d'un élément d'actif résultant de l'usage, du temps ou de l'évolution des techniques, ou de toute autre cause. Autrement dit, il s'agit d'étaler une charge irréversible sur une période de temps déterminée. Ceci permet de dégager les sommes nécessaires pour le renouvellement des éléments d'actif amortis.

Cette définition comptable ne permet pas de différencier trois notions principales qu'il nous faut détailler :

- l'amortissement (autrefois qualifié amortissement technique) ;
- l'amortissement budgétaire ;
- l'amortissement financier.

13.2.1.1.1 Amortissement (autrefois qualifié amortissement technique)

L'amortissement se définit comme la valeur de la dépréciation subie par le capital réel immobilisé au cours du temps du fait de l'activité de production.

Les phénomènes de dépréciation qui justifient l'amortissement sont principalement d'origine physique ou corporelle, ou d'origine purement économique, pour les immobilisations incorporelles.

Le capital réel immobilisé est constitué des éléments :

- qui conservent leur identité au cours du processus de production ;
- qui s'usent mais ne se consomment pas (terrains d'exploitation, bâtiments, installations, matériels divers, outillage, fonds de commerce, droits de bail, brevet, licences, logiciel...)

L'amortissement ne s'applique donc qu'aux éléments durables du capital réel, par opposition au capital circulant, constitué des éléments qui ne conservent par leur identité du fait qu'ils sont physiquement détruits ou consommés au cours du processus de production.

L'amortissement d'un investissement n'est justifié que si le bien correspondant est effectivement utilisé dans le processus de production.

Ainsi, un équipement qui est, soit en cours d'installation, soit stocké en vue d'une utilisation ultérieure, soit déclassé, ne peut pas, ou ne peut plus, faire l'objet d'un amortissement.

La même règle s'applique à tout équipement dont on cède la propriété.

L'amortissement doit donc être évalué par rapport à la durée effective d'utilisation des immobilisations. Cette durée effective n'étant généralement pas connue à priori, l'amortissement est évalué à partir d'une estimation de cette durée (ALEXANDRE O. – 1993).

13.2.1.1.1.2 Amortissement budgétaire

L'amortissement budgétaire est une opération d'enregistrement comptable. Il s'agit d'une procédure. Elle consiste à enregistrer le montant de l'amortissement simultanément en dépense d'exploitation, par un compte de dotations de l'exercice des amortissements, et en recettes d'investissement, par un compte d'amortissement (cf. Graphique 26 ci-après).

L'inscription de l'amortissement en dépense de la section d'exploitation a pour effet de renchérir le prix de l'eau, ce flux de recettes n'étant contrebalancé en section d'exploitation par aucun débours de trésoreries. De là résulte la nécessité d'inscrire ce flux de recettes en section d'investissement où il pourra concourir au financement d'une immobilisation.

Cette inscription budgétaire répond bien à la pratique de l'amortissement. En effet, en acquittant la charge de l'amortissement, les usagers participent au financement des investissements nécessaires au maintien à niveau du capital immobilisé au service.

13.2.1.1.1.3 Amortissement financier

L'amortissement financier est une notion propre à la part du financement des investissements assurée par la collectivité publique. Il se définit comme la valeur du remboursement en capital (c'est-à-dire intérêts exclus) des emprunts contractés.

Nota : du fait de l'obligation légale de remboursement impliqué par tout contrat de prêt, la non-pratique de l'amortissement financier engage la responsabilité civile des gestionnaires.

L'amortissement financier fait l'objet d'un seul compte, le n°16 « Emprunt et dettes assimilées ». Ce compte appartenant à la section d'investissement, le prix de l'eau, déterminé à la section d'exploitation, ne devrait pas avoir à subir l'influence de l'amortissement financier. En fait, le prix de l'eau peut être influencé de manière indirecte. C'est le cas, lorsque l'amortissement financier ne peut être couvert par les recettes d'investissement disponibles, entraînant la recherche, en section d'exploitation, du moyen de cette couverture obligatoire. Pour beaucoup de collectivités, cette recherche est très souvent nécessaire car elle représente la seule possibilité d'obtenir un flux de recettes à la fois important et régulier, grâce aux mécanismes de l'amortissement (cf. Graphique 26 ci-dessous) et de l'autofinancement complémentaire de la section d'investissement (cf. chapitre 13.2.1.2).

La charge des intérêts qui constitue, après l'amortissement financier, la seconde partie du coût d'un emprunt s'enregistre en dépense d'exploitation (compte 66 « charges financières »). A ce titre cette charge influence directement le prix de l'eau.

Graphique 26. Les différents amortissements mis en œuvre par une collectivité

BUDGET DU SERVICE					
SECTION D'EXPLOITATION			SECTION D'INVESTISSEMENT		
DEPENSES			DEPENSES		
Comptes	Libellés		Comptes	Libellés	
66	Charges financières	+	16	Emprunts et dettes assimilées	=
	Amortissement				Remboursement de l'emprunt
RECETTES			RECETTES		
				Amortissement	

Procédure de l'amortissement budgétaire

13.2.1.1.4 Conclusion sur les différentes notions d'amortissement

L'amortissement apparaît à la fois comme une dépense de la section exploitation et en recette de la section d'investissement. L'amortissement financier est une dépense de la section d'investissement.

Amortissement et amortissement financier ne peuvent donc absolument pas se cumuler. Au contraire, les recettes destinées à couvrir l'amortissement financier se dégagent au niveau de la section d'investissement qui, précisément, est alimentée par le montant de l'amortissement.

Les services qui n'utiliseraient pas les recettes générées par l'amortissement pour le remboursement du capital des emprunts contractés, en reportant ces recettes sur l'exercice à venir, procéderaient au cumul de l'amortissement et de l'amortissement financier. Ce cumul reviendrait à faire payer deux fois la même immobilisation.

En revanche, il est tout à fait licite et même parfois conseillé, d'ajuster la pratique de l'amortissement à la couverture obligatoire de l'amortissement financier, sous réserve que cet ajustement n'affecte en rien la durée de l'amortissement. Cela revient à pratiquer l'amortissement selon un mode progressif tant que subsiste un amortissement financier (ALEXANDRE O. – 1993).

13.2.1.1.2 Les conditions de mise en œuvre de l'amortissement

La mise en œuvre de l'amortissement est déterminée par des dispositions réglementaires précisant :

- son champ d'application ;
- ses méthodes d'inventaire ;
- sa base de calcul ;
- son mode de calcul ;
- ses règles d'inscription au budget.

13.2.1.1.2.1 *Champ d'application*

Dans le cadre du service d'assainissement, l'amortissement portera :

- pour les biens matériels, sur :
 - les bâtiments ;
 - la voirie ;
 - les matériels divers ;
 - l'outillage ;
 - le mobilier ;
 - le matériel de transport ;
 - les équipements et installations formant le réseau ;
- pour les éléments immatériels, sur :
 - les fonds de commerce ;
 - les droits au bail ;
 - les brevets ;
 - les licences ;
 - les dessins ;
 - les logiciels.

13.2.1.1.2.2 *Méthodes d'inventaire*

La pratique de l'amortissement a pour préalable nécessaire le recensement des immobilisations amortissables. Ce recensement est une obligation réglementaire.

Dans les services gérés directement par les collectivités, l'inventaire des immobilisations est effectué par les services ordonnateurs avec l'aide du comptable. Ce dernier a pour mission de signaler toutes les omissions qui apparaissent lors du rapprochement de l'inventaire et des autres documents en sa possession, notamment des fiches d'immobilisations et de l'état de l'actif¹. Ces documents permettent à l'agent comptable de calculer la dotation annuelle aux amortissements (ALEXANDRE O. – 1993).

En plus des données fournies par le comptable, l'inventaire doit recueillir un ensemble d'informations techniques. Ainsi, une canalisation ou un branchement ne sont valablement désignés que par leur position géographique (commencement et fin), leur longueur, leur section, et la nature de leur matériau.

En cas de gestion déléguée du service, l'exploitant effectue le recensement des immobilisations sous le contrôle de la collectivité.

Les immobilisations doivent être classées suivant l'ordre du plan comptable en ayant soin de donner un détail suffisant en ce qui concerne les immobilisations du compte 2135 « installation à caractère spécifique » / subdivision « réseau d'assainissement ».

¹ Les fiches d'immobilisations enregistrent par type d'immobilisation les principales informations comptables concernant les immobilisations et leur amortissement: date d'entrée ou de sortie, numéro de mandat, nombre, valeur, mode d'amortissement, période d'amortissement, taux d'amortissement, valeur amortie, valeur restant à amortir... Ces informations sont récapitulées à l'état de l'actif qui est joint au compte de gestion.

13.2.1.1.2.3 Base de calcul

La base de référence est le coût historique des immobilisations. Ce coût historique correspond au coût d'acquisition ou de réalisation augmentée des dépenses de grosses réparations. Le coût de la plupart des opérations de réhabilitation des réseaux doit donc être intégré à cette base.

Lorsqu'il est propre à un service en gestion directe, l'amortissement se détermine indépendamment du mode de financement des immobilisations.

De ce fait, l'intégralité de la valeur des immobilisations doit faire l'objet de l'amortissement, quels qu'aient été le montant et les origines (subventions, emprunt ou autofinancement) du capital qui a permis de financer leur acquisition.

Il existe deux cas particuliers de services qui n'ont jamais pratiqué l'amortissement et où, par conséquent, la base de calcul est autre.

- Dans le cas d'un budget annexe nouvellement créé par une commune, un syndicat à vocation multiple ou un groupement de communes, la collectivité affecte alors au service nouvellement créé les immobilisations correspondant à son activité pour une valeur nette comptable. Cette valeur nette comptable est égale à la valeur historique de ces immobilisations, diminuée de la valeur théorique de leur dépréciation, c'est-à-dire des amortissements qui auraient dû être constatés. L'amortissement correspondant à la valeur résiduelle est affecté sur la durée de vie théorique qui reste à courir.
- Dans le cas de budget annexes ou principaux existants et n'ayant pas supporté l'amortissement des immobilisations, il appartient à l'assemblée délibérante de déterminer un plan d'amortissement qui intègre le rattrapage des amortissements non constatés, qui n'entraîne pas une charge budgétaire excessive, mais qui, par contre, ne conduit pas au risque d'avoir à supporter prématurément la perte de biens devenus inutilisables. Deux méthodes sont proposées :
 - *calculer des dotations budgétaires prenant en compte le rattrapage des annuités d'amortissement non constatées jusqu'alors.* Cela consiste à amortir en un nombre réduit d'années, la somme des amortissements qui auraient dû être constatés, et à poursuivre ensuite pour chaque immobilisation, sur la durée de vie restant à courir, le plan d'amortissement qui aurait dû être mis en œuvre à sa mise en service.
 - *Etablir un plan d'amortissement spécifique à ces biens prenant en compte leur durée probable d'utilisation future.* Cela consiste en l'établissement d'un plan pour l'amortissement de la totalité de la valeur historique de ces biens sur la durée de vie théorique qui leur reste.

13.2.1.1.2.4 Mode de calcul

La réglementation définit le calcul de l'amortissement comme l'étalement de la valeur historique des immobilisations sur la durée probable de leur utilisation.

Pour une immobilisation dont la valeur historique est donnée et le plan d'amortissement établi, la valeur de la dotation d'amortissement relative à un exercice déterminé dépend uniquement de l'âge de l'immobilisation.

La durée d'amortissement doit être fixée par l'assemblée délibérante, sur proposition de l'ordonnateur ou du directeur. La réglementation fournit un barème indicatif (annexe III de l'arrêté du 12 août 1991 relatif à l'approbation de plans comptables applicables au service public local – cf. Tableau 25). **Cependant, sous réserve de justifier l'option choisie, l'assemblée peut choisir de s'écarter de ce barème.**

Les taux adoptés doivent être déclarés dans un tableau d'amortissement qui doit être respecté. Il est cependant possible à l'assemblée délibérante de modifier le rythme d'un amortissement en cours, à condition d'amortir l'intégralité de la valeur historique de l'immobilisation concernée avant sa disparition.

La réglementation laisse une grande marge de manœuvre aux services gérés directement par les collectivités. En effet, elle permet :

- l'amortissement linéaire avec annuités constantes (qui est recommandé) ;
- l'amortissement progressif avec annuités croissantes ;
- l'amortissement dégressif avec annuités décroissantes.

Tableau 25. Cadences réglementaires d'amortissement proposées (arrêté du 12 août 1991)

Ouvrages	Cadence réglementaire d'amortissement proposée
Réseaux d'assainissement	50 à 60 ans
Stations d'épuration (ouvrages de génie civil)	
Ouvrages lourds (agglomérations importantes)...	50 à 60 ans
Ouvrages courants, tels que bassins de décantation, d'oxygénation, etc.	25 à 30 ans
Pompes, appareils électromécaniques, installations de chauffage (y compris chaudières), installations de ventilation	10 à 15 ans
Organes de régulation (électronique, capteurs, etc.)	4 à 8 ans
Bâtiments durables (en fonction du type de construction)	30 à 100 ans
Bâtiments légers, abris...	10 à 15 ans
Agencements et aménagements de bâtiments, installations électriques et téléphoniques	15 à 20 ans
Mobilier de bureau	10 à 15 ans
Appareils de laboratoire, matériel de bureau (sauf informatique), outillages	5 à 10 ans
Matériel informatique...	2 à 5 ans
Engins de travaux publics, véhicules	4 à 8 ans

13.2.1.1.2.5 Règles d'inscription au budget

Dans le plan comptable applicable aux services de distribution d'eau potable et d'assainissement de communes ou de groupement de communes dont la population est supérieure à 10.000 habitants, l'amortissement est inscrit :

- en section exploitation, au compte 6811 « dotation aux amortissements des immobilisations incorporelles et corporelles »
- en section investissement au compte 28 « amortissement des immobilisations » (cf. Tableau 24)

La seule modification qui apparaît dans le plan de compte abrégé applicable par les services d'assainissement affermés (rares en ce qui concerne les réseaux), ou de communes dont la population n'excède pas 10.000 habitants, est la disparition, ou la ventilation moins fine, de certains des comptes qui composent le compte 28. Cependant rien n'empêche un service de re-décomposer ce compte selon ses besoins, voire s'il l'estime nécessaire, d'opter pour le plan de comptes développé.

13.2.1.1.3 La pratique de l'amortissement

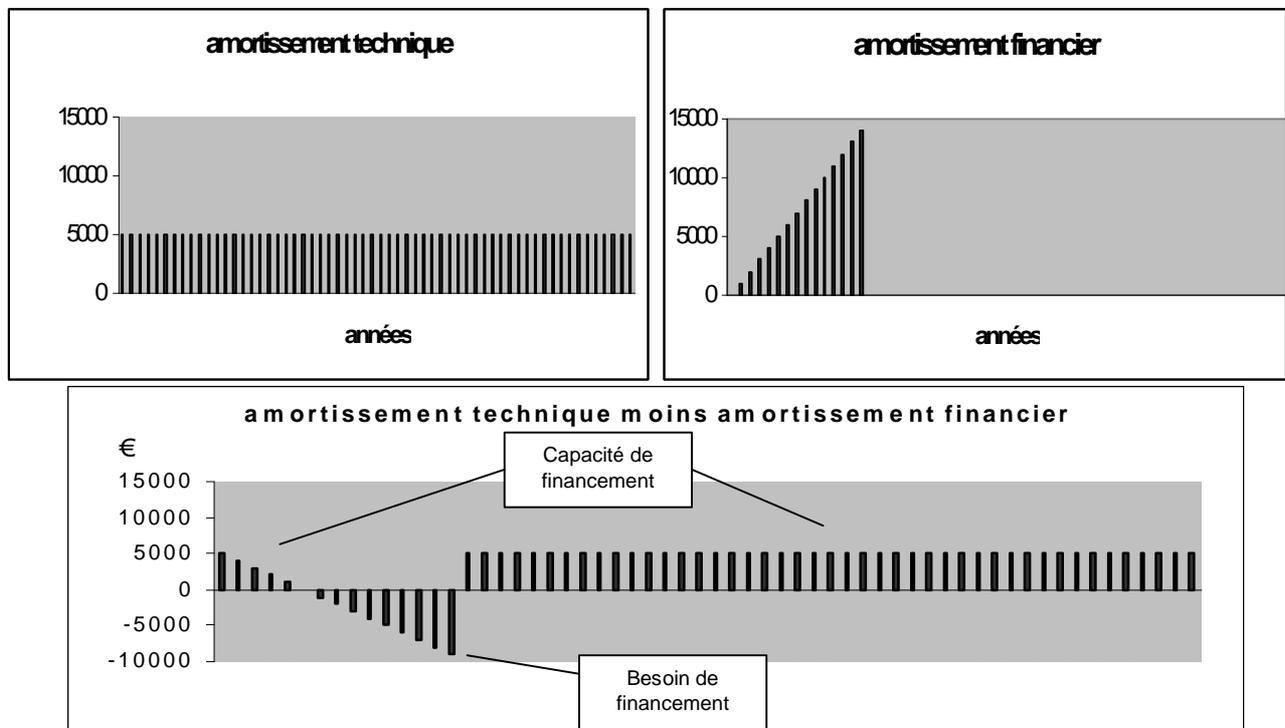
13.2.1.1.3.1 Un moyen de couvrir l'amortissement financier

Généralisant une recette en section d'investissement, l'amortissement participe au financement de toutes les dépenses d'investissement, dont fait partie la couverture de l'amortissement financier.

La procédure « d'autofinancement complémentaire de la section d'investissement » (cf. chapitre 13.2.1.2) n'ayant qu'un caractère résiduel, l'amortissement constitue la procédure budgétaire assurant, à titre principal, la couverture de l'amortissement financier.

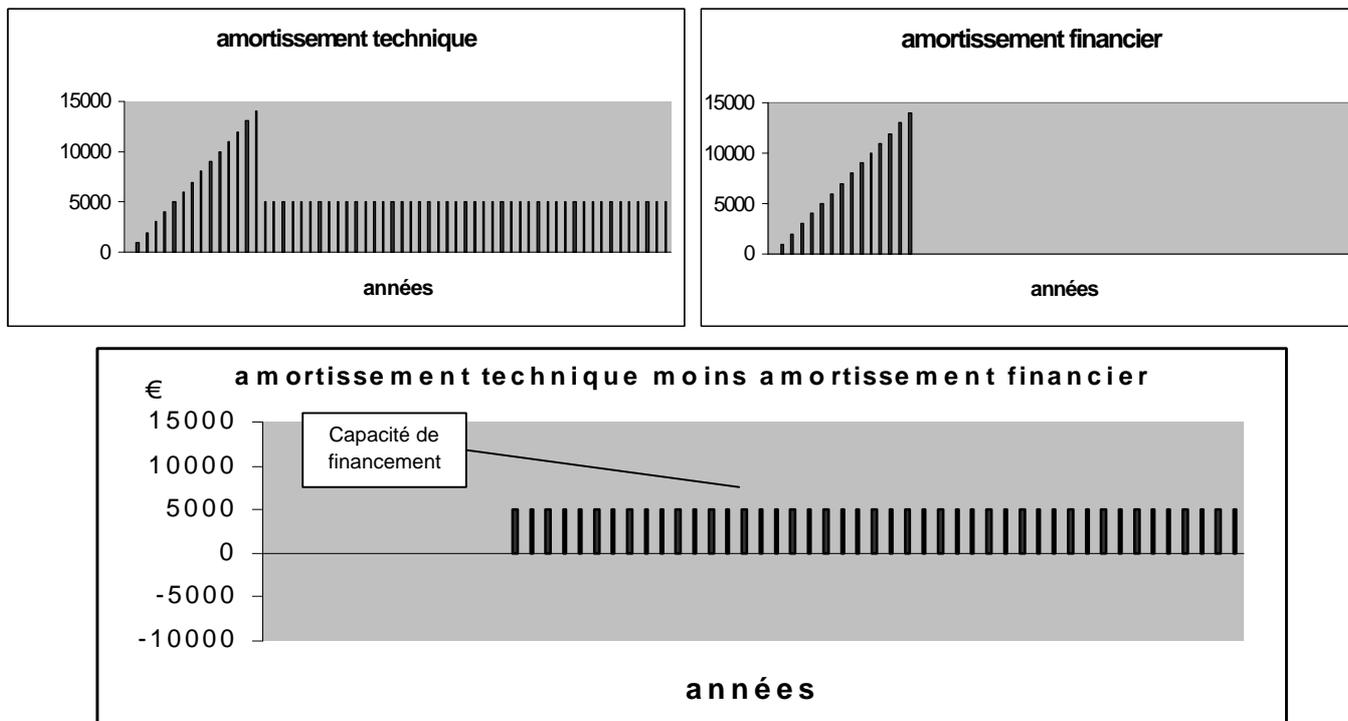
Cependant, l'amortissement est, le plus souvent, calculé de façon linéaire, alors que les usages bancaires établissent que le remboursement du capital prêté s'effectue selon un rythme croissant. Par conséquent, selon la part prise par l'emprunt dans le financement de l'investissement, et selon la durée d'amortissement de ce dernier, une adaptation imparfaite des deux flux d'amortissement sera parfois constatée (cf. Graphique 27.)

Graphique 27. Adaptation imparfaite des deux flux d'amortissement (ALEXANDRE Olivier – 1993)



Dans le cas où l'adaptation imparfaite des flux met en évidence un besoin de financement complémentaire, le service peut ajuster le rythme de l'amortissement à celui de l'amortissement financier, tant que court ce dernier. Cela revient à adopter un rythme progressif d'amortissement pendant la durée de l'emprunt. L'ajustement est obtenu en utilisant le tableau d'amortissement financier fourni par l'organisme prêteur pour déterminer le montant des dotations d'amortissement.

Graphique 28. Ajustement de l'amortissement à l'amortissement financier (ALEXANDRE Olivier – 1993)



Nota : La couverture de l'amortissement financier peut cependant se faire dans de nombreux cas sans avoir recours à ces pratiques d'ajustement qui ne sont pas sans conséquence sur le prix de l'eau.

13.2.1.1.3.2 Effet de la taille des collectivités

Il est à noter que l'autofinancement dégagé par l'amortissement n'est pas affecté : l'amortissement d'un bien peut servir à autofinancer un autre bien ou à rembourser une dette. L'effet de taille est à ce titre particulièrement sensible pour les collectivités locales : le regroupement intercommunal peut permettre de dégager de l'autofinancement pouvant financer plus d'infrastructures.

En pratique on s'aperçoit que plus les collectivités sont de petite taille, plus elles ont du mal à appréhender la question de l'autofinancement du renouvellement via l'amortissement : les données techniques sont méconnues (état, âge du patrimoine...); les conséquences financières de l'amortissement (renchérissement du prix de l'eau) sont redoutées. Les

collectivités de taille plus importantes ont souvent une meilleure connaissance de leur patrimoine, même si leur pratique des amortissements est parfois empirique.

13.2.1.1.3.3 *L'amortissement : un moyen d'autofinancement efficace mais faisant parfois l'objet de vives critiques.*

Une fois l'amortissement financier couvert, l'amortissement génère des recettes d'investissement nettes.

Cependant deux grandes critiques sont adressées envers la pratique de l'amortissement.

1°) Le mécanisme de l'amortissement, du fait de son caractère systématique, peut générer par période des recettes d'investissement inemployées et, de ce fait, soumis à des risques de dévalorisation monétaire. Le dégagement d'excédents reste cependant une étape nécessaire pour développer l'autofinancement.

2°) La pratique de l'amortissement conduit à une augmentation du prix de l'eau. C'est effectivement le cas chaque fois que l'amortissement génère des recettes d'investissement qui dépassent la stricte couverture de l'amortissement financier. Néanmoins, l'autofinancement dégagé permet une réduction du recours à l'emprunt et une diminution des charges d'intérêt. Cela devrait induire, dans le long terme, une baisse du prix du service bien supérieure à la hausse consentie dans le court terme (ALEXANDRE O. – 1993). La génération actuelle ne fera ainsi pas supporter aux seules générations futures le renouvellement des infrastructures qu'elle utilise.

13.2.1.1.4 La reprise des subventions

La réglementation prévoit une reprise annuelle par les services des subventions qu'ils ont reçues pour leurs travaux d'investissement.

Les subventions spécifiques d'investissement, imputées au compte 131 « subvention d'équipement » font l'objet d'une reprise annuelle à la section d'exploitation à hauteur en principe, de la dotation à l'amortissement du bien réalisé ou acquis au moyen de la subvention. Cette reprise se fait :

- En dépense au compte 139 « subventions d'investissement inscrites au compte de résultats » ;
- Recette au compte 777 « quote-part des subventions d'investissement virée au résultat de l'exercice ».

Cette opération a pour effet d'atténuer la charge financière de l'amortissement des biens sur la section d'exploitation, donc sur le prix du service. Cela permet de ne pas faire supporter une charge excessive aux usagers du service.

13.2.1.2 L'autofinancement complémentaire de la section d'investissement

Les plans de compte applicables aux communes, départements et régions prévoient un mécanisme de prélèvement sur les recettes de la section de fonctionnement au profit de la section d'investissement (prélèvement sur ressources ordinaires). Le mécanisme d'autofinancement complémentaire de la section d'investissement est la transposition de ce mécanisme aux services à caractère industriel et commercial de cette disposition. Pour pallier un éventuel besoin de financement de la section d'investissement qui peut-être couvert par un excédent prévisionnel de la section d'exploitation, le document budgétaire peut faire apparaître, tant en dépense de la section d'exploitation qu'en recette de la section d'investissement, une ligne intitulée « autofinancement complémentaire de la section d'investissement ».

Ce mécanisme prévisionnel permet, par l'augmentation du prix du service qu'il génère, de programmer un résultat excédentaire de l'exercice budgétaire. Le dégagement d'auto financement se concrétise ensuite au moment de l'affectation de ce résultat (ALEXANDRE O. – 1993).

Les numéros de code attribués par l'instruction M 49 sont

- 005 pour la section d'investissement ;
- 006 pour la section d'exploitation (cf. Graphique 29).

Graphique 29. Procédure d'autofinancement complémentaire de la section d'investissement

BUDGET DU SERVICE					
SECTION D'EXPLOITATION			SECTION D'INVESTISSEMENT		
DEPENSES			DEPENSES		
Comptes	Libellés	Montants	Comptes	Libellés	Montants
60/61/62	Achat et variation de stock, autres		001	Déficit antérieur reporté	
709	Charges externes, rabais, remises, ristournes accordées		10	Apport, dotation et réserves	
63	Impôt, taxes et versements assimilés		13	Subventions d'investissement	
64	Charge de personnel		14	Provisions réglementées et amortissements dérogatoires	
65	Autres charges de gestion courante		15	Provision pour charge et risque	
66	Charges financières		16	Emprunts et dettes assimilées	
67	Charges exceptionnelles		20	Immobilisations incorporelles	
68	Dotations aux amortissements et aux provisions		21	Immobilisations corporelles	
71	Production stockée (ou déstockage)		22	Immobilisations mises en concession	
			23	Immobilisations en cours	
	SOUS TOTAL		26	Participations et créances rattachées à des participations	
004	Dépenses imputées		27	Autres immobilisations financières	
006	Autofinancement complémentaire de la section d'investissement		29	Provision pour dépréciation des immobilisations	
			39	Provision pour dépréciation des stocks et en-cours	
	TOTAL DES DEPENSES		481	Charges à répartir sur plusieurs exercices	
			49	Provisions pour dépréciation des comptes de tiers	
002	Déficits antérieurs reportés		59	Provisions pour dépréciation des comptes financiers	
			003	Dépenses imprévues	
	TOTAL DE LA SECTION			TOTAL	
	RECETTES			RECETTES	
70	Ventes de produits fabriqués, prestations de services, marchandises		001	Excédent antérieur reporté	
71	Production stockée (ou déstockage)		10	Apport, dotations et réserves	
72	Production immobilisée		13	Subventions d'investissement	
74	Subvention d'exploitation		14	Provisions réglementées et amortissement dérogatoires	
75	Autres produits de gestion courante		15	Provisions pour risques et charges	
76	Produits financiers		16	Emprunts et dettes assimilées	
77	Produits exceptionnels		20	Immobilisations incorporelles	
78	Reprises sur amortissements et provisions		21	Immobilisations corporelles	
79	Transferts de charges		26	Participation et créances rattachées à des participations	
603	Variation de stocks		27	Autres immobilisations financières	
609	Rabais, remises, ristournes obtenus sur achats		28	Amortissement des immobilisations	
619	Rabais, remises, ristournes obtenus sur services extérieurs		29	Provisions pour dépréciation des immobilisations	
629	Rabais, remises, ristournes obtenus sur autres services extérieurs		39	Provisions pour dépréciation des stocks et en-cours	
6419	Remboursements sur rémunérations		481	Charges à répartir sur plusieurs exercices	
6459	Remboursement sur charges de sécurité sociale et de prévoyance		69	Provisions pour dépréciation des comptes de tiers	
			59	Provisions pour dépréciation des comptes financiers	
	Excédents antérieurs reportés		005	Autofinancement complémentaire de la section d'investissement	
	TOTAL DE LA SECTION			TOTAL	

13.2.1.3 Les réserves

Les comptes de réserves (compte 106) sont approvisionnés en fonction du résultat de chaque exercice et de son affectation. Ils sont alimentés selon les obligations et les besoins du service.

L'excédent comptable afférent à un exercice est affecté en priorité à la couverture des déficits des exercices antérieurs, puis à la constitution des réserves réglementées ou statutaires. Le surplus est ensuite :

- soit reporté, par son inscription au compte 110 « report à nouveau » et sera ainsi repris dans les recettes de la section d'exploitation du budget de l'exercice suivant ;
- soit affecté au financement d'investissement par l'affectation au compte 10682 « réserves facultatives ». c'est notamment à ce compte qu'est affecté la réserve provenant de la prévision d'autofinancement complémentaire de la section d'investissement (ALEXANDRE O. – 1993).

13.2.1.4 Les provisions

Parmi les provisions pour risques et charges, **les provisions pour grosses réparations** sont destinées à couvrir les charges importantes :

- qui ne présentent pas un caractère annuel ;
- qui ne peuvent être assimilées à des frais courants d'entretien et de réparation ;
- qui, compte tenu de leur nature ou de leur importance, ne saurait logiquement être supportées par le seul exercice au cours duquel elles seront engagées.

Ces provisions sont enregistrées au débit du compte 6815 « dotation aux provisions pour risques et charges d'exploitation » et au crédit du compte 1572 « provision pour grosses réparations ».

Les **provisions pour dépréciation des immobilisations** procèdent de la constatation d'un **amoindrissement** de la valeur d'un élément de l'actif immobilisé résultant de causes dont les effets **ne sont pas nécessairement irréversibles**. Elles sont comptabilisées par le débit du compte 68 (6816 « dotations aux provisions incorporelles et corporelles... ») et le crédit du compte 29 « provisions pour dépréciation des immobilisations ».

Graphique 30. Les mécanismes de provisions possibles

SECTION D'EXPLOITATION			SECTION D'INVESTISSEMENT		
DEPENSES			DEPENSES		
Comptes	Libellés	Montants	Comptes	Libellés	Montants
60/61/62	Achat et variation de stock, autres		001	Déficit antérieur reporté	
709	Charges externes, rabais, remises, ristournes accordées		10	Apport, dotation et réserves	
63	Impôt, taxes et versements assimilés		13	Subventions d'investissement	
64	Charge de personnel		14	Provisions réglementées et amortissements dérogatoires	
65	Autres charges de gestion courante		15	Provision pour charge et risque	
66	Charges financières		16	Emprunts et dettes assimilées	
67	Charges exceptionnelles		20	Immobilisations incorporelles	
68	Dotations aux amortissement et aux provisions		21	Immobilisations corporelles	
...	...		22	Immobilisations mises en concession	
6815	Dotation aux provisions pour risques et charges d'exploitation		23	Immobilisations en cours	
6816	Dotation aux provisions incorporelles et corporelles		26	Participations et créances rattachées à des participations	
...	...		27	Autres immobilisations financières	
71	Production stockée (ou déstockage)		29	Provision pour dépréciation des immobilisations	
	SOUS TOTAL		39	Provision pour dépréciation des stocks et en-cours	
004	Dépenses imprévues		481	Charges à répartir sur plusieurs exercices	
006	Autofinancement complémentaire de la section d'investissement		49	Provisions pour dépréciation des comptes de tiers	
	TOTAL DES DEPENSES		59	Provisions pour dépréciation des comptes financiers	
002	Déficits antérieurs reportés		003	Dépenses imprévues	
	TOTAL DE LA SECTION			TOTAL	
	RECETTES			RECETTES	
70	Ventes de produits fabriqués, prestations de services, marchandises		001	Excédent antérieur reporté	
71	Production stockée (ou déstockage)		10	Apport, dotations et réserves	
72	Production immobilisée		13	Subventions d'investissement	
74	Subvention d'exploitation		14	Provisions réglementées et amortissement dérogatoires	
75	Autres produits de gestion courante		15	Provisions pour risques et charges	
76	Produits financiers		...	...
77	Produits exceptionnels		1572	Provision pour grosses réparations	
78	Reprises sur amortissements et provisions		...	...
79	Transferts de charges		16	Emprunts et dettes assimilées	
603	Variation de stocks		20	Immobilisations incorporelles	
609	Rabais, remises, ristournes obtenus sur achats		21	Immobilisations corporelles	
619	Rabais, remises, ristournes obtenus sur services extérieurs		26	Participation et créances rattachées à des participations	
6419	Remboursements sur rémunérations		27	Autres immobilisations financières	
6459	Remboursement sur charges de sécurité sociale et de prévoyance		28	Amortissement des immobilisations	
	Excédents antérieurs reportés		29	Provisions pour dépréciation des immobilisations	
	TOTAL DE LA SECTION		39	Provisions pour dépréciation des stocks et en-cours	
			481	Charges à répartir sur plusieurs exercices	
			69	Provisions pour dépréciation des comptes de tiers	
			59	Provisions pour dépréciation des comptes financiers	
			005	Autofinancement complémentaire de la section d'investissement	
				TOTAL	

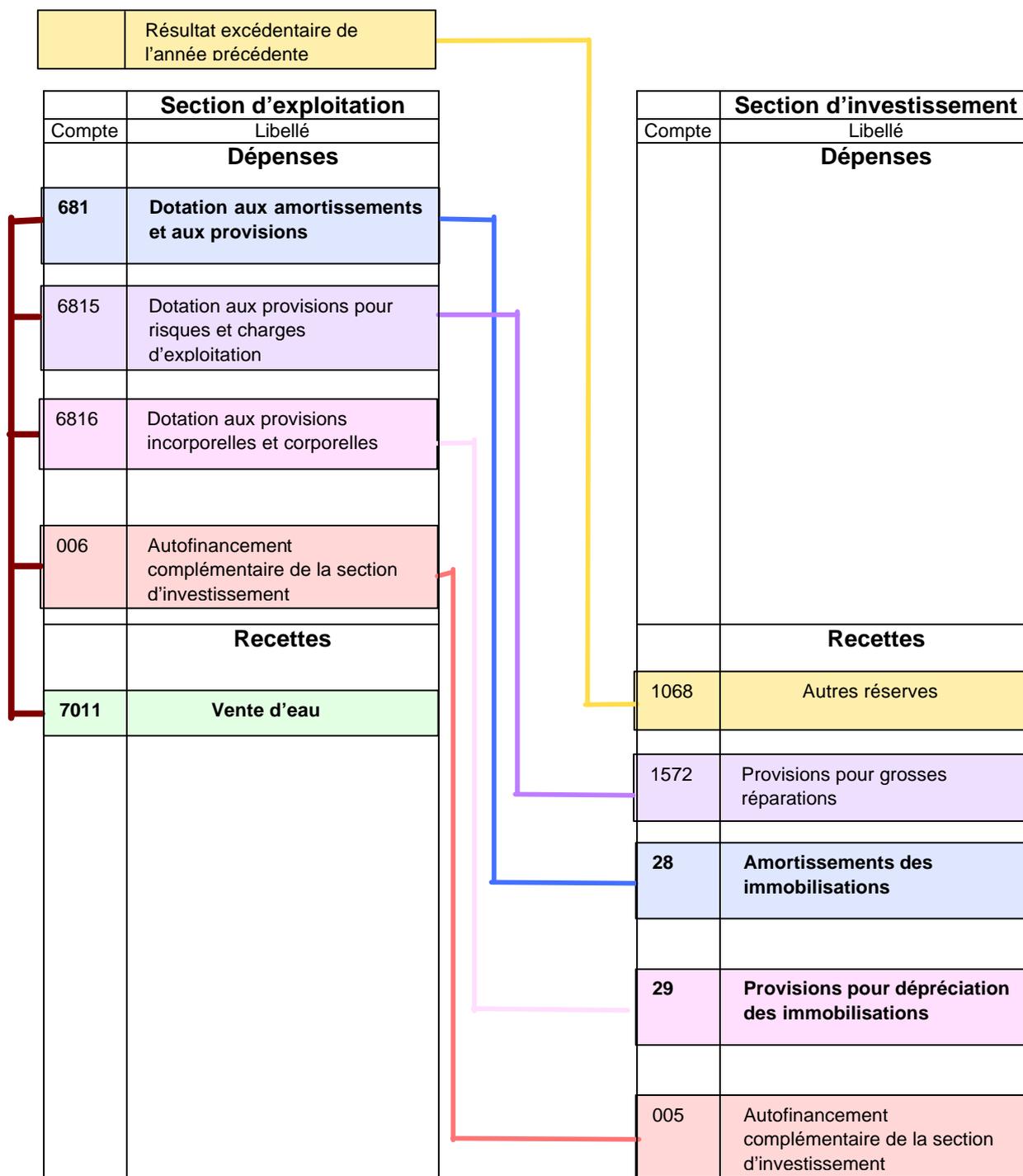
Provisions pour grosses réparations

Provisions pour dépréciation des immobilisations

13.2.1.5 Conclusion sur les différentes possibilités comptables d'autofinancement

Le graphique ci-dessous reprend de manière schématique l'ensemble des différentes possibilités comptables d'autofinancement pour un service d'assainissement qui applique l'instruction budgétaire et comptable M 49.

Graphique 31. Schéma récapitulatif des possibilités comptables d'autofinancement (d'après Olivier Alexandre 1993)



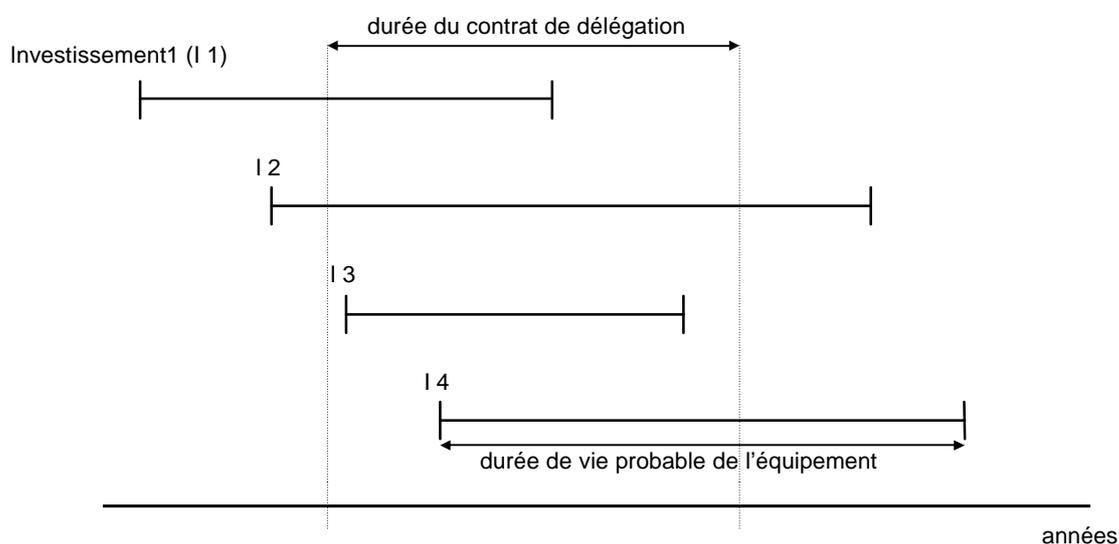
13.2.1.6 Le financement du renouvellement par le gestionnaire délégué

Le Tableau 26 résume la répartition des amortissements intervenant entre la collectivité et son exploitant dans le cadre d'une gestion déléguée de service. Solution qui, rappelons le, reste peu fréquente en ce qui concerne les réseaux d'assainissement en zone rurale.

Tableau 26. Répartition des amortissements et provisions dans le cadre d'un service en gestion déléguée

Financement de l'immobilisation	Conditions particulières	Collectivité	Fermier
Collectivité	Renouvellement à la charge de la collectivité	Amortissement	/
	Renouvellement à la charge du fermier prévu avant la fin du contrat	/	Provision pour renouvellement
	Renouvellement à la charge du fermier prévu après la fin du contrat	Amortissement	(Provision pour risque de renouvellement)
	Immobilisation cédée au fermier	Amortissement (jusqu'à la cession)	Amortissement (sur la valeur d'acquisition)
Fermier	Immobilisation destinée à demeurer dans le domaine public	/	Amortissement de caducité (diminué des éventuelles provisions)

Pour bien comprendre ce que prévoit l'instruction M 49 quant à la dotation aux amortissements que doit réaliser la collectivité en cas de gestion déléguée de service, il convient de prendre un exemple où le délégataire doit assurer le renouvellement des ouvrages pendant la durée de son contrat:



Dans ce cas précis, pendant la durée du contrat, la collectivité et le délégataire sont tenus de réaliser les opérations ci-dessous:

Cas	financé par:	Collectivité	Délégataire
I 1	collectivité	-	Provisions pour renouvellement
I 2	collectivité	Dotation aux amortissements + Provisions pour renouvellement	Provisions pour risque de renouvellement
I 3	fermier	-	Amortissement + Provisions pour renouvellement
I 4	collectivité	Dotation aux amortissements + Provisions pour renouvellement	Provisions pour risque de renouvellement
	fermier	Provisions pour renouvellement	Amortissement + Provisions pour risque de renouvellement

Cet exemple simple (4 équipements différents seulement, contre plusieurs centaines pour une petite ville!) montre qu'il est nécessaire pour appliquer cette théorie de connaître l'ensemble des installations, leur durée de vie probable et leur date de pose, ce qui est loin d'être le cas dans la majorité des services d'assainissement.

La collectivité doit donc réaliser une dotation aux amortissements, même dans le cas d'une gestion déléguée de service. Dans la plupart des cas, la collectivité se contente d'utiliser la surtaxe payée par le fermier pour rembourser ses emprunts; elle doit néanmoins se poser la question de savoir si cette surtaxe couvre toute la dotation aux amortissements qu'elle est tenue de réaliser au titre de la M 49 (COLIN DE VERDIERE Cyril – 1997).

Les modalités de financement du renouvellement par le gestionnaire délégué diffèrent selon :

- que ce renouvellement a été prévu contractuellement (provisions pour renouvellement) ;
- que, malgré l'absence d'obligation contractuelle, le fermier s'est prémuni contre ce risque (provision pour risque de renouvellement) ;
- ou que ce renouvellement intervient de façon totalement imprévue (investissement consenti par le fermier puis amortissement de caducité).

13.2.1.6.1 La provision pour renouvellement

Cette provision a pour objet de couvrir le renouvellement prévisible. Elle concerne donc exclusivement les équipements pour lesquels l'obligation contractuelle de renouvellement est « effective ». Cela ne concerne donc que les équipements dont la durée de vie probable à la signature du contrat est inférieure ou égale à la durée du contrat.

Dans la comptabilité de l'exploitant, l'inscription de cette provision s'effectue en charge du compte de résultat et diminue donc le montant du bénéfice imposable.

La provision pour renouvellement peut faire l'objet de deux interprétations différentes selon le mode de financement de l'équipement :

- lorsque l'équipement à renouveler a été financé par l'exploitant privé, celui-ci comptabilise :
 - d'une part un amortissement (dénommé « amortissement industriel ») calculé en répartissant la valeur comptable de l'équipement sur sa durée de vie prévue ;

- d'autre part, une provision pour renouvellement destinée à couvrir l'écart entre la valeur comptable de l'équipement et sa valeur de remplacement ;
- lorsque l'équipement à renouveler a été financé par la collectivité, l'exploitant privé comptabilise une provision de renouvellement destinée à couvrir la totalité de la valeur de remplacement.

Quelle que soit l'interprétation qui s'impose, le montant annuel de la provision de renouvellement se calcule en tenant compte de deux éléments :

- la valeur de remplacement de l'équipement : celle-ci est déterminée par la valeur initiale que l'on actualise année après année pour tenir compte de l'inflation ;
- la durée de vie de l'équipement : concernant ce facteur, deux approches sont possibles :
 - en partant d'une durée de vie théorique prise à l'intérieur des limites fiscalement autorisées, on peut actualiser cette durée année après année pour chaque équipement, pour tenir compte de ses conditions d'usage ;
 - on peut raisonner de façon globale sans chercher à individualiser chaque équipement. Partant de statistiques sur la durée de vie moyenne des classes d'équipement, ce raisonnement s'effectue contrat par contrat et aboutit au calcul d'une fréquence ou taux de risque (ALEXANDRE O. – 1993).

13.2.1.6.2 La provision pour risque de renouvellement

Cette provision a pour objet de couvrir le renouvellement imprévu. Elle concerne donc exclusivement les équipements pour lesquels l'obligation contractuelle de renouvellement n'est pas « effective », autrement dit les équipements dont la durée de vie probable à la signature du contrat est supérieure à la durée du contrat. Cette provision ne donne lieu à aucune déduction fiscale.

13.2.1.6.3 L'amortissement de caducité

L'amortissement de caducité est une notion purement financière et se définit comme la valeur, étalée sur la durée du contrat de gestion délégué restant à courir, du capital mis en concession par l'exploitant privé.

L'amortissement de caducité intervient lorsque des immobilisations, mises en concessions par l'exploitant privé d'un service, sont financées sur ses ressources propres alors qu'elles sont destinées à rester durablement dans le service public. Ceci se produit après la construction d'équipements neufs, mais aussi lorsqu'un renouvellement intervient de manière imprévue ou anticipée, et que les provisions sont inexistantes ou insuffisantes.

Il est alors logique que l'exploitant puisse récupérer la valeur du capital qu'il abandonne au profit du Service Public.

Cette récupération s'effectue en deux temps :

- en intégrant le montant net fiscalement de l'amortissement de caducité dans les négociations sur le prix de l'eau ;
- en comptabilisant, comme il est licite de le faire, l'amortissement de caducité comme une charge du compte de résultat génératrice d'un gain fiscal au travers de l'imposition aux bénéfices.

13.2.1.7 Les clauses de renouvellement possibles

13.2.1.7.1 La garantie de Renouvellement

Ce type de contrat correspond à une logique incitative à la baisse des coûts de renouvellement, de flexibilité du contrat et de liberté d'action du délégataire. Le fermier est payé forfaitairement pour ses activités d'entretien et de renouvellement. Ainsi, il investit au minimum, il est incité à réduire ses coûts au maximum, et à éviter le gaspillage. Il constitue aussi des réserves pour le risque de renouvellement des infrastructures.

La garantie de renouvellement, définie par le SPDE, est une manière de présenter le financement des dépenses de renouvellement. Cette notion rejoint celle de l'assurance : la collectivité est soumise à un risque de renouvellement des installations, au cours de son contrat. Elle règle donc une prime au délégataire, qui gère financièrement et techniquement tout remplacement aléatoire. Cette garantie, en général, est de l'ordre de 10 à 20% du montant du contrat, ce qui pèse sur le prix de l'eau. Un autre argument est parfois avancé en faveur de la garantie de renouvellement : en supposant une allocation de la part de la collectivité pour le renouvellement, le retour des fonds de renouvellement non consommés à la collectivité n'incite pas le délégataire à une baisse du coût de l'investissement. En cas de garantie de renouvellement, le fermier est incité à une baisse des coûts (EL JANATI Mounir- 2004).

Si des éléments de durée de vie supérieure à la durée du contrat sont à la charge du délégataire, il a naturellement intérêt à minimiser le renouvellement de ces équipements. D'où une dégradation du patrimoine de la collectivité. Le contrat se doit donc d'être très précis et de suivre des indicateurs objectifs de renouvellement (âge du réseau, débit...) ou un programme détaillé, en complément de cette garantie. Si cette prime d'assurance complète un système de provisions, et que son montant est fixé en connaissance de cause par les deux cocontractants, cette garantie reste très valable.

Le principe de la garantie de renouvellement est préconisé par la FNCCR pour les grosses collectivités, car le grand nombre d'installations à courte durée de vie à renouveler implique qu'il est plus simple de fixer le montant de la prime à payer pour le renouvellement, en relation avec le coût supporté par le délégataire, que de distinguer les différentes installations par date et montant de renouvellement. Les conditions de remplacement patrimonial des installations à durée de vie plus longue que le contrat doivent être précisées par la collectivité (EL JANATI Mounir- 2004).

13.2.1.7.2 Le compte de renouvellement

Le compte de renouvellement (appelé aussi parfois compte de travaux) est un système comptable permettant d'établir un compte détaillé, chez le fermier, des provisions réalisées et des dépenses de renouvellement, impliquant une transparence accrue des opérations financières liées au contrat. Chaque année, une dotation contractuelle provenant des participations des usagers doit y être versée par le délégataire. Les subventions relatives au renforcement lié au renouvellement y sont aussi versées. Au débit de ce compte figurent les charges directes subies par le délégataire pour ses obligations de renouvellement ajoutées à une proportion de ses charges correspondant aux frais généraux du délégataire.

La collectivité verse un montant annuel au délégataire pour le renouvellement, le surplus étant remboursé à la collectivité, et le déficit financé par elle. **Le renouvellement n'est pas géré aux risques et périls du délégataire, mais bien de la collectivité.** Le délégataire est ici incité à investir au maximum pour transférer les coûts d'entretien à sa charge sur des coûts collectifs d'investissement et donner une excellente image de sa gestion du réseau.

En fin de contrat (après déduction des frais de remise à niveau du système), le solde de ce compte est réparti entre la collectivité et le fermier. En cas de solde négatif, le déficit peut revenir à la charge du fermier. Dans ce cas, il est plus avantageux pour lui de présenter un devis surévalué (EL JANATI Mounir- 2004).

13.2.1.7.3 Tendances liées à chaque clause de renouvellement

La garantie de renouvellement correspond à une protection contre les aléas, dans une logique d'assurance. Ainsi, la décision du renouvellement se fait sur un critère technique. La gestion patrimoniale est à court terme, à l'échelle du contrat.

Le compte de renouvellement est fréquemment associé à un programme de renouvellement, en ajoutant une obligation de moyens au délégataire. Le patrimoine peut alors être bien géré par la collectivité, à plus long terme. Le critère de décision fait intervenir des paramètres financiers (EL JANATI Mounir- 2004).

Tableau 27. Tendances liées à chaque clause de renouvellement

	Principe	Horizon	Critère de décision	Contrainte
Garantie de renouvellement	Assurance	Court terme	Technique	Résultat
Compte de renouvellement	Gestion patrimoniale	Long terme	Financier	Moyens

13.2.1.8 Un contrôle par la collectivité nécessaire

Le système de financement du renouvellement mis en œuvre par les gestionnaires délégués des services d'eau et d'assainissement est très proche d'un système d'assurance (ALEXANDRE O.-1993).

Ce système d'assurance du renouvellement peut s'avérer très intéressant pour la collectivité si cette prime d'assurance est négociée entre les deux parties, et non fixée unilatéralement par le

délégataire (exploitation aux « risques et périls du délégataire », donc assurance pour la collectivité, pas de surinvestissement inutile, pas de litiges inutiles).

D'une manière générale, les collectivités gagnent certainement à négocier et à rédiger des contrats aussi précis que possible, sur ces clauses de renouvellement notamment. Cette garantie de renouvellement semble donc intéressante, à condition que la collectivité exerce véritablement son rôle de maître d'ouvrage, en négociant sa prime d'assurance sur des bases précises (COLIN DE VERDIERE Cyril – 1997). Pour ce faire, il doit analyser le risque effectivement assuré par le gestionnaire délégué et donc bien connaître son réseau.

En revanche, si la commune ne souhaite pas accepter ce système d'assurance au renouvellement, elle peut toujours négocier lors de l'établissement du contrat de délégation la mise en place du système suivant :

- Le renouvellement reste à charge de la commune, mais...
- le fermier lui paye une indemnité en cas de renouvellement anticipé,
- en contrepartie d'une prime en cas de renouvellement après que l'ouvrage soit amorti.

**PARTIE III : TROIS SITUATIONS
PROBLEMATIQUES : CAUSES ET SOLUTIONS**

Etant donnée l'absence de préoccupation à l'heure actuelle pour les questions de remplacement des réseaux d'assainissement en zone rurale, il nous a été impossible de mener des études de cas classiques. Les cas que nous aborderons dans cette partie sont donc des scénarios probables de dysfonctionnement du système actuel de « gestion » du parc d'infrastructures d'évacuation des eaux usées... Toute ressemblance avec des situations futures est donc tout sauf fortuite.

14 Exemple 1 : Reprise par la collectivité d'un réseau privé en très mauvais état

14.1 Présentation du problème

Un lotissement privé s'est construit à la fin des 70 sur le territoire de la commune A (4500 habitants) dont le service d'eau et d'assainissement est en régie directe. A la fin des années 80, le réseau d'assainissement privé du lotissement, qui dessert 35 maisons unifamiliales, est repris par la collectivité locale. La commune ne réalise cependant pas un examen détaillé de l'état du réseau. En mai 1995, cette commune décide de réaliser une étude diagnostic de son réseau. Une inspection télévisée des 550 mètres de conduite d'eaux usées desservant le lotissement est, à cette occasion, réalisée.

Les résultats sont préoccupants. En effet, les conditions dans lesquelles a été réalisée la pose des conduites au niveau du lotissement ont entraîné un réseau complètement défectueux :

- 15 raccordements de branchements pénétrants ;
- 11 emboîtements désalignés ;
- 12 déboîtements longitudinaux ;
- 21 déboîtements décentrés
- une contre pente ;
- deux flaches ;
- près de 65 % des joints sont défectueux ;
- enfin, un non-respect des règles de l'art en ce qui concerne le remblaiement lors des travaux de pose des conduites a entraîné la présence de nombreuses fissures voire affaissements de voûte.

De nombreuses exfiltrations sont constatées et polluent la nappe. Pour ces différentes raisons, l'organisme ayant réalisé l'inspection télévisée a conclu à la nécessité d'un remplacement en urgence de la totalité des conduites desservant le lotissement.

14.2 La « solution » choisie par la collectivité

Le coût des travaux sur le lotissement s'élevait à 110.000 Euros (200 € par mètre linéaire). Or, la municipalité a, pour diverses raisons, pratiqué, avant ce problème, un prix de l'eau trop bas pour dégager une marge d'autofinancement. Le recours à l'emprunt est alors inévitable et engendre une augmentation du prix de l'eau sur la commune. Augmentation d'autant plus sensible que la municipalité, suite au constat de l'absence de marge de manœuvre concernant

l'autofinancement, a décidé d'appliquer les règles d'amortissements afin de dégager une plus grande marge de manœuvre en matière d'autofinancement pour l'avenir. Le prix de l'eau est ainsi passé en deux ans de 1,9 € HT par m³ à 2,5 € HT par m³.

Cette augmentation du prix de l'eau a entraîné des conflits au niveau local avec la constitution d'une association de consommateurs mécontents qui reproche à l'équipe municipale de faire supporter à l'ensemble de la collectivité le coût de travaux dus à l'inconséquence d'un aménageur privé.

14.3 Que faire pour éviter une telle situation conflictuelle ?

A partir du moment où la collectivité a accepté de reprendre le réseau sans vérifier en détail son état, elle était pieds et poings liés et se devait de remplacer un réseau de ce type qui peut nuire à la collectivité du fait de la pollution de nappe induite.

Cependant, afin d'éviter une augmentation trop rapide du prix de l'eau la commune aurait pu participer au financement d'un service d'eau ou d'assainissement avec son budget général. En effet, bien que la règle générale, fixée par l'article L.2224-2 du code général des collectivités territoriales interdit, en principe, cette pratique, deux types de dérogations sont toutefois prévus :

- pour éviter une augmentation trop importante du prix de l'eau, due notamment à des travaux importants ou à des contraintes de fonctionnement particulières, une délibération motivée du conseil municipal permet de prendre en charge des dépenses du service. Cette dérogation ne doit cependant pas avoir pour effet une compensation pure et simple d'un déficit de fonctionnement ;
- dans les communes ou groupements de communes de moins de 3000 habitants, l'interdiction de principe ne s'applique pas. Il est alors possible sans contrainte particulière d'apporter des subventions de fonctionnement ou d'investissement (source : <http://www.carteteau.org>).

La première clause aurait pu être valablement invoquée. Cependant, en la matière, seule la prévention reste totalement efficace.

Rappelons que la commune n'a aucune obligation en ce qui concerne la reprise d'un réseau privé, et cette question doit être appréciée au cas par cas au vu de divers facteurs, dont deux principaux :

- l'intérêt pour le service d'assainissement : il est parfois souhaitable de gérer l'intégralité des réseaux de la commune pour garantir une meilleure maîtrise de leur entretien, un suivi des raccordements, etc. ;
- l'état des réseaux : la sollicitation des communes pour reprendre les réseaux privés intervient souvent lorsque ceux-ci sont usés et doivent faire l'objet de réparation, voire doivent être renouvelés. En outre, ils n'ont pas toujours été parfaitement entretenus.

Sur la base d'un examen détaillé de l'état des réseaux et d'un historique aussi précis que possible de son entretien, le service « assainissement » apprécie si la requête est recevable. Dans ce cas, il est important de formaliser cet accord avec le propriétaire privé (par exemple une copropriété) : cela permet de décrire très précisément l'état du réseau au jour du transfert,

de préciser les modalités de ce transfert, de détailler les obligations des personnes raccordées, de délimiter les responsabilités, etc.

15 Exemple 2 : Constitution d'une communauté de communes avec de forts déséquilibres quant au patrimoine

15.1 Présentation du problème

Quinze communes rurales se sont regroupées en janvier 1991 en un Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple ayant pour compétence l'eau, les déchets et l'assainissement.

Sensibilisés à la nécessité d'appliquer l'instruction budgétaire et comptable M 49, l'assemblée délibérante a alors bien pris soin d'adopter la démarche suivante :

- Chaque collectivité entrant dans le SIVOM a affecté au service ainsi nouvellement créé les immobilisations correspondant à son activité pour une valeur nette comptable. Cette valeur nette comptable est égale à la valeur historique de ces immobilisations, diminuée de la valeur théorique de leur dépréciation, c'est-à-dire des amortissements qui auraient dû être constatés. L'amortissement correspondant à la valeur résiduelle est affecté sur la durée de vie théorique qui reste à courir.
- Le SIVOM a établi un plan d'amortissement spécifique à ces biens prenant en compte leur durée probable d'utilisation future. Cela revient en fait à établir un plan pour l'amortissement de la totalité de la valeur historique de ces biens sur la durée de vie théorique qui leur reste.

Début 2003, une étude diagnostic du réseau d'assainissement est réalisée sur l'ensemble du territoire occupé par le SIVOM. Le résultat est assez positif pour la plupart des communes qui se sont équipées, en majorité, dans les années 1980. Sur treize communes, on constate quelques défaillances ponctuelles :

- quelques joints défectueux ;
- des pénétrations de racines ;
- de rares branchements pénétrants ;
- quelques fissures.

Pour ces communes, un programme de réparations ponctuelles suivi d'un programme de surveillance du réseau permettra de récupérer l'ensemble des fonctionnalités du réseau et ce pour une durée d'au moins 35 ans encore.

En revanche, sur les deux communes B et C plus denses et qui se sont équipées au début des années 1970, des conduites en amiante ciment de qualité médiocre ont été utilisées. Elles se sont révélées très sensibles aux problèmes d'abrasions. Il est estimé que le réseau va lâcher petit à petit mais que, quoi qu'il en soit, il n'assurera plus sa fonction vers 2015-2020.

Un remplacement des 20 km de conduites d'eaux usées concernées représenterait un coût compris entre 4,5 et 5 millions d'Euros à répartir sur 10 à 15 ans. Cela signifie que la capacité

d'autofinancement dégagée par le SIVOM depuis sa création serait affectée dans sa très grande majorité au remplacement de réseau qui ne concernerait que les communes B et C.

Un conflit naît alors entre les représentants des communes où le réseau n'est pas encore dégradé et les deux communes concernées par le renouvellement, les premiers considérant que seulement deux communes n'ont pas à s'accaparer les sommes dégagées pour l'autofinancement grâce à l'effort de tous. Les représentants des communes B et C font cependant valoir, non sans raison, que les communes qui auront achevé en premier leur renouvellement de réseau resteront ensuite solidaires des communes pour qui le même type de problème se posera à l'avenir. Elles payeront alors pour un problème qui « ne les concerne plus » si on accepte une certaine la vision égoïste contraire au principe de mutualisation qui avait poussé les 15 communes à se regrouper. Par ailleurs, les représentants des communes B et C font valoir que leurs réseaux d'eau potable sont en bien meilleur état que ceux des autres communes car de gros travaux de renforcement avaient eu lieu avant la constitution du SIVOM. Sur ce réseau, les rôles risquent donc d'être inversés rapidement.

15.2 La « solution » choisie par la collectivité

La solution choisie par le SIVOM est de chercher à reculer au maximum les investissements lourds nécessaires au renouvellement sur les deux communes B et C en faisant appel au maximum aux techniques de réhabilitation suivantes, lorsque cela est encore possible :

- chemisage continu ;
- et tubage par tuyau continu.

Pour éviter une augmentation trop importante du prix de l'eau, due à ces travaux très conséquents, une délibération motivée du conseil municipal a permis de prendre en charge des dépenses du service par un prélèvement sur le budget général (dérogation possible à l'article L.2224-2 du code général des collectivités territoriales qui interdit en principe cette pratique).

Parallèlement, le prix de l'eau sera augmenté très progressivement afin d'augmenter la capacité d'autofinancement. Le but recherché est de commencer le renouvellement des communes B et C peu de temps avant les autres communes dans les meilleures conditions de financement pour l'ensemble des communes.

15.3 Que faire pour éviter une telle situation conflictuelle ?

La solution choisie paraît tout à fait satisfaisante pour la production d'un consensus au niveau de l'assemblée délibérante du SIVOM. Elle est optimale pour éviter une augmentation brutale du prix de l'eau.

Enfin elle répond encore assez bien aux critères d'une gestion patrimoniale dans le sens où les acteurs cherchent bien à limiter la dévalorisation du patrimoine que constitue le réseau d'assainissement.

Par ailleurs, la crise aurait pu être évitée si, lors de la création du SIVOM, il y avait eu :

- une étude diagnostic permettant d'évaluer en détail l'état des réseaux ;
- ainsi qu'une communication des historiques aussi précis que possible de l'entretien des réseaux de chaque commune.

Une réflexion plus approfondie sur les solutions à mettre en œuvre pour dégager une capacité d'autofinancement plus importante aurait pu être recherchée... Ou il aurait pu être demandé aux communes B et C de réaliser certains gros travaux **avant** de rejoindre le SIVOM.

16 Exemple 3 : Nécessité de renouveler rapidement alors qu'aucune marge d'autofinancement n'a été dégagée

16.1 *Présentation du problème*

Une petite commune de 1.500 habitants se trouve face à la nécessité de remplacer 6 kilomètres de conduite d'eaux usées pour un coût dépassant les 1,2 millions d'Euros. Or la collectivité a pratiqué un prix de l'eau bien trop bas pour avoir pu dégager ne serait ce qu'une capacité d'autofinancement minimale.

16.2 *La « solution » choisie par la collectivité*

Du fait que cette commune ne présente que 1.500 habitants, l'interdiction de principe selon laquelle la commune ne peut pas participer au financement d'un service d'eau ou d'assainissement avec son budget général ne s'applique pas. Il est alors possible pour cette commune d'apporter, sans contrainte particulière, des subventions de fonctionnement ou d'investissement au service d'assainissement.

Parallèlement, le service a dû recourir à l'emprunt ce qui a induit une augmentation très sensible du prix de l'eau qui est passé de 1,6 euros à 2,6 euros en 3 ans.

16.3 *Que faire pour éviter une telle situation ?*

Il est plus que rare qu'une petite commune dispose des moyens techniques et moyens en personnels suffisants pour suivre de manière satisfaisante le patrimoine « réseau d'assainissement ». Seul un recours à l'intercommunalité aurait pu donner à ce type de territoire l'opportunité de jouir d'un service technique suffisamment étoffé pour suivre l'état des réseaux et mettre en place une gestion patrimoniale des réseaux.

17 Conclusion

Avec la présentation instaurée par l'instruction M49, les coûts du service assainissement apparaissent clairement et son financement est assuré à titre principal par les usagers.

Cependant de vives critiques sont encore formulées vis-à-vis de cette démarche. L'une d'elles met en avant le fait que l'application de l'instruction M.49 a remplacé une injustice par une autre. En effet, lorsque les services de l'eau potable et de l'assainissement ne faisaient pas l'objet d'un budget distinct, tous les contribuables locaux participaient au financement de ces services, même s'ils n'en usaient pas (ex : ceux qui possédaient des forages privés). En revanche, aujourd'hui, l'implantation d'une tarification réelle de l'eau tient compte uniquement de la consommation et ne prend pas en compte les revenus de chacun.

Cette objection reste la plus fondée de toutes. Cependant, plusieurs textes législatifs et réglementaires ont pris en compte les difficultés de paiement de certaines populations défavorisées et ont instauré le droit même d'accès à l'eau.

- La loi instituant un revenu minimum d'insertion en 1988, prévoyait dans le cadre d'un dispositif d'urgence l'aide à la prise en charge notamment des impayés de facture d'eau.
- La loi du 29 juillet 1992 portant adaptation de la loi n° 88-1088 du 1er décembre 1988 relative au revenu minimum d'insertion et relative à la lutte contre la pauvreté et l'exclusion sociale et professionnelle a reconnu aux personnes défavorisées, le droit de bénéficier de l'aide de la collectivité pour leur permettre de continuer à avoir accès à une consommation d'énergie et d'eau.
- Une charte solidarité eau a été signée en novembre 1996 avec l'Etat par le Syndicat des entreprises de services d'eau et d'assainissement, la FNCCR et l'AMF. Le premier objectif de cette charte était d'apporter aux familles les plus démunies une aide financière consistant en une prise en charge partielle de leur facture d'eau. Les aides étaient attribuées par une commission départementale placée sous l'autorité du Préfet et dans laquelle les acteurs sociaux jouaient un rôle essentiel, celui d'identifier les familles les plus démunies et d'aider à déterminer l'aide qui leur est nécessaire. Cette charte a été remplacée par de nouvelles conventions solidarité eau dont le dispositif a fait l'objet d'une circulaire publiée en juin 2000 (site Internet de La documentation Française consulté en mars 2004 : http://www.vie-publique.fr/dossier_polpublic/politique_eau/regulation/tarifsocial_eau.shtml).
- La loi n° 98-657 du 29 juillet 1998 d'orientation relative à la lutte contre les exclusions confirme l'accès à une fourniture minimum d'eau et d'énergie.

La mise en œuvre d'une vérité des prix de l'eau que favorise l'instruction M 49 ne doit en aucun cas se faire en « oubliant » l'ensemble des textes et initiatives permettant la mise en place de mécanismes de solidarité pour que chacun continue à avoir accès à l'eau et à l'assainissement, biens qui ne seront jamais des produits comme les autres du fait de leurs caractéristiques. L'eau est un élément vital. L'eau et l'assainissement sont des éléments nécessaires à l'accès à l'hygiène et donc à la dignité...

18 Bibliographie

AFNOR – 2001, Norme NF EN 13 380, *Prescriptions générales pour les composants utilisés pour la rénovation et la réparation des branchements et des réseaux d'assainissement à l'extérieur des bâtiments.*

AFNOR – 2003, Norme NF EN 13 508-2 sur le système de codage de l'inspection visuelle des réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments.

AGHTM – 1998, Recommandation pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement, in TSM Hors Série.

ALEXANDRE Olivier – 1993, Le financement du renouvellement des réseaux d'adduction d'eau potable, Documentation Technique FNDAE n°15, FNDAE.

ATTF – 2002, Guide technique : La réhabilitation des réseaux enterrés, Dossiers réalisés par l'Association des techniciens territoriaux de France (ATTF) région Centre animée par Serge Markez, in *La gazette des communes, des départements, des régions – Cahier détaché du 9 septembre 2002..*

BALAS Emmanuel, RUPERD Yves – 1993, *Les contrôles de branchement au réseau d'égouts par test à la fumée*, Plan Urbain, LRPC trappes, LCPC.

BERLAND J.M., JUERY C. – 2002, *Structure par âge des systèmes d'alimentation en eau potable et d'assainissement*, Etude réalisée par l'OIEau à l'initiative de la Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale (D4E) du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. (<http://www.oieau.fr/eaudoc/pdf/final.V9.PDF>).

BOMSTEIN Dominique, ANHEIM Simon et TUBIANIA Fabian – 2004, Dossier : réseaux les secrets de la longévité, in *Environnement Magazine* n°1625.

BOUGELOT Jérôme, LOURY Martin – 2003, *Outils de financement du renouvellement des infrastructures des services d'eau et d'assainissement - synthèse*, MEDD / D4R, DE Conseil, CD Consultants.

CHERGUI Salah – 1996, *Le vieillissement des réseaux d'assainissement : méthodologie d'évaluation de l'état des canalisations à partir d'inspection télévisée*, Mémoire de CES Mastère « Eau Potable Assainissement », CEMAGREF – ENGESS, Laboratoire Gestion des Services Publics.

COLIN DE VERDIERE Cyril – 1997, *Le financement du renouvellement des ouvrages d'eau potable et d'assainissement*, Synthèse bibliographique, ENGREF, OIEau.

EL JANATI Mounir – 2004, *Les modalités d'amortissement des installations et de financement du renouvellement des réseaux*, synthèse technique, ENGREF, OIEau.

FAUDRY Daniel – 1984, *Les évolutions dans les techniques d'épuration des collectivités depuis la loi sur l'eau*, Rapport intermédiaire au contrat "Evolution des techniques de l'eau dans la ville", Université des Sciences Sociales de Grenoble, Ministère de la Recherche et de la Technologie, Grenoble.

FNDAE, 2003, *Situation de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement des communes rurales en 2000*, Paris.

FSTT, AGHTM – 1999, Les ouvrages d'assainissement non visitables : fiches pathognomoniques, in *TSM n°10*, octobre 1999, 94^e année.

GOURMAIN Patrick – 2001, *Intérêts et coûts des systèmes d'information géographique dans la gestion des services d'eau*, Synthèse bibliographique, ENGREF, OIEau.

Groupe de travail « réhabilitation des réseaux » de l'ASTEE – 2004, Recommandations pour la réalisation des contrôles préalables à la réception des travaux de réhabilitation des réseaux d'assainissement, in *TSM n°2*, février 2004 – 99^{ème} année.

IETI Consultants – 2004, Observatoire géomatique. Atlas des sites équipés de SIG. Mise à jour 2002. Disponible sur Internet : http://www.ieti.fr/1carte_vil0et1.htm.

MALRIEU Jacques – 1999, Réseaux d'assainissement : conception / réalisation / réception, in *Les cahiers techniques de l'OIEau n°7*, Limoges

RERAU – 2002, *Restructuration des collecteurs visitables – guide technique, tome 1*, Lavoisier, Paris.

RERAU – 2004, *Restructuration des collecteurs visitables – guide technique, tome 2*, Lavoisier, Paris.

YAHIAOUI Fadila – 2000, *Réhabilitation des réseaux d'assainissement visitables et non visitables*, Mémoire de fin d'étude en vues de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Géomètre Topographe, Conservatoire National des Arts et Métiers, Ingénierie Etudes Assistance.

19 Index des tableaux

Tableau 1.	Répartition de la population rurale par type d'assainissement dont elle relève	8
Tableau 2.	La desserte par les réseaux d'assainissement dans les communes rurales de France métropolitaine	10
Tableau 3.	Les fissures pouvant survenir au niveau des réseaux	20
Tableau 4.	Les autres cassures pouvant survenir au niveau des réseaux	21
Tableau 5.	Les déformations pouvant survenir au niveau des réseaux	22
Tableau 6.	Les défauts d'étanchéité pouvant survenir au niveau des réseaux	23
Tableau 7.	Les anomalies ponctuelles pouvant survenir au niveau des réseaux	24
Tableau 8.	Les dégradations de parements	25
Tableau 9.	Défauts d'assemblage : Emboîtements / Déboîtements	26
Tableau 10.	Défauts d'assemblage – suite	27
Tableau 11.	Défauts affectant la géométrie	28
Tableau 12.	Défauts d'étanchéité	29
Tableau 13.	Fissures	29
Tableau 14.	Déformations	30
Tableau 15.	Défauts affectant l'intrados	30
Tableau 16.	Défauts affectant le raccordement de branchement	31
Tableau 17.	Défauts affectant les regards de visite	32
Tableau 18.	Avantages et inconvénients des techniques de réhabilitation des réseaux d'assainissement	61
Tableau 19.	Les composants des différentes techniques de réhabilitation des regards de visite	63
Tableau 20.	Les différentes étapes du suivi d'exécution des travaux de réhabilitation	68
Tableau 21.	Opérations préalables à la réception pour les canalisations non visitables	70
Tableau 22.	Evolution de l'usage des SIG dans les petites collectivités territoriales. /Données de l'année 2002	72
Tableau 23.	Principes d'individualisation budgétaire en fonction du mode de gestion des services	81
Tableau 24.	Budget des services publics d'assainissement et de distribution d'eau potable	83
Tableau 25.	Cadences réglementaires d'amortissement proposées	90
Tableau 26.	Répartition des amortissements et provisions dans le cadre d'un service en gestion déléguée	99
Tableau 27.	tendance liée à chaque clause de renouvellement	103

20 Index des graphiques

Graphique 1.	Populations permanentes et saisonnières relevant de l'assainissement collectif desservies ou restant à desservir	8
Graphique 2.	Répartition des investissements prévus en assainissement	9
Graphique 3.	La desserte par les réseaux d'assainissement dans les communes rurales de France métropolitaine – nombre d'habitants concernés	10
Graphique 4.	Evolution de la population desservie en milieu rural	11
Graphique 5.	Répartition des populations selon le type de collecte	11
Graphique 6.	Mouvements relatifs des lèvres d'une fissure	21
Graphique 7.	Mécanisme de l'écaillage	21
Graphique 8.	Coupe longitudinale au droit d'une flache	22
Graphique 9.	Exemple d'affaissement de voûte	22
Graphique 10.	Exfiltration	24
Graphique 11.	Inspection télévisée des branchements	36
Graphique 12.	Schéma de principe du contrôle des branchements en réseau séparatif par dispositif fumigène	42
Graphique 13.	Organigramme des étapes pour le suivi d'un ouvrage d'assainissement	43
Graphique 14.	Les principales phases de la technique d'injection pour les conduites non-visitables.	49
Graphique 15.	Technique d'injection : vue d'ensemble	50
Graphique 16.	Schéma de principe du procédé ASS	50
Graphique 17.	Schéma de principe d'un chemisage en continu	52
Graphique 18.	Différentes techniques de tubage	53
Graphique 19.	Poussage d'éléments courts	54
Graphique 20.	Traction en continu d'un tubage long	55
Graphique 21.	Aménagement de la cunette pour installation de la machine à spiraler	56
Graphique 22.	Principe du renouvellement des conduites à l'aide d'un éclate tuyau	57
Graphique 23.	Les différentes couches de remblai	60
Graphique 24.	Réhabilitation des regards de visite : les phases de travaux	65
Graphique 25.	Optimisation économique du renouvellement des conduites	76
Graphique 26.	Les différents amortissements mis en œuvre par une collectivité	87
Graphique 27.	Adaptation imparfaite des deux flux d'amortissement	91
Graphique 28.	Ajustement de l'amortissement à l'amortissement financier	92
Graphique 29.	Procédure d'autofinancement complémentaire de la section d'investissement	95
Graphique 30.	Les mécanismes de provisions possibles	97
Graphique 31.	Schéma récapitulatif des possibilités comptables d'autofinancement	98