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	Préan	abule : terminologie employée	7
2	Introd	luction	8
DI	ES BES	: CONNAISSANCES TECHNIQUES NECESSAIRES A L'EVALUATION OINS EN REHABILITATION / RENOUVELLEMENT DES RESEAUX	
D^{s}	'ASSAIN	VISSEMENT	_ 12
3	Les ca	uses de dégradation des ouvrages	_ 13
	3.1 Risc	ques géotechniques et hydrogéologiques	_ 13
	3.1.1	Entraînement de fines	
	3.1.2	Tassement	
	3.1.3	Dissolution	
	3.1.4	Effondrement dû aux vides	
	3.1.5	Gonflement – retrait	
	3.1.6	Glissement de terrain	
	3.1.7	Sismicité	
	3.1.8 3.1.9	Mouvements tectoniques Eboulement rocheux	
		Marnage	
		ques hydrauliques	
	3.2.1	Action mécanique et physico-chimique de l'effluent	
	3.2.2	Action hydraulique	17
	3.3 Risc	ques structurels	_ 17
	3.3.1	Les charges statiques et dynamiques	17
	3.3.2	Maintenance	17
	3.3.3	Construction	18
	3.4 Risc	ques d'impact du milieu	18
	3.4.1	Interaction avec les usages de surfaces	
	3.4.2	Modification des usages de surfaces	
	3.4.3	Interaction avec le bâti	
4	Les dé	faillances possibles des réseaux d'assainissement et leurs conséquences	_ 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 Car	actérisation des différents défauts rencontrés au niveau des conduites non visitabl	es26
5	Le dia	gnostic global d'un réseau d'assainissement	_ 33
	5.1 Mét	hodologie générale	33
	5.1.1	Le diagnostic géométrique	_
		Le diagnostic géonhysique	

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	
5.2.2 Les techniques d'auscultation géométrique	
5.2.2.1 Inclinomètre	
5.2.2.2 Capteur d'orientation	37
5.2.2.3 Relevé topographique	
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	
5.2.3.5 Essais MAC	
5.2.4 Les autres tests	
5.2.4.1 Paramètres physico-chimiques	
5.2.4.2 Mesures des débits	
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	4 4
6.3.1 Rapport de présentation	45
6.3.2 Avant Projet Sommaire	
6.3.2.1 Les plans	45
6.3.2.2 Le mémoire technique	
6.3.2.3 L'estimation	46
7 Les techniques de réhabilitation pour les conduites non visitables (diamètre con	npris
entre 200 et 1200 mm)	47
7.1 Procédés non destructifs	47
7.1.1 Robots multifonctions	
7.1.2 Injections ponctuelles d'étanchement ;	
7.1.3 Manchette (ou chemisage partiel)	50
7.1.4 Chemisage continu	
7.1.5 Tubage	
7.1.5.1 Poussage ou traction d'éléments	
7.1.5.2 Traction en continu d'un tubage long	
7.1.5.3 Traction en continu d'un tube prédéformé	
7.1.5.4 Tubage par enroulement hélicoïdal	56
7.2 Procédés destructifs pour un remplacement des réseaux sans ouverture de tranch	iée 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	Les techniques de réhabilitation des ouvrages annexes	63
	8.1 Réhabilitation de regards de visite	63
	8.1.1 Les différentes techniques	
	8.1.2 Les contrôles	
	8.2 Le chemisage des branchements	67
9	Suivi d'exécution des travaux de réhabilitation	68
	L'apport des Systèmes d'Information Géographiques (SIG)	
	10.1 Les utilisations possibles des SIG pour les services « assainissement »	
	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
P	ARTIE II : LE FINANCEMENT DU RENOUVELLEMENT DES RESEAUX	
	ASSAINISSEMENT	73
	Renouvellement : une définition précise un contour flou	
	Renouveler: quand et pourquoi?	
	12.1 Les raisons du renouvellement	
	12.1.1 Causes techniques	
	12.1.2 Causes économiques	
	12.1.3 Les causes technologiques	
	12.1.4 Les causes sociales ou réglementaires	
	12.1.5 Les causes contractuelles	76
	12.2 La gestion patrimoniale des réseaux comme modèle à suivre	77
13	Le financement du renouvellement des réseaux d'assainissement	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 distril	bution
	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'autofinance	
	local	84
	13.2.1.1 L'amortissement des immobilisations	
	13.2.1.1.1 Les différentes notions d'amortissement	
	13.2.1.1.1.1 Amortissement (autrefois qualifié amortissement technique)	
	13.2.1.1.1.2 Amortissement budgétaire	
	13.2.1.1.1.3 Amortissement financier.	
	13.2.1.1.1.4 Conclusion sur les différentes notions d'amortissement	
	13.2.1.1.2 Les conditions de mise en œuvre de l'amortissement	
	13.2.1.1.2.1 Champ d'application	
	13.2.1.1.2.2Méthodes d'inventaire	
	13.2.1.1.2.3 Base de calcul	
	13.2.1.1.2.4Mode de calcul	90
	13.2.1.1.2.5 Règles d'inscription au budget	
	13 2 1 1 3 La pratique de l'amortissement	91

	13.2.1.1.3.1Un moyen de couvrir l'amortissement financier	91
	13.2.1.1.3.2effet de la taille des collectivités	92
	13.2.1.1.3.3L'amortissement : un moyen d'autofinancement efficace mais faisant parfois l	-
	vives critiques	
	13.2.1.1.4 La reprise des subventions	
	13.2.1.2 L'autofinancement complémentaire de la section d'investissement	94 96
	13.2.1.3 Les réserves	
	13.2.1.5 Conclusion sur les différentes possibilités comptables d'autofinancement	
	13.2.1.6 Le financement du renouvellement par le gestionnaire délégué	
	13.2.1.6.1 La provision pour renouvellement	
	13.2.1.6.2 La provision pour risque de renouvellement	101
	13.2.1.6.3 L'amortissement de caducité	
	13.2.1.7 Les clauses de renouvellement possibles	
	13.2.1.7.1 La Garantie de Renouvellement	
	13.2.1.7.2 Le compte de renouvellement	
	13.2.1.7.3 Tendance liée à chaque clause de renouvellement	
	-	
PAR'	TIE III : TROIS SITUATIONS PROBLEMATIQUES : CAUSES ET SOLUTI	
		105
14 I	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 1	Exemple 2 : Constitution d'une communauté de communes avec de forts déséqu	
	· ·	
quan	at 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 1	Exemple 3 : Nécessité de renouveler rapidement alors qu'aucune marge	
	tofinancement 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 I	Bibliographie	112
19 I	Index des tableaux	114
20 1	Index des graphiques	115

1 Préambule : terminologie employée

Au sens normatif technique, le terme <u>réhabilitation</u> 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.

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

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

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

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

Le terme <u>renouvellement</u>, 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.

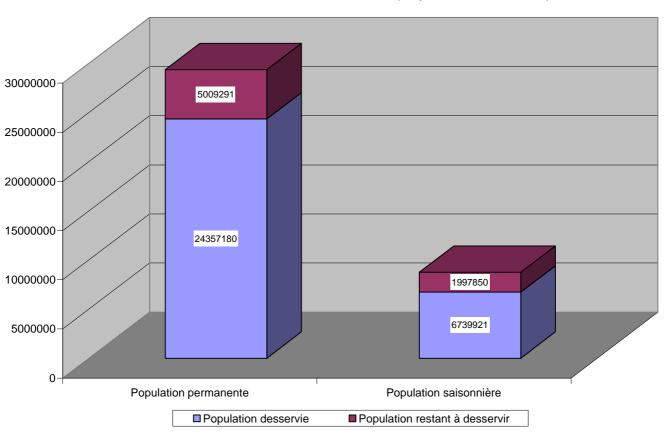
La population des communes rurales est passée de 24.394.000 à 25.498.543 entre 1990 et 1999 (FNDAE-2004).

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)

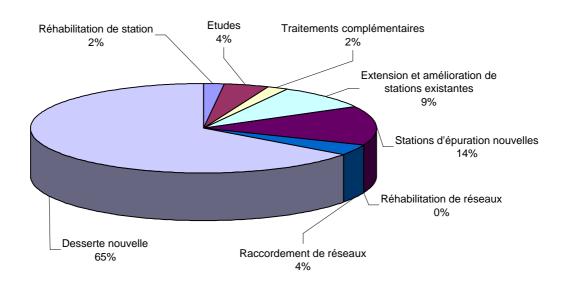


Dans ce contexte, il est possible que certaines communes, encore tournées vers la mise en place de l'équipement initial en matière d'assainissement, ne voient pas la planification de la réhabilitation des réseaux d'assainissement comme une priorité. Le graphique sur la répartition des investissements 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 ;
- <u>qu'il convient de bien suivre l'état des réseaux et de remédier à leurs</u> 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)

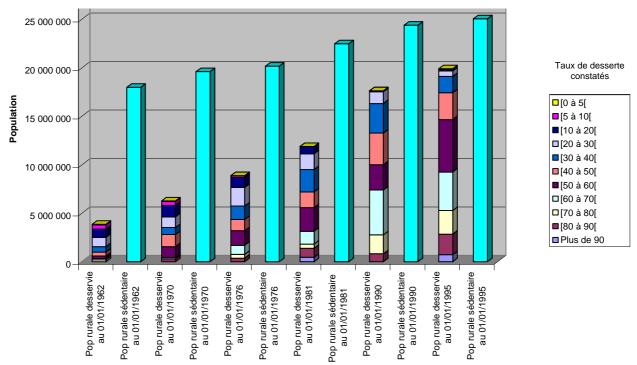


Il est possible de reconstruire l'historique des phases d'équipements en matière de desserte par les réseaux d'assainissement dans les zones rurales en dépouillant les inventaires réalisés pour le FNDAE (Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau) (cf. tableau ci-après).

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	Nb de départements					
desserte	présentant ce taux					
par	de desserte au 1er					
réseaux	janvier 1962	janvier 1970	janvier 1976	janvier 1981	janvier 1990	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)



Scraphique 4. Evolution de la population desservie en milieu rural

Nb d'hab
30000000
250000000
150000000
1er janvier 1962 1er janvier 1970 1er janvier 1976 1er janvier 1981 1er janvier 90 1er janvier 95 1er janvier 2000

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.

Nb d'hab 25000000 4627864 90000000 15000000 19729316 1280585 5459336 Population permanente Population saisonnière

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 :

- Pompages 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).

3.1.2Tassement

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 audessus 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.

3.1.5Gonflement – 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 $d'H_2S$.

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

3.3.1Les 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 défaillant 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

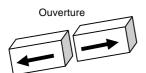
Les cassures sont l'une des familles de dégradations les plus liées à des risques structurels. Leurs conséquences sur l'intégrité de la structure des conduites sont lourdes et elles sont à l'origine de dysfonctionnements comme

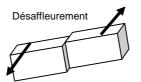
- d'une part, la perturbation des écoulements ;
- d'autre part, les entrées d'eaux parasites de nappe et des fuites d'effluent.

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.	 ⇒ 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 <u>une partie</u> de la section.	 ⇒ Ruine structurelle de la conduite sous l'effet des charges.
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.	⇒ 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.
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.	⇒ Pénétration des racines facilitée.

Graphique 6. Mouvements relatifs des lèvres d'une fissure





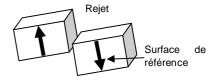
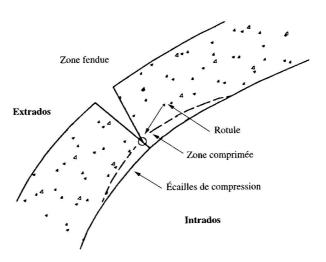


Tableau 4. Les autres cassures pouvant survenir au niveau des réseaux

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).	 ⇒ 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)



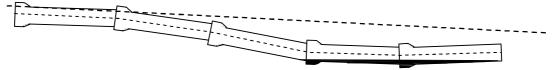
4.2 Les déformations

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.

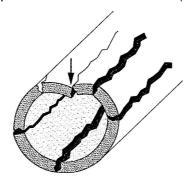
Tableau 5. Les déformations pouvant survenir au niveau des réseaux

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.	 ⇒ 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.	 ⇒ 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)



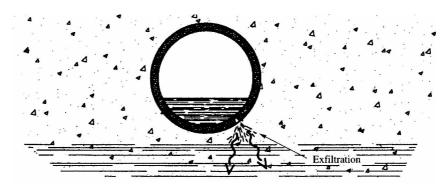
4.3 Les défauts d'étanchéité

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.	 ⇒ 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.	 ⇒ 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.	 ⇒ 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'H₂S). 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.
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.	⇒ Croissance et extension des intrusions de racines qui trouvent dans les conduites des éléments nutritifs.
Perforation	Percement 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	Le réseau de microfissures est	Sur les ouvrages en béton armé, le
	affectant l'intrados de l'ouvrage.	superficiel. Sa maille est de l'ordre du	faïençage réduit l'enrobage et rend
		décimètre. La peau du béton est	vulnérable les aciers.
		fragilisée et perd de son adhérence.	
Usure du	Diminution d'épaisseur de l'intrados de	L'abrasion est généralement partielle et	L'usure du revêtement augmente
revêtement	l'ouvrage sur une faible épaisseur. Elle	porte principalement sur le radier.	localement la rugosité.
	résulte d'une érosion (action abrasive		Par ailleurs, il peut se produire une perte
	d'effluents chargés de particules		d'étanchéité avec fragilisation de la
	solides) et / ou d'une corrosion (action		protection des armatures (le cas échéant)
	physicochimique).		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 – quide 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	 ⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement ⇒ Défaut majeur pour les tuyaux en béton 	Plans d'emboîtement Axe longitudinal Bon Mauvais
Emboîtement désaligné (désaxé)	⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement ⇒ Défaut majeur pour les tuyaux en béton	Axe longitudinal 1 Axe longitudinal 2 Absence de parallèlisme des plans d'emboîtement
Emboîtement décentré horizontalement et / ou verticalement	⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement ⇒ Défaut majeur pour les tuyaux en béton	Axe longitudinal 1 Axe longitudinal 2
Déboîtement longitudinal	⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement	Plans d'emboîtement Déboîtement Axe longitudinal
Déboîtement désaligné (désaxé) horizontal et / ou vertical	⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement	Plans d'emboîtement Dépoîtement Axe longitudinal 1 Axe longitudinal 2
Déboîtement décentré horizontal et / ou vertical	⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement	Plans d'emboîtement Déboîtement Axe longitudinal 1 Axe longitudinal 2 Décentrage

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	Axe longitudinal 1 Axe longitudinal 2 Absence de parallèlisme des plans d'emboîtement
Epaufrure	Tuyaux en béton, béton armé, amiante ciment, revêtement de tuyaux en fonte	Axe longitudinal
Joints défectueux / Elastomère	Tous matériaux assemblés avec des joints élastomères	Joint resté dans l'emboliture Joint sorti de san logement
Joints défectueux / mortier, corde imprégnée	Tous matériaux assemblés avec des joints réalisés in situ	Axe longitudinal
		Bon Mauvais

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

Nom	Matériaux affectés	Schéma descriptif
Changement de section	⇒ Changement de matériaux et / ou de dimension ⇒ Réductions successives (pièces en PVC)	Axe longitudinal 1 Axe longitudinal 2 Sens d'écoulement
Modification du profil en long	Tous matériaux	Pente 7 Pente 2 Pente 3
Profil en long / contre-pente	Tous matériaux	Regard 1 Regard 2 Pente réelle Pente théorique
Profil en long / Flache	Tous matériaux assemblés par emboîtement	Pente théorique Pente réelle
Profil en plan / modification angulaire	 ⇒ Tous matériaux assemblés par emboîtement ⇒ Tous matériaux non rigides 	PROFIL EN PLAN

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

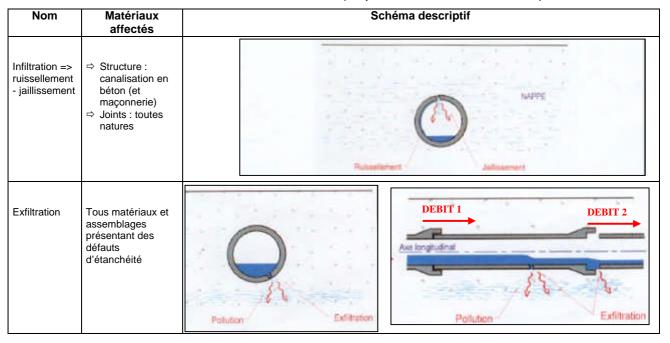


Tableau 13. Fissures (d'après FSTT, AGHTM – 1999)

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 ouverte Avec rejet
Fissure transversale (circulaire) ouverte (cassure) avec ou sans rejet	Tuyaux de grande longueur et de petit diamètre en béton armé ou non de fibre ciment	Fissure transversale avec rejet 7
Fissure hélicoïdale (biaise) fermée	Béton armé et non armé, PVC, grès vernissé	Axe longitudinal
Fissure hélicoïdale (biaise) ouverte (cassure) avec ou sans rejet	Béton armé et non armé, PVC, grès vernissé	Axe longitudinal

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

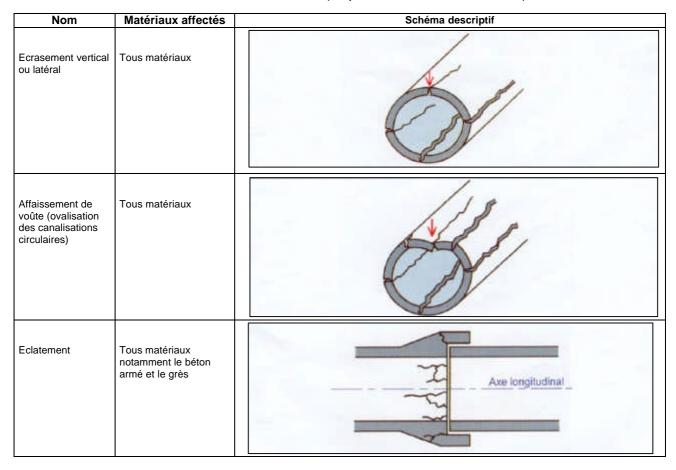


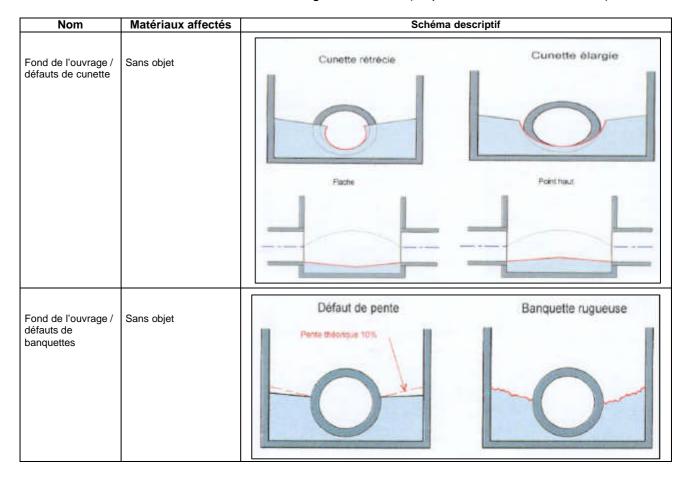
Tableau 15. Défauts affectant l'intrados (d'après FSTT, AGHTM – 1999)

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 Types de raccordement concernés : le piquage direct en réseaux non visitable est un défaut en soi	Renformissement
Raccordement de branchement en retrait	Tous matériaux Types de raccordement concernés: les piquages directs, culotte, selles, tulipes, joints élastomères, clips, regards non visitables	Raccordement par tulipe Solin
Raccordement de branchement pénétrant	Tous matériaux Types de raccordement concernés: les piquages directs, joints élastomères, regards non visitables	Raccordement par joint élastomère
Percement mal découpé	Tous matériaux Types de raccordement concernés: les piquages directs, selles, tulipes, joints élastomères, clips, regards non visitables	
Raccordement du branchement en contresens	Tous matériaux Types de raccordement concernés: les piquages directs, culotte, selles, tulipes, joints élastomères, clips, regards non visitables	Raccordement par culotte Ecoulement Axe longitudinal
Raccordement du branchement avec chute	Tous matériaux Types de raccordement concernés : regards non visitables	Chan

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



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).

5.1.1Le 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 <u>relevé topographique</u>. 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'<u>inclinomètre</u> 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 <u>sonar</u> 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 <u>photoprofils optiques et laser</u> assurent l'auscultation de profils par la mesure de la section, de déformations ou de malformations d'une conduite visitable ;
- <u>le fissuromètre</u> permet de mesurer en trois dimensions l'ouverture de fissures ;
- <u>la tachéométrie</u> 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.

5.1.2Le 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 <u>le radar</u> qui permet de détecter les cavités, les zones décomprimées, les variations géologiques...

<u>La thermographie</u> 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-visitables ou les conduites visitables.

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 physicochimiques 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

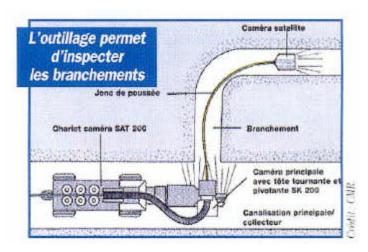
inspection télévisée. Cependant, dans le cas où la conduite est située dans une nappe ou dans un environnement humide, l'inspection télévisée peut éventuellement permettre de localiser toute trace d'infiltration: l'expérience de l'opérateur est ici très importante.

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)



5.2.2Les techniques d'auscultation géométrique

5.2.2.1 Inclinomètre

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

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 <u>de diamètre</u> 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-immergés 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 inférieur à 300 m ;
- le choix de la fréquence des transducteurs est fonction des dimensions de l'ouvrage.

5.2.3Les 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 réfléchie 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.

5.2.4Les 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 = Vitesse X section mouillée et Q = volume / 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 courantométre...
 - pour la mesure de la hauteur : la sonde pressiométrique, bulle à bulle, ultrason...

5.2.4.3 Conformité des branchements

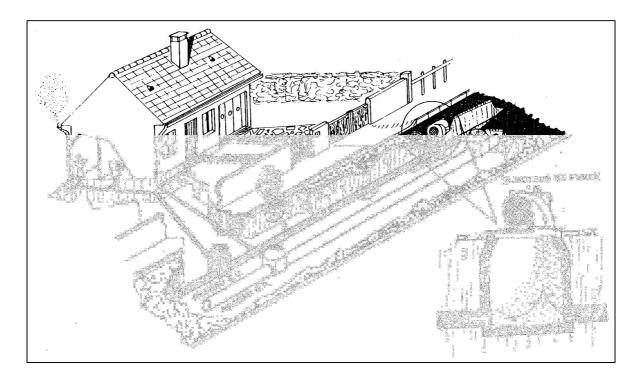
Les tests à la fumée et au colorant permettent de savoir si, en réseau séparatif, les toitures et les caniveaux ne sont pas connectés sur une canalisation d'eaux usées. Par ailleurs, ces tests renseignent sur les divers branchements qui composent (ou non) le réseau étudié : tel branchement est-il bien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

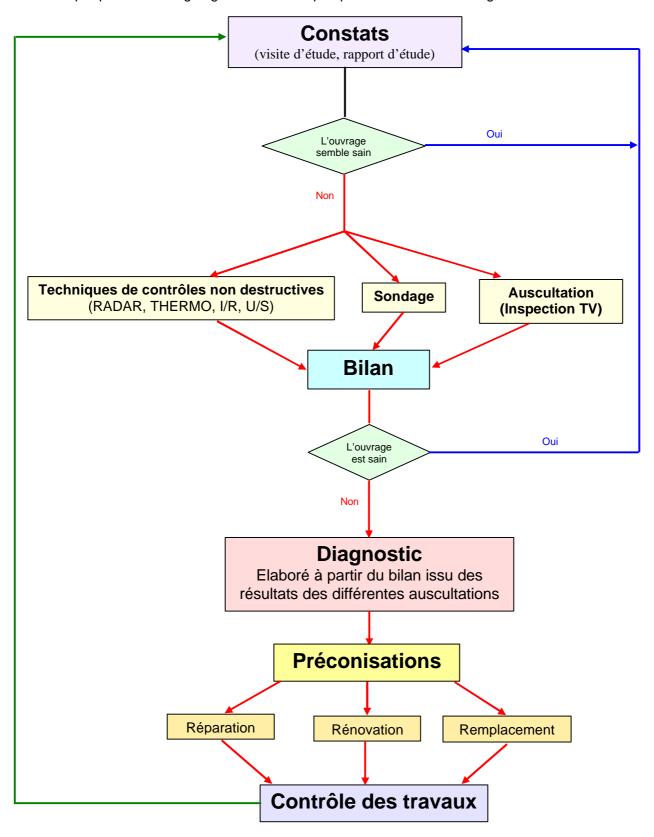
Graphique 12. Schéma de principe du contrôle des branchements en réseau séparatif par dispositif fumigène (Source : BALAS Emmanuel, RUPERD Yves – 1993)



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 ;
- I'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 multiforctions

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 polyuréthannes. 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.

