

**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

Hors Série n° 10

Réhabilitation / remplacement des réseaux d'eau potable en zone rurale

**Cécile AJUSTE
Jean-Marc BERLAND
Jean-Luc CELERIER**

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 **DEPPNER Damien**, Attaché Technique à la société REHAU.

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.

Madame **ELOY-GIORNI Catherine**, responsable commerciale à la société AXEO.

Monsieur **GONZALES Alain**, Chargé de Formation et d'Etudes, Office International de l'Eau – Centre National de Formation aux Métiers de l'Eau.

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.

Nous souhaitons les remercier pour leurs conseils et les précisions techniques qu'ils nous ont apportés.

Sommaire

1	Introduction	6
	PARTIE I : CONNAISSANCES TECHNIQUES NECESSAIRES A L'EVALUATION DES BESOINS EN REHABILITATION / RENOUVELLEMENT DES RESEAUX D'EAU POTABLE	10
2	RISQUES DE DEGRADATION DU RESEAU	11
2.1	Facteurs de désordres	11
2.2	Age des canalisations	12
2.3	Matériaux en contact avec l'eau potable	13
2.3.1	Cadre réglementaire	13
2.3.1.1	Définition et réglementation sur les matériaux en contact avec l'eau potable :	13
2.3.1.2	Réglementation sur l'emploi du plomb :	15
2.3.1.3	Réglementation des conduites en amiante-ciment :	16
2.3.1.4	Objectifs de la future réglementation française :	16
2.3.1.5	Normalisation :	17
2.3.2	Caractéristiques des matériaux	17
3	DEFAILLANCES POSSIBLES ET CONSEQUENCES ASSOCIEES A LA DEGRADATION DU RESEAU	20
3.1	Dégradation de la qualité de l'eau	20
3.1.1	Phénomène de corrosion	20
3.1.1.1	Corrosion interne :	20
3.1.1.2	Corrosion externe :	21
3.1.2	Phénomène d'entartrage	22
3.1.3	Les phénomènes biologiques	22
3.2	Défaillances du régime hydraulique	25
3.2.1	Diminution de la capacité de transport	25
3.2.2	Fuites	26
4	MISE EN PLACE D'UNE POLITIQUE DE RENOUVELLEMENT	28
4.1	Diagnostic du réseau d'eau potable	29
4.1.1	Connaissance des canalisations	29
4.1.2	Enregistrement des données	30
4.1.2.1	Différents types de supports :	30
4.1.2.1.1	Utilisation des plans :	30
4.1.2.1.2	Utilisation des fiches d'intervention	30
4.1.2.1.3	Utilisation d'une base de données informatisée / SIG	32
4.1.2.2	Exploitation des données	32
4.1.2.3	La recherche sur des systèmes d'aide à la décision pour la programmation des besoins en renouvellement des réseaux d'eau potable	33
4.2	Utilisation de techniques d'auscultation	38
4.2.1	Détection de la corrosion :	38
4.2.2	Détection des défaillances hydrauliques	39
4.2.2.1	Détection d'une diminution de capacité de transport	39
4.2.2.2	Détection des pertes :	39
4.2.2.2.1	Le bilan d'eau préconisé par l'International Water Association	39

4.2.2.2.2	La détection des fuites	42
4.2.3	Détection de l'usure	43
4.3	Détermination des critères de renouvellement	44
5	<i>TECHNIQUES DE NETTOYAGE ET DE CURAGE</i>	45
5.1	Purge	46
5.2	Nettoyage par introduction d'un mélange air-eau	47
5.3	Hydrocurage par tête rotative	47
5.4	Nettoyage par racleur souple	47
5.5	Nettoyage mécanique	49
5.5.1	Tringlage mécanique	49
5.5.2	Raclage mécanique	50
6	<i>PROCEDES DE REHABILITATION DES CANALISATIONS</i>	52
6.1	Réhabilitation des réseaux	52
6.1.1	Définition et objectifs	52
6.1.2	Techniques de réhabilitation	52
6.2	Remplacement des réseaux	61
6.2.1	Définition et objectifs	61
6.2.2	Techniques de remplacement	61
6.3	Synthèse sur les techniques de réhabilitation et de renouvellement : arbre de décision	67
7	<i>PROCEDES DE REHABILITATION DES BRANCHEMENTS</i>	68
7.1	Techniques de rénovation	68
7.2	Techniques de remplacement	70
<i>PARTIE II : LE FINANCEMENT DU RENOUELEMENT DES RESEAUX D'EAU</i>		75
8	<i>RENOUELEMENT : UNE DEFINITION PRECISE... UN CONTOUR FLOU</i>	76
9	<i>Renouveler : quand et pourquoi ?</i>	77
9.1	Les raisons du renouvellement	77
9.1.1	Causes techniques	77
9.1.2	Causes économiques	77
9.1.3	Causes technologiques	78
9.1.4	Causes sociales ou réglementaires	78
9.1.5	Causes contractuelles	79
9.2	La gestion patrimoniale des réseaux comme modèle à suivre	79
10	<i>LE FINANCEMENT DU RENOUELEMENT DES RESEAUX D'EAU POTABLE</i>	82
10.1	Le cadre budgétaire et comptable défini par différentes instructions	82
10.1.1	L'obligation d'individualisation budgétaire	82
10.1.2	Le cadre pour la présentation des budgets des services publics d'assainissement et de distribution d'eau potable.	85
10.2	Les différents moyens de financement du renouvellement des réseaux d'eau	86
10.2.1	La voie à privilégier pour le renouvellement des conduites d'eau potable : l'autofinancement local	86
10.2.1.1	L'amortissement des immobilisations	86
10.2.1.1.1	Les différentes notions d'amortissement	86

10.2.1.1.2	Les conditions de mise en œuvre de l'amortissement	89
10.2.1.1.3	La pratique de l'amortissement	93
10.2.1.1.4	La reprise des subventions	95
10.2.1.2	L'autofinancement complémentaire de la section d'investissement	96
10.2.1.3	Les réserves	98
10.2.1.4	Les provisions	98
10.2.1.5	Conclusion sur les différentes possibilités comptables d'autofinancement	100
10.2.1.6	Le financement du renouvellement par le gestionnaire délégué	101
10.2.1.6.1	La provision pour renouvellement	102
10.2.1.6.2	La provision pour risque de renouvellement	103
10.2.1.6.3	L'amortissement de caducité	103
10.2.1.7	Les clauses de renouvellement possibles	104
10.2.1.7.1	La Garantie de Renouvellement	104
10.2.1.7.2	Le compte de renouvellement	104
10.2.1.7.3	Tendance liée à chaque clause de renouvellement	105
10.2.1.7.4	L'amortissement de caducité	105
10.2.1.7.5	Un contrôle par la collectivité nécessaire	106
11	<i>Financement du renouvellement des réseaux d'eau potable : d'autres formes de solidarité</i>	107
11.1	Le système de la Vendée.	107
11.2	Le système de l'Aude	108
11.3	Le système du conseil général du Rhône	108
12	CONCLUSION	110
13	<i>Annexe: définitions des termes utilisés pour le bilan des volumes d'eau en réseau d'eau potable (IWA – 2003)</i>	111
14	BIBLIOGRAPHIE	113
15	INDEX DES TABLEAUX	117
16	INDEX DES PHOTOGRAPHIES	117
17	INDEX DES GRAPHIQUES	118

1 Introduction

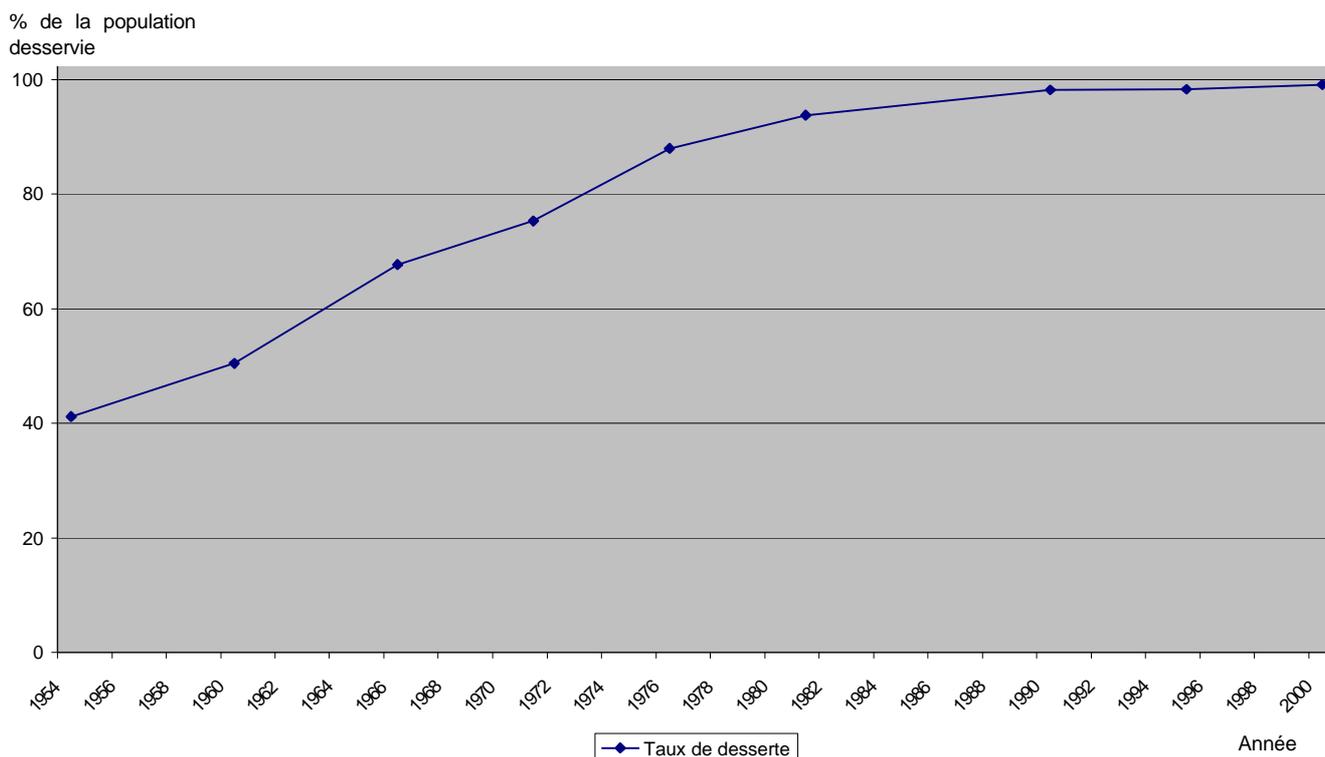
Pour la France entière (métropole et département d'outre mer), le nombre de communes rurales s'élevait à 34647 en 2000 contre 34609 en 1990. L'accroissement de communes s'explique principalement par des séparations de communes anciennement fusionnées.

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

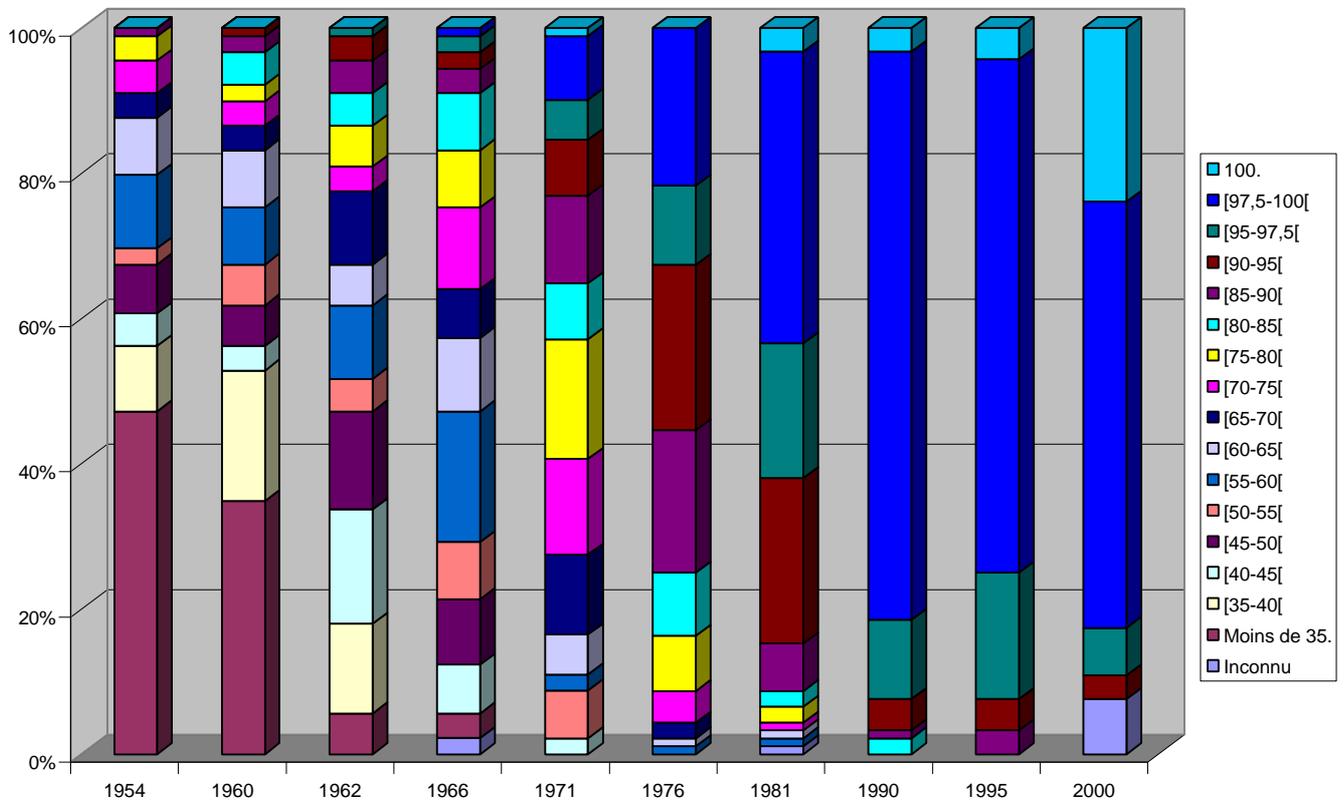
Contrairement à l'assainissement en zone rurale, le réseau de distribution d'eau potable dessert la quasi-totalité de la population rurale qu'elle soit permanente ou saisonnière. En effet le taux de desserte était en 2000 de 99,1 %.

Il ressort de l'analyse des graphiques ci-après (cf. Graphique 1 et Graphique 2) qu'une forte phase d'équipement des zones rurales en infrastructure pour la distribution d'eau potable a eu lieu entre la fin des années 50 et le début des années 80.

Graphique 1. Evolution du taux de desserte par le réseau de distribution d'eau potable



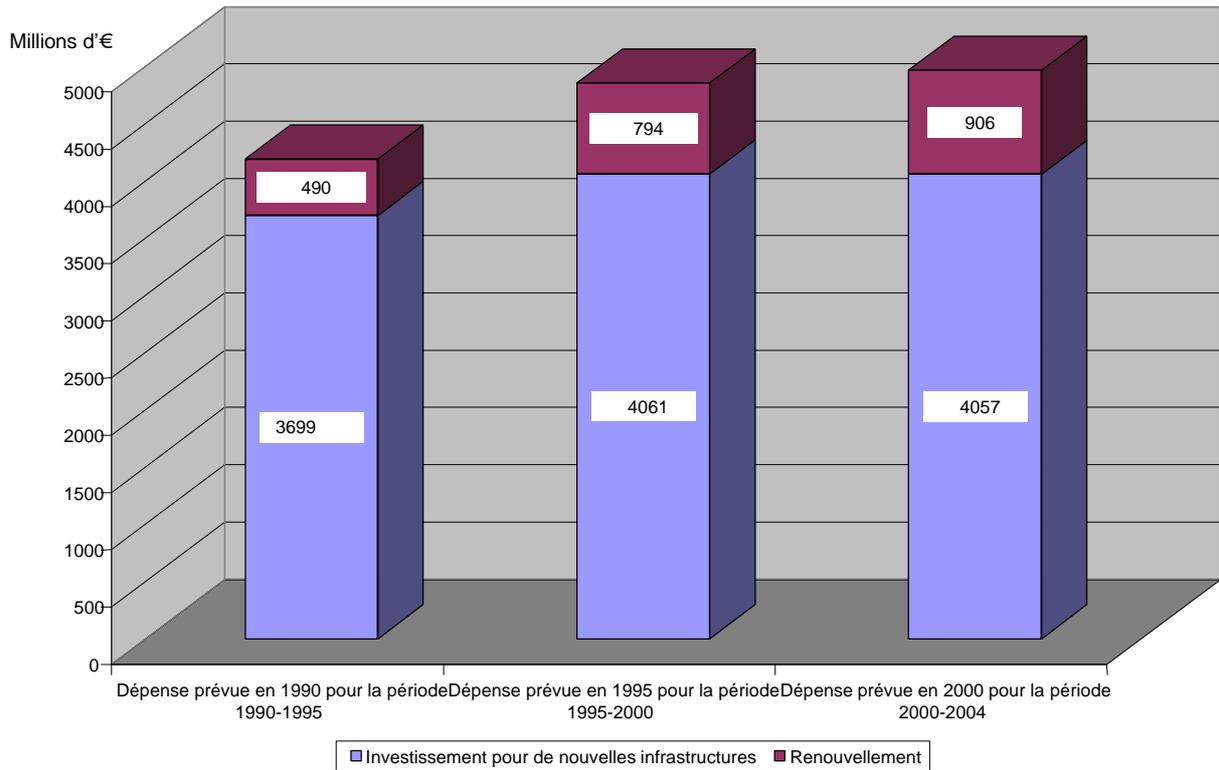
Graphique 2. La desserte par les réseaux d'eau potable dans les communes rurales de France métropolitaine – nombre de départements concernés (d'après dépouillement des enquêtes FNDAE relatives à l'alimentation en eau potable et à l'assainissement)



Le contexte est donc fort différent de celui de l'assainissement et, dès 1993, la nécessité de se préoccuper du renouvellement était soulignée dans la *synthèse nationale de la situation de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement des communes rurales en 1990*. En effet, cette synthèse indiquait que « l'obsolescence et la vétusté des équipements d'alimentation en eau potable constituent une réalité grandissante, révélée notamment par le recensement des insuffisances de la distribution, mais ce problème n'est pas encore abordé par tous les départements ».

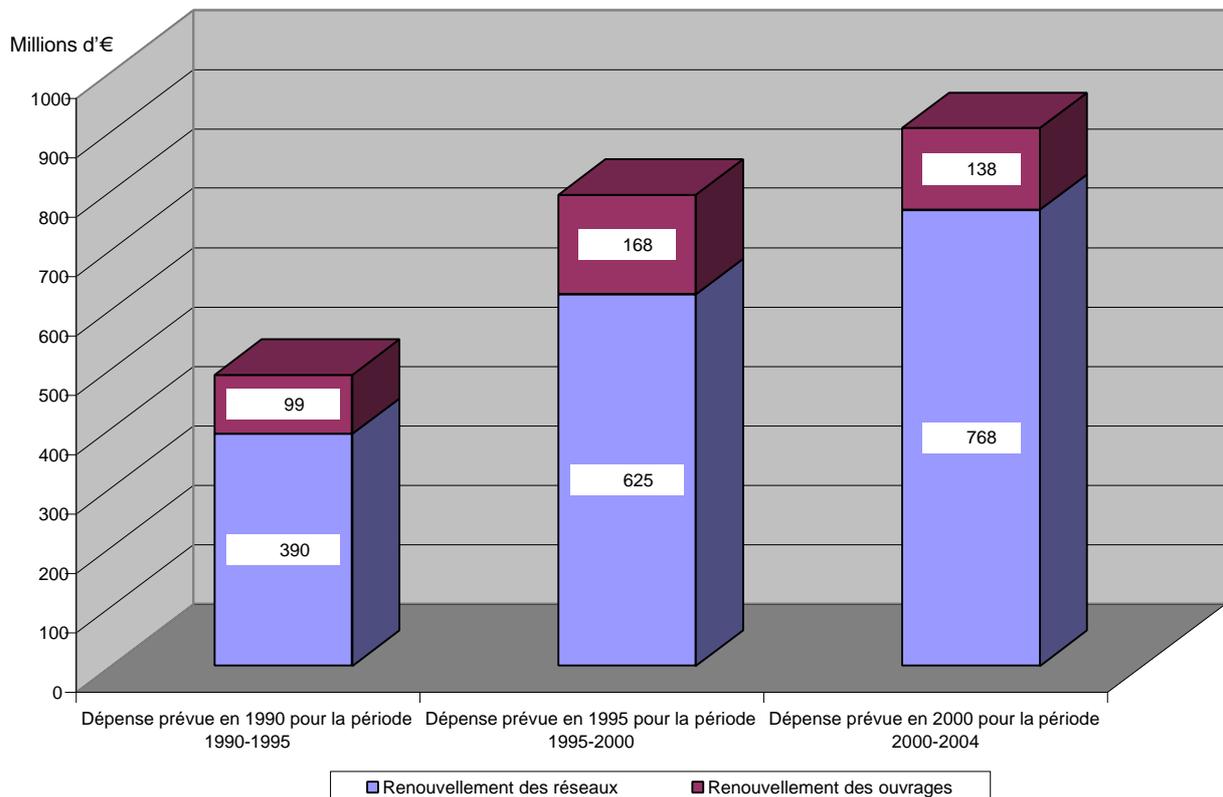
De fait, la programmation des investissements par les Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt (D.D.A.F.) montrent depuis 1990 une préoccupation importante et grandissante vis-à-vis de la problématique du renouvellement (cf. Graphique 3)

Graphique 3. Historique des prévisions de dépenses effectuées par les DDAF en ce qui concerne les infrastructures de distribution d'eau potable



Le renouvellement des réseaux est le poste qui mobilise le plus de besoins en ce qui concerne les dépenses programmées pour le renouvellement.

Graphique 4. Historique des prévisions de dépenses pour renouvellement effectuées par les DDAF en ce qui concerne les infrastructures de distribution d'eau potable



Dans ce document, nous aborderons donc :

- les causes de désordres et de défaillances au niveau des réseaux d'eau ;
- leurs conséquences sur le service ;
- le suivi de l'état des réseaux et les techniques à utiliser pour remédier à leur dysfonctionnement.

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

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

2 RISQUES DE DEGRADATION DU RESEAU

Le réseau d'adduction d'eau potable est le siège potentiel de dégradations diverses, responsables de mauvais fonctionnements et de dommages plus ou moins sérieux.

Bien que ces risques de dégradation soient multiples, il est cependant nécessaire d'apporter une attention particulière :

- aux principaux facteurs de désordres ;
- à l'âge des canalisations ;
- aux matériaux en contact avec l'eau et à leurs principales caractéristiques.

2.1 *Facteurs de désordres*

D'origine mécanique, chimique ou biologique, les facteurs de désordre interne ou externe participent à la dégradation des canalisations, fragilisant davantage les vieilles conduites.

Le tableau suivant donne un inventaire des problèmes rencontrés sur le réseau d'eau potable, en identifiant les désordres liés à l'eau distribuée, à la canalisation elle-même et au milieu environnement.

Cependant, ces facteurs de désordre, même combinés entre eux, ne sont pas les seuls éléments à prendre en compte pour engager des opérations de renouvellement : une telle décision est entraînée par l'apparition de facteurs déclenchants, encore appelés critères de renouvellement que nous aborderons au paragraphe 4.3.

Tableau 1. Facteurs de désordres d'un réseau d'eau potable

DESORDRES LIES A L'EAU DISTRIBUEE	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>d'ordre qualitatif</i> : 	<ul style="list-style-type: none"> - eau agressive (phénomène de corrosion interne) - eau incrustante (entartrage) - eau turbide - eau à forte teneur en fer ou en manganèse,
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>d'ordre hydraulique</i> : 	<ul style="list-style-type: none"> - variations de pression, coup de bélier,
DESORDRES LIES A LA CANALISATION ELLE-MEME	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ mauvais choix initial du matériau ou du diamètre (surdimensionnement ou sousdimensionnement) ▪ mauvaise qualité du matériau : défaut du revêtement ou défaut de structure (fissuration, ovalisation, graphitisation...) ▪ joints des tuyaux défectueux ou inadaptés ▪ défaut de pose 	
DESORDRES LIES AU MILIEU ENVIRONNANT	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ caractéristiques mécaniques médiocres des terrains (charges transmises aux canalisations) ▪ présence de nappes phréatiques ▪ pose ou remplacement d'autres réseaux et travaux de voirie (mouvements et déstabilisation des sols) ▪ courants « vagabonds » générés par des installations électriques ▪ variations de température (chocs thermiques fatiguant les conduites ; la charge supportée par la canalisation augmente lorsque le sol est gelé) ▪ agressivité naturelle des terrains ou des remblais (phénomènes de corrosion externe) ▪ présence dans le terrain de produits corrosifs ou chimiques 	

2.2 Age des canalisations

Le vieillissement des canalisations et de leurs accessoires est, par nature, inéluctable : les matériaux se dégradent ou se fragilisent au fil du temps, l'environnement évolue et les terrains bougent.

Cependant, le vieillissement ne dépend pas que de l'âge de la conduite mais aussi :

- de son environnement : il existe des canalisations de plus de cent ans d'âge en très bon état et d'autres de dix ans à peine qui sont déjà hors d'usage, car situées en terrain instable ou agressif ou encore mal posées... ;
- des qualités intrinsèques des matériaux : résistance à la corrosion insuffisante, mauvais revêtement de surfaces...
- des conditions d'exploitation et de pose du réseau : remblayages exécutés avec des matériaux inadéquats et sans précautions, coups de bélier.

Donc, l'âge du réseau, même s'il constitue un bon critère, ne permet que de suspecter l'état d'usure potentiel et ne doit pas être le prétexte d'un renouvellement systématique ; il n'est pas en soi un facteur de désordre, ni un facteur déclenchant. Mais il peut en devenir un, si aucun autre facteur ne se manifeste véritablement.

2.3 Matériaux en contact avec l'eau potable

2.3.1 Cadre réglementaire

2.3.1.1 Définition et réglementation sur les matériaux en contact avec l'eau potable :

Comme le rappelle l'**annexe 7 de la circulaire n° 633 du 30 décembre 2003**, il est entendu par « matériaux » « l'ensemble des produits et objets utilisés dans les installations de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine servant à acheminer l'eau sans en modifier sa composition physico-chimique ou microbiologique. C'est le cas notamment des tuyaux, des raccords, des revêtements, des joints, des accessoires (pompes, vannes, robinets, ...), qu'ils soient constitués de matière métallique, minérale ou organique (caoutchouc, plastique renforcé ou non par des fibres de verre, ...). Ne sont donc pas considérés comme des « matériaux » les produits et objets utilisés pour le traitement de l'eau. »

L'**article R1321-48 du Code de la Santé Publique** relatif à la transcription en droit français de la directive 2000/60/CE, établit la réglementation sur l'utilisation des matériaux en contact avec l'eau et prévoit que « les matériaux utilisés dans les systèmes de production ou de distribution, au contact de l'eau destinée à la consommation humaine, ne doivent pas être susceptibles d'altérer la qualité de l'eau. Leur utilisation est soumise à une autorisation du ministre chargé de la santé, donnée après avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments. Les conditions de cette autorisation sont précisées par un arrêté des ministres chargés de la santé, de l'industrie et de la consommation, pris après avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments. »

L'**arrêté du 29 mai 1997 modifié¹**, stipule notamment, aux articles 2 et 3 que « les fabricants de matériaux ou d'objets doivent tenir à disposition du ministre chargé de la santé, des informations permettant de vérifier » l'innocuité sanitaire de leurs produits et que « tout opérateur (grossistes, installateurs, distributeurs d'eau, ...) appelé à intervenir dans la réalisation d'installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eaux destinées à la consommation humaine doit s'assurer auprès de ses fournisseurs, par tout moyen approprié, que les matériaux ou objets qui lui sont livrés sont conformes aux dispositions du présent arrêté ».

¹ Arrêté du 29 mai 1997 relatif aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine. Modifié par arrêtés du 24 juin 1998 (JO du 25 août 1998), du 13 janvier 2000 (JO du 21 janvier 2000) et du 22 août 2002 (JO du 3 septembre 2002).

L'article 5.1 de l'arrêté précité indique les matériaux pouvant être utilisés au contact d'eaux destinées à la consommation humaine :

- les métaux, alliages et revêtements métalliques sous réserve que leur composition et leur teneur en impuretés respectent les prescriptions définies en annexe de l'arrêté,
- les matériaux à base de liants hydrauliques, y compris ceux au sein desquels sont incorporés des constituants organiques, les émaux, les céramiques et le verre, sous réserve que leur composition respecte les prescriptions définies en annexe II de l'arrêté,
- les matériaux organiques fabriqués à partir des constituants chimiques autorisés au titre de la réglementation relative aux matériaux et objets pouvant être placés au contact des denrées alimentaires ainsi que ceux définis en annexe III de l'arrêté.

Pour les accessoires (tels que pompes, vannes ou dispositifs de robinetterie sanitaire), l'arrêté n'apporte aucune précision quant à la nature des preuves à apporter pour attester de l'innocuité sanitaire de ces produits.

Mis en place à partir de 1999, le **système d'attestation de conformité sanitaire** (ACS), défini par les circulaires du 12 avril 1999, du 27 avril 2000 et du 25 novembre 2002, permet d'évaluer l'aptitude d'un matériau organique ou d'un accessoire constitué d'au moins un élément organique entrant au contact d'eau, à entrer au contact d'eau destinée à la consommation humaine et de s'assurer du respect des dispositions de l'arrêté du 29 mai 1997 modifié.

L'ACS est délivrée par un laboratoire agréé par le ministère chargé de la santé. Les laboratoires sont agréés par la Circulaire DGS/SD7 A n° 2003-633 du 30 décembre 2003. Il s'agit :

- du centre de recherche, d'expertise et de contrôle des eaux de Paris (CRECEP) à Paris ;
- de l'institut Pasteur (IP) à Lille ;
- du laboratoire d'hygiène régional en santé publique (LHRSP) à Vandoeuvre-lès-Nancy ;
- du laboratoire Santé-Environnement-Hygiène de Lyon (LSEHL) à Lyon.(2).

Une liste des matériaux organiques disposant d'une ACS est publiée régulièrement par la Direction Générale de la Santé et est disponible sur le site internet de ce ministère.

Deux textes concernant les matériaux destinés à être en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine ont été publiés au JO du 23 octobre 2004 :

- le premier (un arrêté daté du 16 septembre 2004) proroge pour une durée de trois ans les dispositions de la section 4 de l'arrêté du 29 mai 1997 et la date de validité de ses annexes I à IV.
- Le deuxième texte (un avis) est relatif à l'obligation pour les fabricants de matériaux et d'objets entrant au contact d'eau destinée à la consommation humaine de faire la preuve de la conformité sanitaire de leurs produits

Cette obligation qui s'applique d'ores et déjà à un certain nombre de matériaux, d'objets (les tuyaux, les raccords, les revêtements, les joints) et d'accessoires (poteaux et bouches d'incendie et certains robinets) va progressivement être étendue à un ensemble plus vaste de matériaux, objets et accessoires destinés à être en contacts avec l'eau potable. Ce texte

précise l'échéancier et le type d'objets, accessoires et matériaux qui vont progressivement être soumis à cette obligation.

2.3.1.2 Réglementation sur l'emploi du plomb :

Sur le long terme, un risque toxicologique dû à l'absorption d'eau contenant des concentrations excessives en plomb est à craindre ; ces émissions sont d'autant plus importantes que le pH de l'eau est faible. Par conséquent, le décret n°89-3 du 3 janvier 1989 modifié, article 28, interdit la mise en place de canalisations en plomb pour les installations nouvelles, à la suite du complément apporté par le **décret n° 95-363 du 5 avril 1995**.

D'autres matériaux, utilisés pour la construction des réseaux intérieurs, peuvent également être à l'origine d'une dégradation de l'eau potable par le plomb. C'est notamment le cas de l'acier galvanisé, de certains PVC (parmi les premiers PVC posés), du laiton ou encore des brasures tendres à l'étain utilisées dans les réseaux en cuivre.

L'**arrêté R1321-51 du code de la santé publique** introduit l'interdiction d'emploi de brasures contenant des additions de plomb depuis août 1997.

L'**article 35 du décret n°2001-1220** rappelle l'interdiction de « la mise en place de canalisations en plomb ou de tout élément en plomb dans les installations de distribution d'eau destinée à la consommation humaine ».

Suite aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la directive européenne 98-83 du 3 novembre 1998 abaisse la valeur paramétrique du plomb dans l'eau de 50 µg/l à 10 µg/l pour la fin 2013 en passant par une étape transitoire à 25 µg/l à la fin 2003.

Un commentaire indique qu'il faut en priorité agir sur les zones où les concentrations en plomb dans les eaux destinées à la consommation humaine sont les plus élevées, c'est-à-dire les eaux à pH acide. Il est également précisé que la concentration en plomb doit être mesurée sur un échantillon représentatif prélevé à un robinet.

Rappels techniques sur le plomb :

L'eau, en passant dans le tuyau en plomb, peut, selon ses caractéristiques physico-chimiques, « dissoudre » le métal, qui va rester en suspension dans l'eau. Les facteurs contribuant à la dissolution du plomb sont : pH, TAC, temps de stagnation, longueur du tuyau. A temps de stagnation et de longueur identiques, les eaux calcaires, caractérisées par des pH plus élevés, freinent la solubilité du plomb tandis qu'un pH faible augmente la corrosivité de l'eau, cet effet s'amplifiant avec des eaux de TAC inférieur à 7°F. La connaissance de ces paramètres est donc utile.

Les concentrations en plomb de l'eau potable en sortie des unités de traitement sont généralement si faibles qu'elles sont inférieures aux limites de détection des techniques d'analyse. C'est donc lors du transport dans des tuyauteries et branchements fabriqués dans ce métal que la pollution de l'eau potable a lieu suite à des phénomènes de dissolution. Les réseaux en plomb sont principalement le fait d'immeubles et d'habitations anciennes en parties

privatives et de certains branchements de la partie publique du réseau. Dans ces conditions, même lorsque le réseau public de distribution ne contient plus de canalisations en plomb, il est impossible de garantir une absence totale de risque de contamination au robinet du consommateur.

Nota : un guide pratique relatif au « Contrôle de la concentration en plomb dans l'eau : échantillonnage, prélèvement, analyse, interprétation » établi par le Groupe de travail « Plomb dans l'eau » de l'AGHTM en juin 2001 est disponible sur le site Internet du Ministère de la santé. L'objectif de ce guide est de définir les conditions d'échantillonnage (choix des points de prélèvement) et les méthodes de prélèvement à mettre en œuvre pour évaluer la concentration en plomb dans l'eau au robinet des consommateurs et de fournir des indications pratiques pour l'interprétation des résultats des mesures.

Ce guide est une annexe de la circulaire DGS/ N° 309 du 3 mai 2002 définissant les orientations du ministère chargé de la santé et les actions à mettre en œuvre par les DDASS, DRASS et SCHS dans le domaine de la lutte contre l'intoxication par le plomb pour l'année 2002 (cf. <http://www.sante.gouv.fr/html/pointsur/saturn/5saturn1.htm>).

2.3.1.3 Réglementation des conduites en amiante-ciment :

Le **décret n° 96-1133 du 24 décembre 1996**, pris en application du code du travail et du code de la consommation, prévoit que « la fabrication, la transformation, la vente, l'importation, la mise sur le marché national et la cession à quelque titre que ce soit de toutes variétés de fibres d'amiante, que ces substances soient ou non incorporées dans des matériaux, produits ou dispositifs » sont interdites.

Cette réglementation est entrée en vigueur depuis le 1^{er} janvier 1997.

2.3.1.4 Objectifs de la future réglementation française :

A l'échelon français, l'annexe 7 de la circulaire du 30 décembre 2003 informe qu'« un futur arrêté abrogera l'arrêté du 29 mai 1997 modifié relatif aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine. Il :

- visera les matériaux constitutifs des produits et objets utilisés dans les installations de production, de traitement et de distribution des eaux destinées à la consommation humaine, tels que les tuyaux, les raccords, les revêtements de réservoirs, les joints et les composants d'accessoires, quelle que soit la matière utilisée. Ces dispositions s'appliqueront aux matériaux utilisés dans les installations neuves ou faisant l'objet de rénovations,
- définira les principes sanitaires généraux applicables aux matériaux constitutifs de ces produits et objets,
- précisera les obligations incombant aux différents fabricants de matériaux et objets destinés à entrer au contact d'eau de consommation humaine et aux opérateurs,
- réactualisera les règles de composition des matériaux métalliques et minéraux,

- reconnaîtra le système de vérification de la conformité sanitaire des matériaux organiques et des accessoires (ACS), tel que défini actuellement dans les circulaires du 12 avril 1999, du 27 avril 2000 et du 25 novembre 2002, et étendra ce système aux produits à base de liants hydrauliques (bétons et mortiers),
- reprendra les critères d'acceptabilité des matériaux à respecter lors des essais de migration réalisés par les laboratoires habilités par le ministère chargé de la santé,
- prendra en compte les orientations prévues par les travaux communautaires dans le cadre de la mise en œuvre du système d'acceptation des matériaux (European Acceptance Scheme²). »

2.3.1.5 Normalisation :

Outre les textes réglementaires, il existe un certain nombre de normes pour les matériaux.

La fonte et l'acier doivent obligatoirement être revêtus :

- intérieurement : à base de mortier de ciment, selon la norme NF A 49-701, ou à base d'un film organique (exemple époxy), selon la norme NF A 49-709
- extérieurement : à base de résine époxydique, selon la norme NF A 49-706.

Les ciments, mortiers et bétons doivent respecter les normes NF P 15-301, NF P 18-331 et NF P 18-303/305.

L'usage de matériaux organiques doit satisfaire aux essais de laboratoires approuvés par le Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France (CSHPPF) et répondre aux normes XP P 41-250-1-2-3 de l'AFNOR, actuellement en cours de révision.

Les normes visées pour le PVC (polychlorure de vinyle), le PEHD (polyéthylène haute densité) et le PRV (plastique renforcé de verre) sont respectivement NF T 54-016, NF T 54-063 et NF T 57-200.

2.3.2 Caractéristiques des matériaux

Il existe trois grandes familles de matériaux, répertoriés dans les trois tableaux présents ci-après. Il s'agit :

- des matériaux métalliques ;
- des matériaux à base de ciment ;
- des matériaux organiques.

² Concernant l'EAS, la Circulaire DGS/SD7 A n° 2003-633 du 30 décembre 2003 précise que « la Commission européenne définit actuellement les règles du futur système européen harmonisé d'acceptation des matériaux entrant au contact de l'eau destinée à la consommation humaine (EAS) en vue de faire disposer du marquage CE-EAS les produits de la construction entrant au contact d'eau. Dans le cadre de la mise en place de ce marquage, la Commission européenne a fixé, dans sa décision du 13 mai 2002 à « 1+ » le niveau d'attestation de conformité pour les produits de la construction entrant au contact de l'eau. Cela signifie qu'à terme ces produits devront être testés par un organisme notifié, préalablement à leur mise sur le marché sur le territoire européen et que les fabricants devront faire inspecter et auditer régulièrement leurs usines de production. La fin des travaux d'élaboration de l'EAS est prévue pour 2006.

Dans l'attente de la publication de l'arrêté précité puis de la mise en œuvre de l'EAS, les dispositions de l'arrêté du 29 mai 1997 modifié restent en vigueur. »

⇒ les **matériaux métalliques** : conduites en métal ferreux nu (fontes ou aciers anciens), plomb, cuivre, acier galvanisé...

Interactions complexes, les réactions de corrosion conduisent toutes à l'émission d'ions métalliques dans l'eau et entraînent :

- la formation d'hydroxycarbonates ou d'hydroxyphosphates peu solubles pour les matériaux comme le plomb, le cuivre et le zinc ;
- la précipitation des ions ferriques pouvant provoquer le percement des parois des conduites en métal ferreux ;
- la formation d'incrustations (diminution du diamètre).

Tableau 2. Matériaux métalliques : particularités, qualités et inconvénients

MATERIAUX METALLIQUES	PARTICULARITES	ATOUTS	LIMITES / PRECAUTIONS D'EMPLOI
Fonte ductile	revêtement intérieur en ciment	- résistance mécanique	- coûts de manutention (poids) - nombre de joints important - nécessite une protection cathodique passive
Acier	- revêtement intérieur - revêtement extérieur thermo-plastique, depuis 1990 : . polyéthylène tri-couches . polypropylène tri-couches	- bonne étanchéité, - diminution du nombre de joints	- nécessite une protection cathodique active
Fonte grise	La fonte grise n'est aujourd'hui plus posée.		- sensibilité à la corrosion car posée sans protection cathodique (cependant ce type de fonte est moins sensible à la corrosion que la fonte ductile) - sensibilité aux chocs et surpressions (risques de cassures)
Plomb	INTERDIT (décret n° 95-363 du 5 avril 1995 et arrêté du 10 juin 1996)		- Risque de dissolution du plomb dans l'eau lorsque l'eau est agressive

⇒ les **matériaux à base de ciment** : conduites en béton armé ou précontraint, revêtement en mortier de ciment.

Du fait de la grande porosité de ces matériaux, l'eau retenue dans les pores dissout les bases et la chaux, contenues dans le matériau (avec en plus, le cas échéant, la migration de substances provenant d'additifs technologiques). Ainsi, au passage de l'eau, ces bases se dissolvent dans le courant d'eau dont elles augmentent le pH de quelques dixièmes d'unités. Ce phénomène est surtout observé dans les mois qui suivent la mise en service du réseau. De plus, au contact d'eaux très agressives, les matériaux à base de ciment se dégradent et le sable de surface se détache des parois. Ce sable est ensuite entraîné dans l'eau distribuée.

Tableau 3. Matériaux à base de ciment : particularités, qualités et inconvénients

MATERIAUX A BASE DE CIMENT	PARTICULARITES	ATOUTS	LIMITES / PRECAUTIONS D'EMPLOI
Amiante-ciment	INTERDIT (décret n° 96-1133 du 24 décembre 1996)		- sensibilité au choc - dissolution du liant hydraulique en cas d'eau agressive - exposition des travailleurs à l'amiante, lors de travaux d'entretien sur ces canalisations
Béton	utilisé pour des diamètres de 400 à 4000 mm	bonne résistance mécanique	- possibilité d'affecter les caractéristiques organoleptiques de l'eau par relargage de produits

⇒ les **matériaux organiques** : conduites en matériaux plastiques et revêtements organiques. Les interactions entre ces matériaux et l'eau se limitent le plus généralement à la migration de substances présentes dans le matériau (relargage de métaux lourds, d'hydrocarbures, de solvants, ...) ou provenant de l'environnement et ayant pu le traverser (perméation). Les caractéristiques de l'eau n'ont pas ou très peu d'incidence sur les mécanismes d'interaction.

Tableau 4. Matériaux organiques : particularités, qualités et inconvénients

MATERIAUX ORGANIQUES	PARTICULARITES	ATOUTS	LIMITES / PRECAUTIONS D'EMPLOI
PVC (polychlorure de vinyle) Joints collés et joints élastomères	diamètres variés, surtout inférieurs à 300 mm	- résiste à la corrosion, - flexible, - légèreté facilitant la pose - raccords faciles.	- matériaux relativement sensibles aux variations de température, - relargage de certaines substances - perméation (hydrocarbures) - remblai à exécuter avec le plus grand soin <u>Pour les vieux PVC :</u> - fuites fréquentes aux niveau des joints collés.
PE (polyéthylène)	existe en deux qualités : - haute densité (PEhd) - basse densité (PEbd)	- résiste aux ultraviolets, - résiste à la corrosion, - flexible, - légèreté facilitant la pose	- nécessite un savoir-faire spécifique pour la réalisation des raccords - dans les sous-sols pollués, risques, à terme, de perméation (hydrocarbures)

Nota 1 : Les tuyaux en PVR, c'est-à-dire en résine polyester renforcée de fibres de verre, sont reconnus pour leur excellente résistance corrosion.

Nota 2 : Les conduites en MO PVC (molecularly orientated PVC) présentent les mêmes atouts que celles en PVC « classique » mais présentent, en plus, une durée de vie plus élevée et une meilleure résistance aux fortes pressions.

Remarques sur les équipements de réseaux :

Les **bronzes et les laitons** utilisés pour la fabrication des pièces de raccords et de robinetterie et qui contiennent le plus généralement du plomb jusqu'à des teneurs de l'ordre de 2 à 5%, peuvent dans certaines conditions émettre du plomb en concentration non négligeable.

Les **éléments de robinetterie nickelés ou chromés** peuvent émettre du nickel à des concentrations qui peuvent être de l'ordre de 20 µg/l.

3 DEFALLANCES POSSIBLES ET CONSEQUENCES ASSOCIEES A LA DEGRADATION DU RESEAU

L'apparition de dégradations ponctuelles ou récurrentes témoigne d'une défaillance dans le réseau de distribution d'eau. Les répercussions sont variées et peuvent entraîner risques sanitaires ou simples désagréments auprès des abonnés, ruptures, percements, fuites, ...

Il est donc primordial d'avoir une connaissance de l'ensemble de ces phénomènes pour pouvoir prétendre à une identification précise sur le terrain.

3.1 *Dégradation de la qualité de l'eau*

3.1.1 Phénomène de corrosion

La corrosion touche entre le quart et la moitié des canalisations, en particulier les anciennes canalisations en fonte grise et en acier non revêtues.

3.1.1.1 Corrosion interne :

Photographie n°1. Conduite de diamètre 80 mm ayant subi des dépôts ferriques de corrosion interne (Source : EISENBEIS Patrick – 1995)



Liée à la qualité de l'eau et à ses différentes caractéristiques la corrosion interne peut provenir :

- du pH, du taux d'oxygène dissous, de l'écart par rapport à l'équilibre calco-carbonique ;
- de l'oxydation d'ions ferreux en ions ferriques principalement avec une eau douce, acide ou désaérée. Une coloration noire de l'eau est liée à la présence de manganèse. Ce phénomène, qui génère une eau rouge et des dépôts, est fréquemment constaté sur les conduites en fonte grise et en acier non revêtues.

- du développement d'un biofilm bactérien sur les parois affectant inévitablement tous les types de conduites.

De plus, la corrosion des conduites et la formation de dépôts sont favorisées :

- par une stagnation de l'eau dans le réseau, notamment dans les conduites en antenne, les zones soumises aux variations saisonnières importantes de population et les canalisations surdimensionnées
- par une turbidité et des concentrations en ions métalliques élevées.

Des risques de contamination sont à craindre lorsque le biofilm se développe ou lorsqu'une plus forte consommation de chlore est enregistrée.

Ces phénomènes de corrosion interne peuvent entraîner une diminution du diamètre intérieur de la paroi liée à l'existence de dépôts et une fragilisation de la structure interne de la canalisation.

3.1.1.2 Corrosion externe :

Photographie n°2. Conduite de diamètre 80 mm ayant subi une corrosion externe localisée (courants vagabonds, hétérogénéité du sol, ...) (Source : EISENBEIS Patrick – 1995)



La corrosion externe correspond à un échange d'ions entre le sol et la paroi de la conduite, avec des origines diverses telles que :

- les courants « *vagabonds* » du sol, générés par la proximité d'installations électriques en courant continu (voies de chemin de fer, tramways, ouvrages miniers,...), augmentent les risques de corrosion des canalisations métalliques qui sont d'excellents conducteurs. En l'absence de protection, le phénomène de corrosion externe est accéléré ;
- *l'hétérogénéité du sol* : plus la texture du sol est fine, plus il retient l'eau et plus la corrosion est importante. L'évaluation de la corrosivité du milieu ambiant est définie sous la norme AFNOR NF 250 « Evaluation de la corrosivité des sols vis-à-vis des canalisations en matériaux ferreux » ;

- *l'hétérogénéité de surface* : lors de mauvaises conditions de pose des canalisations, une partie de la pellicule superficielle d'oxyde peut être enlevée, entraînant une discontinuité et la création d'un phénomène de pile électrique;
- *l'hétérogénéité de contact* : la présence de différents métaux, soit au niveau des raccordements de canalisation, soit au niveau des colliers et des vannes des branchements peut aussi générer des phénomènes de pile électrique.

En outre, le phénomène de corrosion peut interagir avec d'autres faits gênants - l'entartrage, la prolifération et fixation bactérienne dans les réseaux - qui aggravent souvent l'attaque des matériaux.

3.1.2 Phénomène d'entartrage

Le transport d'une eau incrustante peut provoquer un entartrage des conduites. La formation de ces dépôts calcaires a des répercussions internes sur la qualité de l'eau et sur son écoulement par réduction de la section utile de la conduite.

3.1.3 Les phénomènes biologiques

L'eau traitée produite dans les stations de traitement d'eau potable par le réseau jusqu'aux usagers n'est jamais stérile. On parle d'ailleurs de désinfection et non de stérilisation (LOISEAU G. et JUERY C. – 2002).

Un certain nombre de microorganismes est introduit dans le réseau (pour les germes totaux, le niveau guide est par exemple de 10 germes / ml pour un dénombrement à 37° C) :

- ⇒ d'une part, parce que les procédés physico-chimiques classiques de traitement ne permettent pas d'assurer une élimination totale des microorganismes ;
- ⇒ d'autre part, parce que diverses situations d'exploitation en usine peuvent conduire à des relargages (mauvais rinçage des filtres, distribution des premières eaux produites par la filtration après lavage...).

A l'intérieur du réseau, ces bactéries qui ont été seulement blessées ou stressées par les opérations de traitement de l'eau, peuvent se réanimer ou se réparer en fonction de paramètres tels que la température, les nutriments présents et bien sûr le temps.

Par ailleurs, dans le réseau, certains points offrent des voies d'entrée à la contamination par des microorganismes. C'est le cas des réservoirs où l'eau est en contact avec l'air, et où les orifices mal protégés peuvent permettre le passage de poussières ou d'insectes apportant des contaminations.

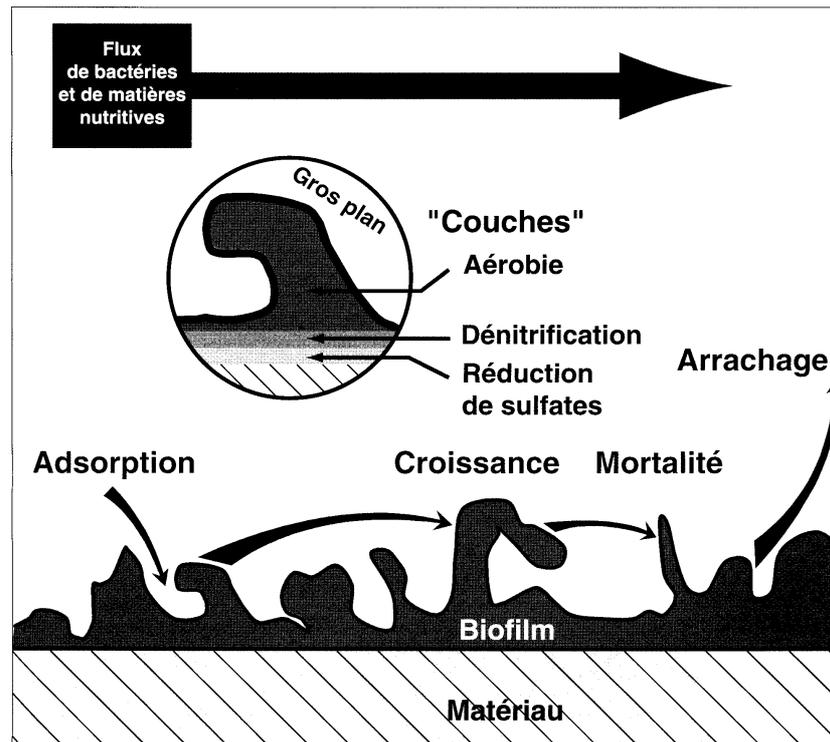
Les interventions sur le réseau (réparations, branchements), les fuites (en cas de dépression) et les accidents tels que des retours d'eau ou des cassures peuvent également être responsables de l'introduction de microorganismes dans le réseau.

La biomasse libre dans le réseau se fixe sur les parois des canalisations, qu'elle soit morte ou vivante et constitue un premier support pour le développement de couches supérieures plus

actives. Si ces organismes rencontrent des conditions ambiantes satisfaisantes, le développement du biofilm peut avoir lieu.

On peut définir simplement le biofilm comme l'ensemble des micro-organismes et de leur sécrétions macromoléculaires présents sur la surface interne de la conduite. Le biofilm est cependant, un système dynamique où s'installe une chaîne alimentaire complexe (cf schéma ci-dessous). Cet habitat est le lieu privilégié de métabolisme, reviviscence (à partir d'une spore, par exemple), croissance et mort (avec un recyclage des nutriments).

Graphique 5. Le biofilm



Malgré son nom, le biofilm n'est ni exclusivement « bio » (biologique), ni véritablement un film. On y retrouve des dépôts inorganiques (sédiments accumulés, produits de corrosion) et sa nature est plutôt hétérogène. Par exemple, des fines de charbon provenant du traitement par charbon actif ou une turbidité résiduelle peuvent entrer dans le réseau (LOISEAU G. et JUERY C. – 2002).

En revanche, les algues ne peuvent proliférer en absence de lumière. De plus, la majorité des champignons et levures exigent des concentrations importantes en éléments organiques. Enfin, notons que les virus susceptibles d'être pathogènes pour l'homme ne peuvent, pour leur part se reproduire en réseau (LEVI - 1995).

Les organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux de distribution couvrent une large partie de la classification des êtres vivants, incluant les bactéries, virus, champignons, et organismes pluricellulaires (Tableau 1) (SCHULHOF - 1990).

Les deux tableaux suivants donnent quelques microorganismes pouvant être rencontrés dans les eaux potables.

Tableau 5. Organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux

<p>Les Levures telles que <i>Rhodotorula rubra</i> ou <i>glutinis</i>, quelquefois associées aux <i>Pseudomonas</i>, et susceptibles de se maintenir dans des conditions de désinfectant éliminant les <i>Pseudomonas</i>.</p>
<p>Les Champignons inférieurs Caractérisés par des spores abondantes et des membranes de cellules épaisses, ils sont suspectés d'être à l'origine de problèmes de goût, réactions allergiques, voire toxiques (par voie d'inhalation uniquement). Notons la possibilité de formation de trichloranisole par certains champignons.</p>
<p>Les Algues Caractérisées par une forte variation saisonnière dans certaines eaux superficielles, elles parviennent à franchir parfois les filières de traitement notamment lorsque la charge dans la ressource est très élevée, elles apportent des teneurs élevées en matières organiques et génèrent une sapidité de l'eau.</p>
<p>Les Autres Eucaryotes Citons les rotifères, les protozoaires ciliés, flagellés qui sont difficiles à éradiquer par les produits bactéricides classiques et dont certains sont pathogènes avec par exemple des amibes, <i>Cryptosporidium</i> (quelques occurrences récentes aux Etats Unis et en Grande Bretagne), <i>Giardia</i> (kystes résistants à désinfection par le chlore et l'ozonation).</p>
<p>Les Vers Les Nématodes peuvent mesurer plusieurs millimètres et ont une remarquable capacité de survie. Les Oligochètes se multiplient par scissiparité, surtout dans les matériaux filtrants et ont aussi une résistance aux désinfectants.</p>
<p>Les Crustacés Ils sont considérés comme non dangereux mais sont suspectés de fournir une protection pour les bactéries dans leur tube digestif. Ils peuvent atteindre une longueur de plusieurs centimètres. Citons <i>Asellus aquaticus</i> et <i>Gammarus pulex</i>. Une étude d'organismes planctoniques à la sortie des stations de la Société des Eaux de Marseille a également recensé les crustacés suivants <i>Daphnia</i>, <i>Bosmina</i>, <i>Copépoda harpacticoida</i>, <i>cyclopoida</i> <i>Ostracoda</i>.</p>
<p>Les Mollusques et les Insectes Peuvent être aussi présents sous forme de larves ou d'œufs (cas des chironomes pour les insectes) si elles franchissent les matériaux filtrants dans les filières de traitement. Bien qu'elles ne trouvent pas un milieu favorable à leur développement dans le réseau, il est nécessaire de les réduire au maximum pour limiter l'apport de matière organique au réseau.</p>

Tableau 6. Quelques microorganismes susceptibles d'être présents dans les eaux potables (PAQUIN ET BLOCK – 1992)

Pathogènes potentiels et bactéries indicatrices	Bactéries autochtones	Bactéries de la corrosion	Moisissures et levures
Salmonella Shigella	Acinetobacter Aeromonas Alcaligenes Bacillus	Bactéries Sulfatoréductrices	Penicillium Rhizopus Mycelium Trichomonas
Enterovirus	Enterobacter Flavobacterium Pseudomonas	Bactéries du fer	Mucor Aspergillus
E. coli, Streptococcus	Staphylococcus Corynebacterium		
Legionella	Proteus Yersinia		

Le développement d'un biofilm sur la paroi des canalisations est un phénomène inévitable, mais si le biofilm se développe trop, la qualité de l'eau ainsi que la "santé" du réseau peuvent être affectées d'où les inconvénients suivants :

- ⇒ Instabilité des oxydants désinfectants ; le biofilm est consommateur d'oxydant et il accroît la demande en chlore si tel est l'oxydant utilisé. C'est pour cette raison qu'il faut 3 à 4 jours pour stabiliser la concentration en chlore libre dans un réseau qui n'a jamais été chloré (NANCIE-1991) ;
- ⇒ Formation de sous produits organochlorés, sapides et/ou toxiques.
- ⇒ « Hébergement » de bactéries pathogènes blessées mais avec reprise de l'activité métabolique ;
- ⇒ Développement possible de bactéries dénitrifiantes (en cas d'anoxies) avec dépassement des normes pour les nitrites ;
- ⇒ Mise en place d'écosystèmes avec organismes « brouteurs » qui sont souvent macroscopiques et visibles à l'œil nu ;
- ⇒ Problèmes de goût, d'odeur et de coloration ; relargage de débris biologiques ;
- ⇒ Contamination plus générale du réseau du fait des mises en suspension, et ceci jusqu'au robinet de l'utilisateur.

Notons cependant que les exportations de floc de biomasse et la consommation par les micro-invertébrés prédateurs sont des éléments de régulation de l'extension du biofilm.

Pour limiter l'évolution du biofilm, les moyens de prévention sont :

- ⇒ le contrôle des nutriments bactériens (carbone organique utilisable) à l'entrée du réseau ;
- ⇒ à un degré moindre, la qualité des matériaux utilisés et/ou des revêtements pour limiter l'ancrage du biofilm ;
- ⇒ les oxydants résiduels n'ont qu'une action limitée sur le biofilm, et agissent surtout sur la flore libre circulante (bactéries « planctoniques »).

Les moyens curatifs sont physiques (racleurs, mélange air-eau, ...) et chimiques (détergents et désinfectants à concentration élevée).

Nota : pour ceux qui souhaitent approfondir la question de la dégradation de la qualité de l'eau au sein des réseaux, il est possible de consulter le document technique FNDAE HS 12 relatif à « La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux » présent à l'adresse suivante : http://www.eau.fndae.fr/documentation/numero_HS12.htm

3.2 Défaillances du régime hydraulique

3.2.1 Diminution de la capacité de transport

La réduction du diamètre et/ou l'augmentation de la rugosité réduisent les capacités hydrauliques du réseau.

Cette défaillance est engendrée par l'entartrage calcaire sur les conduites sans revêtement interne, mais aussi par l'apparition de protubérances corrosives, responsables également de chutes de pression.

Précisons également qu'une baisse de pression peut être le résultat d'une simple augmentation de la demande, par croissance de la consommation ou par lutte contre l'incendie.

3.2.2 Fuites

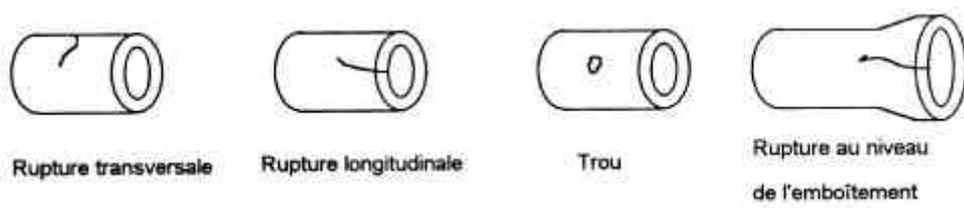
Photographie n°3. Conduite ayant subi une rupture (Source : EISENBEIS Patrick – 1995)



Les ruptures de canalisations peuvent être provoquées par :

- une action combinée de la corrosion sur la conduite et de mouvements de sols ;
- une augmentation de la pression interne ;
- une action violente dans le tuyau : coup de bélier, par exemple.

Graphique 6. Ruptures ou fuites apparentes (Source : EISENBEIS Patrick – 1995)



Ces ruptures de conduites peuvent occasionner des dommages plus ou moins sévères, tels que :

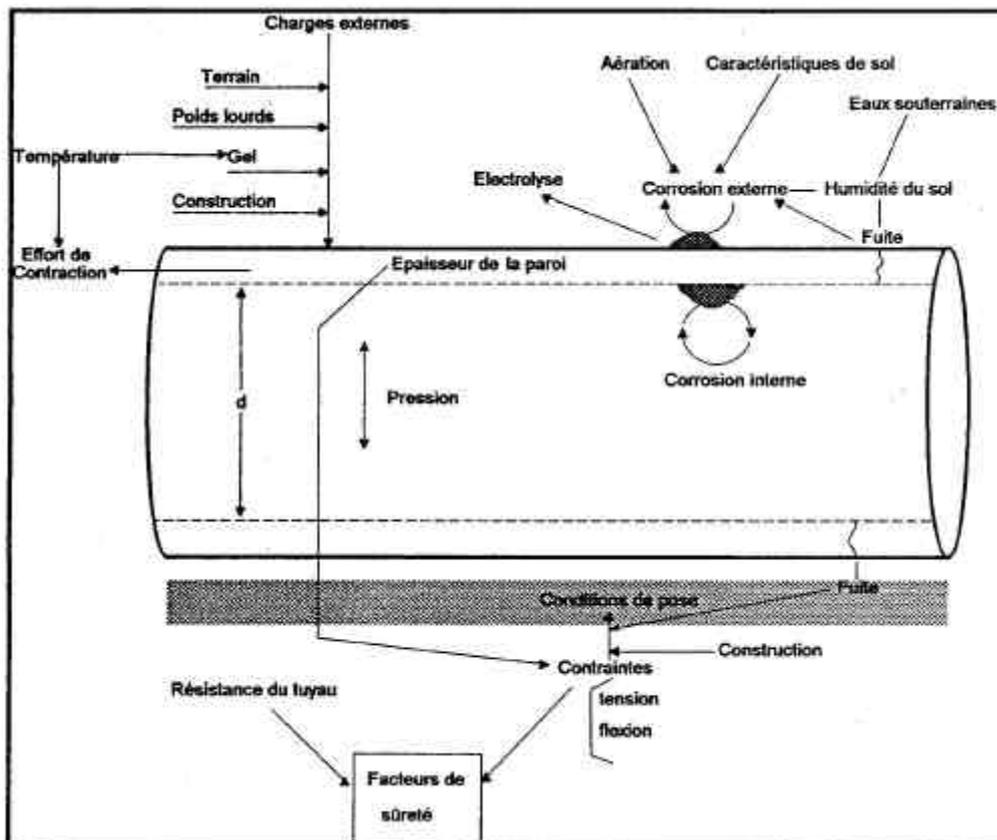
- inondations chez un particulier ou perturbations du trafic routier ;
- coupure d'eau ;
- déstabilisation du lit de pose ;
- plaintes des abonnés.

Chacune des défaillances hydrauliques, évoquées précédemment, engendre inéluctablement :

- un accroissement de la production ;
- des pertes d'énergie par l'augmentation des temps de pompage ;
- des interventions sur le réseau.

Le Graphique 7 présente une synthèse des différentes causes qui peuvent entraîner l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable, et donc augmenter le risque d'apparition d'une défaillance.

Graphique 7. Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable
(Source : EISENBEIS Patrick – 1995)

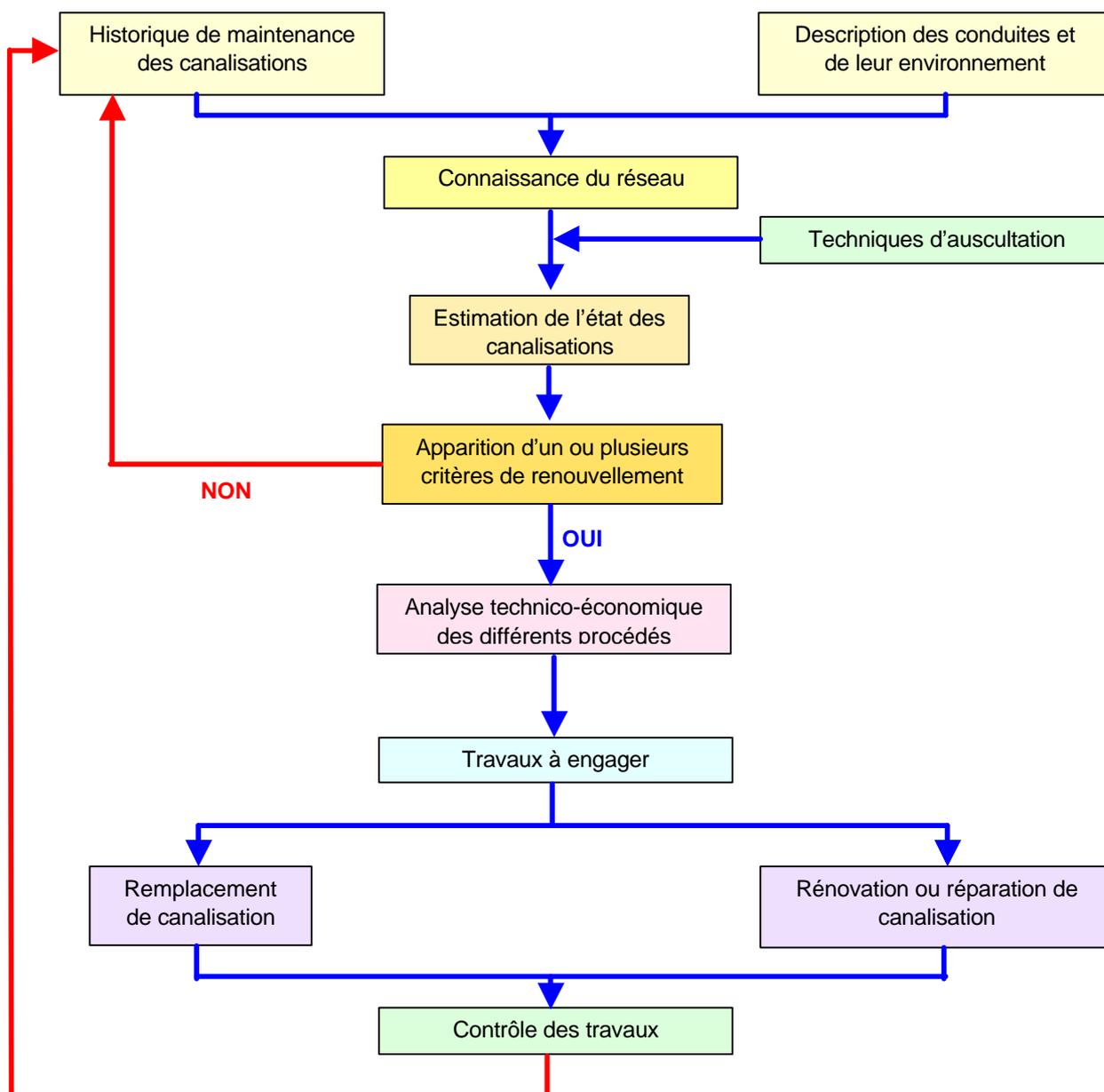


4 MISE EN PLACE D'UNE POLITIQUE DE RENOUVELLEMENT

L'élaboration d'une politique de renouvellement présente deux principaux objectifs : anticiper les travaux à engager et planifier les dépenses.

Les étapes clés de cette démarche sont présentées dans l'organigramme suivant (cf. Graphique 8) :

Graphique 8. Démarche d'une politique de renouvellement



4.1 Diagnostic du réseau d'eau potable

Etape déterminante dans un programme de renouvellement de canalisation, le diagnostic de réseau doit permettre d'avoir une connaissance précise de l'état de l'ensemble des canalisations.

4.1.1 Connaissance des canalisations

La connaissance des canalisations est indispensable puisque, de cette étape, dépend la qualité de réalisation du diagnostic.

Les informations déjà connues du réseau peuvent être facilement complétées lors d'examen visuels en cas de réparations, et ainsi obtenir ou valider un certain nombre de données non accessibles en situation habituelle.

Une bonne connaissance du réseau doit référencer les paramètres techniques et environnementaux de chaque conduite, comme défini dans le Tableau 7.

Tableau 7. Descriptif des paramètres physiques et environnementaux d'une conduite

Description de la conduite
Informations générales : <ul style="list-style-type: none">✓ Diamètre (intérieur – extérieur), profondeur, linéaire, matériau, date de pose, emplacement, localisation et type des différents accessoires✓ Etat et type de protection interne/externe, type de joint
Description de l'environnement de la conduite
<ul style="list-style-type: none">✓ Lit de pose✓ Nature du terrain et Etat du sol✓ Trafic routier✓ Autres conduites à proximité
Description de l'intervention
En cas d'intervention sur une conduite, les constatations faites sur le terrain doivent permettre de repérer et relever globalement les désordres ainsi que les effets qui en découlent. <ul style="list-style-type: none">✓ Origine de l'intervention : plainte et son motif, recherche de fuites✓ Localisation de la défaillance : conduite, robinetterie, fontainerie, branchement✓ Type de défaillance : fissures, casse nette, déboîtement, joint...✓ Cause prématurée de la défaillance : identifier les paramètres influents (corrosion, mouvement de terrain, surpression)✓ Conséquences de la défaillance : évaluer les coûts indirects liés à la restriction d'eau ou aux dommages éventuels (durée de l'intervention, pertes en eau, nombre d'abonnés touchés, coût de l'intervention)
⇒ La synthèse de l'ensemble de ces données permet un traitement statistique plus fin des défaillances et informe sur l'urgence des travaux à engager, dans le but d'opter pour la technique de réhabilitation la plus adaptée.

Ce diagnostic peut, dans certains cas, être complété par une étude des installations et équipements (stations de traitement, stations de pompage, réservoirs...), ainsi que par une modélisation du réseau.

4.1.2 Enregistrement des données

Toutes les informations recueillies lors d'une intervention sur le réseau doivent être enregistrées sur un support papier ou informatique. L'enregistrement de ces données, mis régulièrement à jour, permet d'avoir un historique du réseau, tronçon par tronçon, et donc d'appréhender efficacement l'évolution de l'état des canalisations.

4.1.2.1 Différents types de supports :

4.1.2.1.1 Utilisation des plans :

La connaissance du réseau existant doit figurer sur des plans de réseaux, mis régulièrement à jour, qui sont habituellement de deux types :

- les plans généraux ;
- les plans détaillés.

Les plans généraux (d'une échelle de 1/25.000^e ou 1/10.000^e par exemple) donnent une vision générale du réseau et facilitent la compréhension de son fonctionnement, notamment lors de l'isolement d'un secteur. Sur ces plans doivent figurer :

- le diamètre et le matériau des conduites ;
- tous les équipements et appareils liés au fonctionnement du réseau : réservoirs, vannes principales, appareils de régulation, ventouse, purges, bouches et poteaux d'incendie ;
- quelques cotes altimétriques du terrain.

Les plans détaillés, souvent à l'échelle du cadastre, donnent :

- le positionnement du réseau et des accessoires, en particulier les différentes vannes ;
- l'emplacement des branchements et éventuellement leur triangulation ;
- la position des autres réseaux proches (assainissement, gaz, téléphone, électricité...);
- le matériau et le diamètre des conduites.

4.1.2.1.2 Utilisation des fiches d'intervention

Les données acquises sur le terrain lors de réparations doivent être reportées sur des fiches d'intervention, comme présenté ci-dessous (cf. Graphique 9).

La démarche est envisagée pour les canalisations, les accessoires de robinetterie et de fontainerie ainsi que pour les branchements.

Graphique 9. Exemple de fiche de renseignements sur les défaillances (Source : EISENBEIS Patrick – 1995)

1. LOCALISATION DE LA DEFAILLANCE

Commune	<input type="text"/>	Date	<input type="text"/>	Si pas de n°, Distance (m) par rapport à (schéma)
Rue (ou lieu-dit)	<input type="text"/>	N° dans la rue	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Côté pair <input type="checkbox"/> Côté impair

2. DESCRIPTION GENERALE DE LA CANALISATION

Diamètre du tronçon (mm):	<input type="text"/>	Matériau de la conduite :	<input type="checkbox"/> Acier <input type="checkbox"/> Amiante-Ciment <input type="checkbox"/> Fonte ductile <input type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Fonte grise <input type="checkbox"/> Polyéthylène <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Autre :
Date de pose du tronçon (même approximative)	<input type="text"/>		

3. DESCRIPTION DE L'INTERVENTION

Type de défaillance (plusieurs choix possibles) <input type="checkbox"/> Casse nette <input type="checkbox"/> Casse longitudinale <input type="checkbox"/> Fissure <input type="checkbox"/> Déboîtement <input type="checkbox"/> Trou(s) Nombres : Diamètres : <input type="checkbox"/> Joint <input type="checkbox"/> Autre :	Cause présumée de la défaillance : (plusieurs choix possibles) <input type="checkbox"/> Non déterminée <input type="checkbox"/> Tiers <input type="checkbox"/> Corrosion interne <input type="checkbox"/> Corrosion externe <input type="checkbox"/> Mouvement du terrain <input type="checkbox"/> Surpression <input type="checkbox"/> Autre :	Type de réparation : (plusieurs choix possibles) <input type="checkbox"/> 2 joints + Tuyau : matériau : longueur (m) : <input type="checkbox"/> Manchon de réparation <input type="checkbox"/> Changement de joint <input type="checkbox"/> Rematage joint <input type="checkbox"/> Autre :
---	---	--

4. DESCRIPTION DE LA CONDUITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

LA CONDUITE

Protection intérieure : <input type="checkbox"/> Aucune <input type="checkbox"/> Ciment <input type="checkbox"/> Epoxy <input type="checkbox"/> Bitumineux <input type="checkbox"/> Autre :	Protection extérieure <input type="checkbox"/> Aucune <input type="checkbox"/> Polyéthylène/ Polypropylène <input type="checkbox"/> Zinc <input type="checkbox"/> Bitumeux <input type="checkbox"/> Cathodique <input type="checkbox"/> Autre :	Type de joint : <input type="checkbox"/> Joint au plomb <input type="checkbox"/> Joint mécanique <input type="checkbox"/> Joint collé <input type="checkbox"/> Joint caoutchouc <input type="checkbox"/> Joint soudé <input type="checkbox"/> Joint automatique <input type="checkbox"/> Manchon	
Profondeur (m) :	Emplacement de la conduite :	<input type="checkbox"/> sous trottoir <input type="checkbox"/> sous chaussée <input type="checkbox"/> Autre :

ENVIRONNEMENT DE LA CONDUITE

Lit de pose : <input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/> Sable <input type="checkbox"/> Calcaire concassé <input type="checkbox"/> Terre <input type="checkbox"/> Pierre, cailloux <input type="checkbox"/> Autres :	Nature du terrain : <input type="checkbox"/> Roche <input type="checkbox"/> Sable, graviers <input type="checkbox"/> Argile <input type="checkbox"/> Limon, tourbe <input type="checkbox"/> Remblais <input type="checkbox"/> Marnes <input type="checkbox"/> Autre :	Etat du sol : <input type="checkbox"/> Nappe <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Humide <input type="checkbox"/> Détrempé <input type="checkbox"/> Gelé <input type="checkbox"/> dégel <input type="checkbox"/> Autre :	Trafic : <input type="checkbox"/> Nul <input type="checkbox"/> Faible (voie de desserte) <input type="checkbox"/> Modère (voies principales) <input type="checkbox"/> Important (axe routier, poids lourds, ligne de bus)
--	---	---	--

Ces fiches ont pour objectif de rassembler pour chaque opération :

- les caractéristiques de la conduite ou de l'équipement concerné ;
- l'état général ;
- le type de désordre observé ;
- les caractéristiques du remblai existant et de l'environnement ;
- tous les éléments liés à l'intervention (durée, pièces utilisées...).

Bien que non exhaustive, cette liste est suffisamment complète pour avoir une connaissance des éléments nécessaires à l'établissement d'un programme de renouvellement pour des réseaux importants.

Pour des petits réseaux, une représentation codifiée des interventions peut être portée sur le plan général, ou sur les plans par secteur, facilitant ainsi le repérage des tronçons à forte fréquence d'incidents.

4.1.2.1.3 Utilisation d'une base de données informatisée / SIG

L'ensemble des données peut être stocké dans une base de données informatisée simple, type ACCESS, ou couplée à un Système d'Information Géographique (SIG).

Cette base de données, regroupant les caractéristiques du réseau, doit porter au minimum sur :

- les conduites, séparées en tronçons
- les branchements
- l'environnement extérieur de la conduite
- les accessoires du réseau : vanne, ventouse, vidanges, poteaux et bouches d'incendies...

D'applications multiples, le SIG peut fournir des aides précieuses quant à l'amélioration de la gestion des réseaux d'eau et leur entretien. De plus, un programme de renouvellement de portions de réseaux peut être édité, à partir de requêtes croisées sur le nombre de fuites par tronçons, sur l'année de pose et sur les matériaux utilisés.

Certains SIG, orientés "métiers", sont adaptés à des personnes peu habituées à l'environnement informatique.

4.1.2.2 Exploitation des données

L'exploitation des données brutes de terrain, à l'issu de leur enregistrement, permet de réaliser des statistiques générales et d'établir :

- des cartes thématiques
- un inventaire du patrimoine réseau : l'évolution de ce patrimoine au regard de différentes caractéristiques (diamètre, matériau, date de pose, ...) permet d'apporter

les arguments techniques aux politiques de réhabilitation/renouvellement des conduites, et donc d'aider les gestionnaires d'eau dans leurs décisions.

- des rendements et indicateurs de performance :
 - le rendement est le rapport de la somme des volumes consommés relevés aux compteurs d'eau sur le volume total mis en distribution. Il se calcule en général avec les données d'une année.
 - l'indice linéaire de pertes (ILP) est le rapport des volumes perdus durant une année, sur la longueur du réseau. Il s'exprime généralement en m³/km/jour..
 - l'indice linéaire de réparations (ILR) donne le nombre de réparations par an et par kilomètre de réseau.

L'exploitation régulière des données permet donc d'aboutir à la construction d'un historique des réseaux d'eau potable, et ainsi d'appréhender l'évolution des conduites dans le temps.

4.1.2.3 La recherche sur des systèmes d'aide à la décision pour la programmation des besoins en renouvellement des réseaux d'eau potable

Véritables outils d'aide à la décision de renouvellement, les logiciels de prévision sur les risques de désordres des réseaux d'eau potable sont en pleine émergence. Nous revenons, dans ce chapitre, sur quelques-uns de ces systèmes experts qui restent, pour l'instant, davantage adaptés aux grands centres urbains.

Trois centres de recherche travaillent en France sur des modèles permettant d'optimiser le renouvellement des conduites depuis plusieurs années : le CEMAGREF, l'ENGEES et l'INSA de Lyon (BERLAND J.M., JUERY C. – 2002).

L'unité Ouvrages et réseaux hydrauliques du Cemagref travaille sur le diagnostic et l'optimisation des systèmes de distribution d'eau potable, l'approche économique est couverte par les activités du laboratoire Gestion des Services Publics du Cemagref. L'objectif est d'élaborer des méthodes et outils destinés à l'estimation de l'état et des performances des équipements. Pour cela, 3 axes de recherche ont été identifiés :

- La modélisation et l'observation du fonctionnement quantitatif et qualitatif des réseaux (notamment avec le logiciel PORTEAU),
- L'étude du vieillissement des canalisations et la mise au point de méthodes de prévision des casses en fonction de la nature et de l'environnement de la canalisation,
- La gestion optimale des flux.

Au sein de l'ENGEES, Caty WEREY a soutenu une thèse de doctorat « Politiques de renouvellement des réseaux d'eau potable » en juin 2000. Ce travail s'intéresse à l'optimisation des échéances de renouvellement des canalisations d'eau potable à partir de la prévision probabiliste des défaillances, de l'analyse du fonctionnement hydraulique du réseau et de l'évaluation des coûts de maintien en service et de renouvellement. Le modèle RENCANA prend en compte l'évolution des défaillances, les caractéristiques de la conduite et son environnement, la sensibilité des consommateurs à une interruption de la fourniture d'eau et le

position hydraulique de la conduite. Cette approche intègre des approches techniques et socio-économiques.

Dans le cadre d'une convention CIFRE avec la Générale des Eaux, Julien MALANDAIN a rédigé une thèse à l'INSA de Lyon sur l'organisation du diagnostic des réseaux d'alimentation en eau potable. Cette thèse propose une démarche d'organisation de l'évaluation du patrimoine et définit le rôle de différents outils dans cette démarche : SIG pour la cartographie du réseau, modèle hydraulique permettant de quantifier l'importance stratégique du tronçon, modèles statistiques d'analyse des facteurs de défaillance, modèles probabilistes de vieillissement des réseaux d'eau potable...

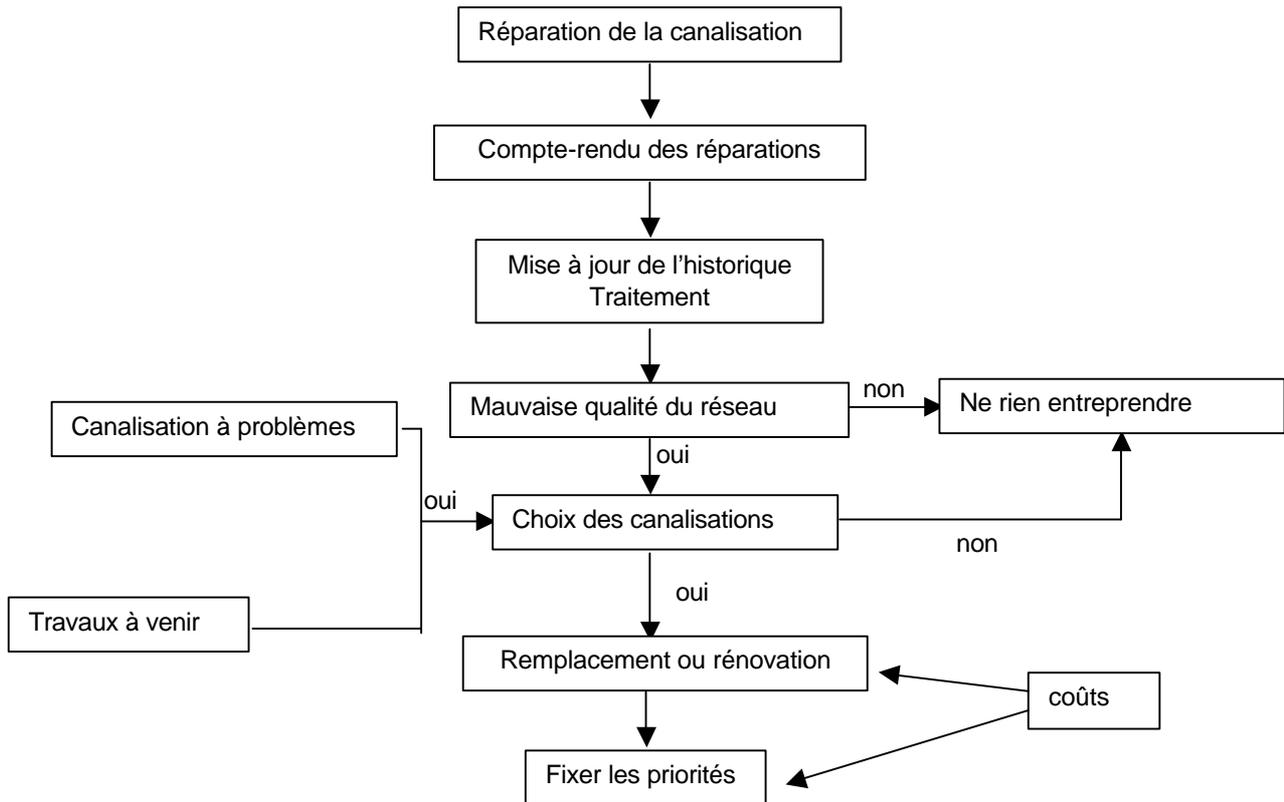
L'ENGEES, le CEMAGREF et l'INSA de Lyon sont actuellement impliqués dans un projet européen financé par la Commission Européenne dans le cadre du 5^{ème} PRCD environnement intitulé CARE—W (Computer Aided RE-habilitation of Water networks) débuté en février 2001.

Ce projet vise à élaborer un logiciel d'aide à la décision pour le renouvellement des réseaux à destination des gestionnaires et propriétaires de réseaux d'eau potable. Ces trois laboratoires collaborent à ce projet en partenariat avec 11 partenaires de recherche européens et 13 gestionnaires de réseaux. Une partie de ce projet porte sur la comparaison et l'évaluation de plusieurs modèles statistiques ou probabilistes (INSA, CEMAGREF, NTNU, SINTEF) et sur l'étude de leur sensibilité vis à vis de données incomplètes ou incertaines.

Des modèles statistiques de prévisions de défaillance ont été mis au point, notamment par le CEMAGREF (Bordeaux) avec le logiciel PREDIKASS, et testés permettant d'approcher la durée de non défaillance, comptée à partir de la date de pose ou de celle de la casse précédente (B. BREMOND – 1994, 1998). Ceux-ci peuvent être mis en oeuvre même en présence d'historiques d'interventions peu étendus grâce à la méthode d'apprentissage en utilisant de longues séries d'observations dans un environnement similaire (même matériau, même gamme de diamètres, même gamme de facteurs de risque) (P. EISENBEIS, 1996). Le modèle est ensuite affiné en fonction des données locales au fur et à mesure de leur disponibilité. Il convient néanmoins de disposer d'un minimum de données concernant les tronçons et toutes les interventions faites sur le réseau. Ces modèles reposent sur le concept de renouvellement curatif. Ils n'évitent pas le vieillissement des conduites et par conséquent, une augmentation de la détérioration du système de distribution.

Pour mettre en pratique ces modèles de prévision des défaillances, les services d'eau doivent se doter de bases de données répertoriant les conduites (matériau, diamètre, longueur, date de pose, nombre d'abonnés,...) et leurs défaillances. Celles-ci leur permettent d'améliorer leur connaissance des réseaux mais aussi d'envisager une politique de renouvellement en intégrant des paramètres économiques dans la recherche de la date optimale de renouvellement des canalisations.

Graphique 10. Démarche employée dans le cadre de l'approche curative (citée dans P. EISENBEIS, 1996)



L'unité de recherche en génie civil (URGC) de l'INSA de Lyon, composée notamment de B. CHOCAT, P. LE GAUFFRE et M. MIRAMONT, travaille actuellement sur le diagnostic et la gestion des réseaux d'eau et d'assainissement.

L'un de ses thèmes porte sur l'aide à la décision pour la maintenance des réseaux d'eau potable avec :

- La mise au point et l'évaluation de procédures de décision multicritères pour la maintenance et la réhabilitation des infrastructures : ceci concerne la programmation à court terme (programmes annuels d'inspection et de renouvellement) et la définition de politiques à long terme (estimation des besoins futurs en fonction des modèles de vieillissement élaborés);
- L'étude des bases de données disponibles chez les gestionnaires de réseaux, de la qualité des informations utilisées en gestion (données incomplètes, données imprécises et données incertaines), le développement et l'analyse de modèles statistiques et probabilistes relatifs au vieillissement des réseaux d'eau;
- la conception de bases de données pour la gestion patrimoniale des réseaux.

L'UMR GSP Cemagref-ENGEES, pour sa part, s'intéresse à l'optimisation des échéances de renouvellement des canalisations d'eau potable à partir de la prévision probabiliste des défaillances, de l'analyse du fonctionnement hydraulique du réseau, et de l'évaluation des coûts de maintien en service et de renouvellement. Un modèle a été mis au point et testé sur des données réelles de la Communauté Urbaine de Strasbourg. Cette démarche vise à minimiser le

montant total des dépenses liées au maintien en service et au renouvellement de chaque canalisation (Wery 2000a ; 2000b ; WERY C., JANEL J.L., WEBER E. – 2003).

Le Cemagref et G2C Environnement sont partenaires dans le cadre du programme de recherche **SIROCO** (Système Intégré d'aide au Renouvellement Optimisé des COnduites). L'enjeu de ce programme de recherche est de mieux conduire la stratégie de renouvellement, en renouvelant plus et mieux, en prenant en compte les caractéristiques méconnues des réseaux de petites villes et des collectivités rurales.

L'objet de la recherche est le développement d'un système intégré destiné à la planification du renouvellement des réseaux d'eau potable.

Ce système intégré repose sur (source : site internet du projet SIROCO <http://www.siroco.org>) :

- ⇒ la construction puis l'alimentation d'une base de données mutualisée entre plusieurs collectivités destinée à enrichir les modèles de défaillance de façon heuristique (pour compenser progressivement le faible historique de données) ;
- ⇒ le développement de modèles de prévision des défaillances pour les différents éléments constitutifs des réseaux : canalisations, branchements et appareils de fontainerie élaborés à partir des données centralisées et appliqués localement sur l'une d'entre elles ;
- ⇒ le développement de modèles de calcul d'importance stratégique hydraulique des éléments du réseau, permettant la construction d'indices de fiabilité en lien avec la satisfaction de la demande ;
- ⇒ l'élaboration d'une méthodologie de prévision du renouvellement, intégrant à la fois les modèles de prévisions de défaillance et les indices de fiabilité ;
- ⇒ le développement de fonctions spécifiques dans un SIG permettant à la fois la collecte des données, et l'intégration des modèles et outils dans le système ;
- ⇒ la mise en œuvre d'un réseau d'utilisateurs (Internet), s'appuyant au début sur les collectivités partenaires du projet, puis s'enrichissant à l'issue du projet par la communauté des utilisateurs de SIROCO.

Nota : Une des caractéristiques demandées à SIROCO est d'être adapté aux collectivités de petite et moyenne importance à faible historique de données, et d'être aisément accessible par les utilisateurs, quelle que soit leur formation en informatique (source : site internet du projet SIROCO <http://www.siroco.org>).

Le projet doit être réalisé sur deux années (septembre 2003 à septembre 2005). Il sera réalisé en 4 phases et sept tâches, qui se dérouleront approximativement dans le même ordre chronologique (source : site internet du projet SIROCO <http://www.siroco.org>) :

- ⇒ une phase "Données" : mise en place des collectivités partenaires (tâche n°1), la constitution d'une base de données (n°2) de référence nécessaire à la connaissance des réseaux et à l'élaboration de modèles de défaillances et mise en place d'outils nécessaires à l'élaboration d'un réseau d'utilisateurs (Internet) (n°3) s'appuyant au début sur les collectivités partenaires du projet, puis s'enrichissant à l'issue du projet par la communauté des utilisateurs de SIROCO ;
- ⇒ une phase "Modèles" : élaboration de modèles de défaillances (n°4), l'apport de modèles de fiabilité hydraulique (n°5) en lien avec les modèles de défaillances,

- ⇒ une phase "Méthodologie" : mise en place d'une méthodologie d'aide à la décision au renouvellement (n°6) adaptée aux petites collectivités ;
- ⇒ une phase "Intégration" : intégration des outils étudiés dans le Système d'Information Géographique (SIG) (n°7), aboutissant sur le logiciel SIROCO ;

D'autres outils d'aides à la décision se fondent sur un suivi de la qualité de l'eau en réseau. Ils ont pour but de caractériser la dégradation de la qualité de l'eau suite à :

- ⇒ un vieillissement des conduites (corrosion, relargage...) ;
- ⇒ un problème de conception du réseau (surdimensionnement du diamètre, longueur des conduites pour un nombre limité de branchements...) entraînant un temps de séjour trop élevé synonyme d'encrassement important.

Ainsi, la démarche **Aquadiag** (Veolia Water) est basée sur le report au sein d'un Système d'Informations Géographiques des résultats d'analyses de différents paramètres (cf. Tableau 8). Ces analyses sont effectuées en différents points d'un réseau avec des prélèvements à débit faible et des prélèvements à débit élevé.

Tableau 8. Paramètres analysés lors de la mise en œuvre de la démarche Aquadiag

Type de prélèvement	Faible débit	Fort débit
Paramètres physico-chimiques et bactériologiques	pH	Turbidité
	Conductivité	Matières en suspension
	Oxygène	Dureté (TH)
	Turbidité	Fer
	Matières en suspension	Manganèse
	Dureté (TH)	Coliformes & E.COLI
	Fer	
	Manganèse	
	Chlore libre et total	
	Coliformes & E.COLI	

Une analyse et / ou une comparaison des résultats obtenus à fort et à faible débit permet de localiser les zones où il y a problème d'encrassement ou de vieillissement des conduites (corrosion, relargage...).

L'un des grands enjeux actuels de l'aide à la décision pour la distribution d'eau potable est l'intégration des différents types d'outils tels que ceux décrits ci-dessus au sein d'un seul et même outil. Ainsi le projet européen **CARE-W** (Computer Aided REhabilitation of Water Networks) vise à élaborer un logiciel d'aide à la décision pour le renouvellement des réseaux à destination des gestionnaires et propriétaires de réseaux d'eau potable.

La finalité du projet européen **CARE-W** est la création un système d'outils informatiques pour l'évaluation et la réhabilitation des réseaux d'eau potable intégrant les aspects :

- ⇒ suivi des performances d'un système ou d'une zone ;
- ⇒ aide à la construction, l'évaluation et la sélection d'une stratégie de réhabilitation à long terme ;
- ⇒ aide multicritère à la programmation annuelle des projets de réhabilitation ;
- ⇒ modèles de prédiction des défaillances des canalisations ;
- ⇒ modèles d'analyse de la fiabilité hydraulique des réseaux.

Les outils qui seront développés dans le cadre de ce projet permettront de définir le système le plus économiquement efficace pour renouveler un réseau d'eau de distribution tout en satisfaisant aux exigences économiques, sociales, sanitaires et environnementales. L'enjeu est de réhabiliter la bonne conduite au bon moment en utilisant la bonne méthode à un coût minimal avant que les casses ne se produisent.

4.2 Utilisation de techniques d'auscultation

Pour mener un diagnostic efficace et précis de la totalité du réseau, des techniques d'auscultation, adaptées à chaque facteur de désordres, sont nécessaires.

4.2.1 Détection de la corrosion :

Les phénomènes de **corrosion interne** sont aisément détectables lors de mesures chimiques et biologiques sur des prélèvements d'eaux, de plaintes des consommateurs, de taux de fuites ou de casses annuels. Des investigations sur des échantillons de canalisations permettent d'en préciser les origines ; prudence toutefois car toute manipulation sur des branchements ou des robinets peu utilisés provoque un relargage de particules microscopiques.

D'autres méthodes, plus élaborées, peuvent être citées pour mémoire.

- Un protocole, élaboré par le CIRSEE, permet de diagnostiquer les phénomènes de corrosion dans le réseau de distribution, selon plusieurs étapes : pré-enquête précise, étude de la qualité et de la corrosivité de l'eau, pratique de coupes sur les canalisations pour estimer l'état de corrosion interne.
- Des appareils, basés sur une méthode électrochimique, permettent de détecter la corrosivité de l'eau, par une mesure de la résistance de polarisation.
- Il est possible de mesurer l'état de corrosion d'une conduite par un examen métallographique et mesure d'épaisseur ainsi que par une mesure électrochimique de la vitesse de corrosion. A partir de cette vitesse de corrosion, des prévisions de la diminution d'épaisseur de la canalisation sont possibles, permettant ainsi d'évaluer le risque de rupture et d'envisager des mesures préventives appropriées.

Pour évaluer l'état de **corrosion externe** d'un réseau, des mesures du potentiel de la conduite suspectée sont à combiner à une étude géoélectrique. Une entreprise spécialisée dans ce type de prestations est recommandée.

4.2.2 Détection des défaillances hydrauliques

4.2.2.1 Détection d'une diminution de capacité de transport

La détection d'une diminution de la capacité de transport peut être appréhendée de différentes manières :

- soit par la mise en évidence de l'augmentation de pertes de charges sur le réseau ou sur une partie, augmentation non induite par l'accroissement de la consommation. Ceci peut se faire par exemple à partir d'une modélisation hydraulique du réseau ;
- soit à partir d'échantillons de canalisations relevés directement sur le réseau et étudiés par la suite. Cependant ces prélèvements ponctuels et leur interprétation sont difficilement généralisables.

4.2.2.2 Détection des pertes :

4.2.2.2.1 Le bilan d'eau préconisé par l'International Water Association

A priori, un opérateur de réseau a tout intérêt à réaliser un bilan d'eau comme le conseille l'International Water Association (IWA – 2003) pour évaluer correctement les pertes du réseau. Cette méthodologie, très rigoureuse, lui permettra de bien évaluer les pertes apparentes (volumes détournés et erreurs de mesures) qui doivent absolument être éliminées de l'évaluation des performances des conduites en elles-mêmes.

Cependant, ce bilan d'eau peut être lourd à mettre en place car il nécessite l'estimation des volumes à chaque point de comptage clé. En présence de compteurs, les données relevées sur ceux-ci seront utilisées, mais en l'absence de dispositifs de mesure, il sera nécessaire de pratiquer « une estimation au plus juste » qui, en fait, est un avis d'expert donné au niveau local. Or, ces derniers restent entachés de très fortes incertitudes (BERLAND J.M., DELAGE D. – 2004).

Tableau 9. Eléments constitutifs du bilan des volumes d'eau (IWA – 2003a)

A	B	C	D	E	
Volume introduit (prélèvement et importation d'eau brute et d'eau potable) [m ³ /an]	Volume consommé pour tous les usages [m ³ /an]	Volume consommé facturé (y compris volume exporté) [m ³ /an]	Volume consommé mesuré et facturé (y compris volume exporté) [m ³ /an]	Volume d'eau vendue [m ³ /an]	
			Volume consommé non mesuré et facturé (y compris volume exporté) [m ³ /an]		
		Volume consommé non facturé hors volume détourné [m ³ /an]	Volume consommé mesuré et non facturé (y compris volume exporté) [m ³ /an]	Volume d'eau non vendue [m ³ /an]	
			<i>Volume consommé non mesuré et non facturé (y compris volume exporté)</i> [m ³ /an]		
	Pertes d'eau [m ³ /an]	Pertes apparentes [m ³ /an]	Volume détourné [m ³ /an]		
			Erreurs de mesure [m ³ /an]		
		Pertes réelles [m ³ /an]	Pertes réelles sur réseau d'adduction d'eau brute et dans l'usine de traitement le cas échéant [m ³ /an]		
			Fuites sur le réseau de transport et/ ou de distribution [m ³ /an]		
			Fuites et surverses des réservoirs sur le réseau de transport et/ ou de distribution [m ³ /an]		
			Fuites sur branchement jusqu'au point de comptage [m ³ /an]		

Les définitions des termes utilisés dans ce tableau sont présentes en annexe.

La méthodologie IWA pour calculer le volume d'eau non vendu et les pertes d'eau est précisée dans le Graphique 11.

Graphique 11. Calcul du volume d'eau non vendu et des pertes d'eau (d'après IWA – 2003)

Etape 1 : Définir le *volume introduit (prélèvement et importation d'eau brute et d'eau potable)* dans la colonne A.



Etape 2 : Définir le *volume consommé mesuré facturé (y compris volume exporté)* et le *volume consommé non mesuré et facturé* en colonne D ; déduire de la somme le *volume consommé facturé (y compris volume exporté)* (colonne C) et le *volume d'eau vendue* (colonne E).



Etape 3 : Calculer le *volume d'eau non vendue* (colonne E) par différence entre le *volume introduit dans le système* (colonne A) et le *volume d'eau vendue* (colonne E).



Etape 4 : Définir le *volume consommé mesuré et non facturé* et le *volume consommé non mesuré non facturé* dans la colonne D ; déduire de la somme le *volume consommé non facturé hors volume détourné* colonne C.



Etape 5 : Additionner le *volume consommé facturé (y compris volume exporté)* et le *volume consommé non facturé hors volume détourné* dans la colonne C ; déduire de la somme le *volume consommé pour tous les usages normaux* (colonne B).



Etape 6 : Calculer les *pertes d'eau* (colonne B) par différence entre le *volume introduit dans le système* (colonne A) et le *volume consommé pour tous les usages normaux* (colonne B).



Etape 7 : Estimer le *volume détourné* et les *erreurs de mesure* (colonne D) au mieux selon les moyens disponibles, déduire de la somme les *pertes apparentes* (colonne C).



Etape 8 : Calculer les *pertes réelles* (colonne C) par différence entre des *pertes d'eau* (colonne B) et les *pertes apparentes* (colonne C).



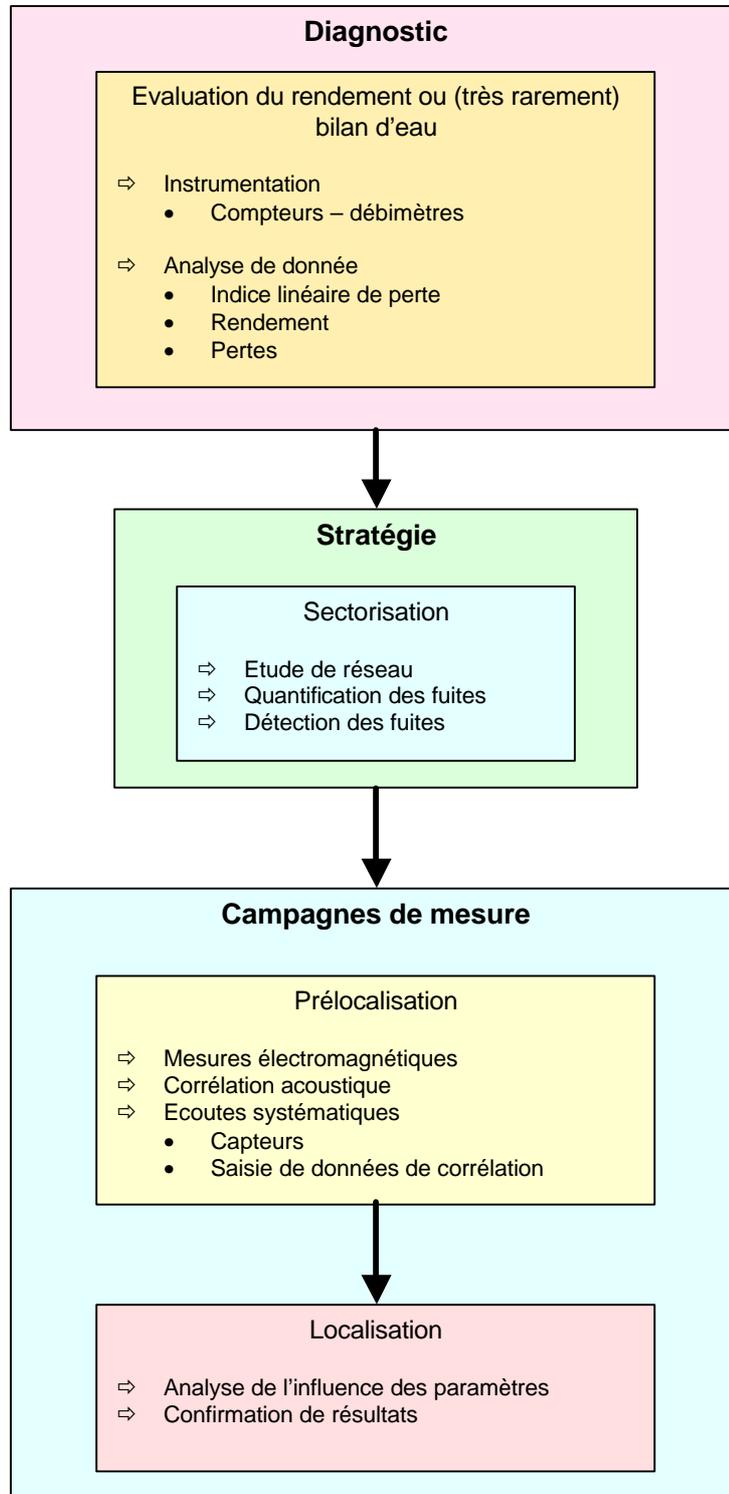
Etape 9 : Estimer les composantes des *pertes réelles* (colonne D) au mieux selon les moyens disponibles (analyses de débit nocturne, calculs de fréquence des ruptures/débits/durées, modélisations, etc.), additionner ces résultats et vérifier avec le volume de *pertes réelles* de la colonne C.

Cette démarche, très complexe, est encore loin de s'être généralisée en France. En revanche, il est possible de trouver au niveau local ou bien national les indicateurs suivants :

- ⇒ rendement de réseau ;
- ⇒ indice de pertes par branchement ;
- ⇒ indice de pertes linéaires.

4.2.2.2.2 La détection des fuites

La démarche de recherche et de détection des fuites suit les étapes suivantes :



La détection des fuites s'appuie sur l'écoute du bruit occasionné par l'échappement de l'eau sous pression. L'efficacité des appareils réside dans leur à traquer ce chuintement au sein de multiples sons environnants (écoulement, bruits de circulation automobile...). Les détecteurs sont schématiquement constitués :

- d'un micro ;
- d'un amplificateur ;
- d'un casque ;
- de multiples options permettant d'analyser et de filtrer le bruit de fond (indicateurs, aiguilles traînantes...).

Pour utiliser ces appareils, il est donc indispensable de parfaitement maîtriser l'environnement sonore et, surtout, de bien cibler les écoutes par zones (La gazette du 21 avril 2003).

En complément des détecteurs électroacoustiques, la « corrélation acoustique » permet de déterminer la position exacte d'une fuite en utilisant la vitesse de propagation du son dans une conduite. Pour cela, on dispose des capteurs de part et d'autre du tronçon à étudier. Cette technique n'est précise que si

- les caractéristiques du tronçon sont bien connus (nature de la canalisation, diamètre) ;
- le tronçon est homogène et linéaire.

Lorsque le réseau de distribution est important, les systèmes de pré-localisation des fuites permettent de gagner en efficacité. Le principe de ces systèmes repose sur une écoute systématique de bruit à l'aide de capteurs programmables répartis sur le réseau (environ tous les 250 m) sur une période plus ou moins longue (une nuit à quelques jours). La comparaison des données enregistrées permet de pré-localiser les zones fuyardes.

Nota : les canalisations en plastique propagent moins bien le son et ne peuvent donc pas être analysées avec le même succès par la méthode de corrélation acoustique utilisée pour les réseaux classiques métalliques. Celles-ci nécessitent l'utilisation d'un système de détection basé sur la mesure permanente de différence de pression entre des capteurs répartis sur le réseau.

4.2.3 Détection de l'usure

La détection de l'usure d'une canalisation peut se faire :

- soit à partir d'échantillons de canalisations relevés directement sur le réseau et étudiés par la suite ;
- soit par l'utilisation de techniques non destructrices permettant de mesurer l'épaisseur de la conduite (encore très peu utilisées en France et employées uniquement sur les grosses canalisations).

4.3 Détermination des critères de renouvellement

Un bon diagnostic de réseau permet de révéler d'éventuels facteurs déclenchants, ou critères de renouvellement, qui justifient la décision d'envisager des travaux de renouvellement.

La détermination de ces critères vient en aide, à tout gestionnaire de réseau d'eau potable, en lui permettant d'élaborer un programme de renouvellement et de construire un échéancier financier.

Les principaux motifs, responsables de telles opérations, sont listés ci-dessous :

- dégradation de la qualité de l'eau par le réseau ;
- dégradation visible de la conduite ;
- plainte des abonnés pour insuffisance de pression ou mauvaise qualité de l'eau ;
- augmentation du nombre de fuites, déterminée en comptabilisant le nombre de fuites réparées par an ramené au linéaire de canalisation ;
- risques de dommages liés aux fuites, notamment dégâts créés par l'eau de fuite ou dégâts/nuisances engendrés par une interruption de service non programmée pour les abonnés (hôpitaux, industries, ...) ;
- évolution des besoins des usagers ;
- évolution de la réglementation (matériaux, qualité de l'eau) ;
- pose d'un autre réseau - gaz, électricité, assainissement, téléphone, câble...- à proximité : le renouvellement apparaît opportun si :
 - la conduite en place est en très mauvais état ou très âgée,
 - l'indice linéaire de réparation est important,
 - par souci de sécurité.
- travaux de voirie qui ne sont pas un critère de renouvellement en soi. En revanche, il faut tenir compte de ces travaux lorsqu'ils sont associés à d'autres éléments tels que :
 - la fragilité et/ou qualité de conduites anciennes : risque de ruptures dans le cadre du chantier ;
 - l'historique des indices linéaires de réparation (ILR) ;
 - la position de la conduite par rapport à la nouvelle voirie ;
 - l'interdiction de rouvrir sur une chaussée neuve ;
 - l'incertitude sur l'évolution des besoins futurs.

5 TECHNIQUES DE NETTOYAGE ET DE CURAGE

Les dépôts et incrustations épais, formés sur les parois internes de la canalisation peuvent parfois atteindre des niveaux spectaculaires comme le montre la photographie ci-dessous.

Photographie n°4. Etat d'une canalisation avant nettoyage (Source AXEO)



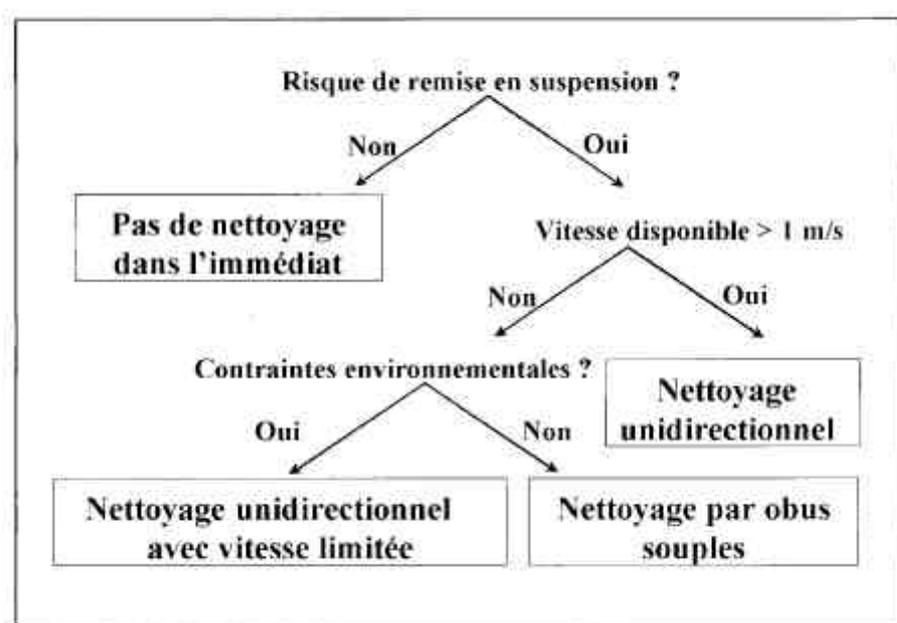
Les techniques de nettoyage et de curage peuvent intervenir à différents stades de l'exploitation d'un réseau d'eau potable :

- opération classique d'entretien pour éliminer les dépôts et incrustations épais, formés sur les parois internes de la canalisation ;
- opération précédant toute technique de réhabilitation, dans le but de préparer la canalisation à recevoir ce type de travaux.

Toutefois, l'opération de nettoyage n'est possible que si la canalisation supporte les pressions engendrées, c'est-à-dire si le nombre de fuites recensées n'est pas élevé. En effet, il est inutile de nettoyer une canalisation sur laquelle une intervention ultérieure est à prévoir pour réparer les fuites engendrées par ce nettoyage.

Avant de choisir la technique de nettoyage adéquate, il est nécessaire d'envisager un plan d'action, dans le but d'estimer efficacement les risques et les contraintes relatives à cette opération (cf. Graphique 12).

Graphique 12. Plan d'action pour le nettoyage du réseau (Source : Audit de réseau : un exemple de diagnostic de l'état de propreté et de mise en place d'actions correctrices de TSM n°6 – juin 2002)



Les principales techniques de nettoyage sont donc :

- purge ;
- nettoyage par introduction d'un mélange air-eau ;
- hydrocurage par tête rotative ;
- nettoyage par racleur souple ;
- nettoyage mécanique.

5.1 *Purge*

L'objectif est l'élimination des dépôts boueux ou oxydes peu incrustants.

La mise en œuvre, simple et peu onéreuse, consiste après isolement du tronçon à nettoyer, à ouvrir en bout de ce réseau une vidange ou un poteau d'incendie.

L'accélération de la vitesse de déplacement de l'eau dans la conduite permet une élimination satisfaisante de ces dépôts.

Cette méthode ne s'applique généralement qu'à des conduites dont le diamètre est inférieur ou égal à 100 mm.

5.2 Nettoyage par introduction d'un mélange air-eau

La limite de la purge des conduites réside dans la difficulté à générer des débits et des vitesses d'écoulement convenables dans les conduites de diamètre moyen ou grand, dans les zones de faible pression ou encore dans les conduites tuberculisées (fonte grise, fonte ductile, etc.).

Le nettoyage eau-air-eau est une technique développée qui permet de palier cette difficulté.

La méthode consiste à injecter de l'air filtré par saccades dans la conduite par une bouche d'incendie. Cet air injecté se déplace à travers le courant d'eau et y provoque de la turbulence. Chaque bulle qui se déplace est suivie d'un vide qui se remplit immédiatement avec l'eau environnante. Ce phénomène provoque un effet pulsatoire de l'eau de rinçage, entraînant pratiquement tous les dépôts amovibles de la conduite. L'air et l'eau y compris les dépôts solides sont éjectés à une bouche d'incendie se trouvant à l'autre extrémité de la conduite nettoyée. L'objectif de cette méthode est d'enlever les dépôts solides sans enlever ou endommager la corrosion incrustée, car il s'agit uniquement d'améliorer la qualité de l'eau.

5.3 Hydrocurage par tête rotative

L'objectif est d'éliminer superficiellement les dépôts facilement décrochables.

La technique consiste à introduire dans les conduites une tête rotative d'hydrocurage, procédé largement utilisé dans le cas de curage de canalisation assainissement.

Elle nécessite la mise hors service du tronçon à traiter ; une excavation est réalisée au départ de la partie de conduite à nettoyer.

Une coupe suffisante de la conduite est réalisée pour permettre l'introduction de la tête rotative.

Avant la remise en route du tronçon, une purge du réseau traité est nécessaire afin d'évacuer toutes les particules décrochées.

5.4 Nettoyage par racleur souple

L'objectif est d'éliminer les dépôts boueux et oxydes de manganèse, parfois conjugués avec des oxydes de fer. Cette technique est généralement utilisée pour la réhabilitation de conduite en fonte sans dépôt dur.

Cette technique utilise un bouchon racleur dont le corps est constitué d'une mousse de polyuréthane souple, qui présente à l'avant une forme ogivale.

Photographie n°5. Racleur souple (Source AXEO)



Les racleurs souples sont fabriqués en mousse polyuréthane très élastique et solide. Le revêtement en polyuréthane élastomère est très résistant à l'usure et augmente considérablement l'effet raclant de l'obus dans la conduite. Le corps est recouvert d'un revêtement plastifié, éventuellement muni de bandes abrasives au carbure de silicium. Les racleurs peuvent traverser sans peine les espaces étroits, les coudes et les vannes (AXEO – 2004).

Deux excavations sont réalisées afin de sectionner la canalisation pour installer une gare d'introduction et de réception. Au niveau de la gare, le racleur est introduit dans la canalisation, et est propulsé à l'intérieur de celle-ci par l'eau sous pression. Le racleur est légèrement surdimensionné par rapport au diamètre de la canalisation. Sous l'effet de la pression, le corps se comprime longitudinalement et s'expande radialement de toute sa surface contre la paroi de la conduite, assurant ainsi une étanchéité et un raclage forcé.

L'opération peut être renouvelée par passes successives (4 ou 5 fois) avec des racleurs présentant des possibilités de raclage de plus en plus importantes jusqu'à obtenir le résultat escompté.

Ensuite, sont réalisées une désinfection du réseau, un rinçage, la dépose des gares et la remise en service de la canalisation.

Le racleur arrive parfois à se coincer dans la canalisation, ce qui n'est pas le cas avec l'utilisation d'une forme, dite « goutte » ou « boule ». L'efficacité de cette dernière technique est cependant moindre.

Il est possible de nettoyer en un seul tronçon des linéaires pouvant atteindre jusqu'à 10 000 fois le diamètre nominal de la conduite. Les diamètres traités vont de 40 à 800 voire 1200 mm (AXEO – 2004).

5.5 Nettoyage mécanique

L'objectif est le détartrage et l'élimination d'une part importante des nodules de fer résistants, ainsi que des dépôts boueux et oxydes de manganèse.

Deux méthodes différentes peuvent être citées :

- Tringlage mécanique ;
- Raclage mécanique.

5.5.1 Tringlage mécanique

Cette technique met en œuvre dans la canalisation un outil racleur en acier, de forme spéciale. Celui-ci est entraîné en rotation et poussé de l'extérieur par l'intermédiaire de tringles flexibles en acier.

Photographie n°6. Tringlage (source AXEO)



Lors du passage de l'outil, les particules sont détachées de la conduite, broyées puis évacuées par un courant d'eau venant à contre sens de la marche de l'outil, assuré par l'ouverture d'une vanne en aval de l'excavation de départ.

Cette technique nécessite l'exécution d'une excavation, afin de sectionner la conduite et permettre ainsi l'introduction de l'outil racleur.

La remise en eau intervient après désinfection de la conduite et rinçage.

La longueur qui peut être traitée en une seule fois par cette technique (distance entre la gare d'entrée et la gare de sortie) est égale 300 mètres au maximum.

5.5.2 Raclage mécanique

Graphique 13. Outils pour le raclage mécanique (source site internet Sarp <http://www.sarp-onyx.co>)



Photographie n°7. Raclage mécanique : le nettoyage 3R (source AXEO)



Cette technique met en œuvre un outil de ramonage mû par l'eau du réseau, refoulé à fort débit (70 l/s pour une conduite de refoulement). Ce débit assure à la fois la progression de l'appareil, le décollement des dépôts et l'évacuation des particules détachées.

L'appareil est constitué :

- d'un propulseur qui assure la progression de l'outil dans la conduite et le décollement des dépôts,
- des couteaux qui procèdent au raclage de la canalisation et orientent vers la paroi des jets d'eau, projetés par le propulseur,

Un détecteur électronique peut aussi être intégré afin de permettre la localisation de l'appareil en cas de blocage dans la conduite. Il semble cependant préférable de disposer, lors des opérations de raclage, des opérateurs munis de sondes acoustiques sur le parcours du racleur. Cette dernière technique permettra, dans la plupart des cas, une détection fiable de la position du racleur bloqué.

La mise en œuvre de l'appareil nécessite l'exécution d'excavations aux extrémités de chaque tronçon à nettoyer.

L'appareil est introduit par le biais d'une gare dans la conduite, alimentée en eau par l'intermédiaire de pompes moyenne pression.

A l'extrémité du tronçon, la conduite est sectionnée pour permettre l'écoulement des eaux chargées en particules et la sortie de l'outil.

Il est à noter, qu'après la sortie de l'appareil, il n'est pas nécessaire d'effectuer un rinçage.

La longueur qui peut être traitée en une seule fois par un racleur mécanique (distance entre la gare d'entrée et la gare de sortie) est égale à 10.000 fois le diamètre de la canalisation à traiter.

6 PROCÉDES DE RÉHABILITATION DES CANALISATIONS

Une fois le tronçon à risque identifié, le choix entre des travaux de réhabilitation ou de renouvellement se pose. Cette stratégie de décision dépend donc :

- de la nature du dysfonctionnement constaté et de l'état du tuyau ;
- de l'opportunité : incidence sur l'environnement, bruit, fouille, ...
- des contraintes locales : réfection des sols, densité des branchements, durée envisageable de la coupure d'eau, largeur et encombrement de la voie, ...
- des coûts financiers du projet : coûts directs, coûts indirects (travaux nécessaires à l'exécution de l'ouvrage principal) et surtout les coûts sociaux (bruit, risque d'accident, perte d'exploitation des commerces...), difficilement évaluables.

6.1 *Réhabilitation des réseaux*

6.1.1 Définition et objectifs

Par définition, la réhabilitation consiste en une remise en état d'une conduite dégradée en vue de restituer les propriétés initiales ou bien d'en améliorer certaines. La réhabilitation de réseaux doit impérativement apporter :

- une technique performante et garantie ;
- une économie significative par rapport à la pose de canalisation en tranchée ;
- une faible gêne de l'environnement.

6.1.2 Techniques de réhabilitation

Les techniques de réhabilitation existantes sont nombreuses. Pour la plupart, elles sont spécifiques à un problème donné et à l'objectif visé : restructuration, consolidation, rétablissement de bonnes conditions hydrauliques d'écoulement, étanchement, ...

Les procédés de réhabilitation abordés concernent principalement les conduites non visitables :

- Tubage :
 - tubage sans contact ;
 - tubage à contact uniforme ;
- Chemisage ou revêtement par membrane ;
- Projection au mortier de ciment ;
- Revêtement en résine époxy.

Pour chaque procédé de réhabilitation, une fiche technique précise le domaine d'application et les critères de choix en fonction de l'état du réseau et des contraintes environnementales.

Nota : un procédé de réhabilitation peut-être classé selon ces propriétés mécaniques, comme :

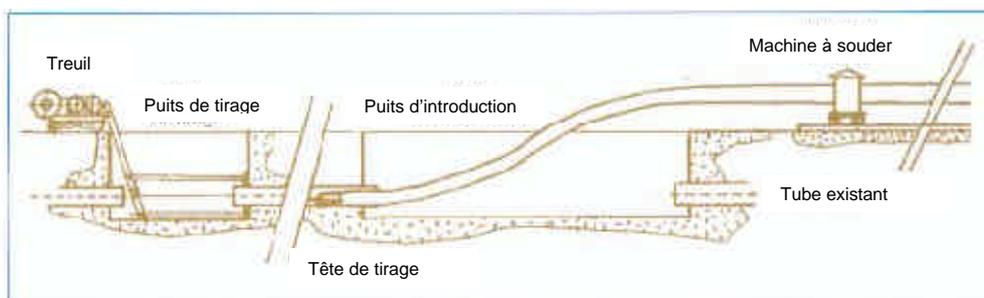
- *étanche ;*
- *consolidant ;*
- *auto-structurant.*

- TUBAGE AVEC ESPACE ANNULAIRE -

Principe :

L'objectif du procédé par tubage est d'insérer dans l'ancienne conduite un tube partiellement ou entièrement structurant, selon qu'il participe plus ou moins à la reprise des contraintes de pression, de remblai et des charges roulantes.

Graphique 14. Tubage simple (Source : AXEO)



Cette technique consiste à utiliser la conduite en place comme fourreau pour le passage d'une nouvelle canalisation (principalement PEhd). Celle-ci, dont les dimensions extérieures sont inférieures au diamètre de la conduite existante peut, éventuellement, réduire de manière significative le diamètre de la conduite. Cela peut d'ailleurs constituer un atout lorsque l'on veut réduire le temps de séjour dans une partie du réseau de distribution.

Après tubage, l'espace annulaire entre l'ancienne et la nouvelle conduite pourra être comblé par injection d'un coulis de ciment qui a pour rôle de transmettre les sollicitations extérieures sur la nouvelle conduite.

Opérations préalables nécessaires :

- inspection vidéo préalable
- nettoyage de la conduite
- vérification du diamètre intérieur de la canalisation, des points singuliers, des déviations angulaires et des réductions de section par le passage d'un gabarit

Avantages :

- puits de travail peu nombreux
- exécution rapide : 1 à 2 tronçons par semaine
- perturbations urbaines limitées
- pas de vide annulaire pour la conduite rénovée
- amortissement des coûts de béliers

Limites :

- nécessité d'ouvertures locales pour les réductions de diamètres, les changements de direction, les prises de branchement
- la diminution du diamètre intérieur peut parfois être une limite. Elle peut aussi être un atout si une diminution du temps de séjour dans une partie du réseau de distribution est nécessaire.

Domaine d'application :

- à ce jour, cette technique est applicable aux tronçons ayant des diamètres allant jusqu'à 14.000 mm et pouvant atteindre jusqu'à 1.500 m de longueur environ. La limite est liée, en fait, à la longueur du câble du treuil et à la puissance de ce dernier.

- TUBAGE SANS ESPACE ANNULAIRE -

Principe :

Cette technique, qui consiste à réaliser un chemisage de la conduite à réhabiliter par enfilage d'un tube prédéformé en PEHD (polyéthylène haute densité) se plaquant à l'intérieur de la canalisation en place, sans laisser de vide annulaire.

Contrairement à la méthode précédente, la diminution du diamètre de la conduite n'est pas significative, car sous l'action d'air sous pression et de vapeur, la nouvelle canalisation est plaquée sur l'ancienne.

Opérations préalables nécessaires :

- nécessité de travaux de nettoyage et passage de gabarit

Avantages :

- rapidité d'exécution
- peu de perturbations des sites
- adapté au tubage de conduites rectilignes

Limites :

- nécessité de puits de travail pour l'insertion et pour le tirage
- nécessité de traiter en tranchée ouverte pour les changements de direction, les réductions de diamètre, les prises de branchement
- grosses implantations de chantier

Domaine d'application :

- aucune limite de diamètre

On peut citer quatre grands procédés de tubage sans espace annulaire utilisés en France. Il s'agit :

- du procédé SUBLINE (AXEO) ;
- du procédé ROLLDOWN (AXEO) ;
- du procédé U-Liner (REHAU) ;
- du procédé SWAGELINING (SADE)...

Le procédé SUBLINE :

Une fois soudé, le tube est plié en forme de U et introduit ensuite dans la conduite suivant le même principe que le tubage simple. Une fois en place, on procède à la réversion en remplissant d'eau sous pression la nouvelle conduite (AXEO – 2004).

Chantier à Buenos Aires (source AXEO)



Le procédé ROLLDOWN :

Une fois soudé, le tuyau PE pénètre dans la machine ROLLDOWN, constituée de rouleaux concentriques, avant d'être introduit dans la canalisation existante. Les galets réduisent le diamètre du tube facilitant ainsi sa mise en œuvre notamment en limitant les efforts de tirage et les frottements (AXEO – 2004)..

La machine ROLLDOWN (source AXEO)



Après introduction, le tube est rempli d'eau à température ambiante. La mise en pression provoque sa « réversion » et lui permet de retrouver son diamètre initial.

Cette solution est applicable du diamètre 100 au diamètre 500 mm et peut être complètement auto-structurante (AXEO – 2004).

Le système RAULINER

Le système RAULINER est basé sur l'utilisation d'un tube dit « U-Liner » fabriqué en polyéthylène haute densité (PEHD). La forme en U de ce tube est obtenue grâce à un procédé spécial de déformation thermomécanique. La section du tube est ainsi réduite. Selon le diamètre du tube, 1.600 m maximum de tube peuvent être enroulé sur un touret et transportés jusqu'au chantier.

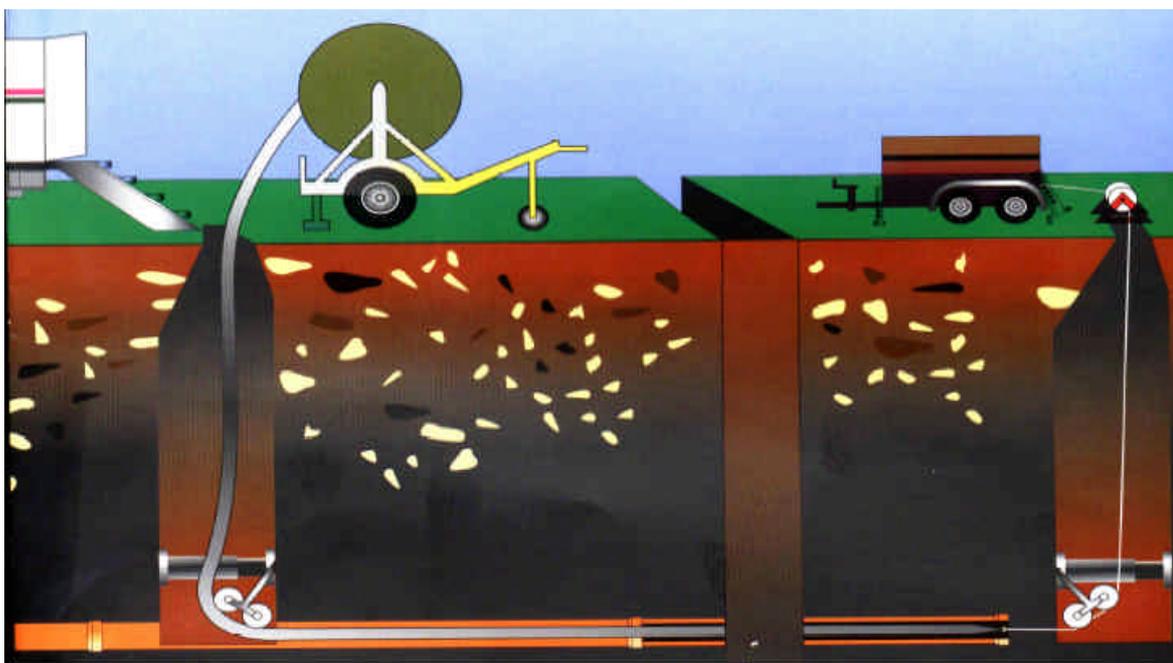
Photographie n°8. Système RAULINER pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement, de gaz et d'A.E.P. : mise en place du tube PE facilitée par sa forme en U (Source REHAU)



Le tube est tiré à l'aide d'un treuil dans la canalisation à réhabiliter. Compte tenu de sa forme en U, les efforts de traction sont réduits.

Après avoir monté des obturateurs spécialement développés pour ce système, on soumet le U-Liner à un process de remise en forme. Pour cela, on chauffe le tube à l'aide de vapeur pressurisée, ce qui réactive l'effet mémoire du tube et lui permet de retrouver sa forme circulaire initiale. Le tube se plaque ainsi contre les parois intérieures de l'ancienne canalisation.

Graphique 15. Système RAULINER pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement, de gaz et d'A.E.P. : Principe



- PROJECTION AU MORTIER DE CIMENT -

Principe :

Le principe de cette technique non structurante consiste en l'application, par centrifugation d'un mortier de ciment dans les conduites métalliques, en fonte ou acier.

Ce revêtement d'épaisseur constante (5 à 6 mm pour les conduites fontes, variable pour les conduites acier suivant leur âge et leur état sera d'au moins 6 mm), est immédiatement lissé par un outil approprié.

Opérations nécessaires :

- ⇒ avant remise en eau :
 - nettoyage et curage de l'ancienne conduite, au préalable
 - contrôle du durcissement

- ⇒ après remise en eau :
 - vigilance, après remise en eau, de la qualité (goût, résidus de matière, ...), procéder à des rinçages

Avantages :

- cadence d'application élevée
- grande compacité et forte résistance à la compression du mortier de ciment
- passivation du métal due à l'alcalinité du mortier de ciment

Limites :

- déconseillé pour les eaux de basse alcalinité et pour les eaux très douces
- capacité hydraulique réduite dans les petites canalisations
- difficile à mettre en œuvre pour les petits diamètres
- limité à des tronçons ne comportant pas de ramification ni de branchement qui seraient obstrués par le mortier

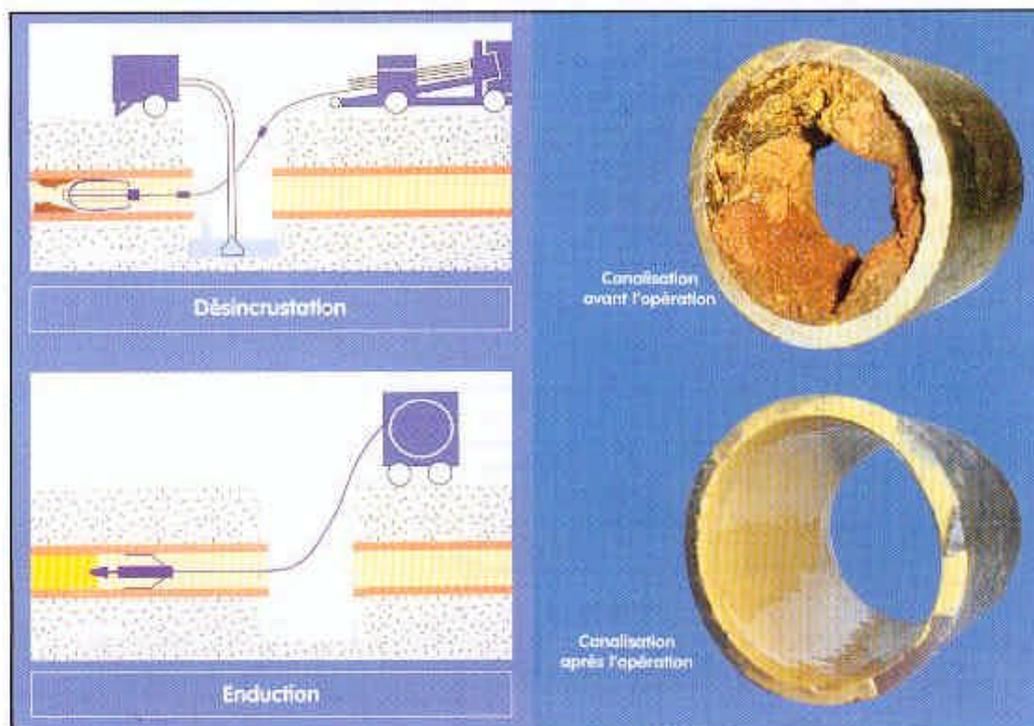
Domaine d'application :

- applicable aux canalisations métalliques ayant conservé une bonne tenue mécanique en dépit d'une forte corrosion de leur paroi interne (une étude métallographique est réalisée pour confirmer l'état mécanique des canalisations)
- applicable aux conduites allant de 100 mm jusqu'à 6000 mm de diamètre
- exige que l'eau distribuée ne soit ni trop douce ni trop acide
- non applicable dans les zones à faible consommation d'eau

- REVETEMENT EN RESINE EPOXY -

Principe :

Graphique 16. Revêtement EPOXY (Source :SARP)



Photographie n°9. Mise en œuvre d'un revêtement EPOXY (Source AXEO – 2004)



Cette technique non structurante a pour objet l'application d'un revêtement interne à 1 mm d'épaisseur à base de résine époxy.

Sa mise en œuvre après nettoyage efficace de la canalisation par un procédé mécanique et séchage de celle-ci, consiste à introduire dans la canalisation un appareil constitué d'une turbine à air comprimé qui projette le revêtement sur la paroi qui est lissé par un système de brosses rotatives.

La longueur des tronçons à traiter est de l'ordre de 130 m et il est d'usage de traiter 400 ml par semaine. Le temps de séchage de la peinture (donc d'immobilisation de la conduite) est de 8 heures après nettoyage et application.

<p>Opérations nécessaires avant la remise en eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> • contrôle par sonde télévisuelle effectué après l'étape de désincrustation et à l'issue de l'application de la résine • contrôle des rinçages de la canalisation avant remise en eau • réalisation de la désinfection de la partie réhabilitée selon le protocole du distributeur d'eau
<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • cadence d'application élevée • gêne réduite des riverains • protection anticorrosion généralement efficace • L'épaisseur du revêtement (1 mm) ne réduit que très peu la section de la conduite et l'inertie chimique de la résine garantie l'innocuité du contenant avec le métal de la conduite. La peinture a de plus reçu l'Attestation de Conformation Sanitaire.
<p>Inconvénients :</p> <ul style="list-style-type: none"> • réalisation d'une fouille à chaque extrémité du tronçon à réhabiliter et arrêt de l'alimentation en eau • probablement pas économique pour des diamètres supérieurs à 225 mm • coût de cette technique se situant autour de 30% du renouvellement traditionnel • cette technique est optimale si la canalisation existante est en bon état mécanique (épaisseur résiduelle de la canalisation pas trop faible,...) mais n'est en rien une solution consolidante
<p>Domaine d'application :</p> <ul style="list-style-type: none"> • applicable sur le même type de canalisation que celui concerné par le mortier de ciment • applicable aux conduites de diamètre pouvant varier de 60 à 300 mm

Les revêtements EPOXY comme les projections de mortier constituent des solutions alternatives au remplacement traditionnel des conduites anciennes des réseaux de distribution d'eau potable, en prolongeant leur vie de manière significative. Ainsi, la durée de vie d'une réhabilitation EPOXY est estimée à plus de 75 ans suite à des essais de vieillissement accélérés réalisés par le WRC. Cependant, ce type de technique ne permet pas de consolidation des ouvrages (AXEO – 2004).

En revanche, les tubages permettent de mettre en place des conduites présentant des durées de vie et des qualités mécaniques identiques à celles de conduites posées selon des techniques « traditionnelles » (ouverture de tranchées).

Toutefois, ces méthodes restent intéressantes, d'un point de vue économique et en terme de minimisation des gênes engendrées par les chantiers.

La maîtrise de ces procédés exige de connaître leurs possibilités autant que leurs limites dans le cadre des nombreux paramètres rencontrés pour chaque chantier.

Une technique peu utilisée en réhabilitation des conduites d'eau potable : le chemisage

Le chemisage consiste à insérer, par réversion à l'eau, une gaine textile souple imprégnée de résine qui va s'appliquer contre la canalisation à réhabiliter et après polymérisation forme une conduite neuve. Il s'agit d'une technique consolidante souvent utilisée en assainissement. Cette méthode est cependant peu au point pour les conduites d'eau potable. Ces procédés, destinés avant tout à l'assainissement, n'ont pas obtenu l'agrément sanitaire pour le contact avec l'eau

potable. De plus, ces techniques, consolidantes, sont souvent insuffisantes pour obtenir une réhabilitation suffisamment solide pour supporter un travail sous pression.

6.2 Remplacement des réseaux

6.2.1 Définition et objectifs

Par définition, le remplacement consiste en la pose d'une nouvelle conduite destinée à être substituée à un ouvrage ancien, dont les caractéristiques structurelles ne sont plus compatibles avec son utilisation.

6.2.2 Techniques de remplacement

Les techniques de remplacement, présentées ci-après sous forme de tableaux, sont :

- Pose en tranchée ouverte ;
- Pose sans tranchée :
 - forage directionnel ;
 - forage guidé ;
 - fonçage horizontal ;
 - techniques destructives :
 - remplacement après éclatement ;
 - microtunnelier « mange-tube » ;
 - remplacement après extraction.

Pour les petites collectivités, la méthode traditionnelle de pose par tranchée ouverte reste la solution la plus adaptée, d'un point de vue technique et économique. Toutefois, les procédés sans tranchée peuvent s'avérer utiles lors de chantiers particuliers (traversée de voies-ferrées, routes, centre ville...).

- POSE EN TRANCHEE OUVERTE -

Principe :

Méthode traditionnelle, elle est parfaitement adaptée aux petites collectivités rurales.
La mise en œuvre est régie par le fascicule 71 du C.C.T.G.

Cette solution est généralement préférée à une technique de réhabilitation si l'état de l'ouvrage en place interdit toute intervention ou si le coût se révèle moins important.

Un soin particulier doit être apporté au choix des matériaux et à la qualité de la pose pour limiter les risques de dégradation.

Opérations préalables nécessaires :

- précautions liées à ce type de travaux (cf. fascicule 71)
- maintien en service provisoire de l'ancien ouvrage ou dérivation par maillage

Avantages :

- pose d'un ouvrage neuf selon les règles de l'art
- simple à mettre en œuvre en milieu dégagé
- souvent plus économique en coût direct à moins de 2 m de profondeur

Limites :

- risques de coûts indirects importants en milieu urbanisé
- gêne occasionnée par ce type de travaux
- impossibilité de mise en œuvre dans certains cas : traversée de routes, voies de chemin de fer, cours d'eau, encombrement souterrain, ...

Domaine d'application :

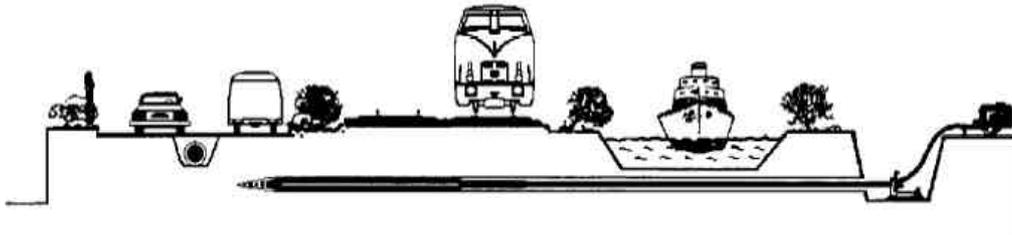
- tous diamètres et toutes pressions, selon les matériaux utilisés

Pose sans tranchée - FORAGE / FONCAGE -

Principe :

Ces procédés consistent à mettre en œuvre une nouvelle canalisation sans ouverture de tranchée, et sont régis par le fascicule 71 du C.C.T.G. Ces techniques s'appliquent lorsque l'état de l'ouvrage est tel qu'aucune autre méthode n'est envisageable et que la pose avec tranchée est rendue difficile ou coûteuse du fait de l'environnement.

Graphique 17. Procédé par forage (Source : Guide FNDAE n° 10)



On distingue :

▪ Forage directionnel :

Le nouveau tuyau, généralement installé derrière la machine, est en acier ou thermoplastique long en barres soudées sur chantier ou en touret. Cette technique est applicable pour des diamètres de 100 à 1200 mm et des longueurs pouvant atteindre 200 mètres.

▪ Forage guidé :

La machine guidée en surface pénètre le sol par effet combiné mécanique d'un foret et d'un jet d'eau sous pression, et tracte un nouveau tuyau généralement en thermoplastique long en barres soudées sur chantier ou en touret. Cette technique est applicable pour des diamètres de 50 à 250 mm et des longueurs n'excédant pas 50 m par tronçon de travail.

▪ Fonçage horizontal :

Cette technique est réservée aux diamètres nominaux supérieurs à 1000 mm.

Opérations préalables nécessaires :

- repérage précis de la conduite existante et de son environnement
- contrôle de l'effort de traction (longueur de forage limitée)
- contrôle de la position estimée de la machine et des profils du nouveau tuyau

Avantages :

- indépendance vis-à-vis des obstacles urbains
- faible emprise au sol, en général
- compétitive sur le plan économique

Limites :

- réalisation de nombreuses fouilles, selon les techniques et le projet
- respect de hauteurs minimales de couverture (1,2 m en forage dirigé)
- irrégularité des profils dans les terrains hétérogènes
- reprise délicate des branchements

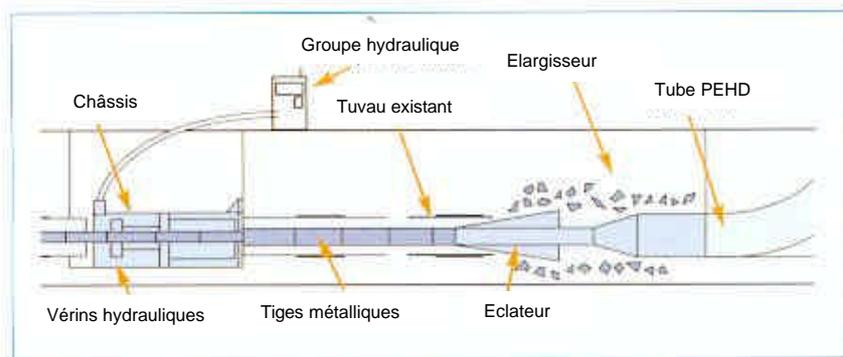
Domaine d'application :

- utilisable pour des tronçons singuliers du réseau, pour toutes pressions selon les matériaux prévus

Pose sans tranchée : technique destructive - REMPLACEMENT APRES ECLATEMENT -

Principe :

Graphique 18. Eclatement de l'ancienne conduite (Source : AXEO)



Cette technique consiste en un remplacement d'une ancienne canalisation par une nouvelle conduite en PVC ou polyéthylène d'un diamètre supérieur ou égal.

Un marteau éclateur alimenté par air comprimé et tracté à son extrémité est introduit dans la conduite. Des ailerons articulés en tête du marteau sont actionnés par un circuit hydraulique et permettent de pulvériser l'ancienne canalisation.

Une canalisation en PEHD est posée immédiatement dans le sillon de l'éclateur.

Opérations préalables nécessaires :

- nécessité de connaître précisément les réseaux sensibles existants (gaz, EDF, ...) du fait de l'effet d'éclatement
- nécessité des fouilles d'introduction et de réception du marteau éclateur (de 1 m à 3 m de long)
- dépose de toutes les pièces en acier et en fonte ductile (collier de prise en charge, manchon de réparation...) de la conduite

Avantages :

- conservation de la position de l'ancienne conduite
- possibilité d'augmenter la section de la conduites nécessaire
- réduction des nuisances du chantier
- technologie permettant d'augmenter le diamètre des réseaux existants parfois jusqu'à deux fois le diamètre initial en fonction du type de matériau et de la configuration du réseau.
- peut s'utiliser sur des canalisations en fonte grise, amiante-ciment, béton non armé, fonte ductile ou PVC.

Limites :

- présence de zones de réparation et de branchement particulier
- nécessité de repérer les coudes avant de commencer le travail
- faible hauteur de couverture
- risque pour l'environnement de la conduite (chaussée, autres réseaux)
- difficulté pour casser les raccords d'une réparation antérieure
- progrès limités par des protections en béton
- nécessité de déconnecter pour éviter des dégâts

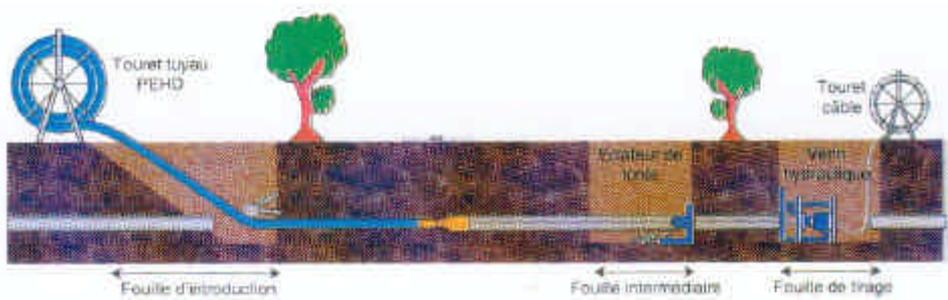
Domaine d'application :

- utilisable essentiellement pour le remplacement des anciennes canalisations hormis les conduites en béton armé et acier de diamètre de 60 à 300 mm

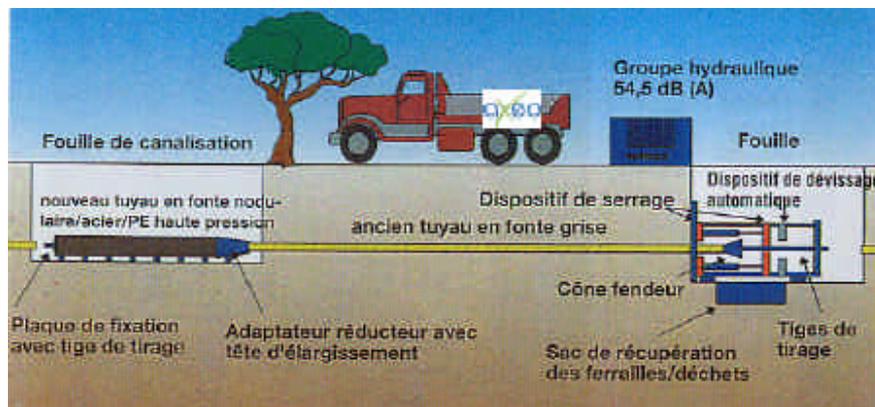
Pose sans tranchée : technique destructive
- REMPLACEMENT APRES EXTRACTION -

Principe :

Graphique 19. Remplacement après extraction (Source : SADE)



Graphique 20. Le procédé HYDROS PLUS (Source : AXEO)



Cette technique permet de substituer une nouvelle conduite en PEhd, fonte ductile ou PVC à une ancienne canalisation qui est extraite.

Une unité hydraulique d'extraction est installée, un câble est passé à l'intérieur de l'ancienne conduite jusqu'à une tête de tirage sur laquelle est ancrée la nouvelle canalisation.

Le premier tronçon est extrait et simultanément éclaté, puis le coin d'éclatement est déplacé sur le tronçon suivant.

Opérations préalables nécessaires :

- extraction de l'ancienne canalisation par tronçon de 10 à 30 cm
- réalisation d'une excavation tous les 10 ou 30 m ou au droit de chaque branchement

Avantages :

- conservation de la position de l'ancienne conduite
- permet l'augmentation de la section de la conduite si nécessaire
- réduction des nuisances du chantier
- adapté aux canalisations très endommagées
- extraction du sol de l'ancien matériau
- actuellement cette technique est la seule technique sans tranchée qui permette un remplacement d'une conduite en fonte par une autre conduite en fonte, ce qui permet de répondre aux attentes de certaines collectivités qui souhaitent privilégier ce matériau

Limites :

- puits d'accès nécessaires
- longueur d'extraction limitée
- sols caillouteux ou compacts défavorables
- interférences avec le milieu (autres réseaux, sol)

Domaine d'application :

- applicable à toutes les conduites de diamètre 60 à 250 mm hormis celle en béton armé et acier

Pose sans tranchée : technique destructive**- MICROTUNNELIER « mange-tube » -****Principe :**

Le nouveau tuyau, poussé derrière la machine assurant le creusement, est constitué d'éléments assemblés dont la nature est adaptée à ce type de travail (béton âme-tôle, fibres-ciment, PRV...)

Opérations préalables nécessaires :

- repérage précis de l'ancienne conduite et de son environnement
- contrôle de l'effort de poussage
- contrôle de l'endommagement définitif du sol

Avantages :

- faible emprise au sol, en général
- indépendance vis-à-vis des obstacles urbains

Limites :

- nécessité de nombreuses fouilles, tous les 80 m environ
- reprise délicate des branchements détruits
- coût élevé

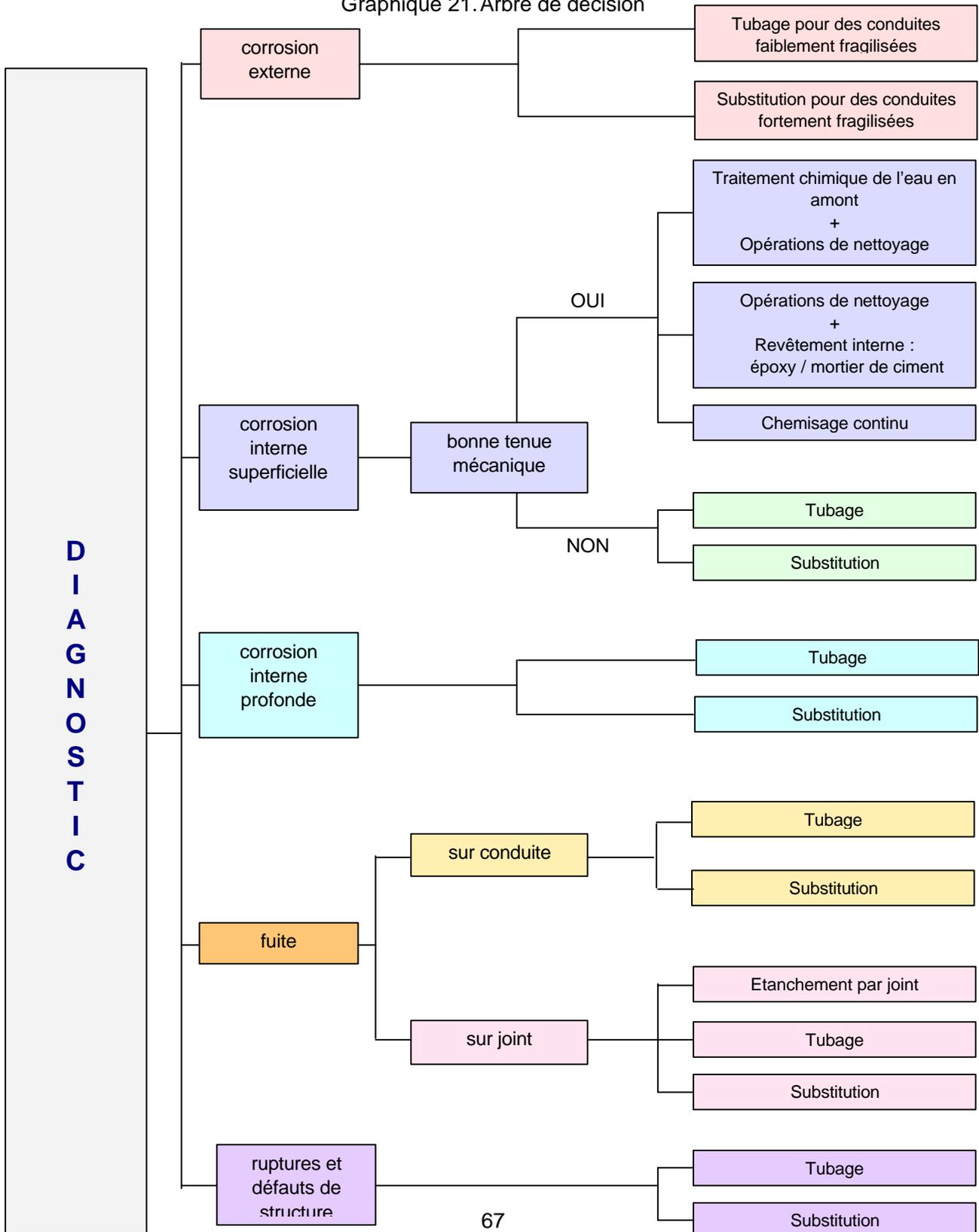
Domaine d'application :

- applicable à toutes les conduites sauf béton armé et acier
- utilisable pour les diamètres supérieurs à 300 mm

6.3 Synthèse sur les techniques de réhabilitation et de renouvellement : arbre de décision

Le schéma suivant propose une synthèse de l'ensemble des techniques de réhabilitation et renouvellement des canalisations, dans le but d'aider chaque gestionnaire d'eau dans la prise de décision du choix du procédé.

Graphique 21. Arbre de décision



7 PROCÉDES DE RÉHABILITATION DES BRANCHEMENTS

Les procédés de réhabilitation et de renouvellement des branchements sont principalement appliqués dans le cas de :

- rénovation ou suppression des vieux tuyaux en plomb. Il s'agit principalement de limiter la concentration de plomb dans l'eau soit en remplaçant le branchement, soit en supprimant le contact entre l'eau et le plomb ;
- remplacements des branchements dans le cadre du renouvellement d'une ancienne canalisation.

Certains des procédés évoqués pour les canalisations peuvent s'appliquer aux branchements.

7.1 *Techniques de rénovation*

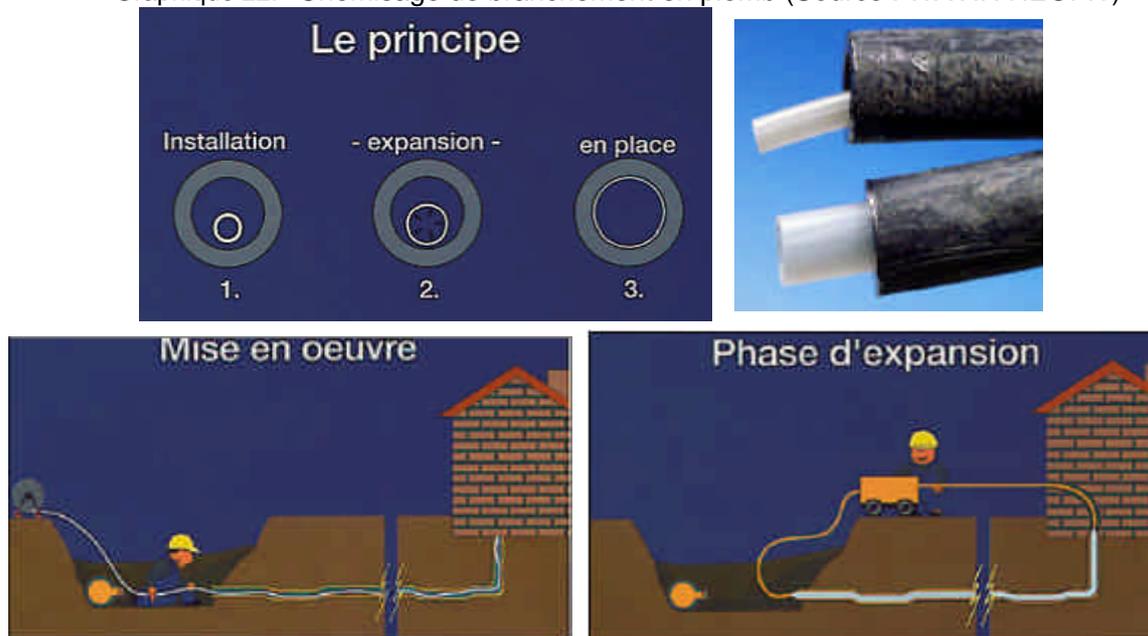
Les principales techniques de réhabilitation des branchements en plomb sont :

- dépôt d'une couche de polymère protecteur à l'intérieur des canalisations en plomb par remplissage avec une solution aqueuse de latex. Ce procédé, développé en 1997 par Anjou Recherche, peut réhabiliter les branchements en plomb mais également les réseaux intérieurs.
- chemisage dont une présentation est faite à la fiche suivante.
- revêtement en résine époxy : (technique présentée précédemment pour les canalisations).

- CHEMISAGE WAVIN NEOFIT-

Principe :

Graphique 22. Chemisage de branchement en plomb (Source : WAVIN NEOFIT)



Le procédé Néofit, développé par la société Wavin, consiste à insérer une gaine en polyéthylène téréphtalate de faible diamètre (PET Liner) dans le branchement à réhabiliter. Cette gaine est expansée par des cycles d'injection et de circulation d'eau chaude (environ 85°C à 4-6 bars) afin de la plaquer contre les parois intérieures du tuyau.

Opérations préalables nécessaires :

- nécessité d'une fouille au droit du piquage sur la conduite de distribution
- sectionnement du tuyau en plomb, à l'intérieur de l'excavation
- dépose du robinet d'arrêt avant compteur et du compteur
- nettoyage préalable et séchage du tuyau, par le passage de plusieurs racleurs en mousse

Avantages :

- rapidité (3-4 branchements par jour) et propreté de la technique
- temps de coupure d'eau de 3 heures environ
- intéressant pour les opérations importantes et localisées
- réhabilitation, en une seule opération, de la partie publique du branchement et de la partie enterrée en domaine privé

Limites :

- technique non structurante
- risque d'endommagement de la gaine en cas d'intervention (découpage, perçage) sur le tuyau
- suppose des branchements simples, relativement rectilignes, sans piquage ni vanne
- maintien du plomb dans le sol
- technique ne pouvant être mise en œuvre que par des opérateurs hautement qualifiés

Domaine d'application :

- réhabilitation de diamètres de 12 à 45 mm sur une longueur maximale de 25 mètres
- demande un outillage spécifique
- nécessite l'utilisation de raccords spécifiques
- applicable dans le cas où les autres techniques sans tranchée ne peuvent pas être utilisées (réparation, très longue longueur de plomb, impossibilité d'ouverture de tranchée...)

7.2 Techniques de remplacement

Différentes techniques peuvent être proposées pour l'élimination des branchements en plomb :

- remplacement avec tranchée
- remplacement sans tranchée, préférentiellement utilisé dans les zones urbanisées :
 - fonçage à la fusée
 - extraction
 - extracoupe (découpe du plomb)

Ces techniques sans tranchée, plus complexes, présentent toutefois de nombreux avantages en terme de préservation de l'environnement, d'impact sur la circulation et de coût social. Des économies allant jusqu'à 20% peuvent être réalisées, dans le cas de branchements longs.

- REMPLACEMENT AVEC TRANCHEE -
<p>Principe :</p> <p>Technique traditionnelle, le remplacement avec tranchée consiste à réaliser une tranchée ouverte à l'endroit du branchement, à couper ce dernier et à le remplacer par une conduite neuve en polyéthylène.</p>
<p>Opérations préalables nécessaires :</p> <ul style="list-style-type: none">• Précautions en terme de sécurité du chantier et de pose
<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none">• technique fiable à 100%• rapidité d'exécution avec un temps de coupure d'eau d'environ 1h30 (dont 1h de temps de contact pour la désinfection) par branchement• pas besoin de matériel spécifique
<p>Limites :</p> <ul style="list-style-type: none">• désordres causés aux chaussées et aux parties privatives• gêne causée à la circulation et aux riverains
<p>Domaine d'application :</p> <ul style="list-style-type: none">• solution idéale pour des petites distances, de 4 à 5 mètres

Remplacement sans tranchée

- FONCAGE A LA FUSEE -

Principe :

Ce procédé consiste à réaliser un forage par compactage du terrain au moyen d'un fonceur pneumatique qui crée un passage. La direction d'envoi de la fusée est ajustée au démarrage à l'aide d'une lunette de visée placée dans la fouille de départ et d'un jalon gradué dans la fouille d'arrivée. A l'issue du fonçage, un tube en polyéthylène est introduit, soit directement dans le passage réalisé par la fusée, soit lorsque le terrain est bouillant, à l'intérieur d'un fourreau tracté à la suite de la tête du fonceur.

Opérations préalables nécessaires :

- reconnaissance très précise des réseaux des concessionnaires existants (gaz, électricité...)

Avantages :

- taux de réussite du procédé de 95%
- nécessite d'une journée pour la pose d'un branchement, avec 1 heure de passage de la fusée
- temps de coupure d'eau d'environ 1h30 dont 1 h de désinfection de la conduite neuve

Limites :

- tuyau non retiré du sous-sol (maintien du plomb dans le sol)
- outillage spécifique
- présence de masses dures sur le chemin de la fusée ou à un terrain trop mou
- risques de dégradations des réseaux voisins si ces derniers sont trop proches (cette technique ne saurait être utilisée si un autre réseau se situe à moins de 40 cm de la conduite d'eau potable)

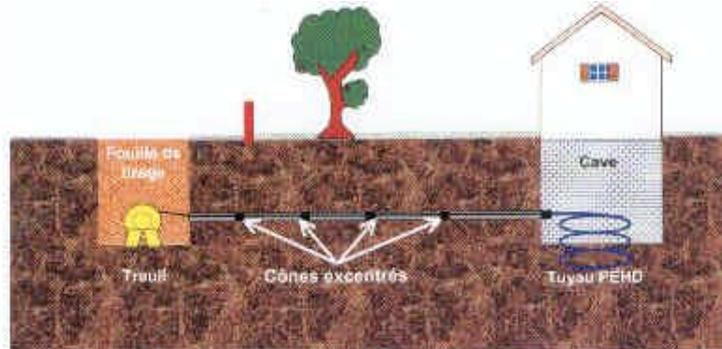
Domaine d'application :

- réalisation de 5 à 8 tirs par jour, pour des linéaires de 4 à 15 m

Remplacement sans tranchée - EXEMPLE DU PROCEDE EXTRACTOR SADE® -

Principe :

Graphique 23. Procédé Extractor (Source : SADE)



Développé par la Sade en 1992, ce procédé consiste à extraire le tuyau en plomb et à le remplacer place pour place en tirant simultanément un tuyau neuf en polyéthylène haute densité (PE 80). Après terrassement d'une fouille au droit de la prise, le tuyau en plomb est sectionné dans la fouille d'une part et en cave ou en regard d'autre part. Un câble est alors introduit dans la partie du branchement à extraire. Le câble est équipé d'une olive pour arrondir la section interne du plomb et de cônes excentrés répartis uniformément le long du câble pour solidariser le câble et le tuyau en plomb. L'extrémité du câble est fixée à un treuil électrique alimenté par la batterie d'un fourgon. Sa mise sous tension entraîne l'accrochage des cônes sur le tuyau en plomb. Lors du tirage par le treuil, le câble et le plomb extrait viennent s'enrouler sur le tambour du treuil et le polyéthylène prend la place du tuyau en plomb.

Opérations préalables nécessaires :

- suppose un historique du branchement ou une inspection préalable pour vérifier que le tuyau n'est pas écrasé

Avantages :

- mise en place d'un branchement en moins d'une journée dont 1 h pour l'étape d'extraction, avec un temps de coupure d'eau d'environ 1h30 dont 1h est consacrée à la désinfection
- volume restreint de l'unique fouille
- extraction du branchement en plomb quelque soit le tracé et donc réduction de la pollution du sous-sol
- préservation de l'intégrité de la propriété de l'abonné
- réduction des nuisances du chantier

Inconvénients :

- difficultés rencontrées lors de la présence de réparations effectuées à l'aide de collets battus ou de brides sur le linéaire du branchement ou lorsque celui-ci est scellé dans du béton
- limité par la nature du terrain : les sols caillouteux ou très compacts sont des éléments défavorables

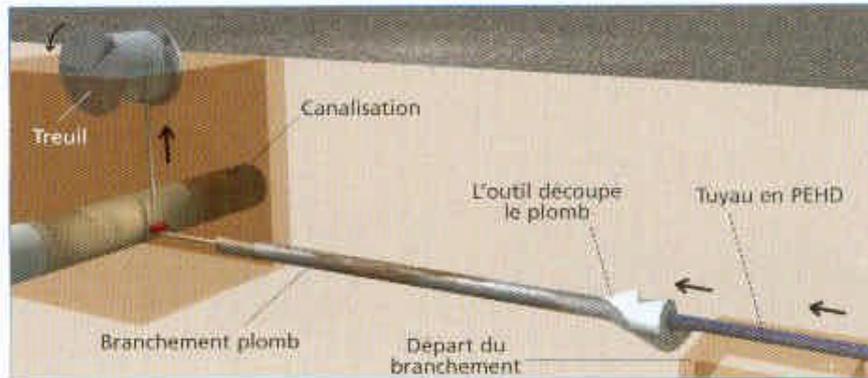
Domaine d'application :

- applicable au tuyau de plomb les plus courants 16/5 et 20/6

Remplacement sans tranchée - EXEMPLE DU PROCÉDE EXTRACOUPE -

Principe :

Graphique 24. Procédé Extracoupe (Source : AXEO)



Ce procédé consiste à faire passer un câble à l'intérieur du branchement en plomb et à l'équiper avec un outil tranchant suivi d'une olive élargisseuse. Le branchement en plomb est alors coupé longitudinalement et le plomb laissé sur place est évasé par le passage de l'olive élargisseuse. L'outil entraîne un nouveau tuyau en polyéthylène durant sa progression à l'intérieur du tuyau en plomb. En présence de terrain sablonneux, le plomb peut parfois être charrié par l'outil coupant et être complètement extrait du sol.

Précautions à prendre :

- suppose un historique du branchement ou une inspection préalable

Avantages :

- taux de réussite de 95%
- volume restreint de fouille
- réduction des nuisances du chantier

Inconvénients :

- nécessité d'un opérateur entraîné
- découpe du tuyau empêchée par la présence de pièces de raccord, des brides, des ancrages
- limité par la nature du terrain : les sols caillouteux et très compacts lui sont défavorables

Domaine d'application :

- applicable aux branchements en plomb les plus courants
- utilisable pour des tracés de 6 à 15 m

Il convient enfin de citer le procédé **HYDROS LEAD** ; cette technique permet d'extraire le branchement plomb et de le remplacer par des tubes PEHD. Hydros LEAD se compose d'un treuil de tirage, d'une centrale hydraulique et d'un chariot de manutention. L'élément d'extraction est constitué d'une chaussette gonflable renforcée par des brins en kevlar.

Une large gamme de techniques de remplacement des branchements en plomb est à la disposition des collectivités pour faire face à l'évolution de la valeur paramétrique sur le plomb. La difficulté majeure pour l'application de la directive restera le remplacement des réseaux intérieurs en plomb (source principale de plomb), à la charge des particuliers.

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

8 RENOUELEMENT : UNE DEFINITION PRECISE... 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.

Est qualifié 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 petites réparations 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 tubage peut poser problèmes dès lors :

- qu'il est réalisé sur une longue distance ;
- que la méthode employée permet une restructuration de l'ouvrage ;
- que le coût de l'opération est important.

En revanche, une rénovation (revêtement époxy, projection de mortier...) n'atteindra que très rarement 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 diamètre. Les techniques sans tranchée destructives (microtunnelier, éclate-tube) et l'ouverture de tranchée permettent ces opérations. 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 peut être aidée ou

subventionnée selon les mêmes modalités que des travaux de premier établissement. 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.

9 Renouveler : quand et pourquoi ?

9.1 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 ;
- sociale ou réglementaires ;
- contractuelles.

9.1.1 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**.

9.1.2 Causes économiques

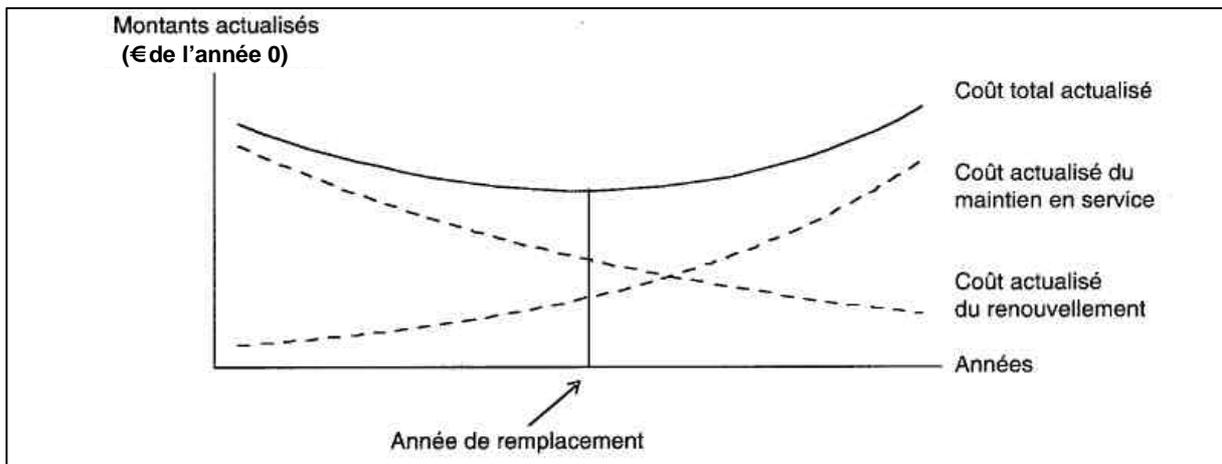
Les causes économiques sont liées à la recherche d'un coût global³ de renouvellement minimal. Cette démarche de minimisation du coût global repose sur les deux constats suivants :

- 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 n'est mise en œuvre que dans les centres urbains relativement conséquents. 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 peut ainsi 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).

³ Coût global = coûts actualisés d'investissement, d'entretien et de fonctionnement.

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



9.1.3 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.

Dans l'absolu, cette cause peut provoquer à elle seule le remplacement de conduites si l'on constate que l'apport de l'innovation offre de bien meilleures garanties en ce qui concerne la qualité de l'eau distribuée. En fait, le plus souvent, elle ne fait qu'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.

9.1.4 Causes sociales ou réglementaires

Elles recouvrent, par exemple une restriction au niveau de la liste des matériaux en contact avec l'eau à distribuer ou un durcissement de la réglementation concernant un paramètre. C'est le cas, par exemple de la teneur en plomb que doit avoir l'eau destinée à la consommation humaine. L'abaissement conséquent de la valeur maximale autorisée de cette teneur a induit dans certains cas une forte accélération du remplacement des conduites et branchements en plomb.

9.1.5 Causes contractuelles

Cette cause couvre le cas où le délégataire 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.

9.2 *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 de distribution d'eau potable qui est mis en place y compris au sein des grands centres urbains (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'eau potable. Du fait de son caractère prévisionnel marqué, c'est également une démarche allant dans le sens d'une meilleure lutte :

- contre les fuites ;
- contre la dégradation du service.

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 (casse, entartrage tel qu'il entraîne des problèmes de pression...) 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 réparations ponctuelles ou aux techniques de rénovation (résine époxy, projection de mortier) 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 structurel qui peut en résulter ne sont que des facteurs de défaillance parmi bien d'autres. Les causes de rupture des canalisations peuvent être très diverses :

- **affaiblissement par suite de corrosion ou de détérioration ;**
- **défauts du matériau ;**
- **défauts de mise en œuvre ;**
- **mouvement du sol ;**
- **augmentation de la pression de service ;**
- **coup de bélier ;**

- gel ;
- ...

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 mené (ALEXANDRE Olivier – 1993).

Cet inventaire devra comprendre, au minimum, par tronçon :

- le diamètre de la conduite ;
- la profondeur ;
- le matériau ;
- le type des joints ;
- la date 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 adjoint :

- le type de dommage (rupture, fissuration, corrosion, entartrage...) ;
- la cause du dommage (défaut de mise en œuvre, défaut du matériau, cause liée à l'environnement...) ;
- les mesures prises (renforcement, réparation, 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 ;
- une estimation de la valeur de l'eau potable perdue ;
- éventuellement les conditions de desserte de secours...

La gestion d'une banque de données ainsi obtenue sera complétée par une cartographie des défaillances constatées. 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 de la gestion patrimoniale des réseaux ne s'oppose pas à ce que la collectivité base parfois ces choix de remplacement sur des événements extérieurs. Au contraire, la fine connaissance des réseaux de distribution d'eau potable 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'eau potable :

- 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 de distribution d'eau potable 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.

Les systèmes d'aides à la décision décrits en chapitre 4.1.2.3 vont de plus en plus être utilisés pour la programmation des travaux. En particulier, le programme de recherche SIRICO est très prometteur pour les collectivités rurales.

La programmation des travaux étant, par la prise en compte de l'ensemble des facteurs décrits dans ce chapitre, optimisée d'un point de vue technico-économique, il convient d'aborder l'autre grand aspect de la problématique du renouvellement de réseaux de distribution d'eau potable à savoir le financement des travaux correspondants.

10 LE FINANCEMENT DU RENOUELEMENT DES RESEAUX D'EAU POTABLE

10.1 *Le cadre budgétaire et comptable défini par différentes instructions*

10.1.1 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 instaure donc une obligation d'individualisation budgétaire dont seuls les services concédés sont dispensés. Cette obligation implique pour le service d'eau la création d'un budget propre ou d'un budget annexe selon les principes exposés dans le Tableau 10.

Tableau 10. 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 ⁴		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.

⁴ La concession reste une mode de gestion relativement rare pour les réseaux de distribution d'eau potable 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 M14⁵ 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

⁵ L'instruction M14 est applicable aux communes et aux établissements publics de coopération intercommunale depuis le 1er janvier 1997.

10.1.2 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'eau potable. Nous reproduisons ci-dessous le cadre pour la présentation des budgets des services publics de distribution d'eau potable donné par l'instruction M 49.

Tableau 11. 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	

10.2 Les différents moyens de financement du renouvellement des réseaux d'eau

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

10.2.1 La voie à privilégier pour le renouvellement des conduites d'eau potable : 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 10.1.

Les mécanismes d'autofinancement possibles sont :

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

10.2.1.1 L'amortissement des immobilisations

10.2.1.1.1 Les différentes notions d'amortissement

Le cadre comptable et budgétaire applicable aux services d'eau 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.

10.2.1.1.1.1 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 d'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).

10.2.1.1.1.2 *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.

10.2.1.1.1.3 *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 10.2.1.2).

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. Le principe des 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	= Remboursement de l'emprunt
	Amortissement				
RECETTES			RECETTES		
				Amortissement	

Procédure de l'amortissement budgétaire

10.2.1.1.1.4 Conclusion sur les différentes notions d'amortissement

L'amortissement apparaît à la fois comme une dépense de la section exploitation et une 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).

10.2.1.1.2 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.

10.2.1.1.2.1 *Champ d'application*

Dans le cadre du service d'eau potable 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.

10.2.1.1.2.2 *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'actif⁶. 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'eau potable ».

⁶ 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.

10.2.1.1.2.3 Base de calcul

La base de référence est le coût historique des immobilisations. Ce coût historique correspond au coût d'acquisition ou de réalisation augmenté 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 ou un syndicat à vocation multiple, 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 dus 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.

10.2.1.1.2.4 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 12). **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 12. Cadences réglementaires d'amortissement proposées (arrêté du 12 août 1991)

Ouvrages	Cadence réglementaire d'amortissement proposée
Ouvrages de génie civil pour le captage, le transport et le traitement de l'eau potable, canalisations d'adduction d'eau	30 à 40 ans
Installations de traitement de l'eau potable (sauf génie civil et régulation)	10 à 15 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 laboratoires, 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

10.2.1.1.2.5 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 11)

La seule modification qui apparaît dans le plan de compte abrégé applicable par les services d'eau potable délégués, 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.

10.2.1.1.3 La pratique de l'amortissement

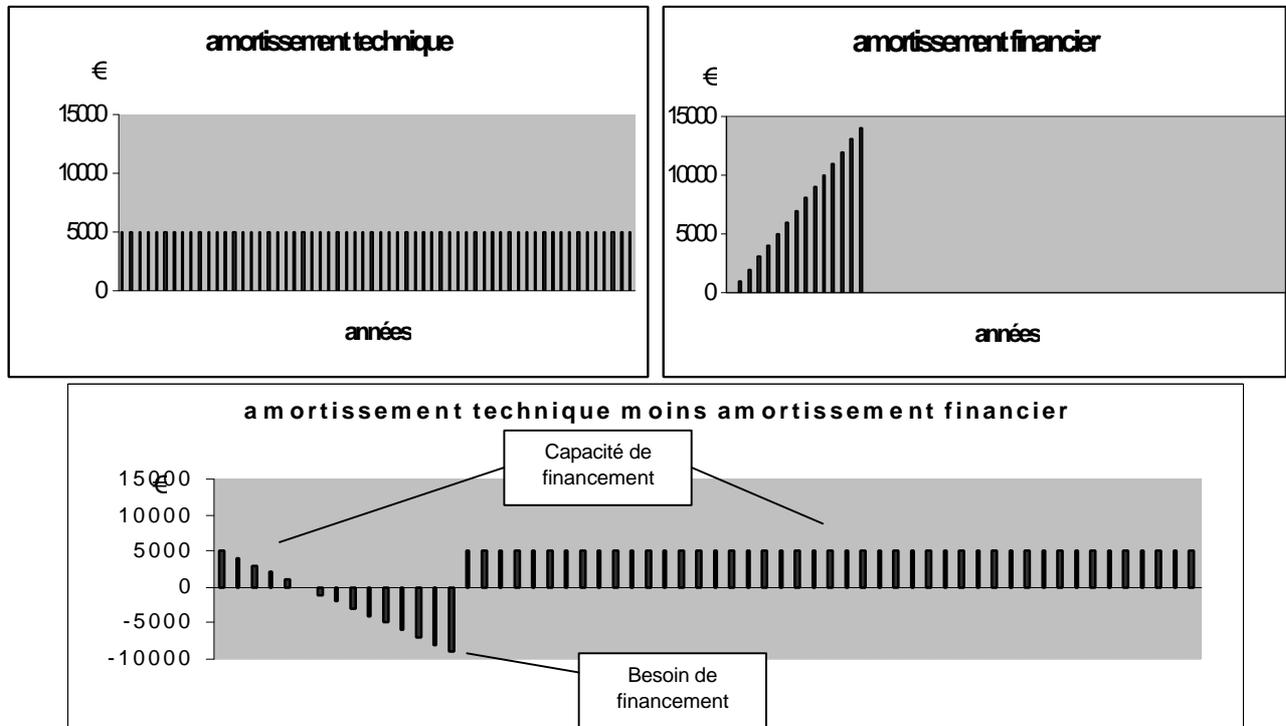
10.2.1.1.3.1 Un moyen de couvrir l'amortissement financier

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 10.2.1.2) n'ayant qu'un caractère résiduel, l'amortissement constitue la procédure budgétaire assurant, à titre principal, la couverture de l'amortissement financier.

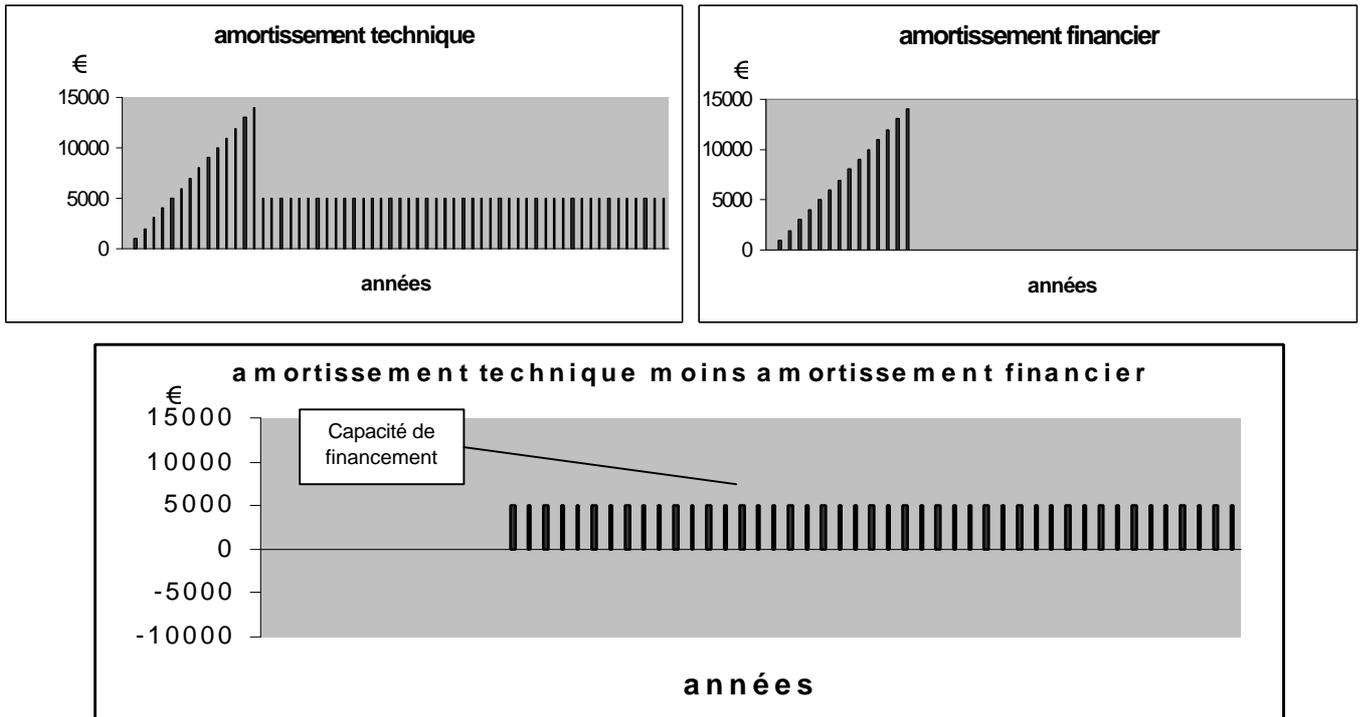
Cependant, l'amortissement est, le plus souvent, calculé de façon linéaire, alors que les usages bancaires établissent que le remboursement du capital prêté s'effectue selon un rythme croissant. Par conséquent, selon la part prise par l'emprunt dans le financement de l'investissement, et selon la durée 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.

10.2.1.1.3.2 L'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.

10.2.1.1.3.3 *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 quelle utilise.

10.2.1.1.4 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.

10.2.1.2 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 dépenses 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).

10.2.1.3 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 afférant 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).

10.2.1.4 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 sauraient 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		...	1572 Provision pour grosses réparations	
77	Produits exceptionnels		
78	Reprises sur amortissements et provisions		16	Emprunts et dettes assimilées	
79	Transferts de charges		20	Immobilisations incorporelles	
603	Variation de stocks		21	Immobilisations corporelles	
609	Rabais, remises, ristournes obtenus sur achats		26	Participation et créances rattachées à des participations	
619	Rabais, remises, ristournes obtenus sur services extérieurs		27	Autres immobilisations financières	
6419	Remboursements sur rémunérations		28	Amortissement des immobilisations	
6459	Remboursement sur charges de sécurité sociale et de prévoyance		29 Provisions pour dépréciation de immobilisations		
	Excédents antérieurs reportés		39	Provisions pour dépréciation des stocks et en-cours	
	TOTAL DE LA SECTION		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	
			005	Autofinancement complémentaire de la section d'investissement	
				TOTAL	

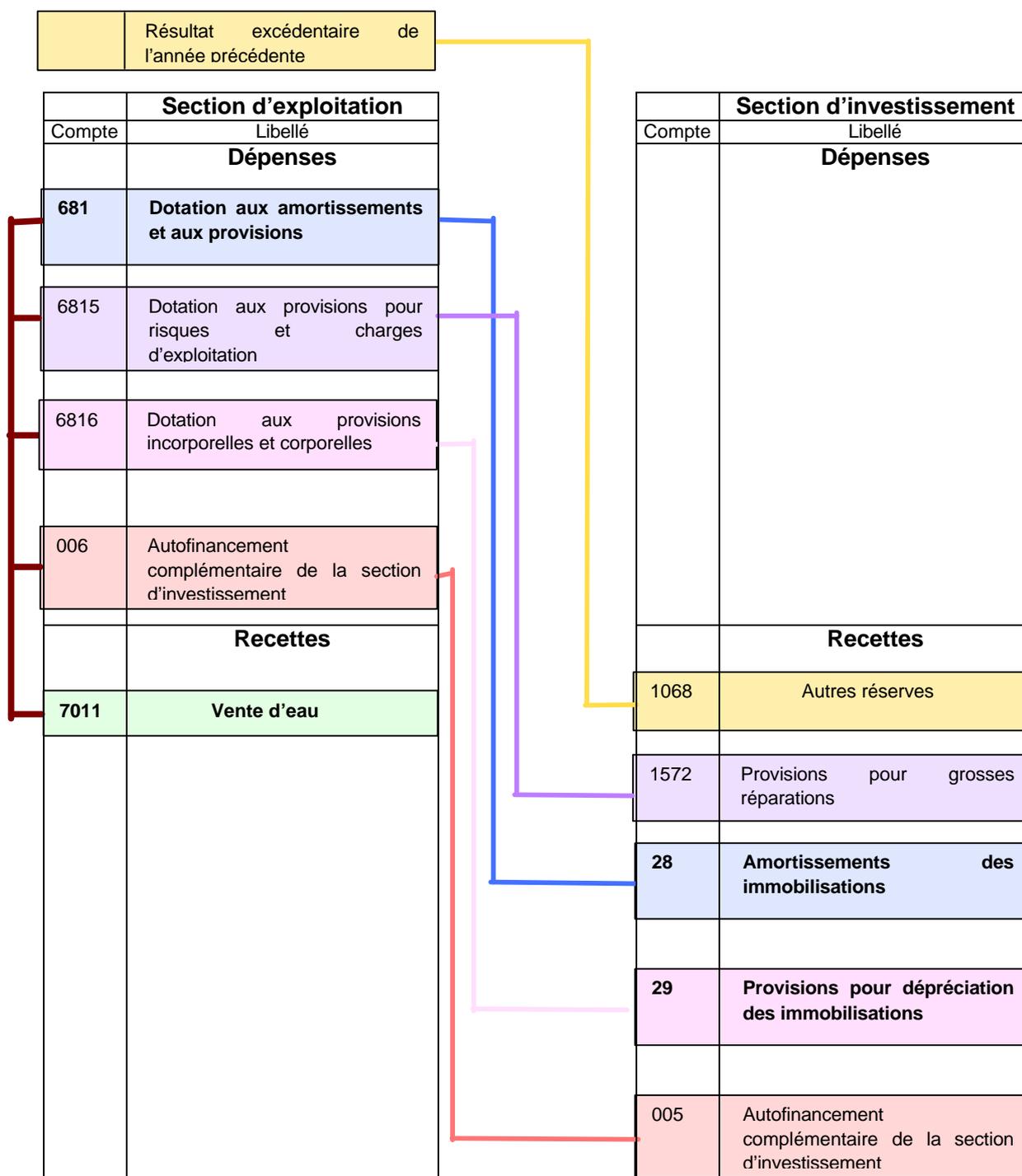
Provisions pour grosses réparations

Provisions pour dépréciation des immobilisations

10.2.1.5 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'eau qui applique l'instruction budgétaire et comptable M 49.

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



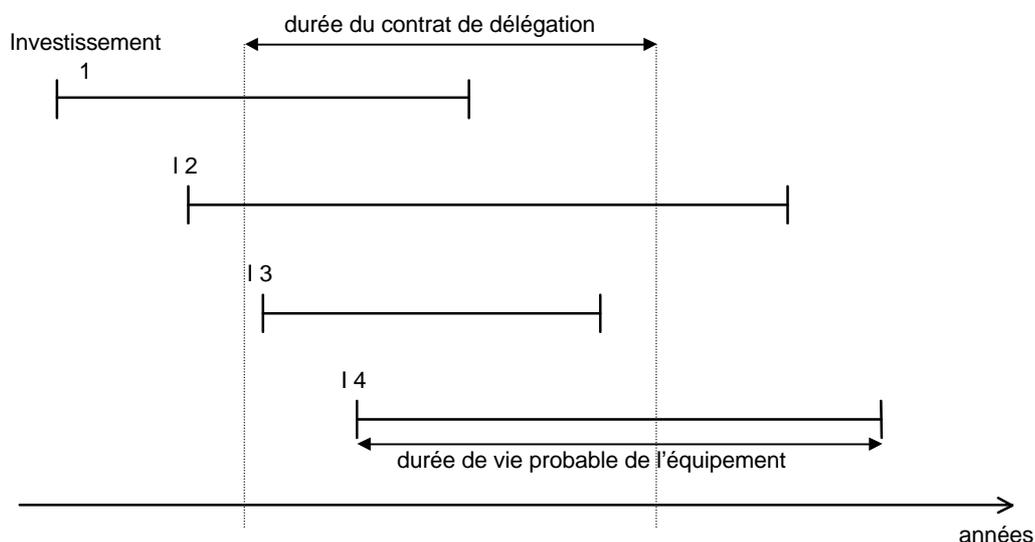
10.2.1.6 Le financement du renouvellement par le gestionnaire délégué

Le Tableau 13 résume la répartition des amortissements intervenant entre la collectivité et son exploitant dans le cadre d'une gestion déléguée de service.

Tableau 13. 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:

	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'eau.

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).

10.2.1.6.1 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 a 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).

10.2.1.6.2 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.

10.2.1.6.3 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.

10.2.1.7 Les clauses de renouvellement possibles

10.2.1.7.1 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.

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).

10.2.1.7.2 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 ces 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).

10.2.1.7.3 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 14. Tendances liées à chaque clause de renouvellement

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

10.2.1.7.4 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.

10.2.1.7.5 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 possibles, 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.

11 Financement du renouvellement des réseaux d'eau potable : d'autres formes de solidarité

Pour de nombreux services d'eau ruraux, il est impossible de dégager de manière indépendante un autofinancement significatif. Du fait de la faible population qu'ils desservent, seule une augmentation considérable et insupportable par les usagers du prix de l'eau pourrait leur permettre de dégager une marge d'autofinancement suffisante. Pour ces collectivités, seuls des systèmes de solidarité, à l'échelle la plus large possible, permettent de dégager de nouveaux moyens. Quatre systèmes départementaux spécifiques au financement du renouvellement avaient été analysés par Olivier ALEXANDRE dans le document technique FNDAE n°15 relatif au financement du renouvellement des réseaux d'eau potable publié en 1993. Nous allons faire, dans ce chapitre le point sur ces initiatives. Il s'agit des systèmes mis en place :

- ⇒ en Vendée ;
- ⇒ dans l'Aube ;
- ⇒ dans le Rhône.

11.1 Le système de la Vendée.

Le Syndicat Départemental d'Alimentation en Eau Potable de la Vendée (S.D.A.E.P. de la Vendée) est un Etablissement Public de Coopération Intercommunale (E.P.C.I.).

Il fédère, par l'intermédiaire des Syndicats Intercommunaux adhérents, 276 communes sur les 282 que compte la Vendée.

Par délégation, il exerce les compétences du Service Public de la distribution de l'eau potable.

A ce titre, le S.D.A.E.P. de la Vendée (source site Internet du S.D.A.E.P. : <http://www.sdaep85.fr/>) :

- ⇒ établit le Règlement du Service de Distribution de l'eau potable ;
- ⇒ fixe annuellement les **tarifs** du service de l'eau potable, **identiques sur toutes les communes adhérentes** ;
- ⇒ achète l'eau potable produite par les Syndicats Intercommunaux adhérents ou par d'autres collectivités ;
- ⇒ organise les conditions de l'exploitation des réseaux et ouvrages, de la gestion des abonnés et de la facturation de l'eau ;
- ⇒ décide de réaliser les investissements nécessaires aux extensions et aux renouvellements des ouvrages et des réseaux de distribution d'eau potable.

Le S.D.A.E.P. peut être défini par les chiffres suivants (source site Internet du S.D.A.E.P. : <http://www.sdaep85.fr/>)

- ⇒ 280 000 abonnés
- ⇒ 12 800 km de canalisations
- ⇒ 30 000 000 m³ d'eau potable consommés
- ⇒ 80 réservoirs (châteaux d'eau et bâches au sol)

⇒ 61 000 000 € : montant annuel du budget.

Le syndicat ajuste le prix de l'eau afin de pouvoir financer sur son résultat global 40% du montant des programmes de renouvellement. En complément, les services d'eau potable des communes adhérentes contractent des emprunts, car il ne dégagent pas localement d'autofinancement. Ainsi, les travaux de renouvellement sont financés à 100% par le prix de l'eau unique et la péréquation totale des charges.

Les choix des secteurs à renouveler sont opérés avec les sociétés gérantes sur la base de critères techniques généraux (fréquences des casses, eau sale...), et coordonnés aux travaux de voirie, d'assainissement et d'aménagement des centres bourgs où sont concentrés les réseaux les plus anciens.

11.2 Le système de l'Aude

Le syndicat départemental des distributions d'eau de l'Aude offre uniquement à ses adhérents des moyens d'assistances à la demande et ne dispose pas de régie d'exploitation.

Le système mis en place en matière de renouvellement comporte deux volets :

- ⇒ l'autorisation négociée par le syndicat et accordée par le Trésorier Payeur Général aux services intercommunaux de placer individuellement leurs réserves de renouvellement en valeurs autorisées du trésor ;
- ⇒ le syndicat et le département ont mis en place un système de bonification d'emprunt à 2,5 % du taux des emprunts contractés pour financer des travaux de renouvellement et ce sur une durée de 10 ans.

L'enveloppe budgétaire consacrée à l'aide aux travaux de renouvellement par le S.D.D.E.A et le département s'élevait à 45.000 Euros en 2003. Les ressources allouées à cette aide proviennent des cotisations d'adhésion des municipalités au Syndicat.

Le S.D.D.E.A. s'assure, sur dossier, que les travaux sont bien des travaux de renouvellement. Jusqu'à ce jour (Entretien téléphonique avec Pierre EYSSERIC du 23 juin 2004), le S.D.D.E.A. n'a pas eu à refuser de dossier. Cependant, il est plus que probable qu'il y ait une très forte augmentation de la demande de la part des collectivités locales pour le renouvellement des conduites présentant des joints au plomb et / ou des branchements au plomb. Il est bien possible que le syndicat ait à refuser certains dossiers dans le futur. De ce fait, les agents du S.D.D.E.A. ressentent la nécessité de mener une réflexion sur les critères qui pourraient être mis en place pour classer les demandes.

11.3 Le système du conseil général du Rhône

Il n'existe pas de syndicat d'eau à grande échelle dans le Rhône. En revanche, un mécanisme géré par le conseil général a été mis en place dès 1987. Il s'applique aux services ayant signé

une convention avec le Conseil Général. Cette convention institue un fonds départemental destiné à financer 50% du montant HT des travaux de renouvellement.

Le fonds est alimenté par une surtaxe au m³ et par une aide du Conseil Général. Le niveau initial de la surtaxe était fixé à 0,35 F/m³ en 1987 (5,5 centimes d'Euros/m³). A ce jour, cette taxe s'élève à 10 centimes d'Euros/m³.

Les sommes collectées par la surtaxe alimente pour moitié le fonds départemental, l'autre moitié provenant du conseil général.

En 2003, 7,6 millions d'Euros de travaux de renouvellement des conduites d'eau potable ont été aidés par ce fonds. Actuellement, il n'existe pas de critère précis pour juger des dossiers de demande d'aide. Cependant, les agents du conseil général du Rhône constatent, comme les agents du SDDEA de Charente maritime que les demandes d'aide se multiplient et qu'il y a maintenant nécessité de mener une réflexion sur les critères qui pourrait être mis en place pour classer les demandes : incitation au diagnostic, vétusté, matériau... (CNFME : entretien du 12 décembre 2003 avec Philippe BANCHET – département du Rhône).

12 CONCLUSION

Avec la présentation instaurée par l'instruction M49, les coûts du service Eau 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 Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR) et l'Association des Maires de France (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, bien que ce ne sera jamais un produit comme un autre du fait de ses caractéristiques. L'eau est un élément vital. C'est aussi un élément nécessaire à l'accès à l'hygiène et donc à la dignité...

13 Annexe: définitions des termes utilisés pour le bilan des volumes d'eau en réseau d'eau potable (IWA – 2003)

- ✓ VOLUME PRELEVE : Volume d'eau entrant dans les usines de traitement (ou directement en entrée des réseaux de transport et de distribution), prélevé sur les ressources en eau brute, au cours de la période de mesure de référence.
- ✓ VOLUME D'EAU BRUTE, IMPORTE OU EXPORTE : Volumes de transfert d'eau brute en provenance ou vers d'autres services, au cours de la période de mesure de référence. Ces transferts peuvent survenir en tout lieu entre le point de prélèvement et les usines de traitement.
- ✓ VOLUME ENTRANT DANS LES USINES : Volume d'eau brute à l'entrée des usines de traitement, au cours de la période de mesure de référence.
- ✓ VOLUME PRODUIT : Volume d'eau potable (traitée) disponible à l'entrée des conduites de transport ou à l'entrée des réseaux de distribution, au cours de la période de mesure de référence.

Le volume d'eau distribué aux consommateurs sans traitement préalable devra également être affecté à la rubrique VOLUME PRODUIT.

- ✓ VOLUME D'EAU POTABLE IMPORTE OU EXPORTE : Volumes d'eau potable en gros transférés, en provenance ou vers d'autres services, au cours de la période de mesure de référence. Ces transferts peuvent survenir en tout point en aval du traitement.

Le cas échéant, le volume d'eau prélevé et livré aux consommateurs sans traitement préalable devra également être affecté à la rubrique EAU POTABLE dans le cadre du bilan des volumes d'eau.

- ✓ VOLUME PRODUIT PLUS IMPORTE : Volume d'eau potable disponible à l'entrée d'un réseau de transport, au cours de la période de mesure de référence.
- ✓ VOLUME DISTRIBUE OU EXPORTE : Volume d'eau potable disponible à l'entrée d'un réseau de distribution (avant exportation), au cours de la période de mesure de référence.
- ✓ VOLUME MIS EN DISTRIBUTION : VOLUME DISTRIBUE moins le VOLUME EXPORTE. (S'il s'avère impossible de séparer le transport de la distribution, le VOLUME MIS EN DISTRIBUTION est calculé à partir du VOLUME PRODUIT PLUS IMPORTE moins VOLUME EXPORTE).

- ✓ VOLUME INTRODUIT : Volume introduit à l'entrée du système considéré, au cours de la période de mesure de référence.

Nota : Si le calcul du bilan des volumes d'eau se réfère à une partie du système global, le volume introduit devra correspondre à cette partie.

- ✓ VOLUME CONSOMME POUR TOUS LES USAGES NORMAUX : Volume d'eau mesuré et/ou non mesuré consommé par les abonnés, le service d'eau et tout autre consommateur implicitement ou explicitement autorisé par le service pour des besoins domestiques,

commerciaux et industriels, au cours de la période de mesure de référence. Il inclut LE VOLUME EXPORTE.

Nota (1) : le volume CONSOMME POUR TOUS LES USAGES NORMAUX pourra comprendre des items tels que : la lutte contre les incendies, le curage des canalisations principales et des égouts, le nettoyage des rues, l'arrosage des espaces verts municipaux, les fontaines publiques, la protection contre le gel, l'eau utilisée sur les chantiers, etc. Ces volumes pourront être facturés ou non, mesurés ou non, en fonction des pratiques locales en vigueur.

Nota (2) : le VOLUME CONSOMME POUR TOUS LES USAGES NORMAUX inclut les pertes (fuites résiduelles) des usagers autorisés qui sont sans comptage.

- ✓ PERTES D'EAU : Elles sont égales (pour un système donné) à la différence entre LE VOLUME INTRODUIT (PRELEVEMENT ET IMPORTATION D'EAU BRUTE ET D'EAU POTABLE) et le VOLUME CONSOMME POUR TOUS LES USAGES NORMAUX . Les pertes peuvent être appréciées soit en tant que volume total pour la totalité du système, soit en fonction de systèmes partiels tels que : l'adduction d'eau brute, les réseaux de transport ou de distribution. Dans chaque cas, les éléments de calcul seront adaptés en conséquence. LES PERTES D'EAU sont soit des PERTES REELLES soit des PERTES APPARENTES.
- ✓ PERTES REELLES : Pertes d'eau effectives du réseau sous pression jusqu'aux compteurs des abonnés. Le volume perdu, au cours de la période de mesure de référence, à travers tous les types de fuites, ruptures et surverses, dépend de la fréquence, du débit et de la durée moyenne de chacune des fuites.

Nota : Bien que les pertes effectives constatées après le point de mesure de débit de l'utilisateur soient exclues des PERTES REELLES, elles sont souvent significatives (en particulier là où les clients ne sont pas équipés de compteurs) et devraient être prises en compte pour la gestion de la demande.

- ✓ PERTES APPARENTES : Volume résultant de tous les types d'imprécisions sur les mesures de production et de consommation, plus le volume détourné (vols ou usage illégal).

Nota : La sous-évaluation des compteurs de production et la surévaluation de compteurs d'abonnés provoque une sous-estimation des PERTES REELLES. La surévaluation des compteurs de production et la sous-évaluation de compteurs d'abonnés provoque une surestimation des PERTES REELLES.

- ✓ VOLUME D'EAU NON VENDUE : Différence entre le VOLUME INTRODUIT à l'entrée du système considéré et LE VOLUME CONSOMME FACTURE (y compris VOLUME EXPORTE). L'EAU NON VENDUE comprend non seulement les PERTES REELLES et APPARENTES, mais également le VOLUME CONSOMME NON FACTURE HORS VOLUME DETOURNE.

14 BIBLIOGRAPHIE

- ✓ AGHTM – 1994, Colloque sur le renouvellement des réseaux d'eau potable, POLLUTEC.
- ✓ AGHTM – 1994, Le renouvellement des réseaux d'eau potable, Documentation technique FNDAE n°10.
- ✓ AGHTM – 2002, Principales solutions d'amélioration après diagnostic, in TSM n°6, juin 2002, 97^e année.
- ✓ ALEXANDRE O., WEREY C., ELNABOULSI J. – 1994, Optimisation des échéances de renouvellement, AGHTM colloque sur le renouvellement de réseaux d'eau potable, POLLUTEC LYON, 1994, CEMAGREF LYON GSLY, ENGEES STRASBOURG
- ✓ AQUALOGIE – 2003, Le guide 2003 des services du traitement de l'eau – Mémento juridique, technique et réglementaire n°43.
- ✓ AXEO – 2004, Les techniques Spéciales développées par AXEO, note technique.
- ✓ ARRETE DU 13 JANVIER 2000 modifiant l'arrêté du 29 mai 1997 relatif aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine. Disponible sur internet : <http://ile-de-france.sante.gouv.fr/santenv/eau/mater/a130100.htm>
- ✓ ARRETE DU 24 JUIN 1998 modifiant l'arrêté du 29 mai 1997 relatif aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine. Disponible sur internet : <http://ile-de-france.sante.gouv.fr/santenv/eau/mater/a240698.htm>
- ✓ BARON J., LEDION J., LESSIRARD L., MONFRONT L., NOUAIL G., NURY J. – 2002, Méthodes d'investigation sur les canalisations, in TSM n°6, juin 2002, 97^e année.
- ✓ 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.
- ✓ BOIREAU A. – 1997, Les conduites en plomb. Remplacement et réhabilitation : où sont les techniques ?, in Journal des Communes n°6.
- ✓ BOIREAU A., BARON J., HARMANT P. – 2002, Diagnostic de la qualité de l'eau dans le réseau et de l'état de propreté des conduites, in TSM n°6, juin 2002, 97^e année.
- ✓ BOIREAU A., LEHMAN G., AMYOT D., PONCHON D. – 2000, Méthodes alternatives au renouvellement à ciel ouvert des réseaux de distribution d'eau potable, in TSM n°6, juin 2000, 95^e année.
- ✓ BOIREAU A., PHILIPPE J.F. – 2001, Panorama des techniques disponibles pour le remplacement ou la réhabilitation des conduites en plomb, in TSM n°1, janvier 2001, 96^e année.
- ✓ BOMSTEIN D., ANHEIM S., TUBIANA F. – 2004, Réseaux : les secrets de longévité, in Environnement Magazine n°1625.

- ✓ BREMOND B. – 1998, La modélisation statistique : aide à la décision dans le renouvellement des réseaux, Séminaire européen "diagnostic des infrastructures urbaines de l'eau 1998, Cemagref Bordeaux ORBX, Cahier du CSTB.
- ✓ BREMOND B., EISENBEIS P. – 1994, Préviation des défaillances et renouvellement de réseaux d'eau potable, Colloque scientifique et technique international « Mieux gérer l'eau », HYDROTOP 94.
- ✓ BREMOND B., EISENBEIS P. – 1994, Préviation des défaillances et renouvellement des réseaux d'eau potable, colloque scientifique et technique international « Mieux gérer l'eau, Hydrotop 94, 12-15 avril 1994.
- ✓ BREMOND B., EISENBEIS P., COMMENGES D. – 1992, Outil de préviation des défaillances des conduites d'eau potable : aide à la programmation du renouvellement, in TSM n°10, octobre 1992, 87^e année.
- ✓ BREMOND B., EISENBEIS P., MADIEC H. – 1995, Modèle de préviation de défaillances sur des réseaux à faible historique de maintenance, CEMAGREF Bordeaux.
- ✓ BURNIER H. – 1995, Maintenance des réseaux d'eau de boisson, conférence faite lors de la journée d'étude de la société des distributeurs d'eau de la Suisse Romande.
- ✓ CIRCULAIRE N°2000-232 DU 27 AVRIL 2000 modifiant la circulaire n° 99-217 du 12 avril 1999 relative aux matériaux utilisés dans les installations fixes de distribution d'eaux destinées à la consommation humaine. Disponible sur internet : <http://ile-de-france.sante.gouv.fr/santenv/eau/mater/c270400.htm>
- ✓ CIRCULAIRE N°2002-571 DU 25 NOVEMBRE 2002 relative aux modalités de vérification de la conformité sanitaire des matériaux constitutifs d'accessoires ou de sous-ensembles d'accessoires, constitués d'éléments organiques entrant au contact d'eau destinée à la consommation humaine.
- ✓ CIRCULAIRE N°633 DU 30 DECEMBRE 2003 relative à l'application des articles R. 1321-1 et suivants du code de la santé publique concernant les eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles. Disponible sur internet : <http://ile-de-france.sante.gouv.fr>
- ✓ DE MASSIAC J.C. – sans date, L'archivage des défaillances : vers une meilleure connaissance des réseaux AEP, G2C environnement.
- ✓ DECRET N°96-1133 DU 24 DECEMBRE 1996 relatif à l'interdiction de l'amiante, pris en application du code du travail et du code de la consommation. Disponible sur internet : <http://www.legifrance.gouv.fr>
- ✓ DIRECTION DES AFFAIRES ECONOMIQUES ET INTERNATIONALES – 2003, Marchés publics de travaux, Cahier des clauses techniques générales, Fascicule 71, Fourniture et pose de conduites d'adduction et de distribution d'eau.
- ✓ EISENBEIS P. – 1995, Modélisation statistique de la préviation des défaillances sur les conduites d'eau potable, Thèse de doctorat « Génie de l'environnement », CEMAGREF – ENGEES.
- ✓ EISENBEIS P. – 1996, L'analyse statistique des défaillances appliquée au renouvellement des réseaux d'eau potable, gestion des réseaux de distribution d'eau potable, séminaire organisée par la FUL le 23 novembre 1995, Tribune de l'eau, n°2/96, mars-avril 1996.

- ✓ EISENBEIS P., LE GAUFFRE P., WEREY C., TORTEROTOT J.Ph., LE GAT Y. – 2002, Des outils d'aide à la décision pour la réhabilitation des réseaux d'eau potable : le projet européen CARE-W, in *TSM n°6*, juin 2002, 97^e année.
- ✓ EISENBEIS P., WEREY C., LAPLAUD Ch. - 2002, L'enregistrement des défaillances pour améliorer la connaissance des réseaux d'eau potable, in *TSM n°6*, juin 2002, 97^e année.
- ✓ ELNABOULSI J., ALEXANDRE O. – 1998, Le renouvellement des réseaux urbains d'eau potable : une approche économique d'optimisation, in *Ingénieries-EAT n°15*.
- ✓ ELNABOULSI J., ALEXANDRE O. – 1998, Le renouvellement des réseaux urbains d'eau potable – une approche économique d'optimisation, *Ingénieries E.A.T.*, n°15, sept. 1998.
- ✓ HARMANT P., ROBERT S., ECHAVIDRE P. – 2002, Audit de réseau : un exemple de diagnostic de l'état de propreté et de mise en place d'actions correctives (nettoyages et nouveau schéma directeur), in *TSM n°6*, juin 2002, 97^e année.
- ✓ <http://www.sante.gouv.fr/adm/dagpb/bo/2002/02-52/a0524134.htm>
- ✓ JUAN Ph., CORDONNIER J., GABRIEL J.M. – 1999, Diagnostic corrosion en réseau de distribution. Etude sur site, in *TSM n°12*, décembre 1999, 94^e année.
- ✓ KHALIL A. – 2000, Diagnostic des réseaux de distribution d'eau potable au moyen de l'Aquadiag, in *TSM n°11*, novembre 2000, 95^e année.
- ✓ *La gazette* du 21 avril 2003, Traquer les fuites du réseau de distribution d'eau
- ✓ LE GUEN A. – 1999, *Matériaux utilisés pour les canalisations AEP : influence sur la qualité de l'eau*, Synthèse bibliographique, OIEau.
- ✓ LE HÔ Ph., MONFRONT L., COPIN D. – 2002, Le diagnostic des réseaux d'eau potable en acier par expertise de la protection cathodique, in *TSM n°6*, juin 2002, 97^e année.
- ✓ LEHMAN G. – 1997, La réhabilitation des ouvrages d'eau potable, in *Cahiers de l'association scientifique européenne pour l'eau et la santé*, volume 2, n°1-1997.
- ✓ LEROY P. – 2001, Remplacement des conduites en plomb : quels matériaux utiliser ?, in *TSM n°1*, janvier 2001, 96^e année.
- ✓ LEVI Y. – 1995, Les paramètres influençant le développement des germes dans les réseaux d'eau potable ; in *TSM N° 3*, 240-245
- ✓ LOISEAU G. et JUERY C. – 2002, *La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux*, Document FNDAE Hors série n° 12 (Version n° 2 – Dernière actualisation : 2002), MAAPAR / DGFAR.
- ✓ MARKESZ S., MENGUY P. – 2002, *La réhabilitation des réseaux enterrés*, ATTF, La Gazette des communes.
- ✓ MIZIER M.O., Technoscope – 2004, Un SIG pour fédérer toutes les informations touchant à l'eau, in *L'Eau, L'Industrie, Les Nuisances n°268*.
- ✓ N. A. N. C. I. E. – 1991, *Les réseaux de distribution d'eau d'alimentation en France*.
- ✓ NADEAU I., MICHAUT C. – 2003, Réseaux d'eau potable : l'âge de la retraite, in *Environnement Magazine n°1614*.

- ✓ PAQUIN J. L, BLOCK J. C., HAUDIDIER K – 1992, Effet du chlore sur la colonisation bactérienne d'un réseau expérimental de distribution d'eau, In *Rev. Sci. Eau*, , 5, N° 3.
- ✓ ROSSET R. – 2001, Examen de l'état de corrosion des réseaux de distribution d'eaux : prévision de la durée de vie des réseaux, in *L'Eau, L'Industrie, Les Nuisances* n°238.
- ✓ SAVIN J.B. – 2000, *Le patrimoine français d'alimentation en eau potable, inventaire technique et économique. Importance de la prise en compte du renouvellement des réseaux. Comparaison avec la Finlande et l'Espagne*, Synthèse bibliographique, ENGREF, OIEau.
- ✓ SCHULHOF P., CABRIDENC R., CHEDAL J. – 1990, Qualité de l'eau dans les grands réseaux de distribution, In *TSM N° 11*, 561-594.
- ✓ WEREY C. – 2000a, Politiques de renouvellement des réseaux d'eau potable, Thèse de doctorat «Sciences de gestion » - U.L.P. Strasbourg.
- ✓ WEREY C. – 2000b, Maintenance des conduites d'eau potable : réparation ou renouvellement, Ingénieries EAT ; n° spécial 2000, pp.67-75.
- ✓ WEREY C., JANEL J.L., WEBER E. – 2003, Renouvellement des réseaux d'eau potable : analyse des coûts, *La Houille Blanche* n°3.

15 INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1.	Facteurs de désordres d'un réseau d'eau potable _____	12
Tableau 2.	Matériaux métalliques : particularités, qualités et inconvénients _____	18
Tableau 3.	Matériaux à base de ciment : particularités, qualités et inconvénients _____	19
Tableau 4.	Matériaux organiques : particularités, qualités et inconvénients _____	19
Tableau 5.	Organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux _____	24
Tableau 6.	Quelques microorganismes susceptibles d'être présents dans les eaux potables _____	24
Tableau 7.	Descriptif des paramètres physiques et environnementaux d'une conduite _____	29
Tableau 8.	Paramètres analysés lors de la mise en œuvre de la démarche Aquadiag _____	37
Tableau 9.	Eléments constitutifs du bilan des volumes d'eau (IWA – 2003a) _____	40
Tableau 10.	Principes d'individualisation budgétaire en fonction du mode de gestion des services (Instruction budgétaire et comptable M 4) _____	83
Tableau 11.	Budget des services publics d'assainissement et de distribution d'eau potable (instruction budgétaire et comptable M 49 reprise dans l'instruction M4) _____	85
Tableau 12.	Cadences réglementaires d'amortissement proposées (arrêté du 12 août 1991) _____	92
Tableau 13.	Répartition des amortissements et provisions dans le cadre d'un service en gestion déléguée _____	101
Tableau 14.	Tendance liée à chaque clause de renouvellement _____	105

16 INDEX DES PHOTOGRAPHIES

Photographie n°1.	Conduite de diamètre 80 mm ayant subi des dépôts ferriques de corrosion interne (Source : EISENBEIS Patrick – 1995) _____	20
Photographie n°2.	Conduite de diamètre 80 mm ayant subi une corrosion externe localisée (courants vagabonds, hétérogénéité du sol, ...) (Source : EISENBEIS Patrick – 1995) _____	21
Photographie n°3.	Conduite ayant subi une rupture (Source : EISENBEIS Patrick – 1995) _____	26
Photographie n°4.	Etat d'une canalisation avant nettoyage (Source AXEO) _____	45
Photographie n°5.	Racleur souple (Source AXEO) _____	48
Photographie n°6.	Tringlage (source AXEO) _____	49
Photographie n°7.	Raclage mécanique : le nettoyage 3R (source AXEO) _____	50
Photographie n°8.	Système RAULINER pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement, de gaz et d'A.E.P. : mise en place du tube PE facilitée par sa forme en U (Source REHAU) _____	56
Photographie n°9.	Mise en œuvre d'un revêtement EPOXY (Source AXEO – 2004) _____	59

17 INDEX DES GRAPHIQUES

Graphique 1.	Evolution du taux de desserte par le réseau de distribution d'eau potable	6
Graphique 2.	La desserte par les réseaux d'eau potable dans les communes rurales de France métropolitaine – nombre de départements concernés	7
Graphique 3.	Historique des prévisions de dépenses effectuées par les DDAF en ce qui concerne les infrastructures de distribution d'eau potable	8
Graphique 4.	Historique des prévisions de dépenses pour renouvellement effectuées par les DDAF en ce qui concerne les infrastructures de distribution d'eau potable	8
Graphique 5.	Le biofilm	23
Graphique 6.	Ruptures ou fuites apparentes (Source : EISENBEIS Patrick – 1995)	26
Graphique 7.	Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable (Source : EISENBEIS Patrick – 1995)	27
Graphique 8.	Démarche d'une politique de renouvellement	28
Graphique 9.	Exemple de fiche de renseignements sur les défaillances (Source : EISENBEIS Patrick – 1995)	31
Graphique 10.	Démarche employée dans le cadre de l'approche curative (citée dans P. EISENBEIS, 1996)	35
Graphique 11.	Calcul du volume d'eau non vendu et des pertes d'eau (d'après IWA – 2003)	41
Graphique 12.	Plan d'action pour le nettoyage du réseau (Source : Audit de réseau : un exemple de diagnostic de l'état de propreté et de mise en place d'actions correctrices de TSM n°6 – juin 2002)	46
Graphique 13.	Outils pour le raclage mécanique (source site internet Sarp http://www.sarp-onyx.co)	50
Graphique 14.	Tubage simple (Source : AXEO)	53
Graphique 15.	Système RAULINER pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement, de gaz et d'A.E.P. : Principe	57
Graphique 16.	Revêtement EPOXY (Source :SARP)	59
Graphique 17.	Procédé par forage (Source : Guide FNDAE n° 10)	63
Graphique 18.	Eclatement de l'ancienne conduite (Source : AXEO)	64
Graphique 19.	Remplacement après extraction (Source : SADE)	65
Graphique 20.	Le procédé HYDROS PLUS (Source : AXEO)	65
Graphique 21.	Arbre de décision	67
Graphique 22.	Chemisage de branchement en plomb (Source : WAVIN NEOFIT)	69
Graphique 23.	Procédé Extractor (Source : SADE)	72
Graphique 24.	Procédé Extracoupe (Source : AXEO)	73
Graphique 25.	Optimisation économique du renouvellement des conduites	78
Graphique 26.	Le principe des différents amortissements mis en œuvre par une collectivité	89
Graphique 27.	Adaptation imparfaite des deux flux d'amortissement (ALEXANDRE Olivier – 1993)	93
Graphique 28.	Ajustement de l'amortissement à l'amortissement financier (ALEXANDRE Olivier – 1993)	94
Graphique 29.	Procédure d'autofinancement complémentaire de la section d'investissement	97
Graphique 30.	Les mécanismes de provisions possibles	99
Graphique 31.	Schéma récapitulatif des possibilités comptables d'autofinancement	100