



HAL
open science

Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable : année 2009

Eddy Renaud, M. Clauzier, A. Nafi, C. Wery, C. Wittner

► **To cite this version:**

Eddy Renaud, M. Clauzier, A. Nafi, C. Wery, C. Wittner. Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable : année 2009. [Rapport Technique] irstea. 2009, pp.93. hal-02596355

HAL Id: hal-02596355

<https://hal.inrae.fr/hal-02596355>

Submitted on 15 May 2020

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

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



Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable

Année 2009

Rapport d'étape

Eddy RENAUD (1)

Marion CLAUZIER (1)

Amir NAFI (2)

Caty WEREY (2)

Christophe WITNER (2)

(1) Cemagref Bordeaux

Contexte de programmation et de réalisation

La lutte contre les pertes d'eau dans les réseaux de distribution est un enjeu considérable sur les territoires qui connaissent des problèmes de ressources. Le projet de loi « Grenelle II » devrait comporter des dispositions incitatives modulées en fonction des taux de pertes. L'amélioration de la connaissance des phénomènes physiques à l'origine des fuites et l'étude d'indicateurs sont nécessaires pour évaluer les réductions de pertes possibles et les enjeux financiers qui en découlent. L'étude est prévue sur 3 ans de 2009 à 2011.

Les auteurs

Eddy RENAUD (1)
Ingénieur
eddy.renaud@cemagref.fr

Marion CLAUZIER (1)
Ingénieur
Marion.clauzier@cemagref.fr

Amir NAFI (2)
Ingénieur
amir.nafi@engees.u-strasbg.fr

Christophe WITTNER
Ingénieur
christophe.wittner@cemagref.fr

Caty WEREY (2)
Ingénieur
caty.werey@engees.unistra.fr

(1) Cemagref – Groupement de Bordeaux
50 avenue de Verdun, Gazinet 33612 CESTAS Cedex

(2) ENGEES – laboratoire Gestion des Services Publics ENGEES/CEMAGREF
1, quai Koch BP 61039 67070 STRASBOURG

Les correspondants

Onema :
Stéphane Garnaud
stephane.garnaud@onema.fr

Sylvain Rotillon
sylvain.rotillon@onema.fr

Emilie Bulleryal
emilie.bulleryal@onema.fr

Pascal Maugis
pascal.maugis@onema.fr

Droits d'usage :	<i>Accès libre</i>
Couverture géographique :	<i>France</i>
Niveau géographique :	<i>National</i>
Niveau de lecture:	<i>Professionnels, experts</i>
Nature de la ressource :	<i>Document</i>

Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable
Rapport d'étape 2009
Eddy RENAUD - Marion CLAUZIER - Amir NAFI - Christophe WITTNER - Caty WEREY

Sommaire

Cadrage général de l'étude.....	6
I Contexte et objectifs de l'étude	6
II Analyse de la problématique.....	7
II.1 Représentation des fuites.....	7
II.2 Actions de réduction des fuites.....	8
II.3 Stratégie de réduction des fuites	9
III Consistance de l'étude.....	11
III.1 Programme de réalisation	11
III.2 Résultats prévus.....	12
Axe 1 : Connaissance des fuites et indicateurs.....	13
I Préambule.....	14
I.1 Objectifs de l'Axe 1.....	14
I.2 Indicateurs usuels	14
I.2.1 Indicateurs RPQS	14
I.2.2 Indicateurs IWA.....	16
I.2.3 Limitations des indicateurs usuels	17
I.3 Cadre de l'étude	18
I.3.1 Données	18
I.3.2 Terrain d'étude.....	19
II Le SIAEP de Coulounieix Razac.....	21
II.1 Présentation	21
II.1.1 Contexte	21
II.1.2 Système d'AEP	21
II.1.3 Caractéristiques	22
II.1.4 Sectorisation	22
II.1.5 Téléréleve	24
II.2 Descriptif structurel.....	25
II.2.1 A l'échelle du syndicat	25
II.2.2 A l'échelle du secteur.....	27
II.3 Descriptif fonctionnel	28
II.3.1 A l'échelle du syndicat	29
II.3.2 A l'échelle du secteur.....	30
II.4 Données issues de la sectorisation	31
III Les indicateurs.....	33
III.1 Indicateurs de pertes	33
III.1.1 Indicateurs RPQS	33
III.1.2 Indicateurs IWA.....	33
III.1.3 Indicateurs journaliers de débits	34
III.1.4 Coefficient de débit nocturne	37
III.1.5 Indicateurs journaliers de pertes	38
III.2 Indicateurs structurels	39

III.2.1	Caractéristiques des secteurs.....	39
III.2.2	Matériau.....	40
III.2.3	Age.....	41
III.2.4	Diamètre.....	41
III.2.5	Casses.....	42
III.2.6	Densité d'abonnés.....	43
III.2.7	Densité de branchements.....	43
III.2.8	Densité de piquages.....	44
III.2.9	Pression.....	44
III.3	La pression.....	44
III.3.1	Influence de la pression sur les pertes.....	44
III.3.2	Concepts et méthodes d'évaluation de l'approche WLTF.....	45
III.3.3	Application.....	46
III.3.4	Perspectives.....	47
IV	Annexes.....	48
IV.1	Références.....	48
IV.2	Sigles, acronymes et abréviations.....	49
IV.3	Données, ratios et indicateurs.....	50
Axe 2	Réduction des pertes.....	54
I	Introduction.....	55
II	Concepts généraux sur la connaissance des fuites dans les réseaux AEP.....	56
II.1	La pré-localisation.....	56
II.1.1	L'enregistreur de bruits.....	56
II.1.2	L'enregistreur de données.....	56
II.2	Les techniques de recherche de fuites.....	56
II.2.1	Le corrélateur acoustique.....	56
II.2.2	Le détecteur acoustique de fuites.....	57
II.2.3	Recherche par gaz traceur.....	57
III	Fonctions d'évaluation des coûts.....	57
III.1	Le coût marginal de l'eau.....	58
III.2	Le coût de la politique de recherche de fuites.....	58
III.2.1	Recherche de fuites sans sectorisation.....	59
III.2.2	Recherche de fuites par la mise en place de sectorisation (DMA).....	59
IV	Détermination du surcoût du coût de l'eau dans une situation d'augmentation du volume de fuites.....	61
V	Cas d'étude sur un syndicat des eaux dans le Bas-Rhin.....	62
V.1	Enjeux et objectifs de l'étude.....	63
V.1.1	Analyse et diagnostic du réseau.....	64
V.1.2	Exploitation et analyse des résultats.....	65
V.1.3	Relance de l'étude et amélioration continue.....	65
V.2	Résultats de l'étude.....	66
VI	Perspectives et travaux en cours.....	66
Axe 3	Enjeux financiers - Partie A. Stratégies.....	67
I	Introduction.....	68
II	Le contexte de formation du prix de l'eau.....	68
III	Les modes de financement.....	70
III.1	L'autofinancement.....	70
III.1.1	L'érosion monétaire : un écueil financier défavorisant la pratique de l'autofinancement.....	72

III.1.2 L'impact sur le prix de l'eau : un frein politique et psychologique.....	72
III.2 L'emprunt	73
IV Arbitrage : autofinancement versus emprunt.....	74
V Les outils de gestion financière à court-moyen terme.....	76
VI La gestion financière à long terme.....	77
VI.1 Les hypothèses de travail	78
VI.2 Les résultats (détail en annexes 1 et 2)	79
VI.2.1 Les coûts du mode de financement.....	79
VI.2.2 L'impact sur le prix de l'eau	80
VI.2.3 Synthèse	82
VII La gestion financière glissée : les outils de court terme en déclinaison d'une stratégie de long terme	83
VIII Conclusion.....	84
IX Bibliographie.....	85
Axe 3 : Enjeux financiers - Partie B. Intercommunalité.....	86
I Contexte.....	87
II Premiers éléments de réflexion.....	89
Répertoire des figures et tableaux.....	91
I Figures	91
II Tableaux	92

Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable

Rapport d'étape 2009

Eddy RENAUD - Marion CLAUZIER - Amir NAFI - Christophe WITTNER - Caty WEREY

Cadrage général de l'étude

I Contexte et objectifs de l'étude

Le projet de loi de transition environnementale (Grenelle II) prévoit dans son article 58 que les communes « *tiennent à jour un inventaire de leur patrimoine et définissent, en cas de pertes d'eau en réseaux supérieures à un seuil départemental fixé par arrêté du ministre chargé de l'environnement et du ministre chargé des collectivités territoriales après avis du Comité national de l'eau, un programme pluriannuel de travaux d'amélioration des réseaux de distribution.* ». Cette disposition soulève des interrogations concernant la valeur des seuils de pertes d'eau ainsi que le contenu et les objectifs des programmes de travaux visant à réduire les pertes.

En effet, les praticiens s'accordent à reconnaître que, dans l'état actuel des connaissances, les indicateurs de pertes usuels (rendement, indice linéaire de pertes) sont pertinents pour mesurer les évolutions de la performance d'un service mais ne le sont pas pour comparer les services entre eux.

En dehors de son contexte, la valeur globale d'un indicateur de pertes sur un service ne permet pas d'appréhender la nature des pertes donc leur potentiel de réduction et les moyens pour y parvenir.

L'amélioration de la connaissance des phénomènes physiques à l'origine des fuites et l'étude d'indicateurs sont donc nécessaires pour évaluer les réductions de pertes possibles et les enjeux financiers qui en découlent.

Trois objectifs sont poursuivis dans cette étude :

- progresser dans le domaine de l'évaluation des fuites des réseaux d'eau et leur potentiel de réduction ;
- étudier le bilan économique et financier de la lutte contre les fuites ;
- et, produire des indicateurs techniques et financiers à différentes échelles dans le but de conduire et d'évaluer des stratégies de lutte contre les fuites.

II Analyse de la problématique

II.1 Représentation des fuites

Les fuites se manifestent sur les différents organes du réseau :

- Les canalisations et leurs accessoires
- Les branchements particuliers

Trois grandes familles de fuites peuvent être distinguées, par débit de fuite décroissant :

- les fuites visibles, ce sont des fuites dont la présence est visible en surface (écoulement, excavation, etc.) ;
- les fuites détectables non-visibles, ce sont des fuites non-visibles que l'on peut détecter avec les moyens usuels d'investigation ;
- les fuites diffuses, ce sont des fuites qui ne peuvent pas être localisées du fait de leur faible débit.

Il peut être considéré que chaque fuite passe successivement par les trois états.

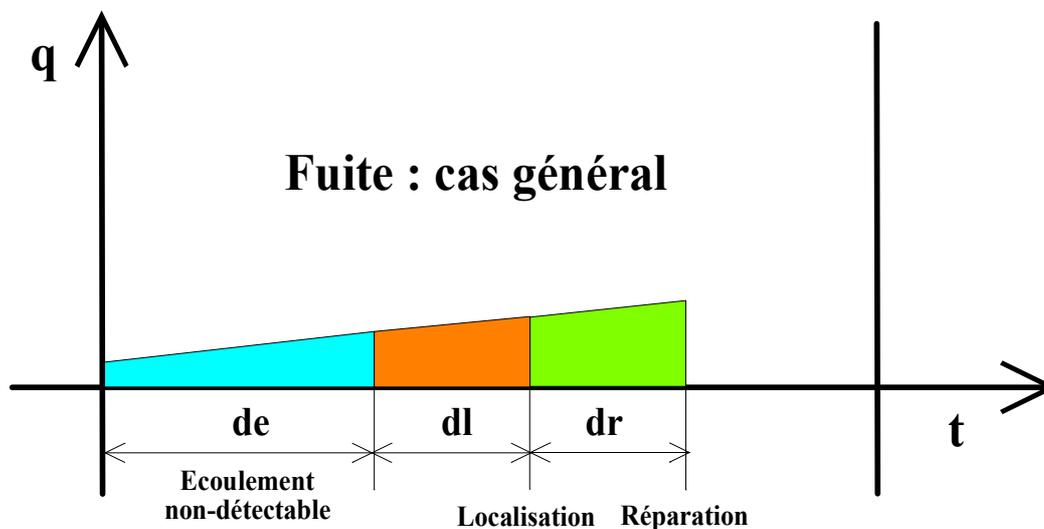


Figure 1 Représentation des états successifs d'une fuite

Le volume de fuite sur un territoire donné pour une période choisie, peut être schématiquement exprimé selon la formulation suivante :

$$V_{fuites} = \sum_{i=1}^n q_i(t) \times (de_i + dl_i + dr_i)$$

Avec :

- V_{fuites} : Volume global des fuites ;
- n : Nombre de fuites (canalisations et branchements) ;
- $q_i(t)$: débit instantané de la i ème fuite ;

- de_i : Durée d'écoulement non détectable de la fuite ;
- dl_i : Durée nécessaire à la localisation de la fuite dès lors qu'elle est détectable ;
- dr_i : Durée nécessaire à la réparation de la fuite après sa localisation.

II.2 Actions de réduction des fuites

La formulation du volume de fuite permet d'identifier les facteurs sur lesquels il est possible d'agir pour réduire le volume des fuites et de faire le lien entre ces facteurs les types d'actions de lutte contre les fuites.

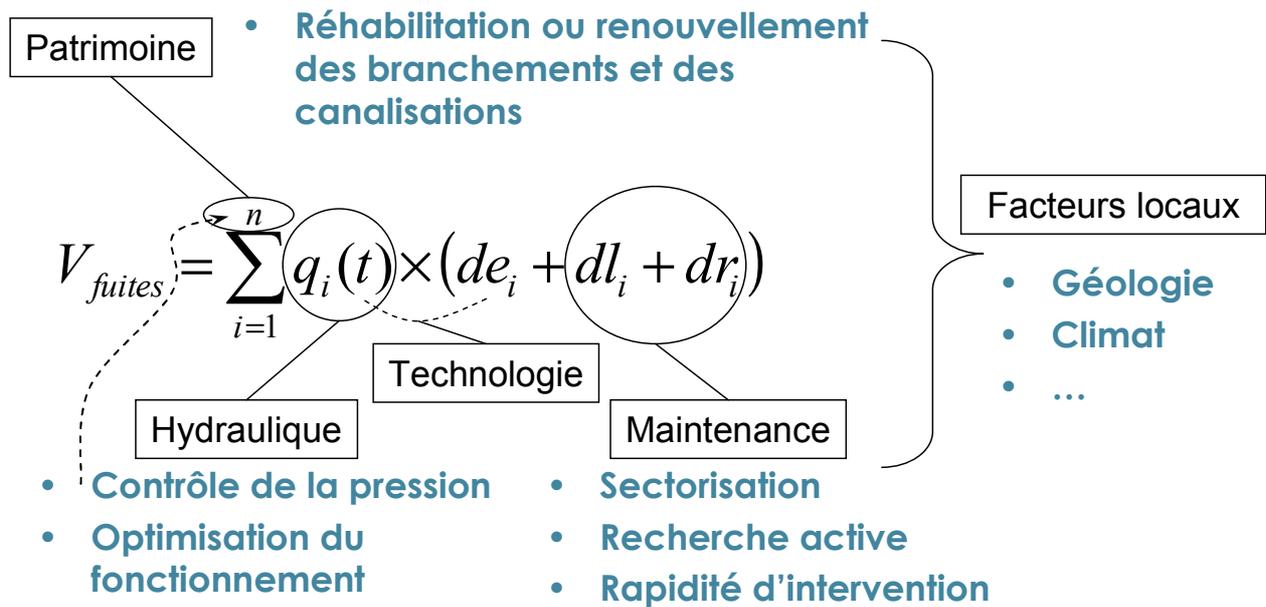


Figure 2 Facteurs d'influence du volume de fuite

Il existe quatre familles d'actions pour lutter contre les pertes :

- La recherche active de fuites permet de réduire les pertes dues aux fuites détectables non-visibles ;
- La rapidité d'intervention permet de réduire les pertes dues aux fuites visibles ou détectées en réduisant leur temps d'écoulement ;
- Le contrôle de la pression permet de réduire les pertes dues aux fuites de tous types en réduisant leur débit d'écoulement, elle permet par ailleurs de réduire le nombre de casses ;
- La gestion patrimoniale ciblée (renouvellement ou réhabilitation des canalisations, branchements et autres organes du réseau), réduit le nombre de fuites de tous types sur les organes concernés.

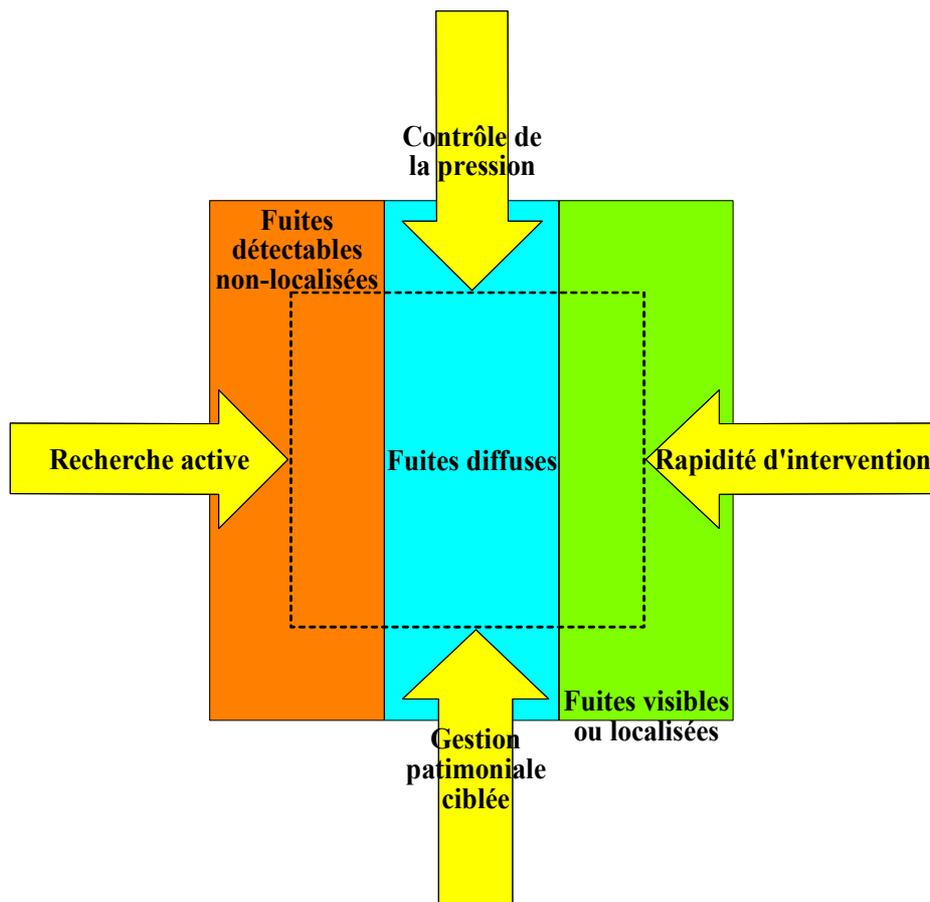


Figure 3 Catégories de fuites et types d'actions

Le potentiel de réduction des fuites se heurte aux limitations suivantes :

- les fuites détectables non-visibles s'écoulent de leur apparition jusqu'à leur détection puis leur réparation, durée qui ne peut être nulle ;
- les fuites visibles s'écoulent pendant le temps nécessaire à leur réparation, temps qui n'ai jamais nul ;
- les fuites diffuses s'écoulent en permanence, par nature elles ne peuvent pas être totalement éliminées ;
- la qualité du service fixe une limite aux réductions de pression permettant d'en réduire le débit.

II.3 Stratégie de réduction des fuites

La mise en œuvre d'une action de lutte contre les fuites génère un coût et un volume de fuite évité dont on peut déduire un coût moyen du m³ évité (en €/m³). Pour chacune des quatre grandes familles d'actions, on raisonne par « campagne » le coût moyen du m³ de fuite évité des campagnes successives étant croissant.

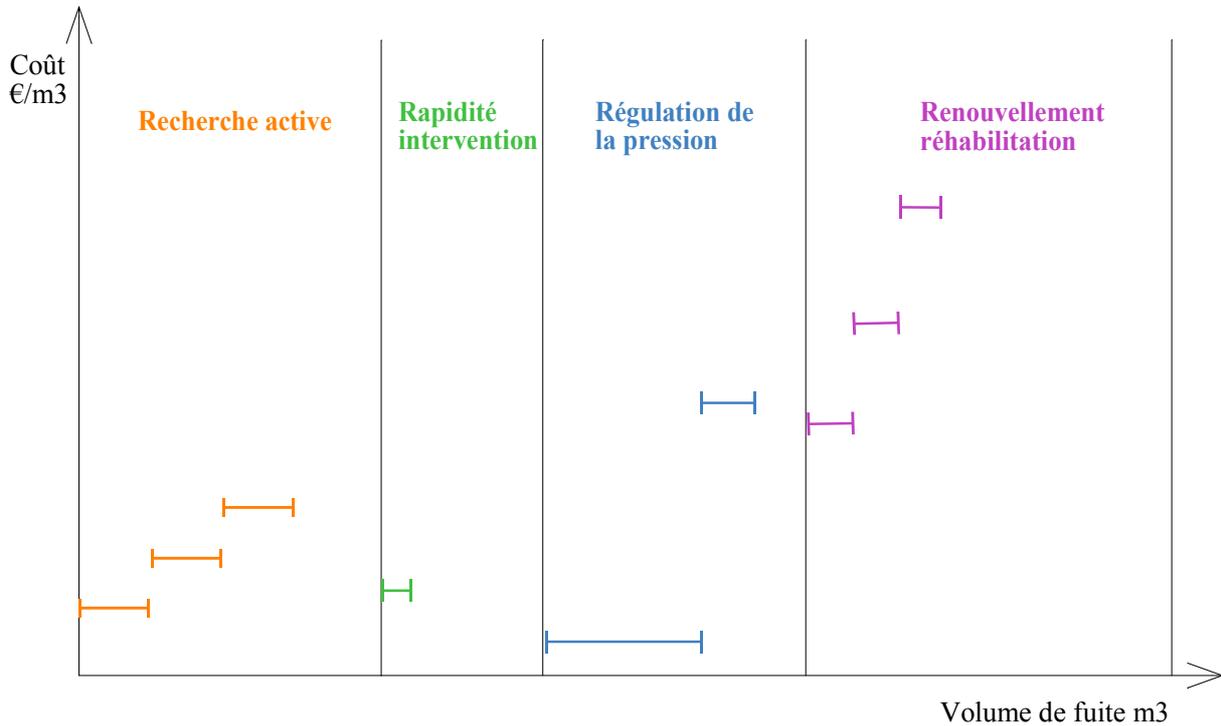


Figure 4 : Coût moyen du m³ de fuite évité par type d'action et par campagne

On peut dès lors envisager une stratégie qui consiste à mettre en œuvre par coût moyen de m³ de fuite évité croissant les différentes campagnes. En comparant le coût moyen du m³ de fuite évité à un coût de production du m³, on peut déterminer un optimum économique de la recherche de fuite.

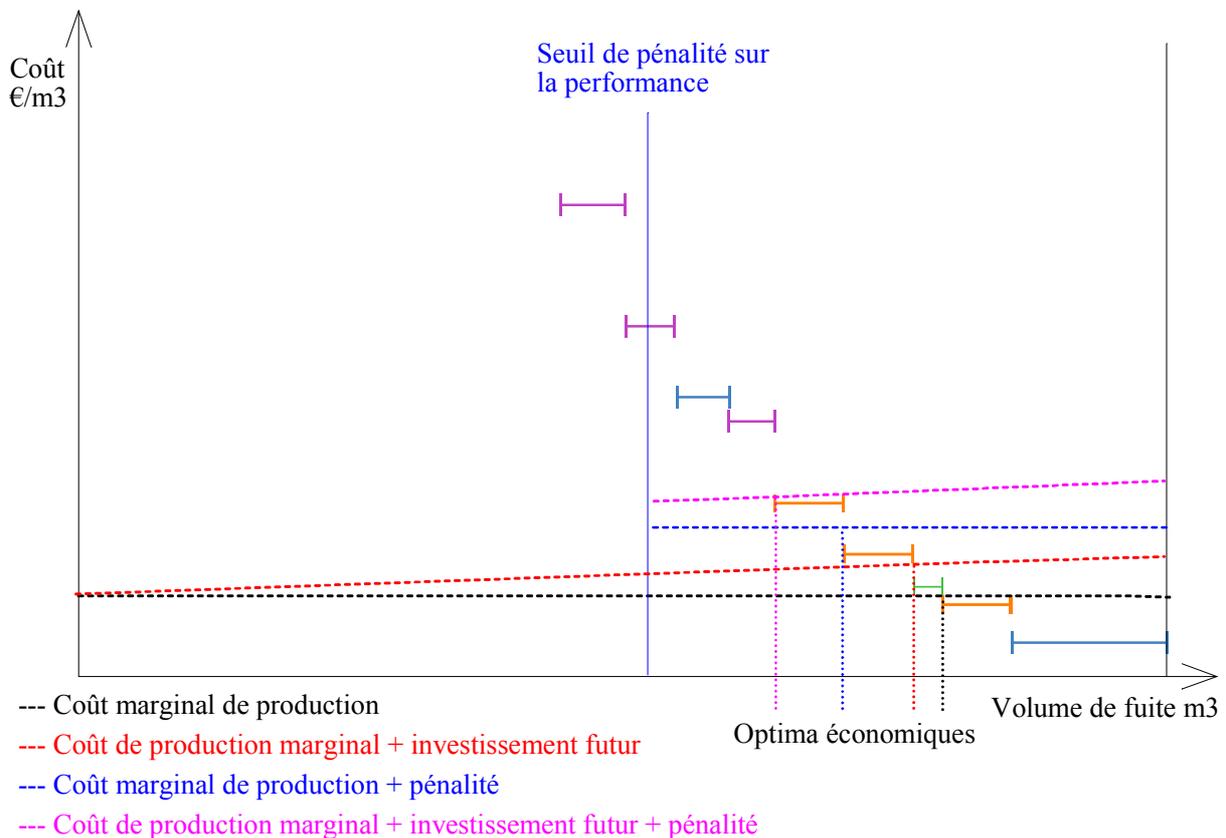


Figure 5 Optima économiques de la lutte contre les fuites

Si l'on s'en tient au coût marginal de production (énergie, produits de traitement, usure du matériel, redevances) celui-ci est en général faible et quasiment constant, dans certains cas, ce coût peut être majoré d'une pénalité lorsque le niveau des fuites, mesuré par un indicateur de performance est au-delà d'un certain seuil. Par ailleurs, le niveau des fuites impacte le volume journalier de pointe. Lorsque celui-ci menace de dépasser la capacité journalière des installations, des investissements deviennent nécessaires, il en résulte un coût supplémentaire qui s'ajoute au coût marginal des fuites. Une piste pour le prendre en compte est de rechercher une méthode de répercussion des coûts induits par une anticipation des investissements due aux fuites sur le prix actuel du m³ produit.

III Consistance de l'étude

III.1 Programme de réalisation

L'étude est réalisée conjointement par les équipes du groupement de Bordeaux du Cemagref (unité Réseau Epuration et Qualité des Eaux) et du Laboratoire Gestion des Services Publics ENGEES/Cemagref de Strasbourg. Elle est structurée en trois axes :

- Axe 1 : Connaissance des fuites et indicateurs
- Axe 2 : Réduction des
- Axe 3 : Enjeux financiers

Après une étude de faisabilité menée en 2008, sa réalisation est prévue sur trois ans de 2009 à 2011.

Axe 1 - Connaissance des fuites et indicateurs	
2009	<ul style="list-style-type: none"> - Acquisition traitement des informations sur les services - Construction des indicateurs structurels des secteurs - Définition de la pression d'un secteur - Définition des secteurs pertinents (taille, contraintes métrologiques,...)
2010	<ul style="list-style-type: none"> - Quantification des fuites sur les secteurs - Etude des liens entre fuites et caractéristiques des secteurs - Etude spécifique de l'impact de la pression - Construction et test d'indicateurs par secteur
2011	<ul style="list-style-type: none"> - Méthodologie et indicateurs pour la quantification des fuites - Illustration sur des cas concrets

Axe 2 - Réduction des pertes	
2009	<ul style="list-style-type: none"> - Typologie des actions de réduction des fuites et domaines d'applications (Types de fuite) - Estimation des coûts des actions de réduction des fuites - Evaluation des coûts générés par les pertes d'eau - Analyse des stratégies mises en œuvre pour réduire les pertes
2010	<ul style="list-style-type: none"> - Mesure des réductions de pertes découlant des divers types d'actions - Facteurs influençant l'efficacité des actions - Evaluation des limites par type
2011	<ul style="list-style-type: none"> - Méthodologie et indicateurs pour l'évaluation du potentiel de réduction des pertes par familles d'action - Illustration sur des cas concrets

Axe 3 - Enjeux financiers	
2009	<ul style="list-style-type: none"> - Programmation pluriannuelle à long terme des investissements concourant à la réduction des fuites. - Evaluation de l'impact du renouvellement sur le prix de l'eau en prenant en compte le désendettement et capacités d'autofinancement des services (stratégies financières glissantes) - Incidence de l'intercommunalité sur le financement du renouvellement
2010	<ul style="list-style-type: none"> - Fonctions de coût des actions - Coût du m3 de fuite - Bilan coût / bénéfice par type d'action
2011	<ul style="list-style-type: none"> - Estimation des coûts d'une politique de réduction des fuites et méthodologie d'évaluation d'un optimum économique - Illustration sur des cas concrets

III.2 Résultats prévus

Le résultat principal de l'étude sera un rapport produit en 2011 et intitulé « Systèmes d'indicateurs et méthodologies pour la définition, la conduite et l'évaluation des politiques de lutte contre les fuites dans les réseaux d'eau potable. »

Les résultats seront par ailleurs valorisés dans le cadre de colloques internationaux (Water Loss IWA) ou nationaux (ASTEE), ainsi que par des publications (TSM, Water Science and Technologies, ...).

Deux rapports d'étapes sont prévus, le présent rapport et un rapport similaire prévu fin 2010.

Certaines parties des rapports d'étapes constituent un tout cohérent pouvant avoir le statut de rapport final pour la partie qu'ils concernent, c'est le cas des rapports suivants :

- « Note sur la faisabilité d'une actualisation de l'étude GEOPHEN », Myriam CAMPARDON, Caty WEREY Octobre 2008 (deuxième partie du rapport d'étape 2008)
- « Stratégies financières glissées pour le renouvellement des réseaux d'eau », Christophe WITTNER 2009 (Axe 3 partie A du présent rapport d'étape 2009).

Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable
Rapport d'étape 2009 – Axe 1
Marion CLAUZIER - Eddy RENAUD

Axe 1 : Connaissance des fuites et indicateurs

I Préambule

1.1 Objectifs de l'Axe 1

Dans le cadre de la convention Onema-Cemagref 2009, la fiche 28bis-7 « Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable » définit comme objectif pour l'Axe 1 l'amélioration de la connaissance des phénomènes physiques à l'origine des fuites.

Afin de mettre en relation les débits des fuites et les caractéristiques techniques des secteurs, le Cemagref analyse les données mises à sa disposition par le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable (SIAEP) de Coulounieix Razac. Ce syndicat situé en Dordogne a été choisi car il possède un Système d'Information Géographique (SIG) et donc une bonne connaissance de son réseau, une sectorisation et un système de télérelève des consommations.

Pour 2009, les objectifs fixés par la fiche 28bis-7 étaient les suivants :

Axe 1 - Connaissance des fuites	
1.1	Acquisition et traitement des informations sur les services
1.2	Construction des indicateurs structurels des secteurs
1.3	Définition de la pression d'un secteur (emplacement des capteurs, méthodes d'évaluation)
1.4	Définition des secteurs pertinents (taille, contraintes métrologiques...)

Tableau 1 Objectifs Axe 1 2009

Le présent rapport fait le point sur les données récoltées et les premiers résultats obtenus à partir de celles-ci.

1.2 Indicateurs usuels

1.2.1 Indicateurs RPQS

La réglementation sur le Rapport sur le Prix et la Qualité du Service (RPQS), établie par décret et arrêté, prévoit trois indicateurs de pertes :

- Le rendement du réseau de distribution ;
- L'indice linéaire des volumes non comptés ;
- L'indice linéaire de pertes en réseau.

(a) Rendement du réseau

« Le rendement du réseau est obtenu en faisant le rapport entre, d'une part, le volume consommé autorisé augmenté des volumes vendus à d'autres services publics d'eau potable et, d'autre part, le volume produit augmenté des volumes achetés à d'autres services publics d'eau potable. Le volume consommateurs sans comptage et le volume de service du réseau sont ajoutés au volume

comptabilisé pour calculer le volume consommé autorisé. Le rendement est exprimé en pourcentage. » [République Française, 2007].

$$R = \frac{Vca + Vexp}{Vprod + Vimp}$$

Avec :

- Vca, Volume annuel consommé autorisé
- Vprod, Volume annuel produit
- Vexp, Volume annuel exporté
- Vimp, Volume annuel importé

(b) Indice linéaire des volumes non comptés (ILVNC)

« L'indice linéaire des volumes non comptés est égal au volume journalier non compté par kilomètre de réseau (hors linéaires de branchements). Le volume non compté est la différence entre le volume mis en distribution et le volume comptabilisé. L'indice est exprimé en m³/km/jour. » [République Française, 2007].

$$ILVNC = \frac{Vd - Vcc}{365 \times L} = \frac{VNC}{365 \times L}$$

Avec :

- Vd, Volume annuel distribué
- Vcc, Volume annuel consommé comptabilisé
- VNC, Volume annuel Non Compté
- L, Longueur du réseau de distribution hors branchements

(c) Indice Linéaire de Pertes en réseau (ILP)

« L'indice linéaire de pertes en réseau est égal au volume perdu dans les réseaux par jour et par kilomètre de réseau (hors linéaires de branchements). Cette perte est calculée par différence entre le volume mis en distribution et le volume consommé autorisé. Il est exprimé en m³/km/jour. » [République Française, 2007].

$$ILP = \frac{Vd - Vca}{365 \times L} = \frac{VP}{365 * L}$$

Avec :

- Vd, Volume annuel distribué
- Vca, Volume annuel consommé autorisé
- VP, Volume annuel de Pertes
- L, Longueur du réseau de distribution hors branchements

I.2.2 Indicateurs IWA

L'International Water Association (IWA) préconise une batterie d'indicateurs pour mesurer la performance des services d'alimentation en eau potable [Alegre et al., 2000].

(a) Unavoidable Annual Real Losses (UARL)

Le concept d'Unavoidable Annual Real Losses (UARL) que l'on peut traduire par « pertes réelles annuelles incompressibles » découle de travaux menés notamment par Allan Lambert [Lambert et al., 1999].

L'hypothèse centrale de ce concept est de considérer que pour tout réseau en bon état et exploité dans les règles de l'art, il existe un seuil minimal de pertes en dessous duquel on ne peut descendre dans des conditions économiquement acceptables.

Allan Lambert propose une méthode d'évaluation de l'UARL d'un réseau en fonction de la longueur des canalisations principales, du nombre et de la longueur des branchements et de la pression moyenne de service.

Des valeurs de référence sont établies dans le cadre des hypothèses suivantes :

- Infrastructures en bon état
- Politique active de recherche des fuites
- Réparation rapide des casses et fuites
- Pression : 50 mètres de colonne d'eau (mce)

Composante du réseau	Fuites indétectables	Casses répertoriées	Casses non répertoriées
Conduites	20 l/km/h	0.124 casses/km/an à 12 m ³ /h pendant 3 jours	0.006 casses/km/an à 6 m ³ /h pendant 50 jours
Branchements (*)	1.25 l/brcht/h	2.25 ‰ casses/an à 1.6 m ³ /h pendant 8 jours	0.75 ‰ casses/an à 1.6 m ³ /h pendant 100 jours
Conduites de branchements	0.5 l/brcht/h	1.5 ‰ casses/an à 1.6 m ³ /h pendant 9 jours	0.5 ‰ casses/an à 1.6 m ³ /h pendant 101 jours

(*) Le branchement va du piquage jusqu'à la limite de voirie, la conduite de branchement de la limite de voirie au compteur

Tableau 2 Hypothèses par organe et par type de fuite utilisées pour le calcul de l'UARL

Après conversion des unités, ces hypothèses déterminent les valeurs globales suivantes :

Composante du réseau	Fuites indétectables	Casses répertoriées	Casses non répertoriées	Total	Unités
Conduites	9.6	5.8	2.6	18	litre/km/j/mce
Branchements	0.6	0.04	0.16	0.8	litre/brcht/j/mce
Conduites de branchements	16	1.9	7.1	25	litre/km/j/mce

Tableau 3 Volumes unitaires par organe et par type de fuite utilisés pour le calcul de l'UARL

Ce qui aboutit à la formulation suivante :

$$UARL(\text{litres / jour}) = (18 \times Lm + 0.8 \times Nc + 25 \times Lp) \times P$$

Avec :

- Lm , Longueur du réseau hors branchements en kilomètres
- Nc , Nombre de branchements
- Lp , Longueur des branchements de la voirie au compteur en kilomètres
- P , Pression moyenne de service en mètres de colonne d'eau

(b) Current Annual Real Losses (CARL)

Current Annual Real Losses (CARL) peut être traduit par « pertes réelles annuelles ». L'évaluation de CARL dans le respect des standards préconisés par l'IWA diffère de l'évaluation des pertes intervenant dans le calcul de l'ILP : Les « pertes réelles annuelles » au sens de l'IWA sont obtenues en déduisant le volume lié aux vols d'eau et le volume résultant du sous-comptage des compteurs domestiques du volume des pertes au sens de la réglementation française.

(c) Infrastructure Leakage Index (ILI)

Infrastructure Leakage Index (ILI) qui peut être traduit par « indice de fuites structurelles » est un indicateur de performance adimensionnel définit comme le rapport entre CARL et UARL. Il est largement utilisé à l'échelle internationale depuis plus de 10 ans pour évaluer le niveau de pertes des réseaux d'eau potable.

$$ILI = \frac{CARL}{UARL}$$

Par définition, ILI doit avoir une valeur supérieure ou égale à 1. Plus la valeur de ILI est proche de 1, plus le niveau des pertes réelles est proche des pertes incompressibles donc meilleure est la performance.

I.2.3 Limitations des indicateurs usuels

Des indicateurs usuels, le rendement est un indicateur dont l'interprétation est délicate du fait de sa dépendance directe au volume consommé. Il ne s'appuie sur aucune des caractéristiques techniques des réseaux, ainsi les comparaisons entre réseaux n'ont pas de signification si elles ne sont pas éclairées par d'autres informations.

L'ILP (ou ILVNC) permet de comparer des réseaux différents par leur longueur. Cependant, l'interprétation des valeurs d'ILP n'est pas possible indépendamment d'informations concernant le caractère urbain ou rural du service. Il n'existe pas aujourd'hui de référentiel partagé des valeurs d'ILP et une étude menée sur les réseaux français a montré que les différents référentiels existants utilisent une approche par seuil qui n'est pas pertinente [Renaud, 2009].

Enfin, les indicateurs prévus au RPQS ne prennent pas en compte la pression de service qui influence pourtant significativement le débit des fuites.

Concernant les indicateurs IWA, leur application aux réseaux français soulève des difficultés. En effet, la valeur moyenne de ILI est croissante avec la densité d'abonnés et pour les réseaux présentant une très faible densité d'abonnés ILI est plus petit que 1 ce qui ne devrait pas être possible [Renaud et al., 2007].

Par ailleurs, ILI étant le résultat du rapport de deux quantités proportionnelles à la pression, une réduction du volume de fuite par des actions de réduction de la pression n'influence pas de façon significative la valeur d'ILI.

Les indicateurs usuels ne permettent pas, seuls, d'évaluer le potentiel de réduction des fuites d'un service et les moyens d'y parvenir. C'est pourquoi, un approfondissement des connaissances sur les déterminants du niveau des fuites est nécessaire ; la méthode proposée passe par l'étude des volumes de fuite sur des territoires plus petits et plus homogènes (les secteurs) et à un pas de temps resserré (le jour, voire l'heure).

1.3 Cadre de l'étude

1.3.1 Données

Les informations utilisées dans le cadre de l'étude comprennent :

- × Les informations structurelles décrivant le réseau et les installations
- × Le descriptif technique et fonctionnel de la sectorisation
- × Les données issues de la sectorisation
- × Les informations relatives à l'exploitation

Toutes les données étant ventilées par secteur.

(a) Informations structurelles

- Caractéristiques des conduites :
 - Matériau
 - Diamètre
 - Date de pose
 - Longueur de chacun des sous-ensembles
- Caractéristiques des branchements :
 - Nombre et longueur

- Matériau
- Diamètre
- Date de pose
- Nombre d'organes :
 - Nombre de prises d'eau par type (PI, BI, bouches de lavage, bornes fontaine...)
 - Nombre de purges et de vidanges
 - Nombre d'appareils de robinetterie et de régulation
- Pression de service du secteur
- Informations sur les abonnés :
 - Nombre d'abonnés
 - Gros consommateurs
 - Consommateurs nocturnes

(b) Descriptif technique et fonctionnel de la sectorisation

- Zonage de la sectorisation
- Positionnement et informations techniques sur les comptages
- Formule de calcul des débits des secteurs

(c) Données issues de la sectorisation

- Volumes horaires des compteurs :
 - de sectorisation
 - domestiques

(d) Informations relatives à l'exploitation

- Historique des interventions sur réseau
- Chronique des consommations atypiques (utilisation poteaux incendie, purges...)
- Aléas perturbant la mesure (pannes, by-pass...)

I.3.2 Terrain d'étude

Dans le cadre de cette étude, le Cemagref a passé une convention tripartite avec le SIAEP de Coulounieix Razac et la SAUR pour la mise à disposition des données détaillées en I.3.1.

Le SIAEP de Coulounieix Razac est un syndicat grand et varié, avec des zones rurales et urbaines et différentes zones de pression.

Son réseau est sectorisé avec un système de télétransmission, ce qui permet d'avoir une mesure en continue des débits entrant et sortant des secteurs. Il compte une quarantaine de secteurs.

De plus, le syndicat est en train de mettre en place un système de télérelève des compteurs sur l'ensemble de son territoire, sur la période 2008-2011. La télérelève permet d'avoir une mesure en continue des consommations sur un secteur et donc d'en connaître les pertes.

Un système de télérelève comprend :

- Une tête émettrice et un module radio-émetteur au niveau des compteurs des abonnés. Les impulsions du compteur sont traitées et envoyées.
- Un réseau de répéteurs joue le rôle de relais entre les compteurs et le concentrateur.
- Le concentrateur réceptionne l'ensemble des données transmises et les transfert au terminal de supervision des données.

Sachant qu'il faut compter :

- 1 répéteur pour 15-50 compteurs suivant leur portée
- 4 concentrateurs pour environ 4500 compteurs

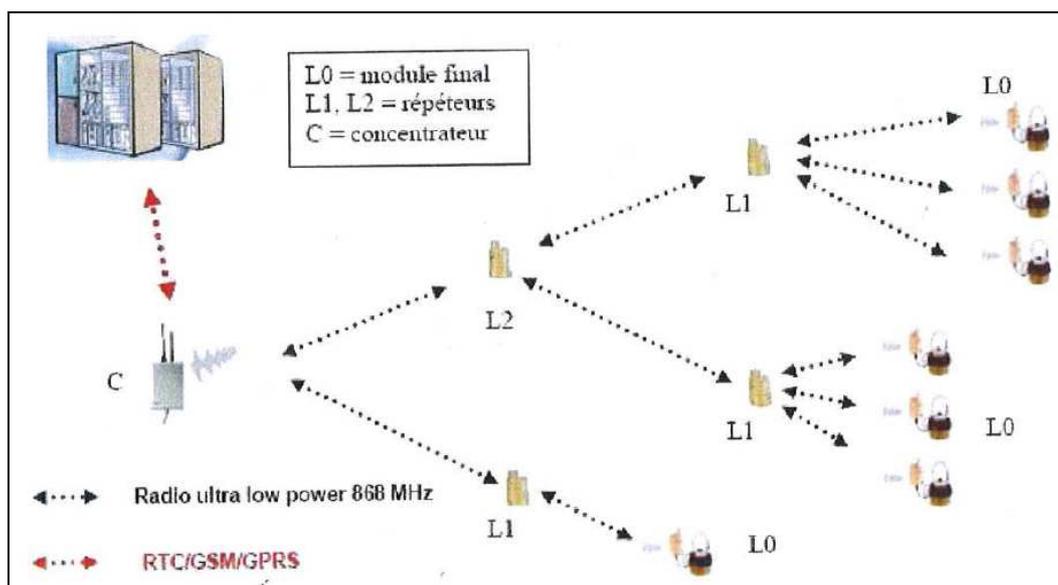


Figure 6 Réseau fixe de télérelève SAUR

La partie suivante présente le syndicat et fait le point sur les données recueillies.

II Le SIAEP de Coulounieix Razac

II.1 Présentation

II.1.1 Contexte

Le SIAEP de Coulounieix Razac est situé au centre-ouest de la Dordogne. Il regroupe 29 communes dont certaines au sein de l'agglomération de Périgueux.

Il compte 39 200 habitants, avec une faible évolution démographique.

Le syndicat est caractérisé par un relief d'altitude moyenne, étagé entre 70 et 240 m NGF.

Les formations sédimentaires datent du secondaire : calcaires et grés-sableuses du crétacé supérieur, et calcaires du jurassique.

Les eaux souterraines proviennent essentiellement de résurgences karstiques du crétacé et d'un forage captant dans le jurassique.

Enfin, le système d'AEP est exploité en affermage. Le délégataire est la société SAUR.

II.1.2 Système d'AEP

L'eau distribuée provient de :

- 5 sources (prélèvement en nappe souterraine) :
 - Source Les Moulineaux, Razac-Sur-l'Isle
 - Source de Bulidour, Lisle
 - Source de Bas Plantier, Grand-Brassac
 - Puits de Moulin de Gerbaudie-Amenot, Valeuil
 - Captage source de Grignols (Fontavy), Grignols
- plus une de secours (prélèvement d'eau de surface) :
 - Prise en rivière Les Moulineaux, Razac-Sur-l'Isle
- 1 forage :
 - Forage de La Rebière, Château-l'Eveque

Il existe 3 interconnexions avec les syndicats suivants :

- SIAEP de la Chapelle Faucher
- SIAEP de la Vallée de l'Isle
- SIAEP de Tocane St Apre

Le réseau de distribution comporte 27 réservoirs plus 13 stations de reprise.

II.1.3 Caractéristiques

En 2007, le syndicat a distribué de l'eau à 18 920 abonnés (+2.19 % par rapport à 2006).

Les abonnés domestiques ont consommé environ 2 479 000 m³ (+4.59 % par rapport à 2006) soit en moyenne 173 litres par habitant et par jour.

Compte tenu des fuites et des besoins en eau du service (purges du réseau, poteaux incendie, lavages des réservoirs, ...), le rendement du réseau était de 71.1 % en 2007 (il était de 68.0 % en 2006).

L'ILP était égal à 2,0, ce qui correspond à un niveau « Acceptable » dans les références usuelles pour la densité de 13,6.

Le tableau ci-dessous reprend les principales données pour le syndicat en 2007.

Principales données techniques		Unité	2007
Volume produit	Vprod	[m ³]	3 631 000
Volume importé	Vimp	[m ³]	12 000
Volume exporté	Vexp	[m ³]	76 000
Volume distribué	Vd	[m ³]	3 567 000
Volume consommé comptabilisé	Vcc	[m ³]	2 479 000
Volume consommé autorisé	Vca	[m ³]	2 536 000
Volume de Pertes	VP	[m ³]	1 031 000
Linéaire de réseau	L	[km]	1 390
Nombre d'abonnés	Na	[ab.]	18 920
Densité d'abonnés	Da	[ab./km]	13,6
Rendement	R	[%]	71,1
Indice Linéaire de Pertes	ILP	[m ³ /km/j]	2,0

Tableau 4 Caractéristiques du syndicat

II.1.4 Sectorisation

Le SIAEP de Coulounieix Razac a été scindé en une quarantaine de secteur avec un total de 151 compteurs de sectorisation. Les secteurs sont nommés d'après leur compteur d'entrée.

Le plan de sectorisation est présenté dans son ensemble Figure 7 et la partie encadrée, Figure 8, correspond aux 6 secteurs par lesquels l'étude a été commencée.

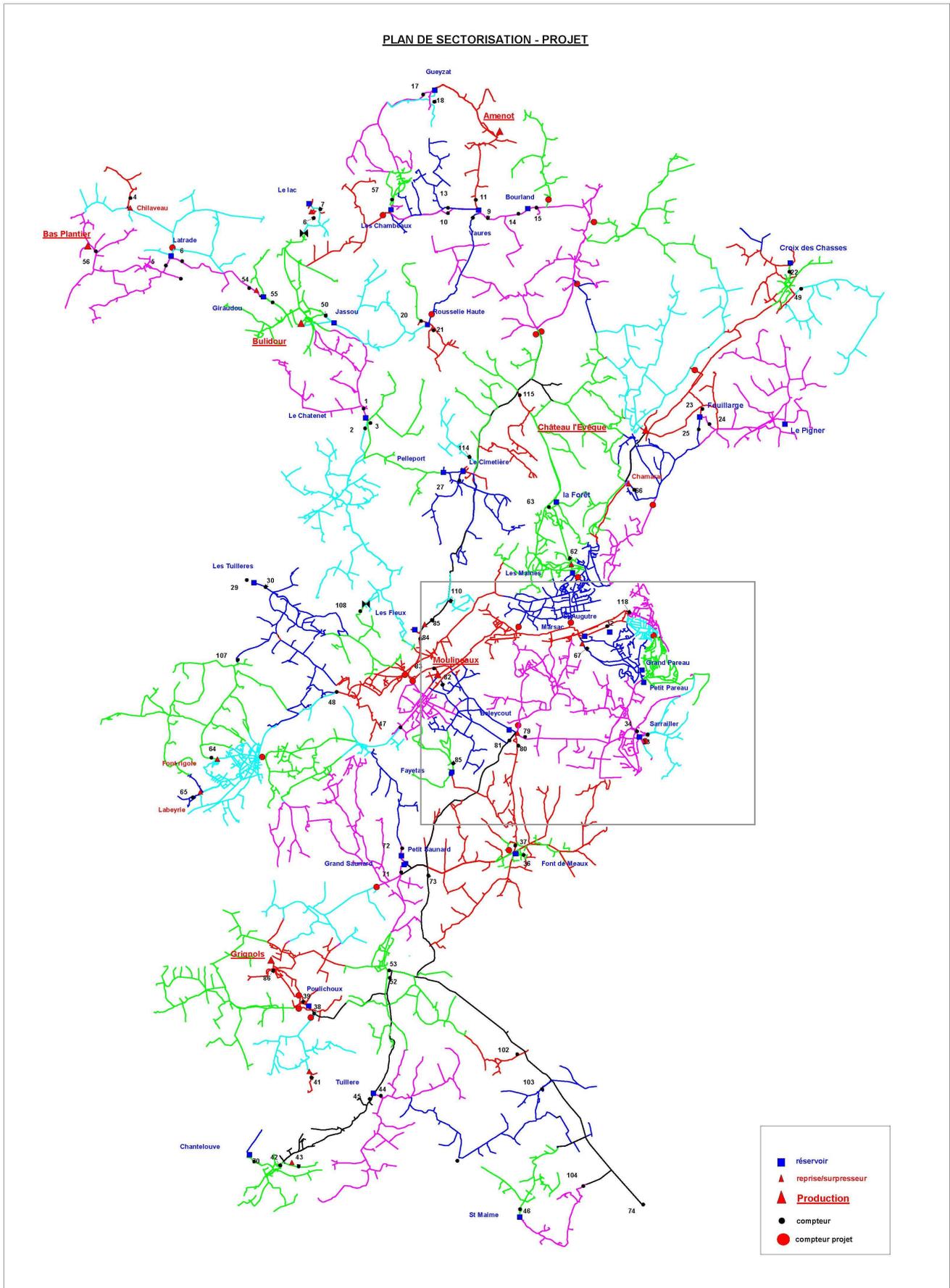


Figure 7 Sectorisation du syndicat de Coulounieix Razac

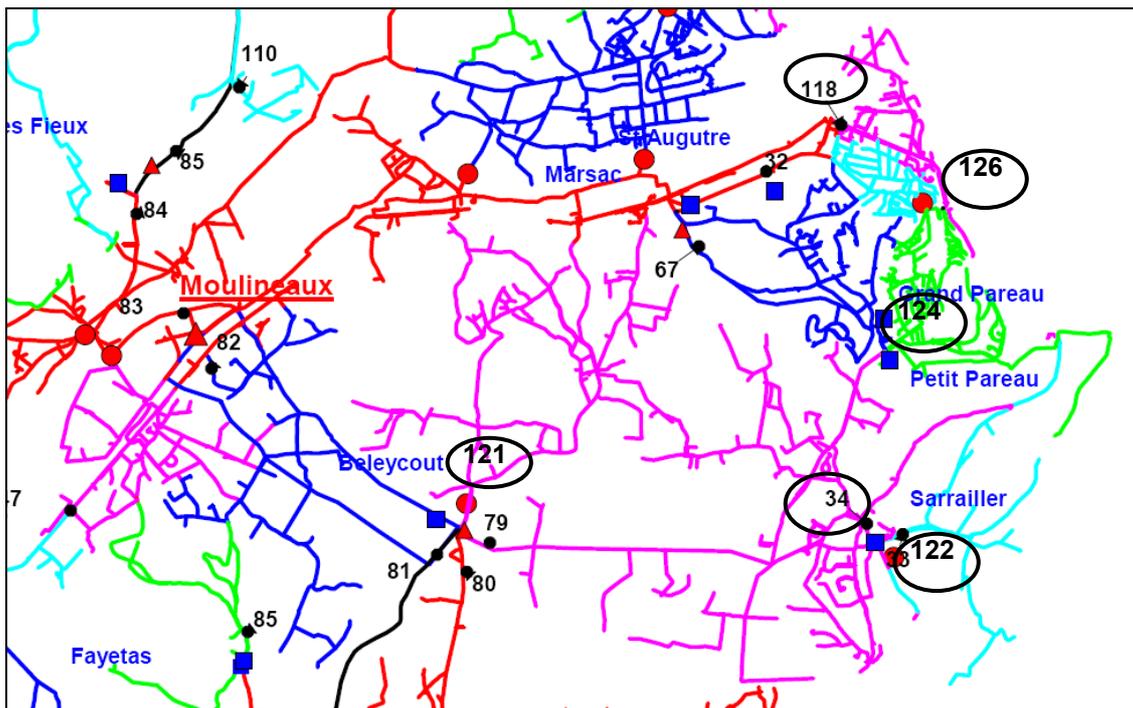


Figure 8 Secteurs étudiés

II.1.5 Télérélevé

Le syndicat de Coulounieix Razac a entrepris d'équiper dans un délai de 4 ans l'ensemble des compteurs des abonnés d'un système de télérélevé des consommations d'eau.

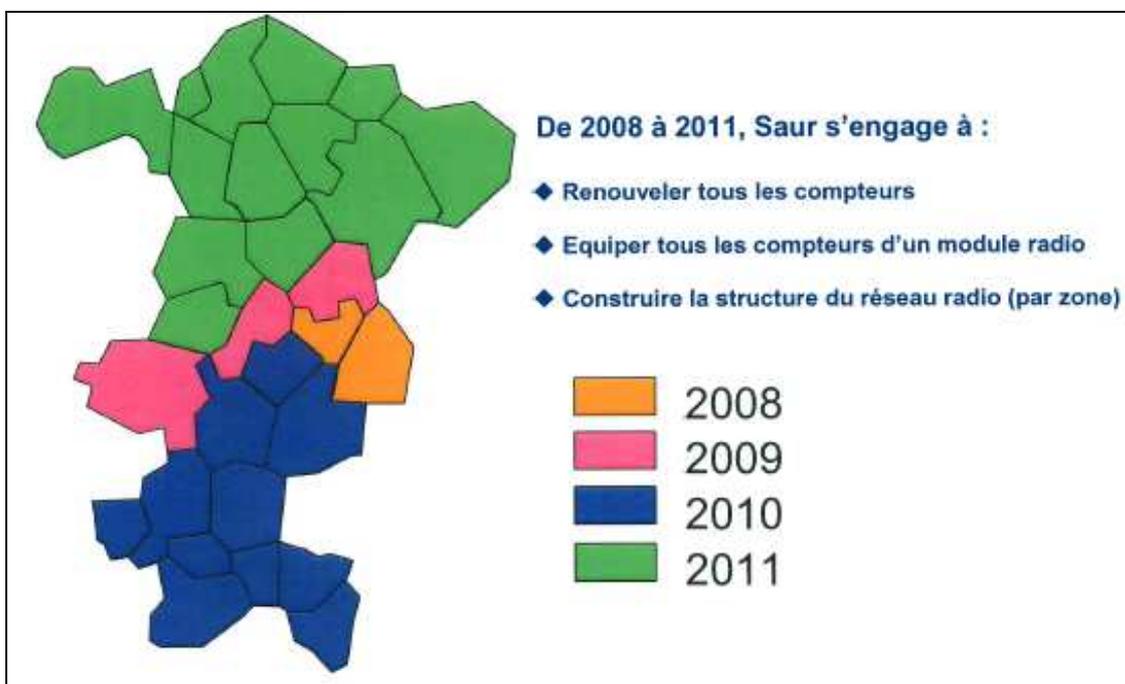


Figure 9 Planning télérélevé

Les compteurs, leurs modules radio, les répéteurs et les concentrateurs de la zone 2008 ont maintenant tous été posés. Les données horaires seront disponibles début 2010 suite à des difficultés rencontrées lors de la pose des répéteurs (conventions avec EDF pour l'utilisation des poteaux électriques comme supports).

II.2 Descriptif structurel

Les données structurelles ont été fournies par la SAUR sous forme d'un SIG comprenant le plan du réseau de Coulounieix Razac avec en attribut les identifiants des tronçons, et d'un fichier Excel reprenant les identifiant des tronçons et leurs caractéristiques.

Les données sont du type :

- Nombre d'abonnés
- Matériau
- Diamètre
- Date de pose
- Nombre de branchements
- Nombre et type d'organes

Les informations se trouvent au niveau du service, il faut donc regrouper ou détailler les données selon au niveau du secteur, ce qui est compliqué par l'absence de couche de sectorisation.

II.2.1 A l'échelle du syndicat

(a) Abonnés

Le rattachement des abonnés aux secteurs est en cours par la SAUR. La répartition devrait être disponible courant janvier 2010.

(b) Matériau

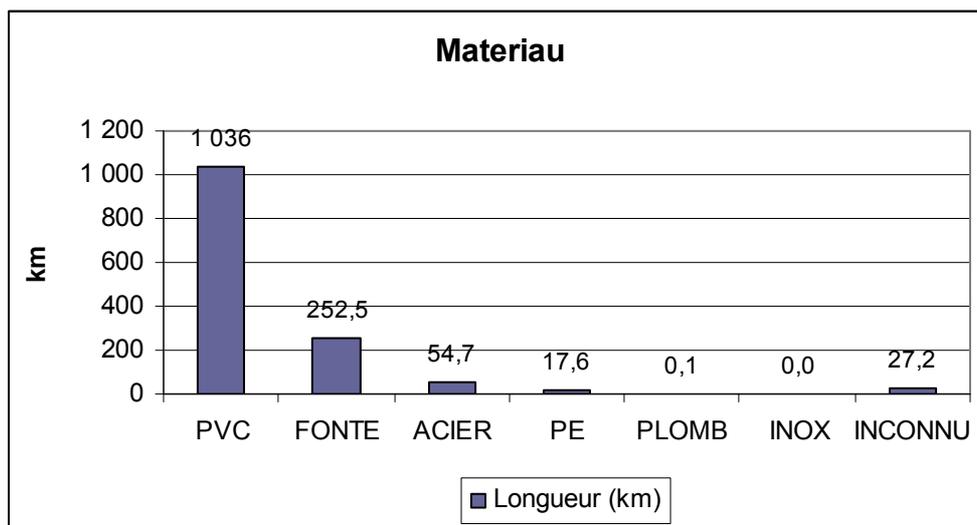


Figure 10 SIAEP Données matériau

Les données matériau sont bien renseignées.

Le réseau est essentiellement en PVC et fonte.

(c) *Diamètre*

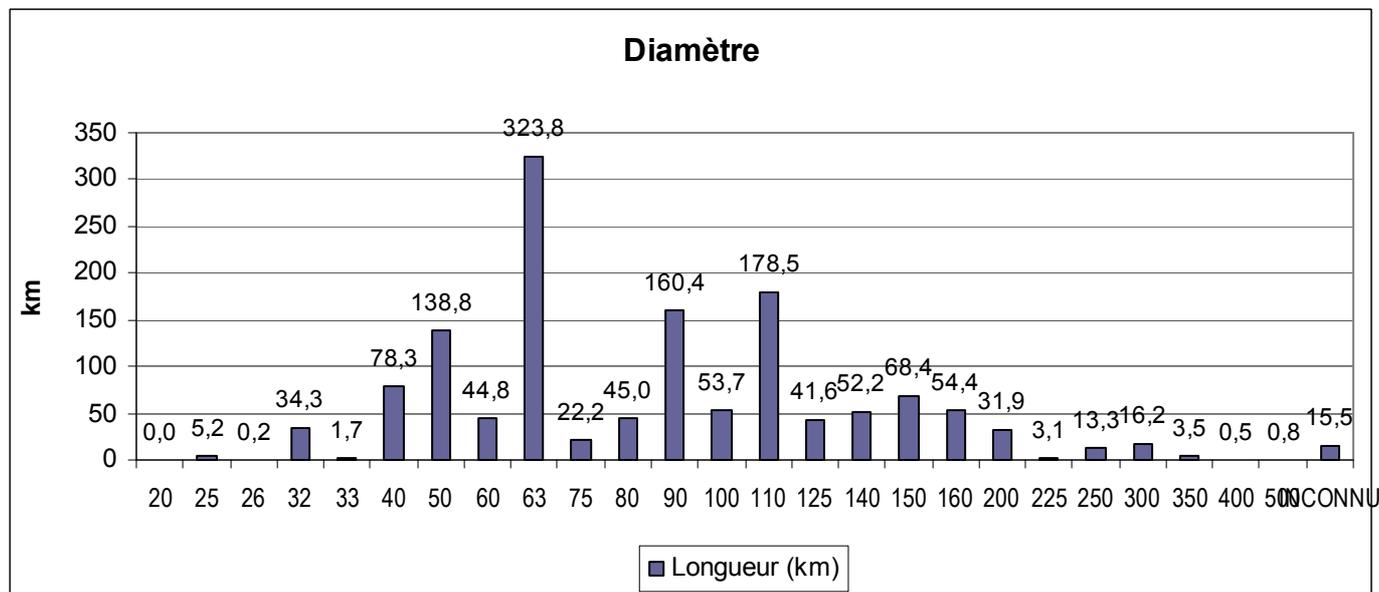


Figure 11 SIAEP Données diamètre

Les données diamètre sont elles aussi bien renseignées.

Le réseau est essentiellement en PVC 63, 110, 90 et 50.

(d) *Date de pose*

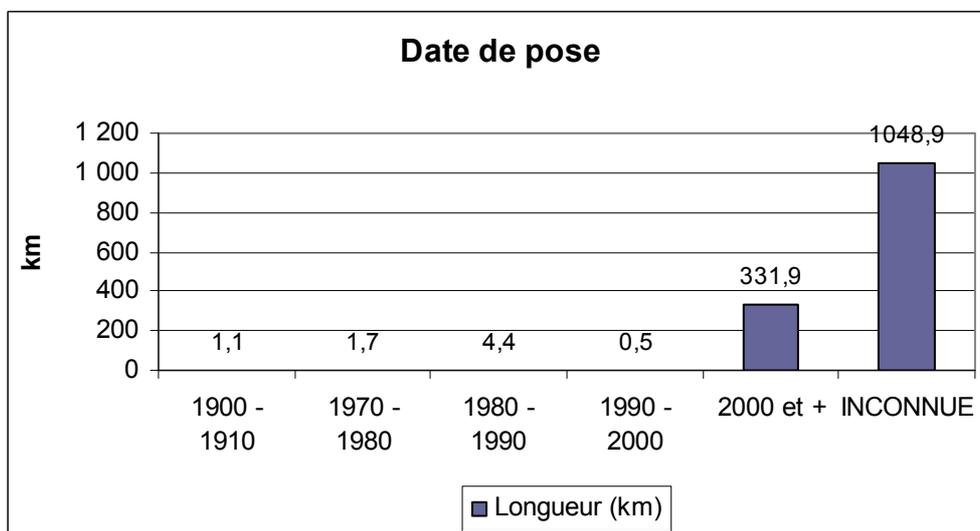


Figure 12 SIAEP Données date de pose

Les données date de pose ne sont pas assez renseignées et ne sont donc pas utilisables en l'état. Un effort, concentré sur les premiers secteurs d'étude, reste à faire pour valoriser ces données.

(e) *Branchements*

Il n'y a pas actuellement d'informations sur les branchements. Ces informations seront recherchées au moment du rattachement des abonnés aux secteurs.

(f) Piquages

Il s'agit de piquages de type : prises d'eau, purges et vidanges, appareils de robinetterie et de régulation.

	ORGANES	Nombre
Protection incendie	BOUCHE INCENDIE	44
	POTEAU INCENDIE	463
	PUISARD	45
	VANNE	253
Regulation du reseau	CLAPET	34
	REDUCTEUR DE PRESSION	22
	REGULATEUR DE DEBIT	1
	REGULATEUR DE PRESSION	53
	ROBINET	151
	VANNE	4 637
Hygiene publique	BORNE FONTAINE	2
	BOUCHE DE LAVAGE	1
Protection du reseau	BOÎTE A BOUES	8
	PLAQUE D'EXTREMITE	126
	PURGE	693
	SOUPAPE	9
	VENTOUSE	547
	VIDANGE	1 119
Mesure et comptage	COMPTEUR	81
	STABILISATEUR	7
Extension future	VANNE	19
Total		8 315

Tableau 5 SIAEP Données piquages

II.2.2 A l'échelle du secteur

Après traitement des données du syndicat, les conduites et leurs informations ont été réparties pour le secteur S118.

On obtient les répartitions suivantes :

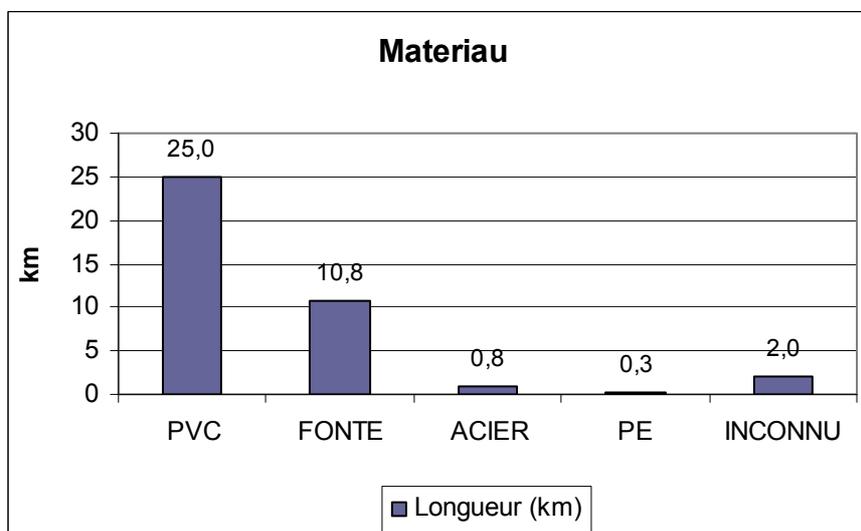


Figure 13 S118 Données matériau

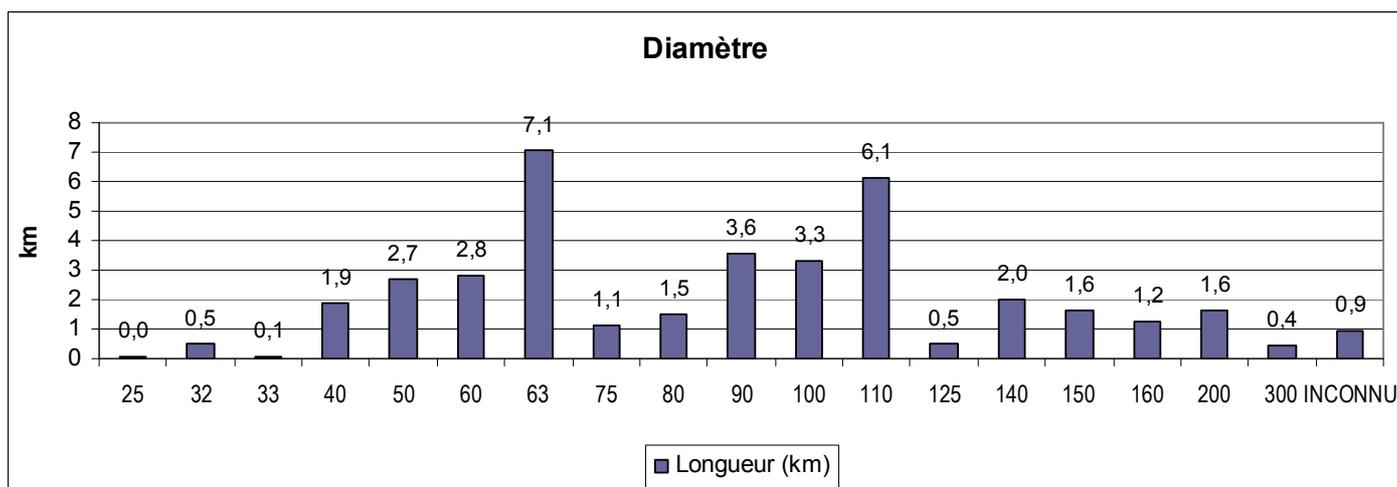


Figure 14 S118 Données Diamètre

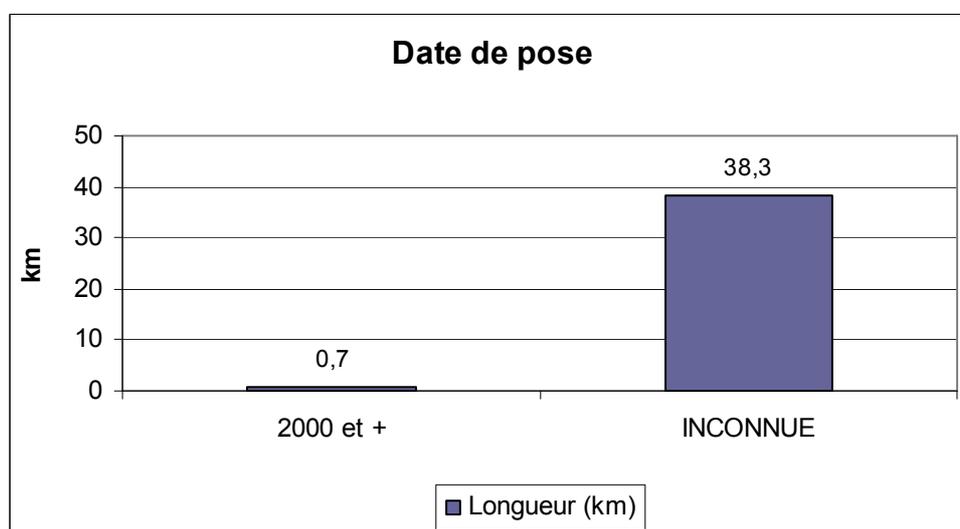


Figure 15 S118 Données date de pose

II.3 Descriptif fonctionnel

Le suivi des interventions sera valorisé d'une part pour étudier le débit unitaire des fuites en relation avec les débits de nuit, et d'autre part pour calculer l'indicateur structurel « Taux de casse ».

L'historique des interventions sur réseau et branchement a été fourni par la SAUR selon le même principe que pour les données structurales. Les interventions sont reportées sur le SIG avec un identifiant pour le tronçon sur lequel est localisé la fuite, et un fichier Excel contient les identifiants tronçons et les informations sur la fuite.

Ces informations détaillent la date, la localisation et la nature de fuite.

Une distinction est faite entre :

- Les fuites sur conduite
- Les fuites sur branchement

- Les fuites sur équipement

On retrouve la même difficulté pour récupérer les informations de l'échelle du syndicat à celle du secteur.

II.3.1 A l'échelle du syndicat

Les tableaux suivants présentent les informations obtenues au niveau du syndicat en regard des fuites sur les conduites, les branchements et les équipements, elles sont dénombrées par type de fuite et par date.

On remarque que les interventions sont répertoriées depuis récemment seulement (2006), mais disposer de près de quatre années d'historique est déjà intéressant.

Compte tenu des disparités interannuelles il est prévu de vérifier et si nécessaire de compléter et corriger les données en collaboration avec la SAUR.

A noter les faibles valeurs de 2009 sans doute dues au fait que toutes les interventions de cette année n'ont pas encore été rentrées dans le SIG.

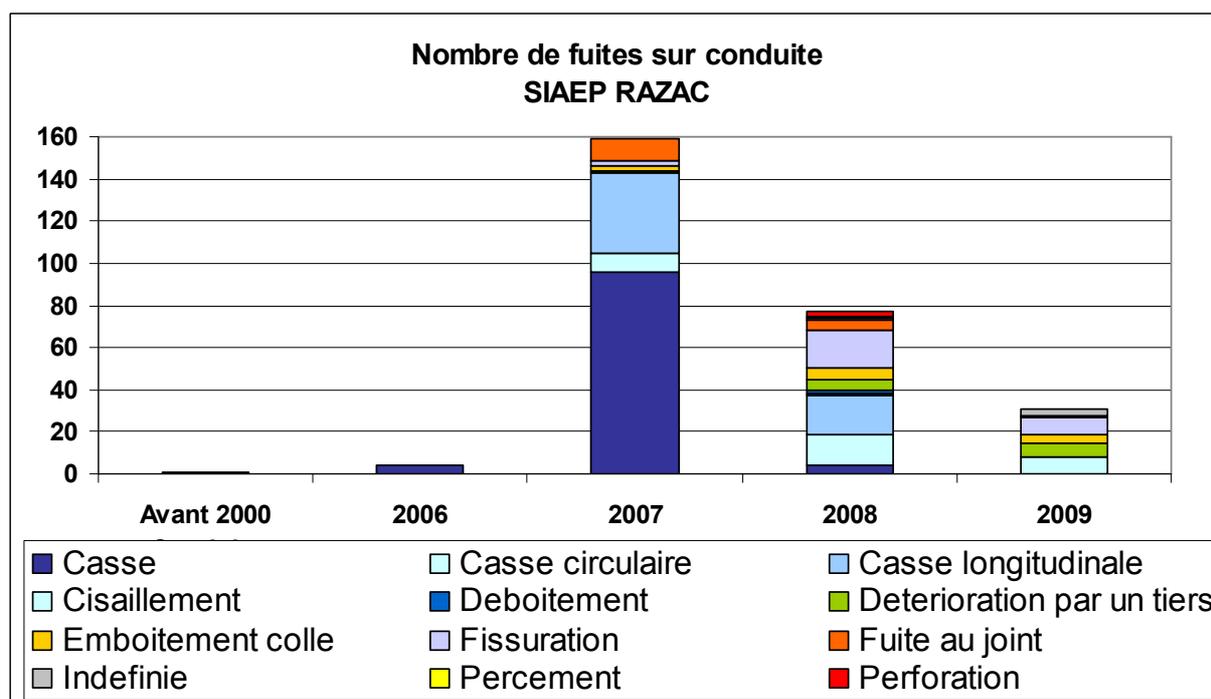


Figure 16 Fuites sur conduite

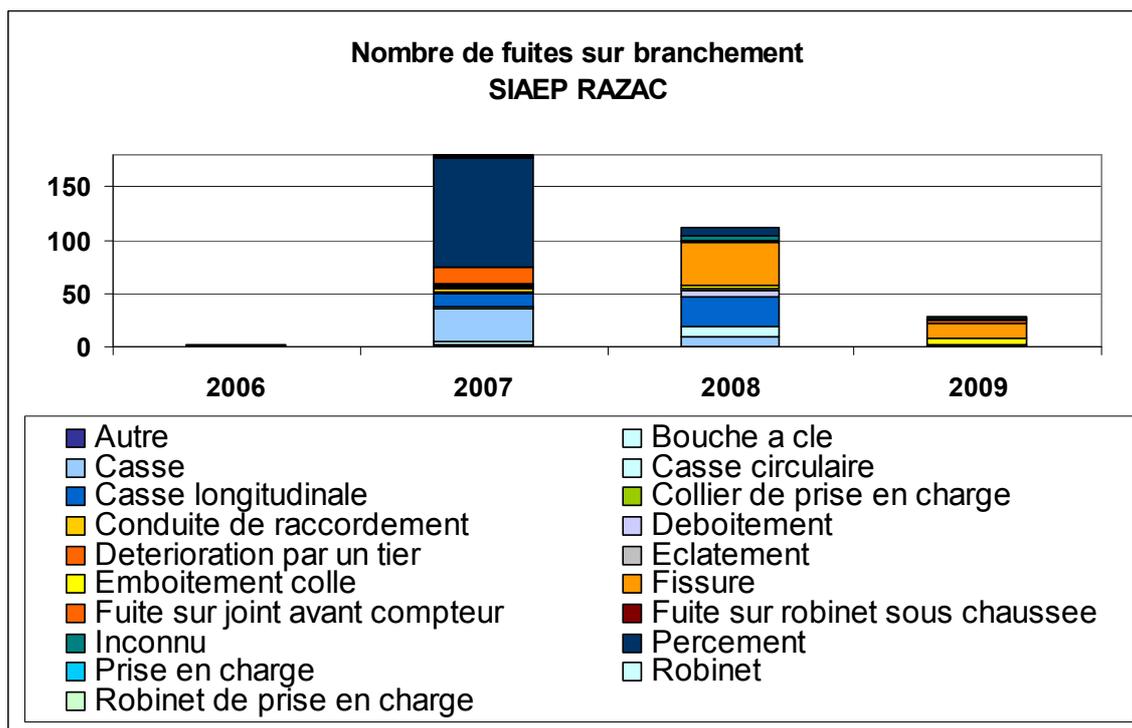


Figure 17 Fuites sur branchement

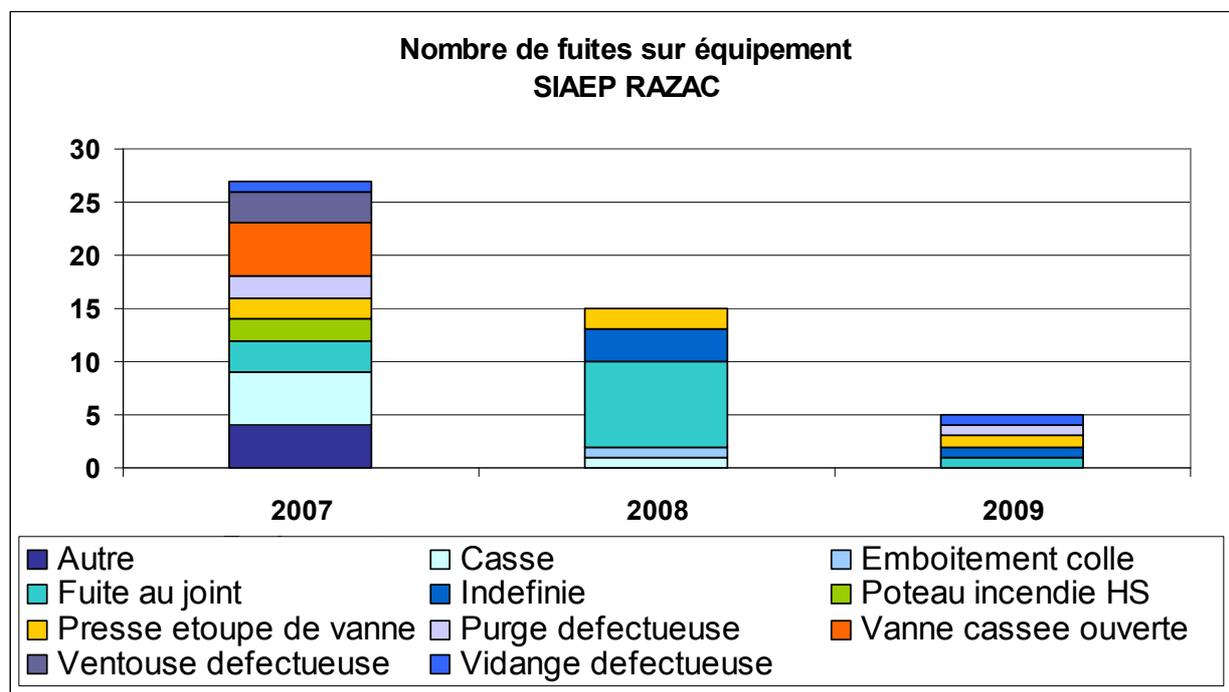


Figure 18 Fuites sur équipement

II.3.2 A l'échelle du secteur

Après traitement des fuites sur conduite, on obtient les données suivantes au niveau du secteur, pour le secteur S118 :

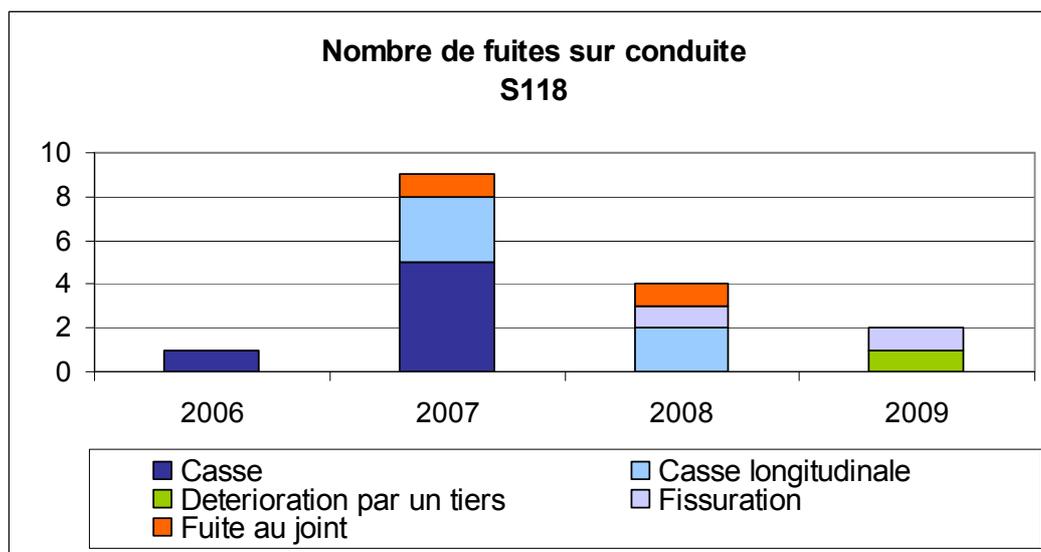


Figure 19 Fuites sur conduites S118

II.4 Données issues de la sectorisation

Les données collectées auprès de la SAUR sont des données brutes (volumes horaires par compteur) obtenues par copier/coller des tables de l'historique dans un fichier Excel.

Il faut préciser que le volume horaire affecté à l'heure H correspond au volume de l'heure précédant H (la mesure affectée à 14h correspond au volume transité entre 13 et 14h).

Pour l'instant, les données ont été obtenues pour les six secteurs précédemment mentionnés (cf. Figure 8) sur la période allant du 2 au 23 juin 2009. Dans le cas de ces secteurs, un compteur correspond à un secteur.

Ces premières données vont nous servir de base pour établir un protocole de transmission automatisé des données de la SAUR vers le Cemagref.

Si on trace les débits horaires sur la journée, on retrouve bien la courbe de consommation classique :

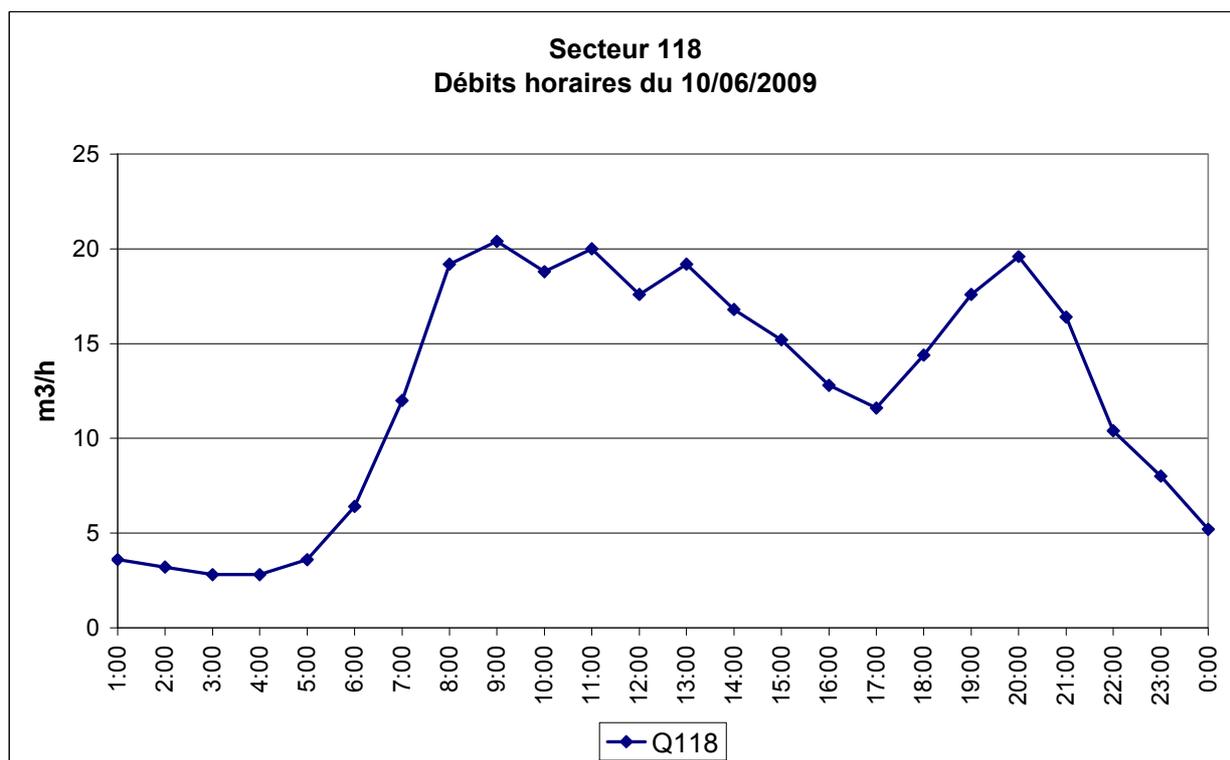


Figure 20 Courbe de consommation de S118

La période nocturne est la période sur laquelle est calculé le débit de nuit qui correspond au débit minimal, en effet les consommations sont alors minimales et les fuites la composante principale du débit. Cette période nocturne a été fixée aux quatre heures de la période allant de 1h à 5h (valeurs affectées à 2h, 3h, 4h et 5h).

III Les indicateurs

III.1 Indicateurs de pertes

III.1.1 Indicateurs RPQS

Les indicateurs de pertes RPQS peuvent être calculés à l'échelle du service, on obtient les résultats suivants pour 2007 :

Donnée	Unité	2007
Vd	[m ³]	3 567 000
VNC	[m ³]	1 088 000
VP	[m ³]	1 031 000
L	[km]	1 390
Na	[ab.]	18 920
Da	[ab./km]	13,6
R	[%]	71,1
ILVNC	[m ³ /km/j]	2,14
ILP	[m ³ /km/j]	2,03

Tableau 6 Indicateurs RPQS 2007

Ils pourront également être évalués par secteur à différents pas de temps grâce au télérelevé des compteurs domestiques.

De manière analogue à l'ILP, on définit l'indice de pertes par abonné (IPA) et l'indice de pertes par branchement (IPB) comme il suit :

$$IPA = \frac{VP}{365 \times Na}$$

En m³/abonné/j, avec :

- VP, Volume annuel de Pertes en m³
- Na, Nombre d'abonnés

$$IPB = \frac{VP}{365 \times Nb}$$

En m³/branchement/j, avec :

- VP, Volume annuel de Pertes en m³
- Nb, Nombre de branchements

III.1.2 Indicateurs IWA

En l'état actuel, les données collectées ne permettent pas d'effectuer une évaluation précise de UARL à l'échelle du service, les informations concernant la pression moyenne de service et le nombre et la longueur des branchements n'étant pas disponibles.

Un calcul approché peut toutefois être réalisé sous les hypothèses simplificatrices suivantes :

- Nc (nombre de branchements) = Na (nombre d'abonnés)
- $L_p = 0.008 \times N_c$ (soit une longueur moyenne des branchements estimée de 8 m)
- $P = 50$

Application : $U_{ARL} = 2197 \text{ m}^3/\text{j}$

Une formulation de U_{ARL} , exprimée en $\text{m}^3/\text{j}/\text{km}$ pour être homogène avec un indice linéaire, peut, dans ces conditions, être déterminée :

$$U_{ARL} = 0.9 + 0.05 \times D$$

On obtient alors : $U_{ARL} = 1,58 \text{ m}^3/\text{j}/\text{km}$

Le rapport entre $ILVNC$ et U_{ARL} est homogène avec ILI et dans la mesure où les pertes réelles au sens de l'IWA sont incluses dans les volumes non comptés, on obtient l'inégalité suivante :

$$1 \leq ILI \leq \frac{ILVNC}{U_{ARL}}$$

D'où $ILI \leq 1,36$

De même que pour les indicateurs RPQS le télérelevé des compteurs associé à une évaluation de la pression moyenne permettra d'évaluer des indicateurs équivalents à U_{ARL} et ILI au niveau des secteurs à différents pas de temps.

III.1.3 Indicateurs journaliers de débits

A l'échelle du secteur, les débits sont mesurés au pas de temps horaire.

Le débit horaire du secteur, noté q_{ij} , est la somme algébrique des débits horaires des compteurs mesurant les entrées et sorties du secteur.

A partir du télérelevé des compteurs domestiques, les débits horaires consommés sur le secteur, notés qc_{ij} , peuvent être calculés, ils sont égaux à la somme des débits horaires consommés des abonnés de ce secteur à l'heure i le jour j .

On peut ensuite évaluer les débits horaires de pertes, notés qp_{ij} tels que :

$$qp_{ij} = q_{ij} - qc_{ij}$$

Le tableau suivant récapitule les définitions des débits utilisés.

	Débit horaire de l'heure i le jour j	Débit moyen horaire journalier	Débit moyen horaire nocturne ⁽¹⁾	Débit horaire minimum
	Volume écoulé durant la période d'une heure précédant l'heure i, le jour j	Volume horaire moyen sur la période de 0h à 24h	Volume horaire moyen sur la période de 1h à 5h ⁽²⁾	Volume horaire minimum sur la période de 1h à 5h
Total	q _{ij}	Q _{moy}	Q _{nuit}	Q _{min}
Consommations	q _{cij}	QC _{moy} ⁽³⁾	QC _{nuit}	QC _{min}
Pertes	q _{pij}	QP _{moy}	QP _{nuit}	QP _{min}

⁽¹⁾ Aussi nommé débit de nuit.

⁽²⁾ La période nocturne intègre les quatre débits horaires mesurés à 2h, 3h, 4h et 5h.

⁽³⁾ QC peut être noté QC^C quand il s'agit d'un débit consommé comptabilisé et QC^E pour un débit consommé estimé.

Tableau 7 Définition des débits utilisés

Ces débits sont calculés de la manière suivante :

	Débit moyen horaire journalier du jour j, en m ³ /h	Débit moyen horaire nocturne du jour j, en m ³ /h	Débit horaire minimum du jour j, en m ³ /h
Total	$Q_{moy_j} = \frac{\sum_{i=1}^{24} q_{ij}}{24}$	$Q_{nuit_j} = \frac{\sum_{i=2}^5 q_{ij}}{4}$	$Q_{min_j} = \text{Min}(q_{ij})_{i \in \{2,5\}}$
Consommations	$QC_{moy_j} = \frac{\sum_{i=1}^{24} qc_{ij}}{24}$	$QC_{nuit_j} = \frac{\sum_{i=2}^5 qc_{ij}}{4}$	$QC_{min_j} = \text{Min}(qc_{ij})_{i \in \{2,5\}}$
Pertes	$QP_{moy_j} = \frac{\sum_{i=1}^{24} qp_{ij}}{24}$	$QP_{nuit_j} = \frac{\sum_{i=2}^5 qp_{ij}}{4}$	$QP_{min_j} = \text{Min}(qp_{ij})_{i \in \{2,5\}}$

Tableau 8 Formules de calcul des débits

La Figure 21 représente les résultats obtenus dans le cas du secteur S118 pour les débits totaux.

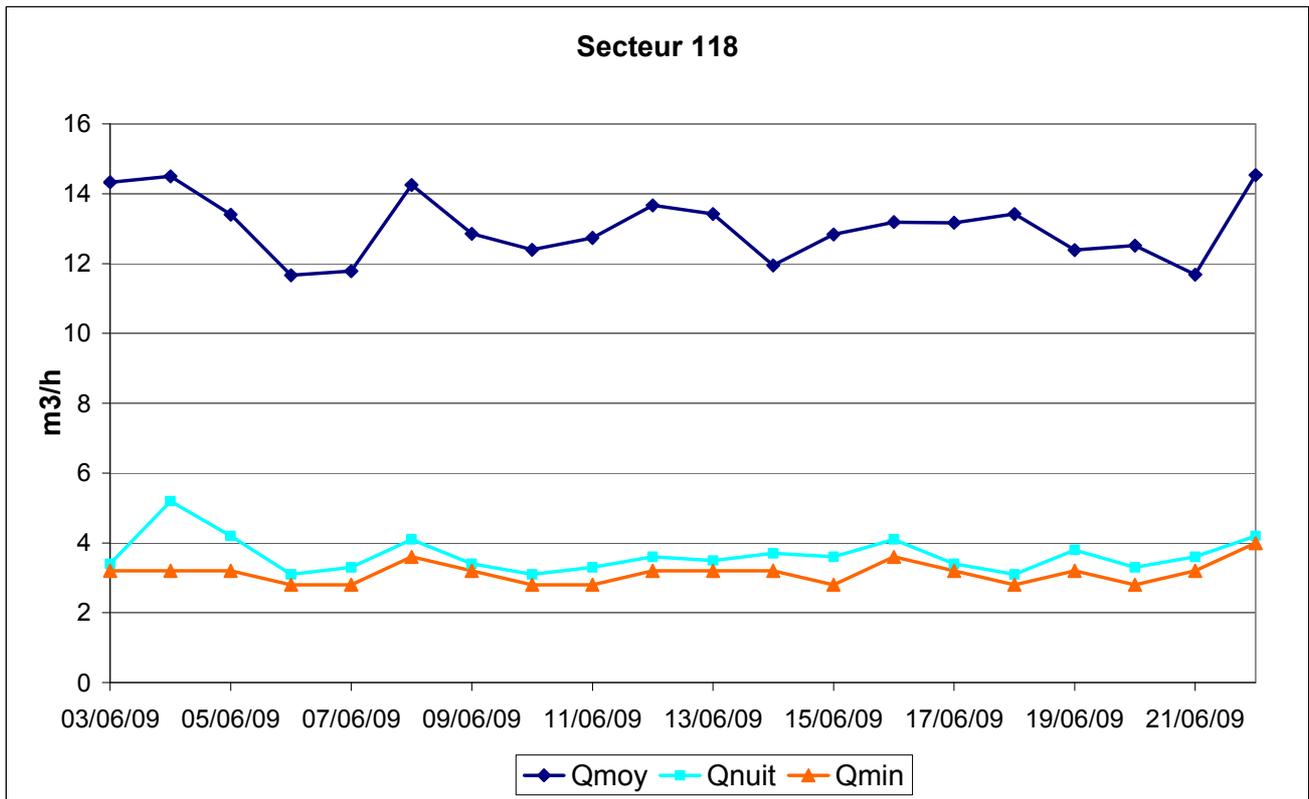


Figure 21 Evolution journalière S118

Les variations du débit nocturne sont représentatives de celles du débit de fuite (les consommations des abonnés étant généralement faibles en période nocturne).

La Figure 22 fait apparaître une légère dérive des débits de nuit du secteur S118.

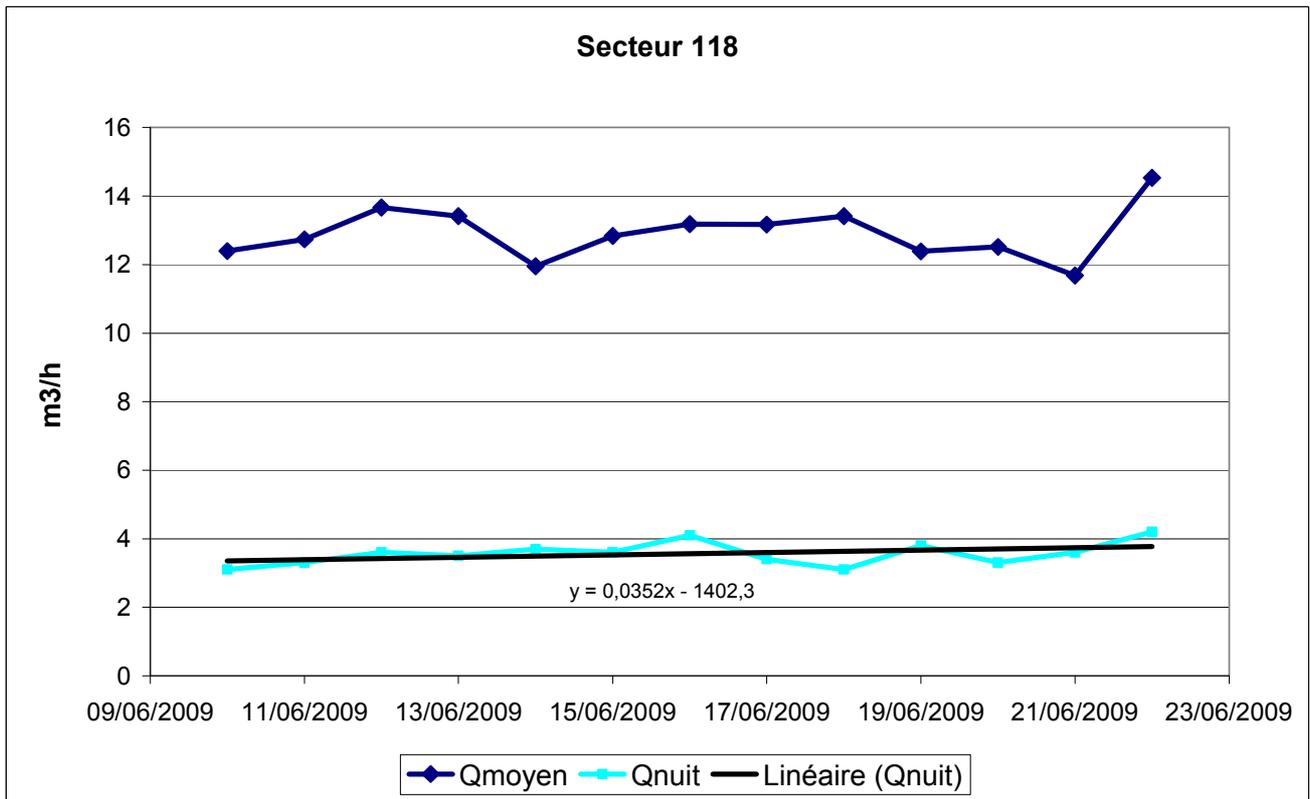


Figure 22 Suivi des débits de nuit

Quand au débit minimum, il est le plus souvent voisin du débit nocturne mais pour des raisons techniques peut connaître des variations chaotiques.

Le suivi des débits minima permet de repérer d'éventuelles anomalies (débits minima négatifs ou égaux à zéro par exemple). Celles-ci peuvent être dues à une erreur de comptage ou à une canalisation non répertoriée communiquant avec un secteur voisin...

Les débits horaires qui en eux-mêmes constituent des indicateurs permettent l'évaluation d'indicateurs journaliers.

III.1.4 Coefficient de débit nocturne

On définit le coefficient de débit nocturne (CDN) comme le rapport entre le débit de nuit et le débit moyen journalier. Ainsi, plus il y a de fuites, plus ce rapport tend vers 1.

$$CDN_j = \frac{Q_{nuit_j}}{Q_{moy_j}}$$

On retrouve Figure 23 une légère dérive pour le secteur S118.

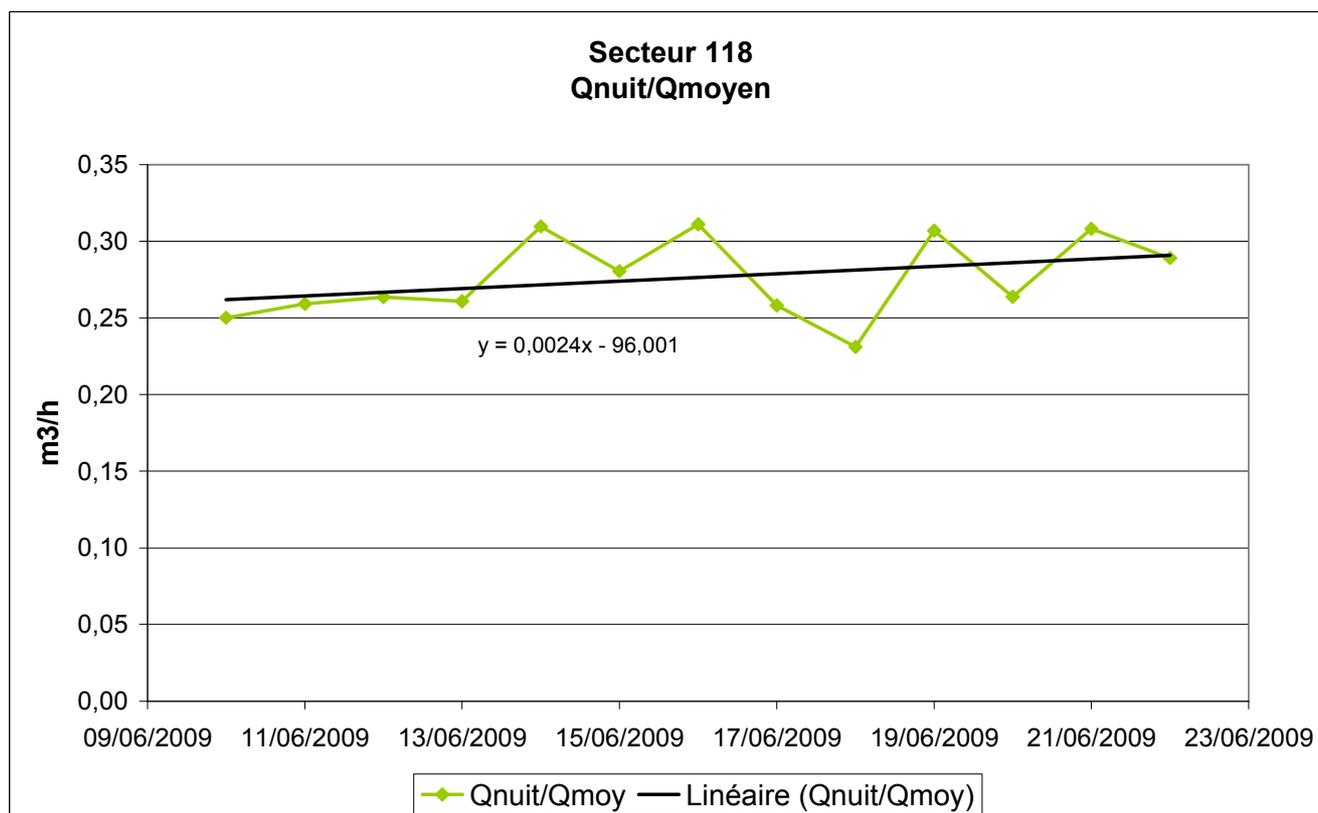


Figure 23 Suivi du coefficient de débit nocturne

III.1.5 Indicateurs journaliers de pertes

A l'échelle du secteur, on définit des indicateurs journaliers de pertes ILP_j , IPA_i et IPB_j à partir du volume de pertes sur le secteur le jour j , VP_j :

$$ILP_j = \frac{VP_j}{L}, \text{ en m}^3/\text{km}/j$$

$$IPA_j = \frac{VP_j}{Na}, \text{ en m}^3/\text{abonné}/j$$

$$IPB_j = \frac{VP_j}{Nb}, \text{ en m}^3/\text{branchement}/j$$

Avec :

- VP_j , Volume journalier de pertes, en m^3/j
- L , Linéaire de réseau, en km
- Na , Nombre d'abonnés
- Nb , Nombre de branchements

Sachant que :

$$VP_j = V_j - VC_j \text{ (ou encore } VP_j = QP_{moy_j} \times 24 \text{), en m}^3/j$$

Avec :

- V_j , Volume journalier du secteur, en m^3/j
- VC_j , Volume journalier consommé par le secteur, en m^3/j
- $QPmoy_j$, Débit moyen horaire journalier de pertes, en m^3/j

On peut estimer VP_j selon trois méthodes (qui vont en perdant de leur précision) en fonction du niveau d'information disponible :

- 1) Lorsqu'on dispose des mesures de consommations nocturnes des abonnés :

$$VP_j = (Q_{nuit_j} - QC^C_{nuit_j}) \times 24$$

Avec QC^C , débit horaire consommé comptabilisé.

- 2) Lorsqu'on dispose d'information suffisante pour estimer les consommations nocturnes :

$$VP_j = (Q_{nuit_j} - QC^E_{nuit_j}) \times 24$$

Avec QC^E , débit horaire consommé estimé.

- 3) Lorsqu'on n'est pas en mesure d'estimer les consommations nocturnes :

$$VP_j = Q_{nuit_j} \times 24$$

Cette dernière méthode nous permettra de calculer le pseudoILP, le pseudoIPA et le pseudoIPB. Il s'agit de ratios s'apparentant à l'indice linéaire de pertes et aux indicateurs de pertes par abonné et par branchement, mais qui de plus intègrent les consommations nocturnes des usagers.

$$pseudoILP_j = \frac{Q_{nuit_j} \times 24}{L}, \text{ en } m^3/km/j$$

$$pseudoIPA_j = \frac{Q_{nuit_j} \times 24}{Na}, \text{ en } m^3/abonné/j$$

$$pseudoIPB_j = \frac{Q_{nuit_j} \times 24}{Nb}, \text{ en } m^3/branchement/j$$

On comparera les valeurs obtenues des consommations et des pertes à celles résultantes des méthodes d'évaluation dans la littérature quand les consommations ne sont pas mesurées.

III.2 Indicateurs structurels

Ces indicateurs seront à mettre en relation avec les pertes afin d'en juger le niveau.

III.2.1 Caractéristiques des secteurs

En première approche, les caractéristiques potentiellement pertinentes pour bâtir les indicateurs structurels sont :

- Longueur

- Age
- Diamètre
- Matériau
- Casses
- Nombre d'abonnés
- Nombre de branchements
- Nombre de piquages
- Pression

Nota :

Il ne faut pas confondre les notions d'utilisateur, d'abonné et de branchement. L'utilisateur se réfère à la notion d'un individu qui consomme l'eau desservie par le service. L'abonné se réfère à la notion d'un usager du service qui paie un abonnement au service. Le branchement se réfère à une connexion physique sur le réseau principal qui permet d'alimenter un ou plusieurs usagers.

Par exemple, une commune correspond à un abonné mais à plusieurs branchements (école, mairie, salle des sports...) alors que dans un immeuble collectif, il y a autant d'abonnés que d'utilisateurs, mais un seul branchement physique.

De plus, le nombre d'abonnés peut subir d'une année sur l'autre des variations qui sont indépendantes du contexte physique du réseau notamment quand des immeubles collectifs passent du régime d'abonnement unique à l'individualisation des comptages et des abonnements.

Par ailleurs, concernant les fuites, un branchement fermé et un branchement ouvert auront des impacts différents. En effet, le point de fermeture du branchement est en général situé à proximité immédiate de la canalisation principale, la fermeture du branchement diminue donc sensiblement les sources potentielles de fuites.

Pour caractériser un territoire constitué de n tronçons de canalisations, on va calculer les indicateurs qui suivent.

III.2.2 Matériau

Les indicateurs bâtis à partir du matériau pourront être des taux pondérés par la longueur.

Par exemple, taux de PVC :

$$T[PVC] = \frac{\sum_{i=1}^n l_i \cdot pvc(i)}{\sum_{i=1}^n l_i}$$

Avec :

- l_i , Longueur de la canalisation i , en km
- $pvc(i)$ tel que $\left\{ \begin{array}{l} pvc(i)=1 \text{ si la canalisation } i \text{ est en PVC} \\ pvc(i)=0 \text{ sinon} \end{array} \right.$

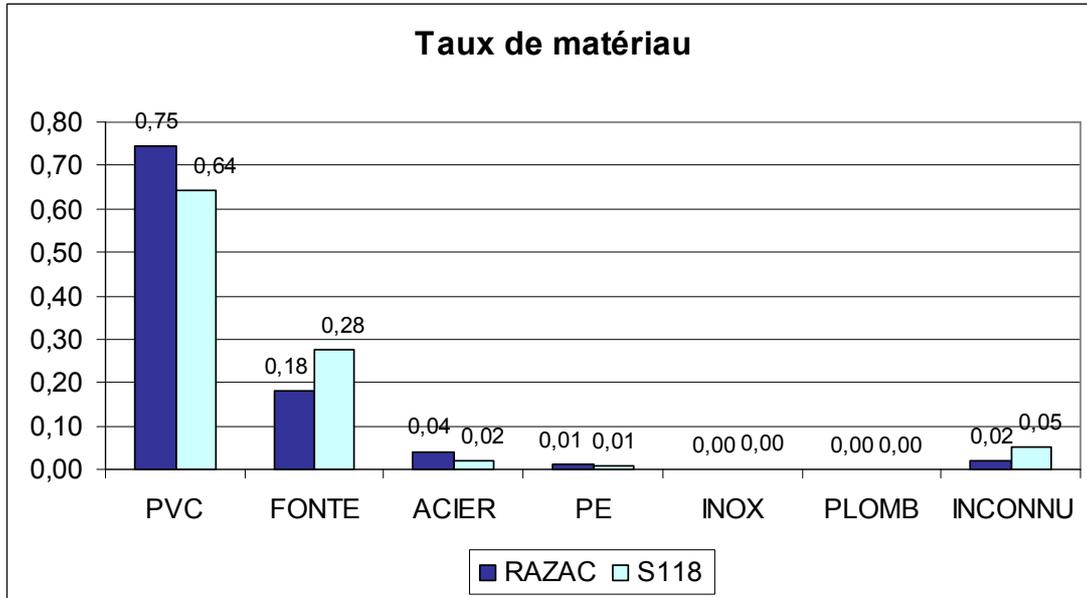


Figure 24 Taux de matériau

Des regroupements seront opérés s'ils semblent pertinents (par exemple : conduites métalliques).

III.2.3 Age

L'indicateur « Age moyen » sera calculé comme il suit :

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n a_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n l_i}$$

En années, avec :

- a_i , Age de la canalisation i , en années
- l_i , Longueur de la canalisation i , en km

III.2.4 Diamètre

L'indicateur « Diamètre moyen » est ainsi défini :

$$DIA = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n l_i}$$

En mm, avec :

- d_i , Diamètre de la canalisation i, en mm
- l_i , Longueur de la canalisation i, en km

On obtient alors :

- o Coulounieix Razac D = 93 mm
- o S118 D = 95 mm

Les diamètres moyens sont similaires.

Des indicateurs par taux, calculés de la même façon que pour le matériau, sont également envisagés. Par exemple, taux de canalisations de diamètre inférieur à 100 mm :

$$T[d < 100] = \frac{\sum_{i=1}^n l_i \cdot d(i)}{\sum_{i=1}^n l_i}$$

- l_i , Longueur de la canalisation i, en km
- $d(i)$ tel que $\left\{ \begin{array}{l} d(i)=1 \text{ si le diamètre de la canalisation } i \text{ est inférieur à } 100 \text{ mm} \\ d(i)=0 \text{ sinon} \end{array} \right.$

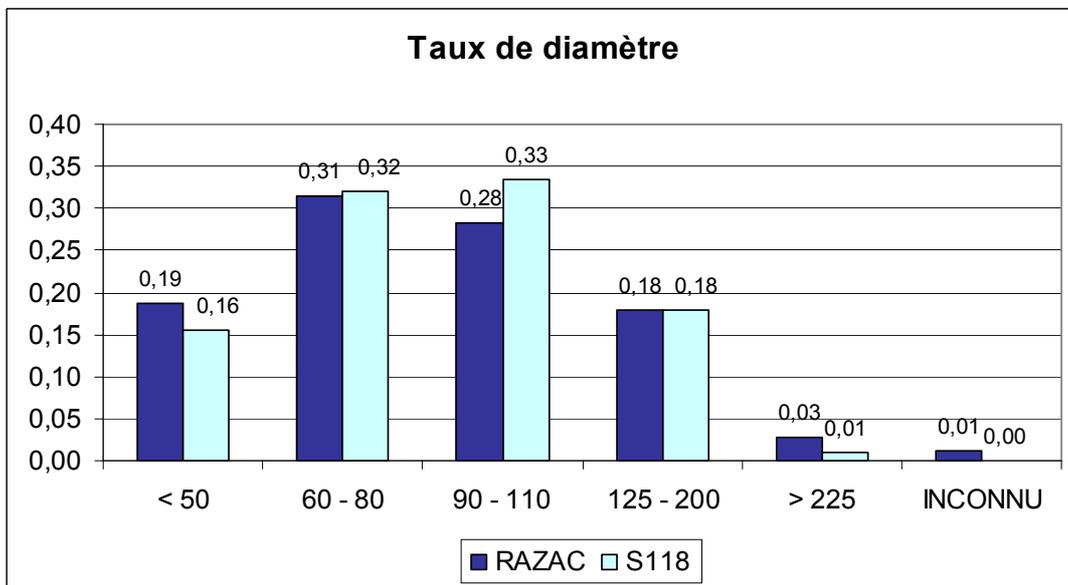


Figure 25 Taux de diamètre par classe

III.2.5 Casses

On définit l'indicateur « Taux de casses » ainsi :

$$TDC = \frac{\sum_{i=1}^n NC_i}{\sum_{i=1}^n t_i \cdot l_i}$$

En u/km.an, avec :

- NC_i , Nombre de casses de la canalisation i
- t_i , Durée d'enregistrement des casses, en années
- l_i , Longueur de la canalisation i , en km

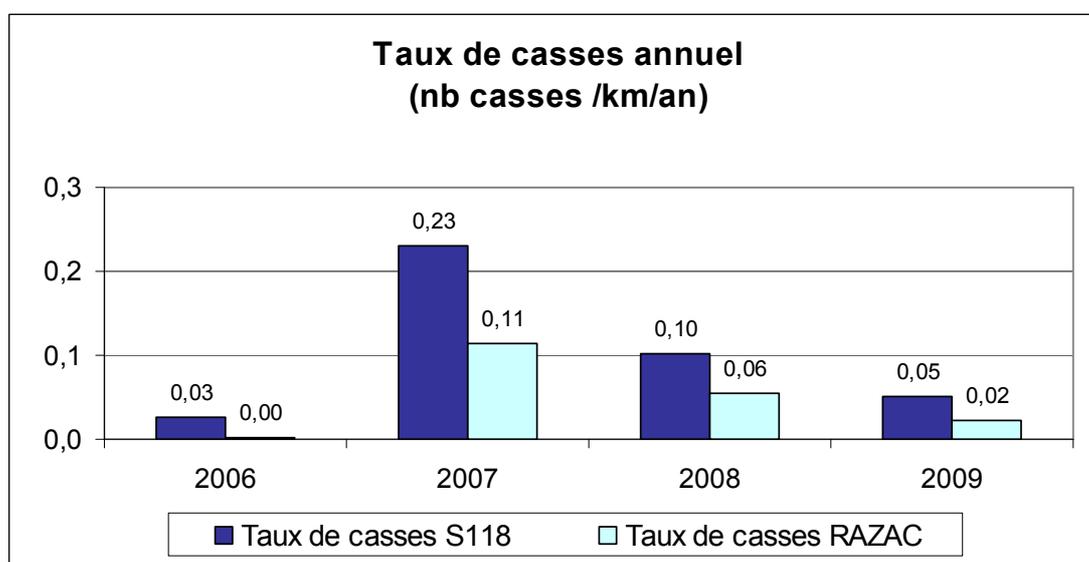


Figure 26 Taux de casses

Le secteur S118 a un taux de casses près de deux fois supérieur à celui de l'ensemble du syndicat.

III.2.6 Densité d'abonnés

On définit la densité d'abonnés :

$$Da = \frac{Na}{L}$$

En abonnés/km, avec :

- Na , Nombre d'abonnés
- L , Linéaire du secteur, en km

Le syndicat a une densité d'abonnés $Da=13,6$ abonnés/km.

III.2.7 Densité de branchements

De la même manière, la densité de branchements se définit :

$$Db = \frac{Nb}{L}$$

En branchements/km, avec :

- *Nb*, Nombre de branchements
- *L*, Linéaire du secteur, en km

Les branchements ne sont pas suffisamment renseignés pour pouvoir calculer la densité de branchements.

Il reste à démontrer la pertinence de la densité de branchements pour les réseaux urbains.

III.2.8 Densité de piquages

Et enfin, on définit la densité de piquages :

$$Dp = \frac{Np}{L}$$

En piquages/km, avec :

- *Np*, Nombre de piquages
- *L*, Linéaire du secteur, en km

A l'échelle du syndicat, tous piquages confondus : $Dp=6.0$ piquages/km.

III.2.9 Pression

Le cas de la pression est abordé dans le chapitre suivant (III.3).

III.3 La pression

III.3.1 Influence de la pression sur les pertes

L'effet de la pression sur le débit des fuites et leur rythme de formation, et plus généralement sur le vieillissement des réseaux a été mis en évidence dans de nombreuses études, notamment à l'étranger.

La pression influence significativement :

- le débit des fuites et casses existantes,
- certains composants de la consommation,
- la fréquence d'apparition de nouvelles fuites et casses,
- la durée de vie des infrastructures.

Les équations généralement utilisées pour décrire le lien entre la pression (*P*) et le débit d'une fuite (*Q_{fuite}*) sur les réseaux d'eau sont :

Q_{fuite} varie suivant P^{N1}

$$\frac{Q_{\text{fuite}_1}}{Q_{\text{fuite}_0}} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1}$$

Q_{fuite_0} et P_0 valeurs avant réduction de la pression, Q_{fuite_1} et P_1 après

Dans les équations ci-dessus, l'exposant $N1$ va de 0,5 jusqu'à 2,5, suivant le type de fuites et leur proportion sur le réseau.

Le débit des fuites diffuses (joints, raccords, points de corrosion) est très sensible à la pression, avec des valeurs typiques de $N1$ proche de 1,5.

La valeur typique de $N1$ pour les fuites sur les conduites en plastique est généralement de 1,5, mais peut atteindre 2,5.

La valeur typique de $N1$ pour les fuites importantes sur les conduites en métal est proche de 0,5.

Sans connaissance particulière des matériaux des conduites et des niveaux de pertes, on fait l'hypothèse d'une relation linéaire entre la pression et le débit des pertes ($N1 = 1$).

III.3.2 Concepts et méthodes d'évaluation de l'approche WLTF

Approche de la Water Loss Task Force (WLTF, groupe de travail de l'IWA) pour calculer la pression

(a) Concepts

On distingue deux grandeurs selon l'échelle :

- La pression moyenne (Current Average System Pressure, CASP) utilisée à l'échelle du service pour les indicateurs annuels
- La pression moyenne nocturne (Average Zone Night Pressure, AZNP) utilisée à l'échelle du secteur. L'AZNP est couplé au Night-Day Factor (NDF) pour estimer le volume journalier de fuite à partir du débit de nuit

Pour évaluer l'un et l'autre (CASP et AZNP) on a souvent recours à la définition d'un point représentatif de la pression moyenne de la zone : l'Average Zone Point (AZP).

(b) Méthodes d'évaluation

Trois familles de méthodes sont utilisées séparément ou conjointement pour évaluer CASP et AZNP :

- Méthodes « Topographiques »
- Méthodes « Mesures »
- Méthodes « Modèle hydraulique »

C'est le cas notamment de la méthode utilisée en Afrique du Sud pour évaluer CASP :

L'AZP est déterminé à partir de la cote sol moyenne pondérée par le nombre de branchements du secteur. La pression à l'AZP permet ensuite de déterminer la pression moyenne du secteur.

- Cas sans modèle hydraulique :
 - Première estimation à partir de la différence entre la cote du réservoir et celle de l'AZP.
 - Mesure de la pression en entrée de secteur ou à l'AZP.
- Cas avec modèle hydraulique :
 - Calcul de la pression moyenne pondérée de la pression en chacun de nœuds du secteur à partir du modèle.

Pour obtenir la pression moyenne correspondant à l'agrégation de plusieurs secteurs, on calcule la pression moyenne pondérée par le nombre de branchements de chaque secteur.

III.3.3 Application

Exemple de Lacanau (Gironde)

A partir du modèle hydraulique, on peut calculer la pression de diverses méthodes. En voici trois.

➤ Méthode 1. Pression statique moyenne pondérée

Calcul de la pression statique en chaque nœud du secteur à partir des données de cote sol. Puis calcul de la pression moyenne pondérée par le nombre d'abonnés aux nœuds du secteur.

➤ Méthode 2. Pression moyenne de l'AZP

Calcul de la cote sol moyenne pondérée du secteur à partir des données aux nœuds de cote sol. Identification d'un nœud dans le centre du secteur à cette même cote sol. Moyenne de ses pressions sur une journée.

➤ Méthode 3. Pression statique réservoir – Point bas/haut

Identification du nœud du secteur dont la cote sol est la plus petite et celui dont la cote sol est la plus grande. Moyenne des pressions de chacun sur une journée. Soustraire leur pression à celle du réservoir.

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus par ces méthodes avec les données de Lacanau. On remarque que les valeurs des pressions résultantes des méthodes 1 et 2 sont assez proches.

SECTEURS	1	2	3			
	Pstatique moyenne	Pmoy point moyen	Pstatique reservoir - point bas	Pstatique reservoir - point haut	Delta (Point Bas - Point Haut)	Pmoy (Point Bas - Point Haut)
S1	42,8	43,0	46,9	38,9	8	42,9
S2	50,4	50,1	52,9	46,9	6	49,9
S3	50,6	48,4	51,9	49,9	2	50,9
S4	51,8	49,2	53,9	50,9	3	52,4
S5	51,4	49,3	58,9	11,9	47	35,4
LACANAU	50,7	49,2	55,7	29,3	26,5	42,5

Tableau 9 Résultats calculs de la pression

III.3.4 Perspectives

Pour comparer les secteurs entre eux et mesurer l'impact des variations de pression sur un même secteur, il convient d'effectuer des comparaisons entre différents indicateurs de la pression à différentes échelles et selon différentes méthodes d'évaluation, et notamment de définir les types de mesure de pression à mettre en œuvre et leur localisation. Des solutions avec et sans recours à la modélisation hydraulique doivent être testées.

Ces questions seront étudiées dans le détail en 2010.

IV Annexes

IV.1 Références

Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J.M., Parena, R. (2000) Performance Indicators for Water Supply Services. IWA Publishing.

Lambert, A.O., Brown, T.G., Takizawa, M., Weimer, D. (1999) A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems. AQUA – IWA Publishing.

Main authors: Morrison, J., Tooms, S., Rogers, D. (2007) District Metered Areas, Guidance Notes. Draft IWA Water Loss Task Force.

Renaud, E. (2009) Valeurs de référence de l'indice linéaire de pertes des réseaux d'alimentation en eau potable. SMEGREG.

Renaud, E., Brémond, B., Poulton, M. (2007) Studies of reference for the linear losses index in the case of rural water distribution systems. IWA Water Loss 2007 conference proceedings.

République Française, Ministère de l'écologie et du développement durable (2007) Décret n°2007-675 du 2 mai 2007. Journal officiel de la république française du 4 mai 2007.

République Française, Ministère de l'écologie et du développement durable (2007) Arrêté du 2 mai 2007 relatif aux rapports annuels sur le prix et la qualité des services publics d'eau potable et d'assainissement. Journal officiel de la république française du 4 mai 2007.

IV.2 Sigles, acronymes et abréviations

AEP	Alimentation en Eau Potable
Cemagref	Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural des Eaux et Forêts
IWA	International Water Association
mce	Mètres de colonne d'eau
PE	Polyéthylène
PVC	Polychlorure de vinyle
RPQS	Rapport sur le Prix et la Qualité du Service
S118	Secteur 118
SAUR	Société d'Aménagement Urbain et Rural
SIG	Système d'Information Géographique
SMEGREG	Syndicat Mixte d'Etudes pour la Gestion de la Ressource en Eau du département de la Gironde
WLTF	Water Loss Task Force

IV.3 Données, ratios et indicateurs

➤ Volumes annuels :

Vca	Volume annuel consommé autorisé	l/j
Vcc	Volume annuel consommé comptabilisé	m ³
Vd	Volume annuel distribué	m ³
Vexp	Volume annuel exporté	m ³
Vimp	Volume annuel importé	m ³
VNC	Volume annuel Non Compté	m ³
VP	Volume annuel de Pertes	m ³
Vprod	Volume annuel produit	l/j

➤ Données structurelles :

a _i	Age de la canalisation i	années
d _i	Diamètre de la canalisation i	mm
d(i)	d(i)=1 si le diamètre de la canalisation i est inférieur à 100 mm d(i)=0 sinon	
L	Longueur du réseau de distribution hors branchements	km
l _i	Longueur de la canalisation i	km
Na	Nombre d'abonnés	abonnés
Nb	Nombre de branchements	branchements
Np	Nombre de piquages	piquages
NC _i	Nombre de casses de la canalisation i	casses
pvc(i)	pvc(i)=1 si la canalisation i est en PVC pvc(i)=0 sinon	
t _i	Durée d'enregistrement des casses de la canalisation i	années

➤ **Indicateurs de pertes :**

CARL	Current Annual Real Losses	l/j
ILI	Infrastructure Leakage Index	
ILP	Indice Linéaire de Pertes	m ³ /km/j
ILVNC	Indice Linéaire des Volumes non Comptés	m ³ /km/j
IPA	Indice de Pertes par Abonné	m ³ /abonné/j
IPB	Indice de Pertes par Branchement	m ³ /branchement/j
R	Rendement	%
UARL	Unavoidable Annual Real Losses	l/j

➤ **Indicateurs de débits au niveau du secteur :**

Q	Débit horaire total	m ³ /h
Qmoy	Débit moyen horaire journalier total	m ³ /h
Qnuit	Débit moyen horaire nocturne total	m ³ /h
Qmin	Débit horaire minimum total	m ³ /h
QC	Débit horaire des consommations	m ³ /h
QCmoy	Débit moyen horaire journalier des Consommations	m ³ /h
QCnuit	Débit moyen horaire nocturne des Consommations	m ³ /h
QCmin	Débit horaire minimum des Consommations	m ³ /h
QC ^C	Débit horaire des Consommations Comptabilisées	m ³ /h
QC ^E	Débit horaire des Consommations Estimées	m ³ /h
QP	Débit horaire de Pertes	m ³ /h
QPmoy	Débit moyen horaire journalier de Pertes	m ³ /h
QPnuit	Débit moyen horaire nocturne de pertes	m ³ /h
QPmin	Débit horaire minimum de Pertes	m ³ /h

➤ **Indicateurs au niveau du secteur pour le jour j :**

CDN _j	Coefficient de Débit Nocturne le jour j	
ILP _j	Indice Linéaire de Pertes le jour j	m ³ /km/j
IPA _j	Indice de Pertes par Abonné le jour j	m ³ /abonné/j
IPB _j	Indice de Pertes par Branchement le jour j	m ³ /branchement/j
pseudolLP _j	Pseudo Indice Linéaire de Pertes le jour j	m ³ /km/j
pseudolIPA _j	Pseudo Indice de Pertes par Abonné le jour j	m ³ /abonné/j
pseudolIPB _j	Pseudo Indice de Pertes par Branchement le jour j	m ³ /branchement/j
q _{ij}	Débit horaire total de l'heure i le jour j	m ³ /h
qc _{ij}	Débit horaire des consommations de l'heure i le jour j	m ³ /h
qp _{ij}	Débit horaire de pertes de l'heure i le jour j	m ³ /h
Qmoy _j	Débit moyen horaire journalier du secteur le jour j	m ³ /h
Qnuit _j	Débit moyen horaire nocturne du secteur le jour j	m ³ /h
Qmin _j	Débit horaire minimum du secteur le jour j	m ³ /h
QCmoy _j	Débit moyen horaire journalier des Consommations le jour j	m ³ /h
QCnuit _j	Débit moyen horaire nocturne des Consommations le jour j	m ³ /h
QCmin _j	Débit horaire minimum des Consommations le jour j	m ³ /h
QC ^C _j	Débit horaire des Consommations Comptabilisées le jour j	m ³ /h
QC ^E _j	Débit horaire des Consommations Estimées le jour j	m ³ /h
QPmoy _j	Débit moyen horaire journalier de Pertes le jour j	m ³ /h
QPnuit _j	Débit moyen horaire nocturne de pertes le jour j	m ³ /h
QPmin _j	Débit horaire minimum de Pertes le jour j	m ³ /h
V _j	Volume total du secteur le jour j	m ³ /j
VC _j	Volume Consommé le jour j	m ³ /j
VP _j	Volume de Pertes le jour j	m ³ /j

➤ **Indicateurs structurels et fonctionnels :**

A	Age moyen	années
AZP	Average Zone Point	
AZNP	Average Night Zone Pressure	mce
CASP	Current Average System Pressure	mce
DIA	Diamètre moyen	mm
Da	Densité d'abonnés	abonnés/km
Db	Densité de branchements	branchements/km
Dp	Densité de piquages	piquages/km
NDF	Night-Day Factor	h/j
P	Pression moyenne	mce
T[d<x]	Taux de canalisation de Diamètre inférieur à x mm	
TDC	Taux De Casses	
T[PVC]	Taux de PVC	

Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable
Rapport d'étape 2009 – Axe 2
Amir NAFI

Axe 2 : Réduction des pertes

I Introduction

La problématique de fuites sur les réseaux de distribution concerne pratiquement tous les réseaux de distribution d'eau potable. En raison de la complexité des réseaux et la diversité des organes hydrauliques les composants se crée des jonctions susceptibles d'être à l'origine des fuites. S'ajoute à cela les conditions environnantes des conduites d'eau - qui sont enterrées - et donc vulnérables au facteur de corrosion, aux aléas climatiques : gèle, variation de température et de l'agressivité du terrain et de l'eau qui accélèrent la détérioration structurelle des conduites et du phénomène de vieillissement qui se manifestant par des défaillances et des ruptures. La problématique de fuites concerne à la fois la détérioration du réseau mais également la préservation de la ressource en eau et de l'énergie nécessaire à la produire. Les enjeux sont considérables car la problématique de fuites mêle la gestion du réseau à court terme et la planification d'investissement à long terme : renouvellement de conduites, création de nouveaux pompages, évolution du réseau(extension) mais également le contexte politique en France qui est en pleine évolution avec la préparation du projet de loi Grenelle II qui incite les services de l'eau à mieux connaître leur réseau et faire en sorte de réduire les fuites dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue.

Cette synthèse s'inscrit dans un travail de recherche exploratoire qui vise à mieux appréhender la problématique de fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable et d'apporter une mesure à la fois physique sur les volumes de fuites, une évaluation économique en ce qui concerne les coûts liés aux dispositifs de détection des fuites et leur exploitation, le coût de mise en place d'une politique de recherche de fuites.

Par politique de recherche de fuites on désigne les efforts du service d'eau à réduire les volumes d'eau perdus par la mise en place d'actions programmées de réduction des fuites dites diffuses ou non apparentes. Cette recherche de fuites est dite active paradoxalement à la réparation de fuites apparentes, pouvant être signalées par les riverains, abonnés ou constatées par les agents du service de l'eau. Nous décrivons dans un premier temps les dispositifs de détection ainsi que le matériel utilisé pour la détection et la localisation des fuites. Dans cette description nous distinguons entre recherche de fuites active par l'intermédiaire d'une équipe de recherche de fuites et une recherche active par la mise en place de sectorisation et de dispositif d'enregistrement de fuites. Nous abordons par la suite la question d'évaluation économique de la recherche de fuites en fonction de la politique mise en œuvre, en vérifiant la pertinence de chaque politique selon la nature du réseau. La question sous jacente est de savoir quelle politique est la plus appropriée dans le cas d'un réseau rural (peu dense mais ramifié) et un réseau urbain (dense et maillé). Nous finissons par un résumé des travaux en cours et ceux prévus.

II Concepts généraux sur la connaissance des fuites dans les réseaux AEP

Nous présentons dans ce qui suit des dispositifs de détection et de localisation de fuites, sans aborder l'évaluation des volumes de fuites. Cette première partie vise à identifier le matériel le plus utilisé pour la recherche de fuites.

II.1 La pré-localisation

La pré-localisation est assurée par un dispositif de surveillance sur un secteur ou une partie du réseau, qui permet de déceler des anomalies à l'aide d'enregistrements de bruits ou de données susceptibles de traduire des fuites.

L'utilisation d'un tel dispositif suppose la mise en place d'une gestion des fuites proactive basée sur la sectorisation du réseau. La sectorisation se traduit par la mise en place de dispositif de mesure de débit à l'échelle d'un secteur qui est constitué d'une ou plusieurs mailles. Ce secteur est muni de dispositifs de mesure du volume d'eau en entrée et en sortie du secteur à l'aide de débitmètres. Les mesures réalisées permettent d'établir un bilan hydraulique précis de l'eau fournie au secteur avec celle réellement consommée et donc identifier les pertes potentielles sous forme de fuites ou tout autre pertes: commerciales, arrosage, nettoyage de la chaussée, autres. Les dispositifs pour équiper les secteurs sont positionner à des points clés du réseau, parmi ces dispositifs qui sont utilisés, on peut citer:

II.1.1 L'enregistreur de bruits

Ce dispositif est paramétrable pour enregistrer des signaux acoustiques d'un seuil assimilable à la présence de fuites. Il permet également l'enregistrement de bruits à plusieurs points (fixes du réseau).

Plusieurs enregistreurs sont disséminés sur le réseau, les enregistrements peuvent être relevés à distance à l'aide d'un dispositif mobile : PC¹ ou autres appareil. Ces appareils permettent une surveillance permanente d'un secteur ou d'une partie du réseau assurant ainsi une pré-localisation des fuites.

II.1.2 L'enregistreur de données

Il permet d'enregistrer des données diverses sur le réseau (débit, pression, volume) à des pas de temps prédéfinis. Il est utilisé dans le cadre d'un diagnostic ou une sectorisation afin de surveiller le réseau de façon continue. Les enregistreurs peuvent être interrogés à distance pour récupérer les données collectées sur une période de temps donnée. Ils peuvent émettre un signal radio ou GSM. Ces dispositifs peuvent être interrogés par radio-relève avec le passage d'un opérateur à proximité du dispositif ou bien par télégestion à travers un système GSM qui envoie les données vers un poste de contrôle.

II.2 Les techniques de recherche de fuites

II.2.1 Le corrélateur acoustique

Cette technique s'appuie sur le phénomène de propagation d'ondes acoustiques générées par une fuite. Pour une conduite donnée, deux capteurs sont installés sur la paroi externe de la conduite ou introduits directement dans la conduite inspectée, ces capteurs vont permettre de détecter les

¹ PC : Personnel computer

signaux acoustiques émis par une fuite probable. Les capteurs identifient la ressemblance entre deux signaux et mesurent le décalage temporel entre eux, ce qui permet de déterminer la distance entre les capteurs et la fuite. La technique peut être utilisée indépendamment du matériau, elle présente néanmoins une efficacité réduite pour les conduites en plastique.

II.2.2 Le détecteur acoustique de fuites

Ce dispositif se base sur la recherche d'un signal acoustique qui serait généré par une fuite. Il permet de procéder à l'écoute sur une conduite et enregistrer les bruits perçus à différents points d'écoute. Ce dispositif permet de localiser une fuite sur une superficie réduite, suite à une pré-localisation par exemple. Ceci permet également de confirmer la présence d'une fuite localisée à l'aide d'un corrélateur. Cette technique est réalisée par un opérateur qui peut ausculter la conduite par contact direct (si c'est possible) ou bien au-dessus de la conduite enterrée. Il est recommandé d'utiliser cette technique en l'absence de bruits et nuisances environnantes.

II.2.3 Recherche par gaz traceur

Cette technique se base sur l'utilisation d'un gaz non toxique typiquement l'hydrogène ou l'hélium. Le gaz est injecté dans la conduite inspectée, un opérateur à l'aide d'un détecteur sensible parcourt le sol au-dessus de la conduite à la recherche d'éventuelle trace du gaz injecté. La fuite sera déterminée par détection de gaz à la surface. Cette technique est efficace indépendamment du type de matériau, mais reste couteuse par rapport aux autres techniques.

III Fonctions d'évaluation des coûts

Les dispositifs et matériels décrits plus haut sont mobilisés dans le cadre d'une politique de recherche de fuites. La politique traduit les efforts de réduction de fuites mis en place par le service de l'eau. On définit par politique de gestion ou de recherche de fuites l'ensemble des actions et moyens humains et matériels mis à disposition par le service de l'eau pour détecter et localiser les fuites non apparentes (non visibles) dans le cadre d'une démarche proactive. Dans le cas d'absence d'une telle démarche, on considérera l'absence d'une politique de gestion ou de recherche des fuites. On parlera d'une politique passive qui se limite à la réparation des fuites dites apparentes ou signalées par les riverains. Dans ce cas le service de l'eau suit une politique dite passive. Nous considérons dans ce qui suit deux politiques de gestion de fuites proactives différentes :

- Gestion des fuites basée sur la **non sectorisation**². La démarche s'appuie sur l'inspection de l'ensemble du réseau ou une partie localisée à travers des campagnes de recherche de fuites utilisant des détecteurs acoustiques et de corrélateurs : les opérateurs parcourent le réseau d'eau à la recherche de fuites par l'intermédiaire de campagnes de recherche de fuites périodiques. Ainsi tout ou une partie du réseau est inspectée avec une fréquence de temps donnée par une ou plusieurs équipes disposant de corrélateurs et de détecteurs acoustiques.
- Politique basée sur la recherche de fuites par la mise en place d'une **sectorisation** du réseau. Le réseau est décomposé en secteurs disposants d'appareils de mesure de débit. Le contrôle du débit, particulièrement le débit de nuit permet de détecter des anomalies. Cette politique suppose l'utilisation de corrélateurs pour définir l'emplacement exact des fuites.

² La sectorisation dans ce cas concerne la sectorisation en niveau 1 ou 2. La sectorisation de niveau 3 est donc possible pour les deux politiques de recherche de fuites.

Nous considérons que la mise en place d'une politique de recherche de fuite est nécessaire, par contre nous discutons dans ce qui suit du choix entre la mise en place d'une sectorisation et la non mise en place de sectorisation. Cette question nous semble importante car elle soulève la problématique de financement de la politique de recherche de fuites. La mise en place de sectorisation permet de bien connaître le fonctionnement du réseau et surveiller l'apparition de fuites, cependant l'investissement financier est important, ce rajoute à cela des coûts de fonctionnement non négligeables en raison des abonnements liés aux dispositifs d'enregistrement et la nécessité de traiter les données collectées. Cette solution semble plus appropriée pour des réseaux de taille importante plutôt en milieu urbain. La recherche de fuites à travers une équipe de recherche de fuites semble moins efficace que la sectorisation pour des réseaux importants car la détection des fuites prend du temps ce qui se traduit par des volumes de fuites qui peuvent être considérables. Cependant cette solution peu être moins onéreuse pour les petits réseaux peu denses en milieu rural.

Il est donc question dans cette partie de proposer une évaluation économique avec des indicateurs des deux politiques de recherche de fuites afin de les discriminer en fonction de la taille et des caractéristiques du réseau étudié. En fonction de la taille du réseau, des coûts d'investissement, des coûts de fonctionnement et de pertes d'eau évitées l'on doit pouvoir comparer ces deux politiques et proposer des indicateurs pour l'aide à la décision en s'adaptant au mieux aux spécificités de chaque réseau.

III.1 Le coût marginal de l'eau

Le coût marginal C_{mar} se définit comme le coût d'une unité de volume d'eau supplémentaire ramenée aux coûts variables principalement liés à l'énergie de production de l'eau. Ce coût appliqué au volume de fuites permet d'évaluer le coût de l'eau perdue, l'hypothèse sous-jacente est qu'une partie de l'eau pompée (en plus) est perdue à travers les fuites. Ce coût est généralement inconnu au sein des services de l'eau et remplacé par le coût moyen de production de l'eau obtenu par le ratio entre le volume d'eau produit à une année donnée et les coûts de production. Nous proposons d'utiliser les travaux de (Garcia, 2002) pour estimer ce coût à l'aide de données réelles qui seront collectées prochainement.

III.2 Le coût de la politique de recherche de fuites

Dans l'estimation des coûts de la politique de recherche de fuites, on distingue entre :

- le coût d'investissement C_i qui correspond à l'acquisition du matériel fixe (enregistreurs, antenne) ou mobile (corrélateurs, détecteur acoustique, véhicules).
- le coût de C_m maintenance
- le coût d'utilisation et de main d'œuvre lié à au personnel C_{moe}
- le coût de perte d'eau liée aux fuites avec un débit de fuites F et une durée de fuites T_f à déterminer en considérant un coût marginal C_{mar}

Ces coûts sont pris en compte indépendamment de la technique de recherche ou de la politique de recherche de fuites adoptée. Le coût de recherche de fuites devient minimum quand il est égal au coût de perte d'eau. Ce point représente un minimum économique à atteindre.

III.2.1 Recherche de fuites sans sectorisation

Dans le cadre d'une recherche de fuites sans sectorisation, le coût d'investissement traduit l'acquisition du matériel à savoir le diapositif d'écoute C_{ie} , le corrélateur C_{ic} et le(s) véhicule(s) de service C_v

S'ajoute à cela le coût d'utilisation du matériel traduit par le coût du personnel et le coût de maintenance des appareils et des véhicules. En ce qui concerne l'évaluation des coûts elle est effectuée de manière annuelle, en lissant la dépense d'investissement dans le temps par la définition d'une durée de vie a priori, de N_i années pour chaque équipement i . En considérant un coût d'investissement $I(i)$ pour chaque équipement i , le coût annuel C_{Ia} sera constant en considérant un amortissement constant sur la durée de vie, le coût annuel sera dans ce cas :

$$C_{Ia}(i) = \frac{I}{N_i} \quad [1]$$

On peut également considérer un coût annuel dégressif tel mentionné dans (Hunaidi, 2005) en prenant un taux r tel que :

$$C_{Ia}(i) = I(i) \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \quad [2]$$

Le coût de maintenance peut être défini indépendamment du coût annuel ou représenter une fraction p du coût annuel, dans ce cas le coût de maintenance annuel :

$$C_{ma}(i) = p_i C_{Ia}(i) \quad [3]$$

Le coût annuel de recherche de fuites $C_{rech}(l,t)$ sera composé du coût d'investissement annuel, du coût de maintenance et du coût du personnel. Le coût de recherche est calculé sur la base d'un linéaire de réseau inspecté l , cette longueur peut donc changer d'une année à l'autre.

$$C_{rech}(l,t) = C_{per} + \sum_{i=1}^n C_{Ia}(i) + \sum_{i=1}^n C_{ma}(i) \quad [4]$$

L'évaluation du coût annuel de recherche de fuites est sujette à discussion. Elle dépend de la définition même de la politique et à la fréquence des campagnes de recherche de fuites. Deux situations sont possibles, la première considérée une inspection de tout le réseau peu importe les événements pouvant se produire. Une période de temps d'inspection sera corrélée aux moyens mis en œuvre. La détermination d'une période optimale d'inspection dépendra des fuites et du coût annuel de recherche de fuites. Cependant cette approche reste très théorique car dans la réalité l'équipe de recherche de fuites peut être mobilisée à des endroits différents et ne se conforme pas forcément à un programme d'inspection de tout le réseau mais plutôt une surveillance des zones susceptibles de contenir des fuites.

III.2.2 Recherche de fuites par la mise en place de sectorisation (DMA³)

Il s'agit de prendre en compte les coûts d'investissement et de fonctionnement de la mise en place de sectorisation. Nous identifions les coûts suivants :

³ District Meter Area

- Coût d'investissement des dispositifs d'enregistrement (appelé également logeur) : C_{log}
- Coût d'acquisition et de pose des compteurs de sectorisation C_{comp}
- Coût de modification nécessaire en amont de la mise en place de la sectorisation : pose de nouvelles vannes, aménagements spécifiques pour la pose des logeurs. : C_{mod}
- Coût de dispositif de récupération et d'envoi du signal GPS, constitué le plus souvent d'un boîtier avec antenne : C_{sig}
- Le nombre de logeurs disséminés dans le réseau, on considère une distance maximale comprise entre 150 et 200 mètres entre deux logeurs : n_{log}
- Le nombre de compteurs : n_{comp}
- La durée de vie du logeur : N_{log}
- La durée de vie du compteur N_{comp}
- Le coût de fonctionnement traduisant le coût d'abonnement pour le système de récupération de données et d'envoi par GSM : C_{abon}
- Le coût du personnel lié au contrôle et traitement des données : C_{pers}
- Le coût de localisation des fuites à travers l'utilisation d'un corrélateur ou un appareil d'écoute acoustique : C_{loc}
- Le coût de maintenance annuel du système de surveillance : C_{main}

Nous proposons d'évaluer le coût annuel de recherche de fuite par la mise en place de sectorisation, on considérant S secteurs tel que :

$$S = \sum_{i=1}^n s_i$$

Le coût annuel de recherche de fuite sur un secteur s_i à l'année t est donné par :

$$C_{rech}(s_i, t) = \left(n_{log} \cdot \frac{C_{log}}{N_{log}} + n_{comp} \cdot \frac{C_{comp}}{N_{comp}} + \frac{C_{sig}}{N_{sig}} + C_{abon} + C_{pers} + C_{loc} + C_{main} \right) \quad [5]$$

Le coût de la recherche de fuites à l'échelle du réseau R est obtenu par :

$$C_{rech}(R, t) = \sum_{s_i=1}^S C_{rech}(s_i, t) \quad [6]$$

L'évaluation des coûts de recherche de fuites ne suffit pas pour l'aide à la décision, il est nécessaire de proposer un autre indicateur que l'indicateur économique pour éclairer la décision. L'estimation des volumes de fuites évités ainsi que le temps de détection et de réparation des fuites peuvent être des indicateurs pertinents. A ce stade de l'étude nous ne disposons pas d'assez d'éléments pour caractériser ces indicateurs, un travail est en phase de réalisation. En ce qui concerne l'estimation des coûts un travail de collecte des données va être entrepris pour caler des valeurs aux différents paramètres identifiés dans ce paragraphe.

IV Détermination du surcoût du coût de l'eau dans une situation d'augmentation du volume de fuites

Cette partie s'intéresse à l'évaluation du surcoût lié à l'anticipation d'un investissement dans une situation d'augmentation du volume de fuites et de la consommation. Il s'agit de proposer des fonctions d'évaluation de coût qui traduisent le surcoût supplémentaire annuel que le service aura à supporter en raison de l'augmentation du volume de fuites et de la demande qui rend nécessaire d'anticiper la réalisation d'un nouvel investissement avec une capacité de production plus importante. L'anticipation va engendrer un surcoût annuel au m^3 qui entraîne un surcoût global sur l'horizon de temps ($n_{max}-n$), tel que n correspond à la date de renouvellement du système et n_{max} la date de renouvellement prévue sans présence de fuites, qui reflète seulement l'accroissement de la consommation. Nous définissons les variables suivantes :

- β_n : Effort de réduction de fuites à l'année n
- $\Delta C(m^3)$: surcoût du m^3 d'eau lié à l'anticipation de l'investissement
- ΔC_{an} : Surcoût annuel lié à l'anticipation de l'investissement
- C_f : Coût de fonctionnement du système existant
- $C_{f'}$: Coût de fonctionnement du nouveau système
- D : Durée de vie comptable du système en service
- D' : Durée de vie comptable du nouveau système
- F_n : Volume journalier de fuite dans n années
- F_{max} : Volume journalier de fuite maximum
- I : Montant de l'investissement du système en service
- I' : Montant de l'investissement du nouveau système
- n_{max} : Date de renouvellement du système en service s'il n'y avait pas de fuites
- n : date prévisionnel de renouvellement du système avec un volume de fuite F
- P_n : Volume produit le jour de pointe dans n années
- C_n : Volume consommé le jour de pointe dans n années
- P_n : Volume produit le jour de pointe dans n années
- \bar{V} : Volume distribué annuellement en moyenne du système en service
- \bar{V}' : Volume distribué annuellement en moyenne par le nouveau système

Comme évoqué précédemment le coût marginal est quasiment fixe, afin de prendre l'effet des fuites sur l'anticipation de la décision d'investissement pour les équipements de production on considère dans le coût du m^3 d'eau à une année donnée l'impact de l'investissement futur sur le

coût de production d'eau. Le nouvel investissement est caractérisé par un montant I' , d'une durée de vie D' et une production moyenne annuelle \bar{V}' (On suppose que les coûts de fonctionnement sont sensiblement plus importants pour le nouveau système $C_f' > C_f$ équivalent à l'investissement précédent). Le surcoût d'anticipation du coût est mesuré sur la période entre l'année de renouvellement sans présence de fuites notée n_{max} et une année n le surcoût est estimé sur la période $(n_{max}-n)$. Nous considérons des coûts courants (sans prendre l'effet de l'actualisation ni de l'inflation), le surcoût moyen par m^3 est donné par :

$$\Delta C(m^3) = \left[\frac{I'}{D' \cdot \bar{V}'} - \frac{I}{D \cdot \bar{V}} \right] + \left[\frac{C_f'}{\bar{V}'} - \frac{C_f}{\bar{V}} \right] \quad [7]$$

L'anticipation de l'investissement porte sur la période de temps $(n_{max}-n)$, le surcoût annuel traduit par le gradient de l'amortissement technique sans et avec anticipation est obtenu par l'équation :

$$\Delta C_{an} = \left[\frac{I'}{D'} - \frac{I}{D} \right] + [C_f' - C_f] \quad [8]$$

On pose $\Delta C_f = [C_f' - C_f]$

On pose $\Delta K = \left[\frac{I'}{D'} - \frac{I}{D} \right]$, le coût d'anticipation de l'investissement peut s'écrire sous la forme suivante :

$$C_{ant} = (\Delta K + \Delta C_f)(n_{max} - n) \quad [9]$$

$$C_{ant} = \left(\frac{(\Delta K + \Delta C_f) F_{max}}{\alpha \cdot C_0} \right) \beta_n \quad [10]$$

Nous considérons qu'au delà de n_{max} , le renouvellement du système de production aurait été nécessaire à cause de l'accroissement de la consommation, le surcoût est donc calculé que pour la période entre n et n_{max} .

En considérant que le coût d'anticipation portant sur une période de temps où le volume total produit entre n_{max} et n tel que

$$V_{(n_{max}-n)} = \sum_{i=n}^{n_{max}} V_i \quad [11]$$

Dans ce cas là le surcoût moyen ramené au m^3 à une année n en fonction de β_n par :

$$\Delta C(m^3) = \left(\frac{(\Delta K + \Delta C_f) F_{max}}{\alpha \cdot C_0 \cdot V_{(n_{max}-n)}} \right) \beta_n \quad [12]$$

V Cas d'étude sur un syndicat des eaux dans le Bas-Rhin

Nous présentons dans ce qui suit une première expérience menée dans une commune faisant partie du Syndicat des Eaux et de l'Assainissement du Bas-Rhin (SDEA). Cette expérience visait à

mesurer les volumes de fuites non apparentes et pouvoir évaluer les coûts de recherche de fuites Elle vise à mieux connaître et mesurer les volumes de fuites non visibles et d'estimer les coûts de recherche de fuites.

Le choix du terrain s'est porté sur la commune d'Eckwersheim du syndicat de Strasbourg nord qui compte environ 1500 habitants (450 abonnés). Le réseau de la commune présente l'avantage de disposer d'un compteur sur la conduite principale qui alimente la commune. Cependant cette commune ne disposait pas d'un système de télégestion, ce qui nécessitait de radio-relever les compteurs des abonnés à travers des campagnes de radio-relève réalisées par des opérateurs sur le terrain.

V.1 Enjeux et objectifs de l'étude

L'étude menée sur la commune d'Eckwersheim avait comme objectifs de quantifier les fuites détectables non visibles responsables en partie de la diminution du rendement. La méthodologie que nous proposons constitue une alternative aux communes ne disposant pas de système télégré afin d'évaluer leur consommation sur une période afin de réaliser un bilan hydraulique à l'échelle d'un réseau ou un secteur de niveau 3 par exemple. Il s'agissait à travers cette étude de :

- Mesurer avec précision le volume mis en distribution et le volume consommé par les abonnés
- Evaluer l'impact d'une campagne de recherche de fuites sur le réseau et de la réparation des fuites repérées en terme de rendement et donc en termes de consommation afin de caractériser le débit de fuite : détection des fuites et débit moyen correspondant.
- Analyse coût /bénéfice de la recherche de fuites et de la réparation en terme d'eau économisée et d'accroissement de rendement avec une estimation du coût marginal de l'eau après la recherche de fuites.

A terme cette étude vise à définir jusqu'à quelle limite de rendement il est avantageux économiquement d'aller et quel est surtout le coût marginal de l'eau en fonction des paliers de rendement atteints. Il est quasi certain que les fuites seront plus facilement détectables au début (rendement faible) permettant d'accroître significativement le rendement, mais seront difficilement détectables par la suite. L'accroissement du rendement nécessitera un effort financier plus important ce qui soulève la problématique de trouver un compromis entre une approche économique et une approche environnementale (développement durable) qui a le souci de préserver la ressource et l'énergie nécessaire à la pomper et à la distribuer.

De nombreuses questions ont été soulevées concernant la réalisation pratique de l'étude. En effet le choix du terrain, de la période de l'étude ainsi que la disponibilité des ressources humaines et matériels sont des paramètres primordiaux. Les difficultés identifiées sont les suivantes :

1. *La période de réalisation de l'étude* : le but de cette étape est de mesurer le volume d'eau consommé par les abonnés. Comme le but final est de quantifier les fuites, il est nécessaire d'être le plus précis possible est de réduire les biais afin de détecter de possibles fuites. Ainsi il est nécessaire de déterminer avec précision une période de temps où la consommation est quasiment stable, il a été décidé d'éviter la période estivale ou la consommation est très sensible au facteur météo et au départ en vacances. La période se situant entre la rentrée sociale et la période hivernale semble la plus appropriée. L'étude à commencé au mois de septembre 2009.
2. *Périodicité de la relève* : afin de mesurer les volumes consommés, 4 relèves sont nécessaires. Dans un but d'économie, la première relève doit coïncider avec la relève de

facturation (déjà programmée). Se pose la question du temps entre deux relèves successives, en effet si la période est trop grande un biais lié à un changement de comportement des abonnés (augmentation ou diminution de la consommation) peu être introduit. Par contre si la période est trop courte, la consommation ne sera pas lissée suffisamment pour représenter correctement le comportement des consommateurs. La périodicité des relèves sera a été fixée à deux semaines.

3. *Compagne de recherche de fuites* : la compagne de recherche de fuites a été lancée après la relève des compteurs et mesure des consommations. Elle devait permettre de détecter d'éventuelles fuites et de les réparer. La période entre la recherche de fuites et les réparations doit être fixée de manière à pouvoir détecter correctement les fuites non visibles mais aussi des fuites pouvant se former après les opérations de réparations des fuites détectées. Cette période a été estimée à environ deux semaines.
4. *Evaluation du volume produit et des débits de nuits* : afin de contrôler le volume introduit dans le réseau, il est important de disposer d'enregistrement des débits à intervalles réguliers et principalement des débits de fuites. Ces débits peuvent être utilisés à expliquer des écarts de comptage dus à des fuites possibles.

L'étude s'est déroulée en trois étapes principales :

V.1.1 Analyse et diagnostic du réseau

Cette étape devait être composée de 3 phases distinctes comme illustré par la Figure 1:

- a) 1^{ère} Relève des compteurs abonnés et du compteur principal qui alimente le réseau. La relève du compteur principal doit se faire en début et en fin de relève des compteurs abonnés, on préconise de considérer la valeur moyenne du compteur principal.
- b) 2^{ème} relève des compteurs abonnés et du compteur principal après une période de temps évaluée à environ deux semaines. Ceci devrait permettre de mesurer les volumes consommés durant la période écoulée.
- c) Compagne de recherche de fuites sur une période de deux semaines. La compagne est effectuée en deux temps, une première fois pour détecter les fuites non visibles. Les fuites détectées seront réparées et un temps d'attente sera observé afin de refaire une deuxième compagne de fuites permettant de repérer les conduites ayant subi des défaillances après la réparation des fuites détectées précédemment.
- d) 3^{ème} relève des compteurs abonnés et du compteur principal
- e) 4^{ème} relève des compteurs abonnés et du compteur principal après deux semaines afin de mesurer la consommation de la période écoulée.

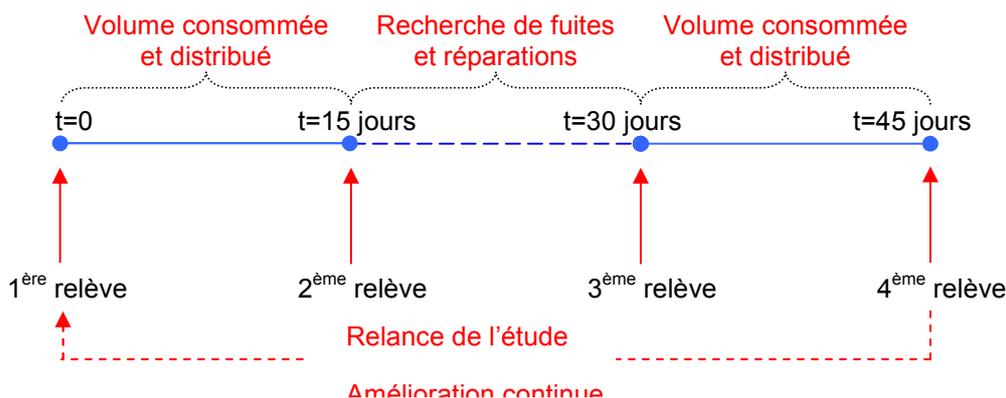


Figure 27 Démarche de réalisation de l'étude

V.1.2 Exploitation et analyse des résultats

Il s'agit d'exploiter les résultats de l'étude afin de déterminer s'il existe une différence entre le volume mis en distribution et le volume consommé, et ainsi en déduire le rendement avant la campagne de recherche de fuite et après. Il est important de pouvoir quantifier les fuites et mesurer le débit de fuite moyen grâce à un bilan hydraulique entre la situation d'avant la recherche de fuite et après. Il est également nécessaire de collecter toutes les informations en rapport avec les coûts de relève, de recherche de fuite et de réparation afin de déterminer le coût marginal de l'eau économisée. Nous il s'agit dans cette phase d'estimer :

- Le bilan hydraulique avant et après la campagne de recherche de fuites
- Calcul du rendement brut et net
- Calcul de l'indice linéaire de pertes (ILP)
- Calcul de l'indice linéaire de consommation (ILC)
- Calcul du volume incompressible de perte
- es réelles
- Estimation du volume des fuites et calcul d'un débit moyen par fuite
- Evaluation du coût marginal de l'eau économisée et comparaison avec le coût de production.
- Estimation des pertes sur une période de temps donnée à partir des débits de fuites afin de mesurer l'impact de ces fuites sur la ressource s'il n'y avait pas eu de recherche de fuites.

V.1.3 Relance de l'étude et amélioration continue

Il s'agit à cette étape de mesurer l'impact d'une autre campagne de recherche de fuites sur l'état du réseau et surtout d'évaluer le coût marginal de l'eau à cette phase. Il semblerait que ce coût sera plus élevé que précédemment car l'effort de détection et de réparation sera plus important, la question sous-jacente est de savoir s'il existe un optimum économique au-delà duquel il n'est pas intéressant de rechercher des fuites et d'améliorer le réseau. Cependant se pose la question de la préservation de la ressource et d'où la nécessité de trouver un compromis entre l'enjeu économique et l'enjeu environnemental.

V.2 Résultats de l'étude

Les deux première relève des compteurs ont été réalisées comme prévu à deux semaines d'intervalle le 14/09/2009 et le 28/09/2009. Ce qui a permis de calculer la consommation durant la période entre les deux relèves. Une campagne de recherche de fuites a été lancée après la dernière relève qui n'a pas permis de détecter de fuites. Un problème a été signalé au niveau du compteur mis en place pour mesurer le volume mis dans le réseau entre le 14/09 et le 28/09/2009, ce problème a rendu impossible l'exploitation des enregistrements des débits du compteur et donc ne nous a pas permis de comparer les consommations réelles avec le volume mis dans le réseau. Au-delà de cet échec, la méthodologie proposée dans cette étude peut constituer une alternative pour les communes en milieu rural désirant quantifier leur consommation réelles sur une période de temps donnée. Une autre campagne de mesure est actuellement à l'étude avec le SDEA pour résoudre le problème de comptage sur la conduite principale.

VI Perspectives et travaux en cours

La synthèse présentée résume l'effort de formulation et de compréhension de la problématique de connaissance des fuites tant sur le plan de leur quantification que sur l'estimation des coûts. L'étape suivante est de pouvoir apporter une mesure aux formulations mathématiques abordées dans cette synthèse.

En collaboration avec le SDEA un travail de collecte de données à été lancé pour estimer les paramètres nécessaire à l'évaluation économique, il s'agit de pouvoir rassembler des données permettant de :

- Calculer le coût marginal de l'eau à l'échelle d'un service
- Calculer le coût annuel de recherche de fuites par campagne de recherche de fuites par l'intermédiaire d'équipes de recherche de fuites
- Calculer le coût annuel de recherche de fuites à travers la mise en place de sectorisation
- Calculer les temps d'intervention en moyenne dans le cas de sectorisation et dans le cas de non sectorisation.

Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable
Rapport d'étape 2009 - Axe 3 Partie A
Christophe WITTNER

Axe 3 : Enjeux financiers - Partie A. Stratégies

Stratégies financières glissées pour le renouvellement des réseaux d'eau

I Introduction

Dans son rapport de 2003 relatif aux services d'eau potable et d'assainissement, la Cour des Comptes a considéré que la problématique du renouvellement des infrastructures était un des trois enjeux majeurs auquel les services d'eau ont à faire face. Malgré les imperfections inhérentes à l'estimation des besoins de renouvellement à l'échelon national et leur répartition dans le temps, l'effort annuel moyen de renouvellement des réseaux de distribution est évalué entre 1 Md€ et 2 Md€ alors que l'enveloppe financière consacrée aujourd'hui à l'activité de travaux de remplacement des réseaux d'eau est imparfaitement estimée à 0,6 Md€. Même entachés d'une incertitude certaine, ces ordres de grandeurs soulignent l'insuffisance de l'effort contemporain de remplacement des conduites d'eau.

Dans le cadre des débats du Grenelle de l'environnement, la problématique des réseaux de distribution d'eau potable a été abordée ; elle débouche notamment sur une proposition de loi faisant obligation aux communes de réaliser un inventaire de leur réseau d'eau et le cas échéant de mettre en œuvre une politique d'amélioration des réseaux en vue de réduire les pertes lors de l'activité de distribution encadrée par un dispositif d'incitation financière par la modulation de la taxe de redevance prélèvement.

Le renouvellement des réseaux placé sous le double enjeu de la gestion patrimoniale et de la maîtrise des fuites, renvoie irrémédiablement à son financement. Aujourd'hui, les services publics peuvent être caractérisés par une attitude de consommation de patrimoine : les moyens financiers dégagés ne sont globalement pas à la hauteur de la dégradation lente et irréversible des immobilisations.

En parallèle des recensements patrimoniaux et du développement des outils techniques prédictifs des besoins, il est nécessaire d'explorer les stratégies financières, leurs implications financières et leurs impacts sur le prix de l'eau. Les stratégies à esquisser ne peuvent faire l'économie d'une prise en compte du long terme s'agissant d'infrastructures de longue durée de vie (plusieurs décennies).

C'est cette question des stratégies financières de long terme que nous proposons d'explorer. Après avoir rappelé le contexte général de formation du prix de l'eau, nous résumerons l'état de l'art traitant des différentes modalités de financement des opérations de renouvellement et leurs modalités d'arbitrage. Le présent mémoire fera ensuite un point sur les méthodes existantes d'élaboration de stratégie financière à court-moyen terme. Au final, un outil d'élaboration des stratégies de long terme adossé au calcul du coût du financement sera proposé avec exploration des implications macroscopiques et le couplage avec le court-moyen terme pour une approche glissée du financement du renouvellement.

II Le contexte de formation du prix de l'eau.

La jurisprudence et la réglementation indiquent que les services d'eau potable sont financièrement gérés comme des services publics industriels et commerciaux (SPIC) ce qui implique le paiement d'une redevance par l'usager en contrepartie du service rendu.

Les règles de financement par les collectivités publiques sont très encadrées : « il est interdit aux communes de prendre en charge dans leur budget propre des dépenses au titre des SPIC » (article L2224-2 du CGCT). L'équilibre budgétaire de la section d'exploitation et l'interdiction de faire appel aux budgets des communes induisent le principe d'équilibre budgétaire des dépenses d'exploitation par les recettes issues de la vente d'eau. Inversement, le budget d'un SPIC n'a pas vocation à alimenter le budget de la collectivité de rattachement. Des exceptions sont prévues par

les textes (articles R 2221-48 et R2221-90 du CGCT et jurisprudence du CE n°156176 et n°156509 du 30 septembre 1996).

Cet ensemble forme le principe général français : « l'eau paye l'eau ».

Comme tout principe, il connaît des exceptions consacrées par la loi :

- le régime de la TVA ;
- les redevances « agence de l'eau » et « voies navigables de France » ;
- le financement possible depuis le budget général pour les communes de moins de 3 000 habitants ou les établissements publics de coopérations intercommunales dont aucun membre n'a plus de 3 000 habitants ;
- les subventions à l'investissement ;
- les cas relevant quelques situations exceptionnelles (article L2224-2 du code général des collectivités locales).

Le prix de l'eau est défini par le respect de la règle de l'équilibre budgétaire, et plus précisément de l'équilibre de la section d'exploitation illustré dans la Figure 28.

Dérogeant au principe historique strict de l'équilibre budgétaire, le législateur a suivi une recommandation de la Cour des Comptes en modifiant la rédaction du code général des collectivités territoriales (article L2224-11-1) : il est désormais possible de voter en excédent la section d'investissement dans le cadre d'une programmation pluriannuelle de travaux. L'objectif est de faciliter la gestion financière des collectivités en assouplissant les règles de la nomenclature budgétaire M49 applicable aux services d'eau et d'assainissement, par la possibilité légale de thésauriser.

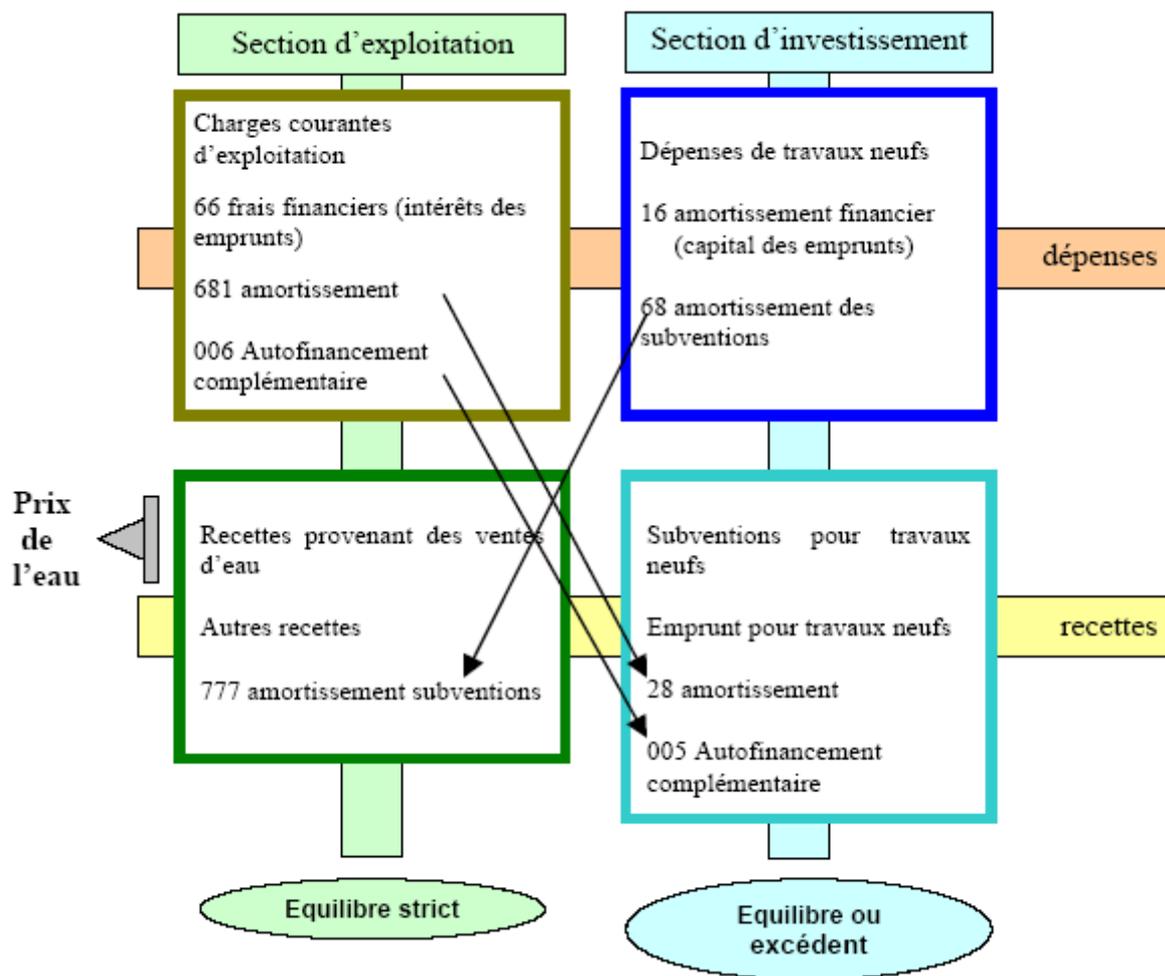


Figure 28 Présentation simplifiée d'un budget d'un service d'eau

Dans le cas d'une gestion en délégation de service public, il convient d'ajouter le prix contractualisé à l'issue de la procédure de mise en concurrence et de la phase de négociation (part délégataire) à la part déterminée à partir du budget de la collectivité.

III Les modes de financement

Dans un contexte quasi général d'absence de subventions pour financer les travaux de renouvellement, les services d'eau ne peuvent faire appel qu'à deux modes de financement : l'emprunt et l'autofinancement. Nous allons procéder à un tour d'horizon des caractéristiques de chacun d'eux, avant de faire un point sur l'état de la connaissance pour opérer les arbitrages.

III.1 L'autofinancement

Plusieurs arguments viennent militer en faveur de l'autofinancement :

- le caractère prévisible : la survenance irrémédiable de la nécessité de renouveler les infrastructures constituant le patrimoine de la collectivité
- la maîtrise du prix de l'eau : ne pas faire supporter le poids financier aux générations futures d'utilisateurs par des hausses brutales du prix de l'eau
- l'absence de financement externe : les pratiques modestes ou inexistantes de subventions en vue de renouvellement des réseaux.

La Figure 29 présente les principaux mécanismes comptables de création d'autofinancement qui sont des mouvements intra-budgétaires de la section d'exploitation vers la section d'investissement.

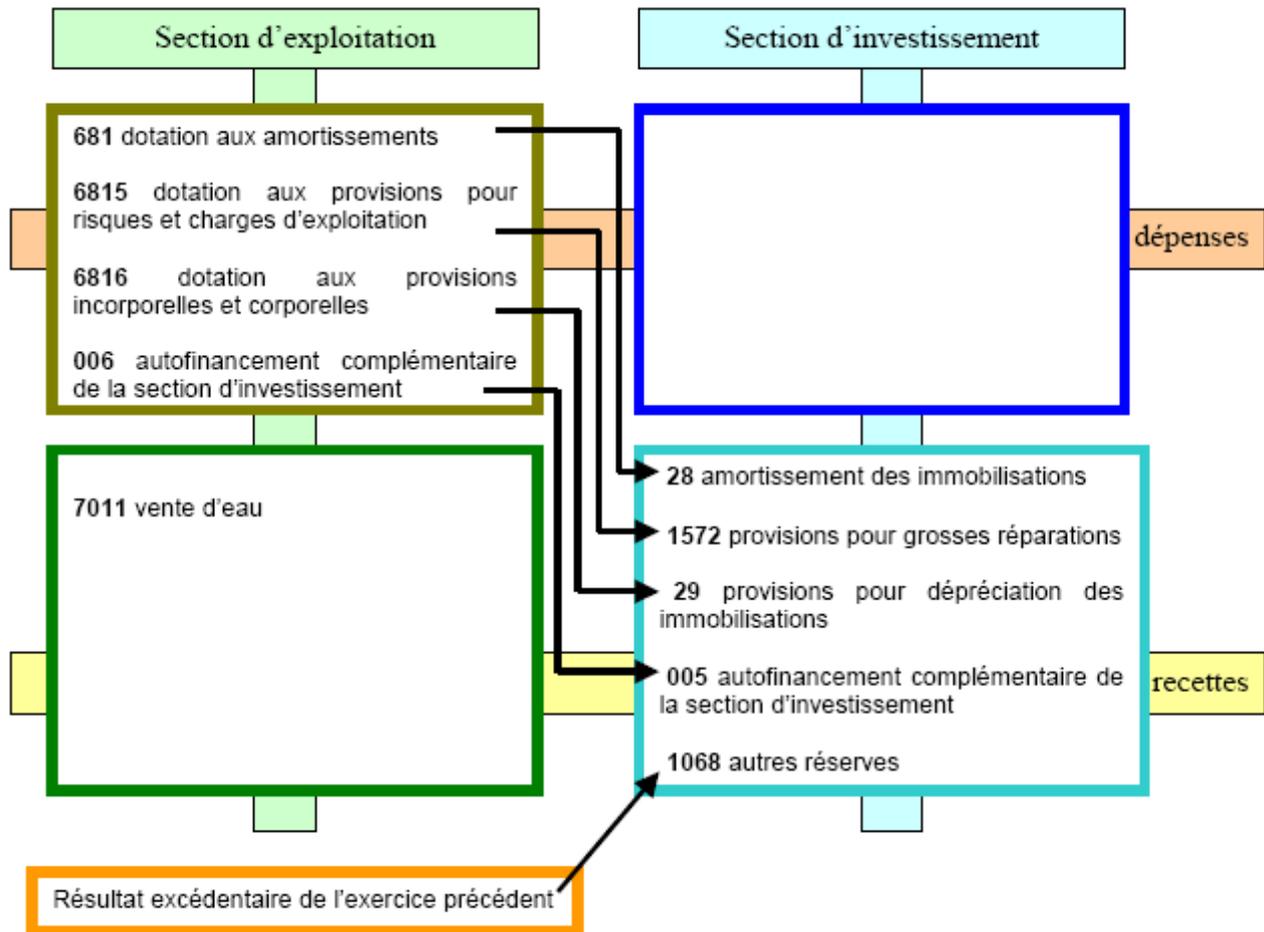


Figure 29 Présentation des principaux mécanismes budgétaires pouvant contribuer à la constitution d'un autofinancement

Il convient de noter qu'il n'y a pas de mécanisme dédié à la création d'une dotation pour assurer le financement du renouvellement des immobilisations. La pratique de l'amortissement qui est la traduction budgétaire de l'amortissement pour dépréciation a certes un caractère obligatoire, mais il ne génère d'autofinancement que dans la mesure où le montant de la dotation est supérieur au montant du capital des emprunts à rembourser. Par ailleurs, compte tenu des modalités de calcul de l'amortissement pour dépréciation (valeur historique d'acquisition) et de la mise en œuvre croisée de l'amortissement des subventions, il existe un décalage substantiel entre le montant cumulé amorti et le coût de renouvellement d'une immobilisation donnée, l'écart étant d'autant plus marqué que la durée de vie est importante (inflation du montant des travaux) et qu'il existe une différence entre le taux de subvention à la création et au moment du renouvellement (la part d'investissement à la charge du service est augmentée). Enfin, les montants amortis ne sont pas dédiés au financement du renouvellement du bien considéré, mais il s'agit d'une recette générique pouvant être indifféremment allouée à toute nature de dépense d'investissement (remboursement du capital des emprunts en cours, travaux neufs, travaux de réhabilitation, travaux de renouvellement) et à toute nature d'immobilisation (équipements, génie-civil, canalisations, ...). Il s'agit donc d'une pratique budgétaire obligatoire pouvant contribuer au financement du

renouvellement mais sa mise en œuvre est très loin de dégager les moyens financiers pour faire face aux enjeux précités.

Par conséquent, le financement du renouvellement par autofinancement relève d'une démarche gestionnaire volontariste, c'est-à-dire d'une décision politique qui a généralement un impact sur le prix de l'eau. Dans certaines configurations, l'amortissement d'emprunts, l'évolution favorable de l'assiette de facturation (économie d'échelle) ou des recettes nouvelles (bail pour implantation d'antennes téléphoniques sur un château d'eau ou exportation d'eau) peuvent contribuer à la création ou à l'augmentation de marge budgétaire à destination de l'investissement sans modification du prix de l'eau.

L'autofinancement se caractérise comme une anticipation des besoins futurs et un lissage prévisionnel de l'impact sur le prix du service. Mais sa généralisation se heurte à deux principales difficultés.

III.1.1 L'érosion monétaire : un écueil financier défavorisant la pratique de l'autofinancement

L'article 26-3 de la loi organique du 1er août 2001 relative aux lois de finance (LOLF) consacre le principe du dépôt exclusif auprès de l'Etat des fonds des collectivités territoriales et de leurs établissements publics. Quelques exceptions viennent assouplir ce principe. L'état actuel des règles est précisé dans la circulaire du 22 septembre 2004 (NOR/ECO/R/04/06116/C) et dans le CGCT. Ces exceptions ne répondent néanmoins pas aux besoins de placement des libéralités budgétaires correspondant à une politique de financement du renouvellement par l'autofinancement.

Il n'en a pas toujours été ainsi. Le principe obligatoire de dépôt au Trésor des fonds libres des collectivités locales a été acté pour la première fois par décret impérial du 27 février 1811 avec rémunération des dépôts. Le principe de la rémunération sera aboli par l'ordonnance organique du 2 janvier 1959.

Dans son rapport de 2003, la Cour des Comptes a milité en faveur de l'adaptation des règles de gestion financière des collectivités en autorisant le placement des liquidités inemployées afin de favoriser les politiques d'autofinancement. Cette proposition est restée pour l'instant lettre morte.

Le constat est fait qu'en l'état actuel des choses, les conditions réglementaires ne sont pas réunies pour une pratique optimale de la thésaurisation, les fonds cumulés restant tout ou partie soumis à l'érosion monétaire, avec pour conséquence une diminution de pouvoir d'achat. Cette perte de pouvoir d'achat est d'autant plus significative que la durée de thésaurisation est longue, ce qui est généralement le cas dans le cas pour le renouvellement des canalisations.

III.1.2 L'impact sur le prix de l'eau : un frein politique et psychologique

L'augmentation du prix du service pour la satisfaction de besoins non-immédiats est un exercice délicat dans lequel peu de collectivités s'inscrivent, même si les besoins de financement du renouvellement des réseaux sont présents à l'esprit.

Le prix de l'eau fait en effet l'objet d'une pression sociale forte. Dans ce contexte, il est souvent malaisé de déclencher des hausses significatives pour contribuer au financement de travaux à réaliser bien au-delà du mandat des élus.

Cette frilosité est renforcée par la perte du pouvoir d'achat que subissent les montants thésaurisés (érosion monétaire) et par l'absence d'outils prévisionnels pertinents des besoins à long terme lié à la méconnaissance de la durée de vie réelle des canalisations.

III.2 L'emprunt

Les conditions économiques actuelles consacrent des niveaux de taux d'emprunt bas, rendant particulièrement intéressant le recours à ce mode de financement. Mais rien ne préjuge de ce que sera l'avenir et son attrait peut vite disparaître.

Mais l'emprunt n'est mobilisable qu'au moment où l'on décide d'investir. Par conséquent, il ne constitue pas une préparation ou anticipation de l'avenir. Dans un contexte d'effort d'investissement prévisible, il ne se présente pas, par nature, comme l'instrument financier le plus approprié.

En revanche, il présente l'avantage d'offrir un effet de levier entre l'épargne disponible et le capital mobilisable par emprunt, ce qui permet de lisser ponctuellement des pics d'intensité de l'investissement en répartissant dans le temps le remboursement. Mais cet effet est relatif pour des investissements comme le renouvellement qui sont récurrents. Le recours systématique à l'emprunt conduit à un effet de translation dans le temps de la charge financière, alourdi par les frais financiers (intérêts, frais de dossier, assurances, ...).

L'amortissement financier des emprunts induit également un report de la charge sur la génération suivante, obérant d'autant sa capacité à emprunter. Un recours trop systématique à l'emprunt altère les marges de manœuvre ultérieures. Le renouvellement des réseaux pouvant se poser de manière concomitante avec d'autres nécessités d'investissement (qualité d'eau, sécurisation de l'approvisionnement, respect de la réglementation, ...), il peut se révéler utile de conserver un potentiel d'emprunt. Un état d'endettement trop marqué accroît le risque de défaut de remboursement qui se traduit par une majoration du taux d'intérêt par les bailleurs de fond (prime de risque).

Par ailleurs, l'activité de renouvellement actuel est généralement en retrait par rapport aux besoins réels. Le report de l'effort de financement à consentir aujourd'hui est déjà un report partiel sur la génération suivante, report qui serait amplifié par le recours à l'emprunt pour le financer.

Cependant, l'amortissement d'un emprunt par annuité constante présente l'intérêt d'un remboursement en monnaie érodée, phénomène qui vient en atténuer son coût économique. Mais le coût total du crédit est d'autant plus élevé que sa durée est longue, le montant des intérêts payés devenant substantiel. Il n'est donc guère envisageable de faire coïncider la durée des emprunts avec la durée de vie envisagée des immobilisations, en tout cas dans le cas d'instruments financiers classiques. La Figure 30 illustre parfaitement qu'au-delà de 20 ans, la diminution de l'annuité et donc de l'atténuation de l'impact sur le prix du service est faible, alors que le coût de l'emprunt continue de progresser.

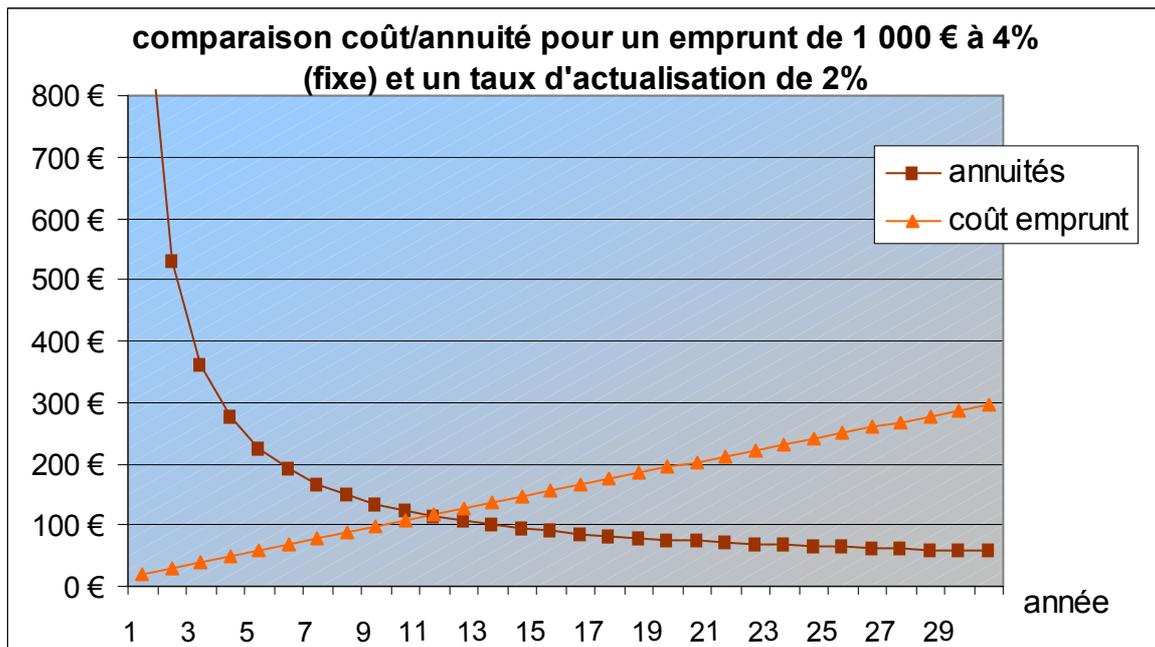


Figure 30 Effet de la durée d'un emprunt sur les annuités et son coût

IV Arbitrage : autofinancement versus emprunt

Nous reprenons ici les résultats des travaux menés par le FNDAE : déterminer la durée pendant laquelle il est plus avantageux de thésauriser que d'emprunter. Autrement dit, déterminer l'instant T au-delà duquel le coût cumulé de l'érosion monétaire est inférieur à l'économie provenant de l'emprunt qui n'est pas à contracter du fait des fonds disponibles. La Figure 31 présente les deux courbes, croissante pour la dévalorisation, décroissante pour l'économie virtuelle. L'abscisse du point d'intersection représente l'instant T.

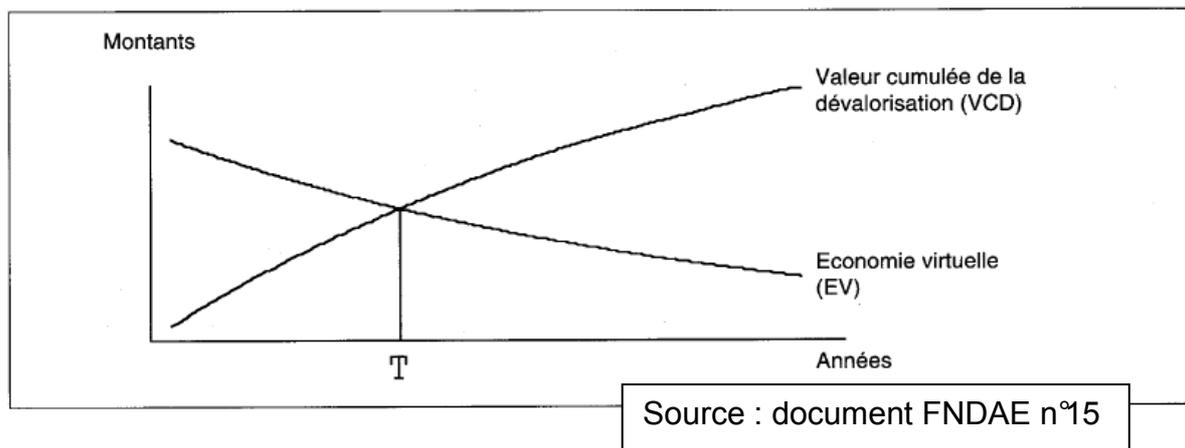


Figure 31 Détermination l'instant T en-deçà duquel l'autofinancement a un coût économique inférieur au recours à l'emprunt

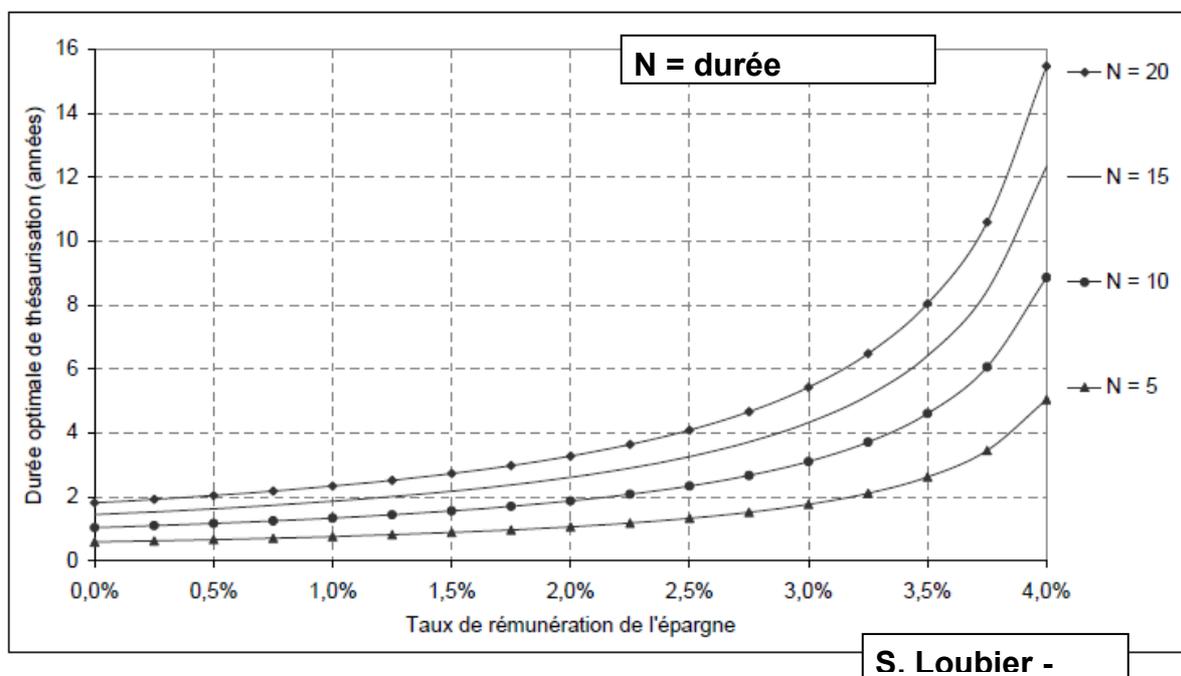
L'application numérique nous enseigne que dans les conditions actuelles de taux d'intérêt faible, la thésaurisation n'emporte l'avantage sur l'emprunt que sur une durée d'environ 1 à 2 ans (fonction de la durée de l'emprunt).

D'une manière plus générale, plus l'écart entre les taux d'intérêt des emprunts et le taux d'érosion monétaire est élevé, plus la thésaurisation est avantagée.

D'un point de vue strictement financier, les collectivités organisatrices de services d'eau n'ont aujourd'hui aucun avantage à procéder à un financement prévisionnel qui viendrait atténuer la charge future d'investissement.

Ce constat milite en faveur de la proposition de la Cour des Comptes qui vise à promouvoir le placement des liquidités disponibles afin de rendre le financement par thésaurisation compétitif.

Dans le cadre des services d'irrigation, Sébastien Loubier a déterminé, à conditions économiques fixés, l'impact du taux de rémunération de l'épargne sur la durée optimale T de thésaurisation. La Figure 32 nous enseigne que plus ce taux est proche du taux d'érosion monétaire, plus T est important. La forme exponentielle nous enseigne que le caractère incitatif à thésauriser ne se concrétise que dès lors que le taux de rémunération de l'épargne se rapproche significativement des taux d'intérêt pratiqués pour l'emprunt.



S. Loubier -

Figure 32 Durée optimale de thésaurisation en fonction du taux de rémunération de l'épargne (un taux d'emprunt fixé à 5,5 % - inflation à 1,5 %)

Ces différentes approches illustrent le caractère central du placement des libéralités budgétaires afin de rendre financièrement attractive la pratique de la thésaurisation. Si tel n'est pas le cas, seules des périodes pour lesquelles on observerait un écart substantiel entre les taux d'intérêt des emprunts et le taux de dévalorisation monétaire donneraient l'avantage à la pratique de l'épargne prévisionnelle (pour un emprunt amortissable sur 15 ans, il faut un écart de l'ordre de 5 points pour observer une valeur de T de 10 ans). Ces périodes particulières ne correspondent pas à des conditions économiques habituelles et restent donc exceptionnelles.

Dans le paysage réglementaire actuel, seul l'emprunt apparaît comme l'outil de financement le moins coûteux laissant aux services publics comme seules alternatives de créer de l'autofinancement qui serait instantanément investi pour ne pas subir l'impact de l'érosion monétaire.

Mais dès lors, il est exclu d'envisager une gestion financière prévisionnelle des besoins, ce qui, pour un besoin prévisible est assez frustrant d'un point de vue gestionnaire, car il laisse à la charge de chaque génération d'usagers le poids de leurs besoins contemporains de renouvellement en ne lissant que modestement l'effort financier d'un maintient en état d'un patrimoine pourtant utilisé avec la même intensité par chacune de ces générations.

V Les outils de gestion financière à court-moyen terme

La mise en œuvre de ses outils se fait généralement en deux phases : une première qui porte sur l'analyse rétrospective des comptes administratifs à partir de laquelle se fonde la construction de l'analyse prospective.

L'analyse rétrospective a vocation à caractériser l'économie du service à partir de documents comptables : les comptes administratifs qui enregistrent l'intégralité des opérations budgétaires au titre de document de réalisation. Elle vise à établir des ratios financiers à partir de données comptables afin d'apprécier la performance financière et en dégager les points forts et les points faibles. Cette analyse nous fournit notamment trois résultats utiles: l'état de la dette, le fond de roulement disponible et l'épargne de gestion annuelle (autofinancement).

La phase prospective fait appel à l'arbitrage entre l'emprunt ou l'autofinancement pour équilibrer le bilan emplois/ressources avec mesure des effets sur le prix de l'eau.

La méthodologie intègre les paramètres suivants (cf. Figure 33) :

- besoin en travaux de renouvellement ;
- travaux récurrents ;
- les annuités des emprunts en cours ;
- les annuités des nouveaux emprunts ;
- le fond de roulement disponible ;
- l'épargne de gestion dégagée annuellement ;
- les subventions éventuelles ;
- les recettes provenant de l'évolution de l'assiette de facturation.

Elle autorise donc une simulation fine et pertinente intégrant les différentes composantes de contexte : économique, financière, technique, managériale.

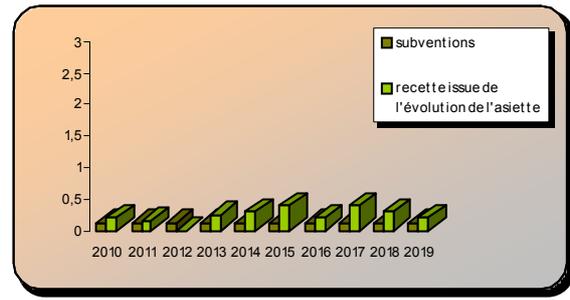
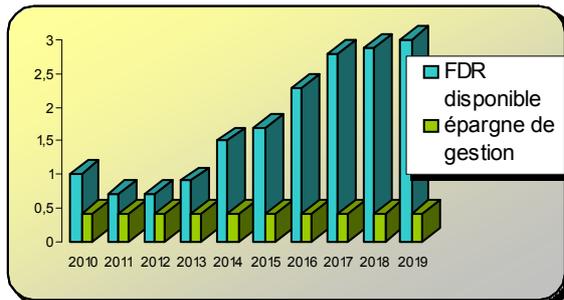
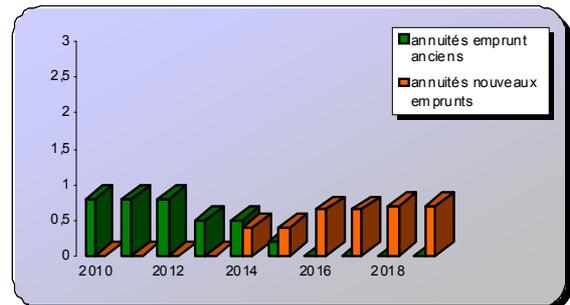
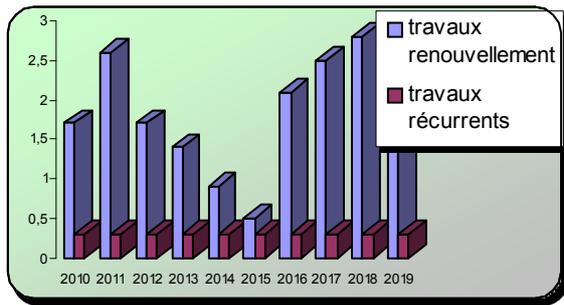


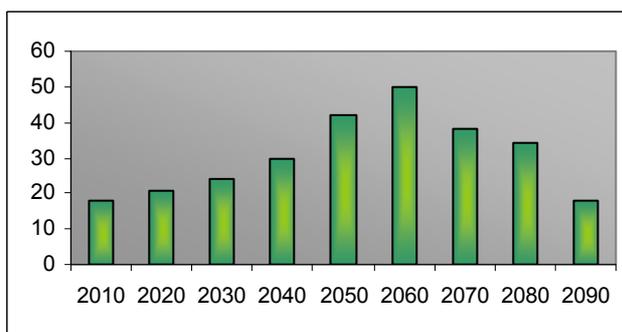
Figure 33 Paramètres de la méthodologie

Cette méthodologie a été mise en application dans un module expert du logiciel GSP développé par le Ministère de l'Agriculture a destination de ses services déconcentrés dans le cadre des missions d'ingénierie publique. Sa mise en application permet de proposer aux collectivités publiques des simulations sur une unité de temps pouvant aller jusqu'à 10 ans, et prenant en considération une vision stratégique dépassant l'annualité du budget.

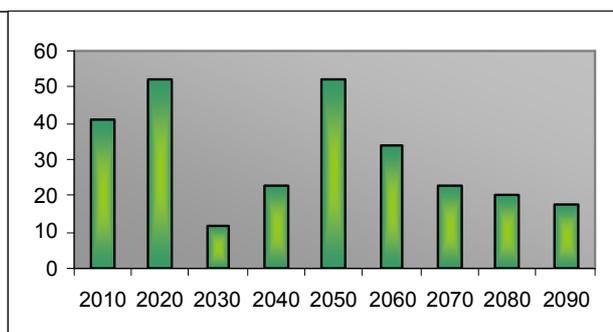
VI La gestion financière à long terme

Nous abordons ici un aspect de la gestion patrimoniale assez délicat, car il repose sur la connaissance des besoins à long terme et surtout à leur répartition dans le temps, exercice particulièrement délicat car la connaissance de la durée de vie des canalisations reste en l'état entachée d'imprécision forte.

Nous limiterons ici nos travaux à deux scénarii de besoin de renouvellement en nous inspirant de résultats d'études qui explorent les besoins dans le temps à partir d'une durée de vie homogène des conduites (étude Conseil Général du Bas-Rhin – cas n°1) ou d'une durée de vie déclinée suivant le matériaux des conduites (besoins nationaux selon JM Cador - cas n°2).



Scénario 1



Scénario 2

Figure 34 besoins en travaux de renouvellement dans le temps pour les deux scénarii retenus

Notre objectif est de construire un outil simplifié mais pertinent permettant de mesurer un triple impact des attitudes des gestionnaires en terme de stratégie de financement du renouvellement sur le long terme :

- le coût de ce financement (érosion monétaire + coût de l'emprunt) ;
- l'impact initial sur le prix de l'eau ;
- les variations sur le prix de l'eau en phase de renouvellement.

Trois stratégies de financement seront déclinées dans des contextes économiques différents (taux d'intérêt bas, modéré et élevé) :

- la stratégie correspondant à un effort intergénérationnel uniforme ; cette stratégie se caractérise, après un ajustement à l'origine, par un prix du service constant dans le temps pour les usagers qui contribuent équitablement au maintien en l'état du patrimoine ;
- la stratégie ayant un mode de financement à coût nul : il s'agit pour chaque pas de temps d'ajuster le prix du service pour faire exactement correspondre les moyens financiers dégagés dans le budget aux besoins de travaux de renouvellement. En l'absence de thésaurisation, il n'y a donc pas de coût lié à l'érosion monétaire. En ne mobilisant pas d'emprunt, les coûts financiers provenant du paiement d'intérêts sont nuls.
- La stratégie du recours systématique à l'emprunt traduisant une situation totalement subie en l'absence de toute prévision à long, moyen ou court terme.

Enfin, nous examinerons l'incidence d'une éventuelle possibilité des placements des fonds sur chacune des situations envisagées ci-avant.

VI.1 Les hypothèses de travail

Afin de limiter le nombre de paramètres qui fluctuent, nous fixons par convention les éléments de contexte suivants :

- des besoins en travaux de renouvellement sont regroupés par décennie;
- des scénarii reposant sur un « outil prédictif idéal » définissant dans le temps des besoins à satisfaire impérativement (pas de report d'investissement);
- un contexte économique invariant au sein de chaque scénario étudié ;
- des variations de l'assiette de facturation non prises en considération ;
- un niveau initial d'endettement nul (service désendetté);
- une durée des emprunts éventuels fixée à quinze ans;
- des recettes du service à hauteur de 70 avec un prix de l'eau initial à 1€/m³ et des besoins de renouvellement cumulés de 275 (valeur 2010);
- un budget du service dégageant initialement un autofinancement (5 pour un budget de 70, soit 7% des recettes);
- des grandeurs financières exprimées en valeur économique 2010;

- des simulations prenant en compte la rémunération de l'épargne sur la base d'un différentiel entre taux d'intérêt d'emprunt et taux de rémunération de un point.

Il est bien entendu possible de faire fluctuer ces variables en situation opérationnelle, mais dans le cadre de nos travaux l'analyse des résultats deviendrait complexe et confuse, et la comparaison des résultats problématique.

Certains calculs de coût sont approchés, comme par exemple le coût lié à l'érosion monétaire qui est calculé par séquençage décennal. L'autofinancement dégagé sur une décennie fait l'objet d'une estimation de l'érosion monétaire en se plaçant en milieu de période. Notre objectif étant d'étudier les effets macroscopiques des stratégies des gestionnaires et compte tenu du fait que nos scénarii reposent sur des outils prédictifs idéaux qui n'existent pas, le biais reste acceptable. Il s'agit de dégager les grandes tendances et implications.

VI.2 Les résultats (détail en annexes 1 et 2)

VI.2.1 Les coûts du mode de financement.

La stratégie visant à instituer un effort intergénérationnel uniforme est la stratégie la plus coûteuse en raison de l'érosion monétaire dont le coût est bien plus élevé que le recours à l'emprunt. Nous retrouvons les résultats des travaux antérieurement menés (cf. chapitre 3). L'écart de coût entre la stratégie de répartition uniforme de l'effort de financement et la stratégie de recours systématique à l'emprunt est amplifié par un

contexte économique de taux élevé.

Le mode de financement à coût nul est invariant aux conditions économiques, puisqu'il ne génère pas de coût lié à l'érosion monétaire ou provenant de l'usage de l'emprunt, les moyens budgétaires dégagés à hauteur des besoins étant instantanément mis en jeu sous forme de travaux de renouvellement.

scénario n°1 – sans placement de l'épargne			
coût du financement	effort générationnel uniforme	mode de financement à coût nul	financement par emprunt
taux bas	18,1%	0,0%	15,9%
taux modéré	34,4%	0,0%	18,9%
taux élevé	85,1%	0,0%	38,3%

scénario n°2 – sans placement de l'épargne			
coût du financement	effort générationnel uniforme	mode de financement à coût nul	financement par emprunt
taux bas	51,0%	0,0%	14,5%
taux modéré	71,6%	0,0%	17,2%
taux élevé	142,1 %	0,0%	32,6%

Il apparaît également que le coût du financement dépend de la manière dont les besoins s'inscrivent dans le temps. Les scénarii 1 et 2 nécessitent une dépense d'investissement cumulée identique (275), mais répartie de manière différente dans le temps. Néanmoins, l'impact financier est plus marqué pour le scénario « effort générationnel uniforme » que pour le financement intégral par emprunt. Il convient de tempérer ce constat par le fait que les stratégies « types » sont appliquées tel quel sans adaptations circonstanciées que le bon sens gestionnaire imposerait. Par exemple, la stratégie de l'effort intergénérationnel uniforme impose par convention un prix de l'eau « constant », ce qui génère en fin de cycle un reliquat d'autofinancement non utilisé qui pèse significativement sur le coût financier puisque nous avons choisi par convention de ramener les coûts en valeur 2010 (l'impact du différentiel entre le taux de dévalorisation et le taux

d'actualisation est d'autant plus important que l'érosion monétaire est constatée de manière éloignée dans le temps par rapport au point économique de référence).

Nous pouvons néanmoins constaté que l'autofinancement (mode de financement principal dans nos scénarii d'effort intergénérationnel uniforme) est victime du cadre réglementaire actuel qui interdit le placement des fonds disponibles.

Il est donc instructif d'examiner les incidences, au sein de nos stratégies types déclinés dans des contextes économiques variés, de la possibilité de placement de l'épargne des collectivités publiques. Sur la base des résultats évoqués aux paragraphes 3, nous avons considéré un taux d'épargne proche du taux d'érosion monétaire (assimilable pour l'exercice à l'inflation) mais avec un différentiel de 1 point en défaveur de l'épargne en raison du caractère sécurisé des placements des fonds publics (bons du trésor, obligations garanties par l'Etat, ...).

scénario n°1 – placement de l'épargne			
coût de financement	effort du générationnel uniforme	mode de financement à coût nul	de financement par emprunt
taux bas	8,0%	0,0%	15,9%
taux modéré	8,0%	0,0%	18,9%
taux élevé	11,4%	0,0%	38,3%

Les résultats montrent un regain de compétitivité de la thésaurisation essentiellement utilisée dans la stratégie « effort générationnel uniforme ». Dans un tel contexte, le décideur a donc la possibilité, au regard du critère financier, d'opérer de véritable choix sans être contraint par un contexte réglementaire et économique défavorable. Mais si l'attrait pour la thésaurisation est établi, il ne s'agit pas nécessairement de la stratégie par excellence, le recours à l'emprunt étant en termes d'impact financier relativement proche eu égard aux approximations admises dans notre calcul des coûts et compte tenu des hypothèses de contexte posées en postulat. Une approche stratégique pragmatique s'impose au gestionnaire.

scénario n°2 – placement de l'épargne			
coût de financement	effort du générationnel uniforme	mode de financement à coût nul	de stratégie de financement par emprunt
taux bas	25,7%	0,0%	14,5%
taux modéré	25,3%	0,0%	17,2%
taux élevé	44,9%	0,0%	32,6%

VI.2.2 L'impact sur le prix de l'eau

Le coût des modalités de financement du renouvellement n'est cependant pas le seul critère de décisions gestionnaires. En effet, le financement des investissements par thésaurisation est un acte prévisionnel alors que le recours à l'emprunt a des impacts a posteriori sur la formation du prix de l'eau. Le recours à l'un ou à l'autre mode de financement impacte de façon différenciée l'évolution du prix de l'eau.

Nous examinerons ses impacts dans nos scénarii selon deux critères :

- la variation à l'origine de la mise en œuvre de la politique d'investissement ;
- la variation maximale observée postérieurement sur l'ensemble du cycle de renouvellement.

L'examen des résultats obtenus (cf. synthèses en annexe 1 et 2) montrant que l'impact du placement éventuel des fonds thésaurisés est modeste du point de vue des variations du prix du

service, nous nous limiterons à l'analyse des résultats correspondant à la situation correspondant au dépôt des fonds des collectivités auprès du Trésor sans rémunération des fonds.

En ce qui concerne le critère de la hausse du prix à l'origine de la mise en œuvre de la politique de financement du renouvellement, l'amplitude des variations est dépendante des hypothèses de départ de chaque scénario. La situation générale d'une insuffisance de l'activité de renouvellement au niveau national a été prise en considération. En besoin moyen, tous les scénarii nécessitent donc de mobiliser des montants financiers supplémentaires, mais à des moments différents.

scénario n°1 – sans placement de l'épargne			
hausse à l'origine du prix de l'eau	à effort générationnel uniforme	mode de financement à coût nul	de financement par emprunt
taux bas	44,4%	26,0%	22,6%
taux modéré	50,0%	26,0%	28,5%
taux élevé	55,7%	26,0%	40,2%

Il ressort de l'exercice que la stratégie d'effort intergénérationnel uniforme nécessite la hausse à l'origine la plus significative, car il s'agit de l'approche de financement qui recourt à l'autofinancement. Le bénéfice de l'effort initial ne sera mobilisé qu'ultérieurement. Il est donc logique de noter un effort à l'origine plus conséquent que celui observé pour les autres stratégies pour lesquels la mobilisation de capitaux n'est réalisé qu'au moment de l'émergence du besoin (sous forme d'adaptation de l'autofinancement ou sous forme d'emprunt).

scénario n°2 – sans placement de l'épargne			
hausse à l'origine du prix de l'eau	à effort générationnel uniforme	mode de financement à coût nul	de financement par emprunt
taux bas	82,0%	72,0%	62,5%
taux modéré	86,0%	72,0%	79,1%
taux élevé	86,0%	72,0%	111,4%

Observons maintenant les fluctuations postérieures à la variation du prix initial.

Pour la stratégie « effort intergénérationnel uniforme », aucune variation significative n'est observée puisqu'il ce point caractérise la dite stratégie. D'un point de vue budgétaire, c'est un peu comme si l'on avait substitué la pratique linéaire de l'amortissement pour dépréciation par la mise en œuvre d'une dotation de renouvellement, en substituant dans le calcul la valeur de renouvellement à la valeur historique d'acquisition.

scénario n°1			
variation max du prix de l'eau	à effort générationnel uniforme	mode de financement à coût nul	de financement par emprunt
taux bas	2,4%	50,8%	97,8%
taux modéré	0,7%	50,8%	117,9%
taux élevé	0,8%	50,8%	152,3%

Pour les deux autres stratégies qui n'ont aucune composante prévisionnelle, les efforts financiers mobilisés coïncident fidèlement dans le temps avec les besoins en renouvellement décennaux. Les variations du prix de l'eau maximales sont par conséquent corrélées avec l'amplitude maximale des travaux de renouvellement de canalisations à réaliser. Dans le cas du recours au financement systématique par emprunt, les variations sont plus fortes en raison du coût de l'emprunt (intérêts) et de l'amplification des pics de travaux par cumul des annuités (ceci est notamment le cas dans le scénario 1 pour les décennies 2050 et 2060).

scénario n°2			
variation max du prix de l'eau	effort générationnel uniforme	mode de financement à coût nul	de financement par emprunt
taux bas	1,6%	70,2%	70,2%
taux modéré	0,0%	70,2%	82,2%
taux élevé	0,0%	70,2%	101,2%

VI.2.3 Synthèse

Les trois stratégies déclinées pour nos deux scénarios n'ont rien d'absolues et des stratégies mixtes sont à rechercher pour répondre au mieux à la politique de financement du renouvellement de l'autorité organisatrice.

En l'état actuel, les entités exerçant la compétence « distribution d'eau potable » ont globalement une position attentiste assimilable aux stratégies « mode de financement à coût nul » ou « emprunt ». Il en ressort une maîtrise du prix du service à un niveau bas au détriment du financement des immobilisations de longue durée de vie comme les canalisations. Ce choix ou ce non-choix préfigure de variation forte du prix du service au rythme de l'augmentation des besoins de renouvellement des canalisations, sauf à déroger au principe « l'eau paye l'eau » en mobilisant d'autres mode de financement que la seule redevance de l'utilisateur.

L'approche du financement du renouvellement par un effort intergénérationnel uniforme peut emporter une adhésion immédiate qui s'inscrit dans une démarche de financement durable du service. Un parallèle peut être opéré entre la pratique de l'amortissement pour dépréciation par annuité constante et la mise en place d'une dotation de renouvellement. Dans le premier cas, les modalités de calcul prennent en compte le coût d'acquisition historique, dans le second cas le coût de renouvellement. Les outils budgétaires existent (cf. paragraphe 1) et la thésaurisation correspondra à l'excédent de la section d'investissement qui peut dorénavant être votée en excédent; il conviendrait de compléter l'arsenal de la gestion financière des services en autoriser le placement des fonds disponibles pour ne pas pénaliser financièrement ce type de stratégie qui recourt assez fortement à la thésaurisation.

La principale différence entre le processus budgétaire d'amortissement et la constitution d'une dotation de renouvellement, est que la première nommée est une pratique obligatoire et que la seconde reste de l'initiative des décideurs politiques. Dans un contexte de forte pression sociale sur le prix de l'eau, il est délicat d'envisager des hausses substantielles pour satisfaire des besoins non-immédiats. Par ailleurs, une thésaurisation sur plusieurs décennies nécessite une rigueur de gestion affirmée afin d'utiliser effectivement, intégralement et exclusivement les fonds constitués et dédiés au renouvellement des immobilisations à cet effet.

VII La gestion financière glissée : les outils de court terme en déclinaison d'une stratégie de long terme

Nous avons constaté que les outils de gestion financière de court-moyen terme existent et sont mobilisables pour un couplage avec les outils techniques prédictifs existants dans le cadre de la définition et de la mise en œuvre d'une politique de renouvellement des canalisations. On peut ainsi aborder de manière pertinente la problématique de mobilisation des fonds (autofinancement/emprunt) en ajustant au mieux l'ensemble des paramètres (autofinancement disponibles, variation de l'état de la dette, variation des conditions économiques, évolution de l'assiette de facturation, ...).

Néanmoins ces stratégies qui s'inscrivent dans un pas de temps d'environ dix ans ne répondent pas intégralement aux enjeux réels de long terme, que ce soit du point de vue de l'optimisation financière ou de la maîtrise du prix de l'eau.

N'utiliser que les outils ne court terme conduit à la mise en œuvre d'une stratégie qui serait la combinaison des stratégies types de long terme qui nous avons intitulées « mode de financement à coût nul » et « financement par l'emprunt ». Il en résulte donc une carence d'anticipation des besoins globaux.

A l'inverse, les stratégies de long terme reposent sur la détermination d'un calendrier des besoins de renouvellement, qui en l'absence d'outil approprié, introduit des biais et fournit un résultat entaché d'incertitude notable. Sauf à introduire des variables supplémentaires comme l'évolution du contexte économique ou les variations de l'assiette de facturation, il est illusoire de s'en servir à titre d'expertise exclusive et définitive (par ailleurs il est difficile de prédire le niveau et la variation de ces valeurs sur une période très longue).

Une utilisation combinée ouvre en revanche des perspectives intéressantes : la collectivité débat sur sa stratégie globale en fixant les objectifs de long terme, puis la mise en application se fait plus experte par la mise en œuvre d'outils portant sur le court terme. Par itérations successives, des ajustements appropriés seraient pratiqués, tant du point de vue financier que de l'amélioration de la connaissance des besoins de renouvellement.

La mobilisation des outils de court-moyen terme peut être subdivisée en deux périodes :

- les premières cinq années comme un intervalle de programmation;
- les cinq années suivantes comme un intervalle de prévision.

Programmation
Prévision

Une stratégie glissée par pas de cinq années peut ainsi être définie suivant le principe présenté dans la Figure 35.

Dans le processus, la politique générale de financement est définie sur le long terme. Elle est ensuite déclinée sur la première partie de la décennie suivant une période de programmation, puis une prévision sur les cinq dernières années. Après cinq ans, un bilan est réalisé, et la période de prévision fait l'objet des ajustements nécessaires pour satisfaire aux objectifs de long terme. Et ainsi de suite.

Les ajustements successifs prennent en compte le degré de réalisation des travaux, l'évolution du contexte économique, les variations de l'assiette de facturation, l'actualisation des besoins de travaux de renouvellement à partir d'outils techniques.

Pour illustrer notre démarche, nous pouvons nous appuyer sur notre scénario de renouvellement n°1 en nous plaçant dans une stratégie de financement intergénérationnel uniforme dans un contexte économique de taux d'intérêt bas après réalisation de hausse initiale du prix de l'eau.

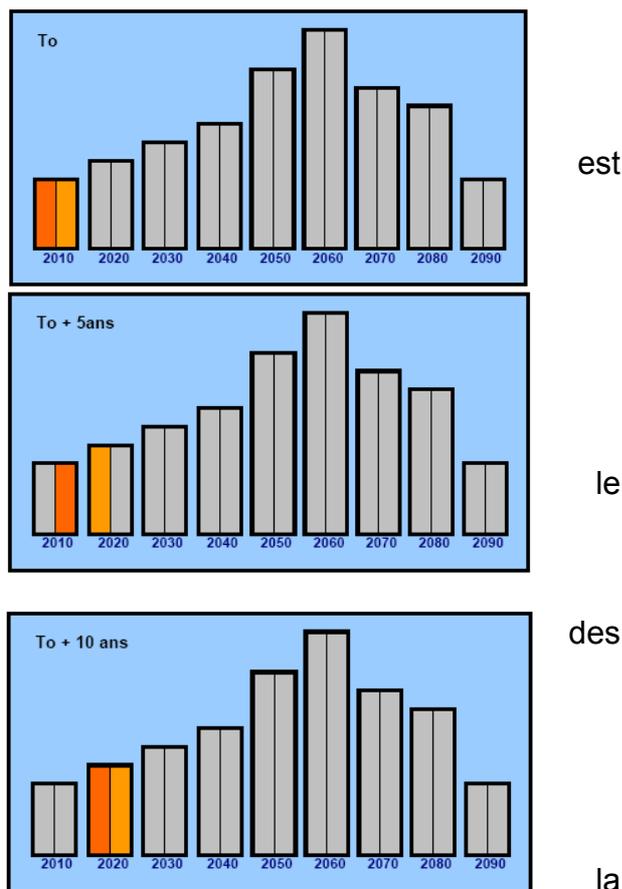


Figure 35 Schéma de principe de la stratégie glissée

Dans le cadre de la première décennie, les objectifs imposés au gestionnaire par la stratégie de long terme sont de réaliser des travaux de renouvellement à hauteur de 18 et de terminer la période avec une thésaurisation de 18,1. Par utilisation des outils de court-moyen terme, le gestionnaire définira son action pour satisfaire ces objectifs de façon optimale. A l'expiration de chaque année budgétaire le bilan réalisé induira les ajustements nécessaires. Les cinq premières années révolues, la nouvelle période prise en compte inclura le solde des cinq années de la décennie en cours et les cinq premières de la décennie suivante. Le processus se répétera ainsi sur l'ensemble du cycle de renouvellement.

Les besoins de renouvellement à long terme feront eux aussi l'objet de réajustements en fonction de l'amélioration de la connaissance du patrimoine et des outils prédictifs mobilisables.

Cette approche en poupées gigognes, les outils financiers de court terme s'inscrivant au sein d'une stratégie de long terme, est mobilisable par les services aujourd'hui. Accompagnée des outils techniques, ils peuvent contribuer à former le projet du service public en matière de renouvellement des canalisations de distribution de l'eau.

VIII Conclusion

Léonard de Vinci : « ne pas prévoir, c'est déjà gémir ». Autrement dit, pour éviter demain de se plaindre d'une situation altérée du point de vue du patrimoine que constituent les canalisations de distribution de l'eau et d'un niveau des fuites croissant, il faut se projeter dans l'avenir. L'enjeu consiste à assurer un financement durable des infrastructures de distribution de l'eau pour

pérenniser l'existence des biens concourant à assurer un service essentiel aux populations et à l'activité économique.

Ces réflexions s'inscrivent pleinement dans la problématique contemporaine du développement durable : comment répondre aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.

L'insuffisance de mobilisation de moyens pour financer le remplacement des canalisations implique une consommation d'immobilisations sans contrepartie à hauteur de cette dégradation. Les services publics de l'eau sont donc aujourd'hui dans un cycle d'appauvrissement de la valeur de leur patrimoine.

La mise en œuvre d'une politique de long terme pour y faire face nécessite l'utilisation d'outils se caractérisant inéluctablement par l'imperfection. Mais sans outils, il n'y a pas de projet ni de détermination à faire.

Nous avons montré que des outils de définition de stratégies financières existent et peuvent être mobilisés, même s'ils restent perfectibles. La mobilisation des outils de gestion à court-moyen terme s'inscrivant au sein d'une stratégie de financement le long terme du renouvellement, permet de construire des stratégies adaptées aux différentes situations et de les actualiser dans le temps.

L'impact identifié du coût de la thésaurisation par le mécanisme d'érosion monétaire milite en faveur de l'autorisation du placement des fonds disponibles en raison du coût de l'érosion monétaire. Ce mode de financement n'est pas compétitif aujourd'hui alors qu'il concourt à une gestion prévisionnelle contrairement à l'emprunt.

Dans un contexte de mobilisation de nouvelles ressources financières provenant essentiellement principalement des redevances perçues auprès des usagers, l'augmentation du prix de l'eau pour assurer le renouvellement patrimonial est sans doute le véritable déficit auquel auront à faire face les services.

IX Bibliographie

COUR DES COMPTES, décembre 2003, la gestion des services publics d'eau et d'assainissement, <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/034000735/index.shtml>, 186 p.

CADOR, J.-M., 2002, le renouvellement du patrimoine en canalisations d'eau potable en France, Université de Caen Basse-Normandie, 18 p.

LOUBIER, S., 2001, les stratégies de financement de la maintenance et du renouvellement des équipements gérés par des associations syndicales autorisées, actes d'atelier 14p.

GUERIN-SCHNEIDER, L., ROYERE, V., PREVOST, G., 2001, principes d'analyse financière des services d'eau et d'assainissement (M49), ENGREF-FNDAE, 99 p.

DE Conseil, 2003, outils de financement du renouvellement des infrastructures des services d'eau et d'assainissement, rapport au MEDD – document de synthèse, 33 p.

FNDAE, 1991, le financement du renouvellement des réseaux d'alimentation en eau potable, 75 p.

Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable
Rapport d'étape 2009 – Axe 3 Partie B
Caty WEREY

Axe 3 : Enjeux financiers - Partie B. Intercommunalité

Incidence de l'intercommunalité sur le financement du renouvellement

I Contexte

La disparition du FNDAE et le non subventionnement des opérations de renouvellement/réhabilitation des réseaux d'eau potable (sauf si renforcement parfois) nous amènent à nous interroger sur :

Comment financer le renouvellement des réseaux ?

Quelle réponse l'intercommunalité peut-elle apporter?

La compétence Eau Potable comprend la production, le traitement, la distribution, l'adduction d'eau potable, elle est du ressort de la commune qui peut transférer cette compétence en partie ou en totalité à une structure intercommunale.

Nous nous intéressons :

- d'une part à l'intercommunalité dite « technique » sous la forme d'un syndicat intercommunal : SIVU ou SIVOM qui sont la forme traditionnelle des intercommunalités de l'eau et qui ont souvent été créés sur un territoire lié à une question de ressource en eau ou de mutualisation technique et financière pour la construction d'infrastructures ou SM syndicat mixte (communes, syndicat de communes, département),
- d'autre part à l'intercommunalité dite « de projet » regroupant les EPCI à fiscalité propre telles que CU communautés urbaines, CA communautés d'agglomération et SAN Syndicats d'Agglomération nouvelle, CC communautés de communes dont le territoire est parfois lié au découpage cantonal et motivé par un projet de développement économique ou urbanistique donc non centré sur une question de la gestion de l'eau. La mise en place ou leur réorganisation de ces EPCI ont été impulsés par la loi Chevènement de 1999.

Le terme EPCI (Etablissement Public de Coopération intercommunal était déjà utilisé avant 1999, c'est la notion d'EPCI à fiscalité propre qui est nouvelle.

En 1988 les intercommunalités eau potable se répartissaient de la façon suivante :

SIVU	SIVOM	Syndicat Mixte	District urbain (1959)	Communauté Urbaine (1966)	total
3375	455	?	62	9	3901

Services d'eau en intercommunalité en 1988 (source ministère de l'intérieur dans Canneva, Pezon,20084)

Services AEP auxquels il fait ajouter les 11 800 communes qui géraient le service à l'échelle de la commune.

En 2007 la répartition entre services d'AEP intercommunaux (3772) et communes (8074) est la suivante :

⁴ CANNEVA G, PEZON C., 2008 « Des communes aux communautés, la révolution invisible des services d'eau en France », revue FLUX, n°74, décembre 2009, pp.56-67.

Organisation	Commune	CC	CA ou SAN	CU	SIVU	SIVOM.	SM	Total
Nombre de services	8074	207	85	14	2949	374	143	11846
Nombre de communes		2281	1242	358	19762	3003	2060	36780

Services d'eau en 2007 (source Canneva, Pezon, 2008)

Pour 2009 les chiffres sont les suivants :

Compétence	SIVU	SIVOM	SM fermé	SM ouvert	Total sans FP	CC à TPU	CC sans TPU	CA	CU à TPU	CU sans TPU	SAN	Total FP	Total général
Eau (Traitement, Adduction, Distribution)	2830	378	295	45	3548	91	133	83	13	3	5	328	3876

Services d'eau en en intercommunalité 3ème trimestre 2009 (source BANATIC)

Sans tenir compte de la compétence eau, Au 1er Janvier 2009 la France compte 34 164 communes regroupées dans les établissements publics de coopération intercommunale à fiscalité propre, soit 528 communes de plus qu'un an auparavant (33 636). Au cours de l'année, ce sont 225 communes isolées qui ont adhéré à des regroupements existants. Le nombre d'établissements publics de coopération intercommunale à fiscalité propre s'élève à 2 601 au 1er janvier 2009 contre 2 583 un an auparavant. Ainsi, 93,1 % des communes et 87,3 % de la population appartiennent à un des quatre types de groupements à fiscalité propre (<http://www.dgcl.interieur.gouv.fr/>).

Pour les SIVU, SIVOM, c'est la commune qui est à l'initiative du transfert de compétence, pour les EPCI à fiscalité propre, cela dépend s'il s'agit d'une compétence obligatoire, optionnelle selon le tableau ci-dessous :

EPCI	CC	CA > 50 000 hbts	CU > 500 000 hbts
Compétence Eau Potable	optionnelle	optionnelle	obligatoire

(Source guide de l'intercommunalité 2006)

L'organisation intercommunale des services d'eau a évolué de la volonté du législateur et la réforme territoriale proposé notamment dans le rapport BALLADUR en 2009 continue dans une volonté de réduire le nombre d'intercommunalités en privilégiant les EPCI à Fiscalité propre.

Les services d'eau ont également été impactés par la mise en place de l'instruction comptable M49 qui depuis 1995 oblige les services d'eau des communes de plus de 3 000 hbts ou les intercommunalités dont au moins une des communes a plus de 3 000 hbts a équilibrer le budget annexe de l'eau sans contribution du budget général des collectivités, ce qui en 2007 concerne 20% des services d'eau mais 70% de la population. En ce qui concerne les SIVU, 81% sont exemptés de l'équilibre budgétaire et pour les CC c'est la moitié.

Dans certains département la gestion du service d'eau ou l'exploitation est organisée à un échelon supra local qui va parfois jusqu'à l'échelle départementale, souvent sous forme de syndicat Mixte. Certaines structures ont d'ailleurs évolué récemment. Quelques exemples sont repris dans le tableau suivant :

Structure	Spécificités
<p>NOREADE, la régie du SIDEN-SIAN Service d'eau et d'assainissement du SIDEN-SIAN, (Syndicat Interdépartemental des Eaux du Nord de la France – Syndicat intercommunal d'assainissement du Nord) depuis le 1/1/2009</p>	<p>Syndicat mixte pour la Production et Distribution d'Eau Potable et Industrielle, Assainissement Collectif et Assainissement Non Collectif, l'Assainissement Pluvial 670 communes, syndicats intercommunaux ou EPCI du Nord, Pas-de Calais, Aisne, Somme Un seul prix de l'eau</p>
<p>SMG35 Syndicat Mixte pour la gestion du fonds départemental pour le développement de la production d'eau potable d'Ille et Vilaine</p>	<p>Toutes les collectivités 35 y compris Rennes Mise en œuvre schémas directeur départemental + étude SAFEGE renouvellement des réseaux AEP et prix de l'eau en Ille et Vilaine 2006: harmoniser le prix de l'eau réflexion au CG35 sur le renouvellement des réseaux de distribution</p>
<p>SDEA, 67 -Syndicat des eaux et de l'assainissement du Bas-Rhin, syndicat mixte, -« outil de coopération intercommunale spécialisée, créée et administrée par des élus »</p>	<p>455 communes adhérentes sur les 527 du Bas-Rhin -nouveaux membres transfert complet de la compétence eau potable et/ou assainissement au SDEA. -collectivités partiellement intégrées: le SDEA assure a minima le contrôle – l'entretien – l'exploitation des équipements publics de production – transport – distribution d'eau potable et/ou de collecte – transport – traitement des eaux usées et pluviales, évolution possible vers transfert complet de compétence</p>
<p>-SYDRO, 71 Syndicat mixte départemental pour la gestion du fonds départemental des réseaux de distribution d'eau (Saône et Loire 71)</p>	<p>437 sur 573 communes dont 7 hors 71 (73 collectivités) Subvention à 50% Statuts en cours de modification</p>

Quels exemples de « syndicats départementaux » (sources internet+interview)

II Premiers éléments de réflexion

- La gestion de la compétence eau potable à l'échelle de l'intercommunalité semble être une bonne réponse à la mise en commun de moyens financiers ou humain.

Ex : élaboration d'un programme de renouvellement permettant une solidarité territoriale, embauche de personnel qualifié, achat de matériel pour faire des campagnes de détection de fuite..., élaboration d'une politique de sectorisation du réseau.

- Qu'elle est l'échelle pertinente pour une organisation « professionnalisée » autour des problématiques de l'eau?
- Négociation collective des emprunts
- Entre les intercommunalités traditionnelles SIVU, SIVOM et les Communautés de Communes, quelle réponse pour le financement du renouvellement ? La même ? Une réponse différenciée ?
- Qu'elle place pour les communes rurales face aux communes urbaines ? Les communes rurales vont-elles financer les besoins de renouvellement du bourg centre équipé depuis plus longtemps ? La présence sur le territoire d'un bourg centre donne t'elle une plus grand dynamique au territoire ? Plus de moyens financiers, techniques ?
- Meilleure organisation de collecte et de stockage de données (fuites, casses...) sur des supports SIG Base de données et volonté de mise à jour
- Mutualisation avec d'autres services ? Pour les travaux, pour les recherches de fuites (gaz, chauffage urbain ?)
- L'intercommunalité et la gestion déléguée : évolution des structures vers la régie, maintien sur le territoire de mode de gestion différenciés...

La poursuite de la réflexion est envisagée au travers d'études des cas.

Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable
Rapport d'étape 2009
Eddy RENAUD - Marion CLAUZIER - Amir NAFI - Christophe WITTNER - Caty WEREY

Répertoire des figures et tableaux

I Figures

Figure 1 Représentation des états successifs d'une fuite.....	7
Figure 2 Facteurs d'influence du volume de fuite	8
Figure 3 Catégories de fuites et types d'actions	9
Figure 4 : Coût moyen du m ³ de fuite évité par type d'action et par campagne.....	10
Figure 5 Optima économiques de la lutte contre les fuites	10
Figure 6 Réseau fixe de télérelève SAUR	20
Figure 7 Sectorisation du syndicat de Coulounieix Razac.....	23
Figure 8 Secteurs étudiés.....	24
Figure 9 Planning télérelève.....	24
Figure 10 SIAEP Données matériau.....	25
Figure 11 SIAEP Données diamètre.....	26
Figure 12 SIAEP Données date de pose.....	26
Figure 13 S118 Données matériau.....	27
Figure 14 S118 Données Diamètre	28
Figure 15 S118 Données date de pose.....	28
Figure 16 Fuites sur conduite	29
Figure 17 Fuites sur branchement.....	30
Figure 18 Fuites sur équipement.....	30
Figure 19 Fuites sur conduites S118	31
Figure 20 Courbe de consommation de S118	32
Figure 21 Evolution journalière S118.....	36
Figure 22 Suivi des débits de nuit.....	37

Figure 23 Suivi du coefficient de débit nocturne	38
Figure 24 Taux de matériau.....	41
Figure 25 Taux de diamètre par classe	42
Figure 26 Taux de casses	43
Figure 27 Démarche de réalisation de l'étude	65
Figure 28 Présentation simplifiée d'un budget d'un service d'eau	70
Figure 29 Présentation des principaux mécanismes budgétaires pouvant contribuer à la constitution d'un autofinancement	71
Figure 30 Effet de la durée d'un emprunt sur les annuités et son coût.....	74
Figure 31 Détermination l'instant T en-deçà duquel l'autofinancement a un coût économique inférieur au recours à l'emprunt.....	74
Figure 32 Durée optimale de thésaurisation en fonction du taux de rémunération de l'épargne (un taux d'emprunt fixé à 5,5 % - inflation à 1,5 %)	75
Figure 33 Paramètres de la méthodologie.....	77
Figure 34 besoins en travaux de renouvellement dans le temps pour les deux scénarii retenus ...	77

II Tableaux

Tableau 1 Objectifs Axe 1 2009.....	14
Tableau 2 Hypothèses par organe et par type de fuite utilisées pour le calcul de l'UARL.....	16
Tableau 3 Volumes unitaires par organe et par type de fuite utilisés pour le calcul de l'UARL	17
Tableau 4 Caractéristiques du syndicat.....	22
Tableau 5 SIAEP Données piquages	27
Tableau 6 Indicateurs RPQS 2007	33
Tableau 7 Définition des débits utilisés	35
Tableau 8 Formules de calcul des débits	35
Tableau 9 Résultats calculs de la pression	46

Onema
Hall C – Le Nadar
5 square Félix Nadar
94300 Vincennes
01 45 14 36 00
www.onema.fr

Cemagref
Parc de Tourvoie
BP 44,
92163 Antony cedex
01 40 96 61 21
www.cemagref.fr