



**HAL**  
open science

## La gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement : des objectifs des services à la modélisation

Caty Werey, Michel Lample, Denys Breysse, Franck Schoefs, Elisio  
Vasconcelos, Pascal Le Gauffre

### ► To cite this version:

Caty Werey, Michel Lample, Denys Breysse, Franck Schoefs, Elisio Vasconcelos, et al.. La gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement : des objectifs des services à la modélisation. Operation and Maintenance of Sewer and Water Pipes, Pollutec, Dec 2003, Paris, France. pp.35-42. hal-02587615

**HAL Id: hal-02587615**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02587615>**

Submitted on 29 Jun 2023

**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.

## LA GESTION PATRIMONIALE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT : DES OBJECTIFS DES SERVICES A LA MODELISATION

C. WEREY<sup>1</sup>, M. LAMPLE<sup>2</sup>, D. BREYSSE<sup>3</sup>, F.SCHOEFS<sup>4</sup>, E.VASCONCELOS<sup>3,5</sup>,  
P.LE GAUFFRE<sup>6</sup>

<sup>1</sup> UMR CEMAGREF-ENGEES « Gestion des Services Publics », Strasbourg (F)  
caty.werey@cemagref.fr

<sup>2</sup> Communauté d'agglomérations Caen la mer, DEA (F)

<sup>3</sup> Université de Bordeaux 1, CDGA (F)

<sup>4</sup> Université de Nantes, IRGCM (F)

<sup>5</sup> Communauté Urbaine de Lille (F)

<sup>6</sup> INSA Lyon, URGC (F)

### Introduction

En France, les réseaux d'assainissement représentent environ 250 000 km dont la moitié ont plus de 40 ans (Le Picard, 2002). Certains réseaux posés dans les centres urbains datent de la seconde moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle, il s'agit bien souvent d'ouvrages de génie civil de gros diamètre. Les réseaux plus récents et notamment ceux posés dans des systèmes séparatifs présentent des diamètres plus faibles et passent pour la majorité d'entre eux dans la catégorie des réseaux non visitables ; c'est à dire inaccessibles aux égoutiers. Le projet national français RERAU<sup>1</sup>: « réhabilitation des réseaux d'assainissement urbains », dans son volet 5/6, s'intéresse à cette catégorie de canalisations et l'action 2 plus précisément à l'élaboration d'une aide à la gestion de ce patrimoine. La démarche de construction d'outils d'aide à la gestion patrimoniale des réseaux s'articule autour de plusieurs composantes : l'évaluation d'indicateurs de performance et la prévision de leur évolution, la détermination et l'évaluation par modélisation de stratégies de gestion pour la programmation des inspections, des interventions d'entretien et des travaux de réhabilitation. Les collectivités sont en effet confrontées au vieillissement de leurs ouvrages, au souci de maintenir et d'améliorer la qualité de service du fait de l'évolution du cadre réglementaire et de l'implication croissante des usagers dans la gestion du service. L'évaluation de l'état du patrimoine réseau est d'autant plus difficile qu'il s'agit d'un patrimoine enterré et que, selon les endroits, la notion de détérioration pourra se traduire par des dysfonctionnements ou des impacts différents. Dans cet article nous nous intéressons aux stratégies de gestion, pour montrer quels sont les objectifs des collectivités et comment ils peuvent être pris en compte dans un outil de simulation. La présentation des indicateurs fait l'objet d'une seconde communication (Le Gauffre, Joannis & al, 2003).

---

<sup>1</sup> Un projet national est une procédure de recherche-expérimentation, qui réunit autour d'un sujet de recherche des partenaires divers et développe les synergies entre eux. L'Etat français offre une part de crédits incitatifs (autour de 20% du montant du programme). RERAU est un des projets nationaux mis sur pied par les ministères chargés de l'Équipement et de la Recherche et la Profession dans le domaine de la réhabilitation des réseaux d'assainissement. Ses principaux objectifs sont : améliorer la qualité des diagnostics d'état des ouvrages, bien cerner le champ d'utilisation et les conditions de mise en oeuvre des procédés et aider à leur promotion.

## 1. Préoccupations et stratégies actuelles dans les services

La prise en compte des attentes et des pratiques des services s'est faite par la participation aux groupes de travail de gestionnaires de réseaux et par la réalisation d'une enquête sous forme de questionnaire auprès de collectivités urbaines. Nous avons exploité les réponses fournies par 20 collectivités (dont Bordeaux, Caen, Lille, Lyon, Marseille, Nancy, Nantes, Rouen, Strasbourg...), rassemblant entre 3 et 4 millions d'habitants et représentant 8 240 km de réseau.

Le questionnaire comportait une cinquantaine de questions regroupées en plusieurs rubriques :

- la connaissance du réseau (non visitable), regroupant d'une part des questions sur le réseau de la collectivité et d'autre part des questions sur le mode de stockage et la qualité des données caractérisant la conduite, son environnement, son historique, son état basé sur les résultats des inspections télévisées, ITV, et l'exploitation du réseau, enfin des questions sur les indicateurs directs ou indirects utilisés pour apprécier cet état,
- les procédures de décision pour : lancer une ITV, lancer une action de surveillance, lancer une opération de curage, programmer des travaux planifiés, effectuer des travaux en urgence,
- les échelles de décision et l'évaluation techniques des interventions,
- la programmation des différentes actions (ITV, surveillance, curage, travaux de renouvellement ou de réhabilitation),
- les attentes des gestionnaires concernant un outil formalisé d'aide à la décision.

Les réponses fournies ont été synthétisées, regroupées et classées par ordre de fréquence, à savoir réponse fréquente, réponse courante, réponse rare. L'enquête confirme qu'il n'existe pas vraiment de pratique de gestion patrimoniale globale bien établie. Outre le vocabulaire employé par les différents gestionnaires, les modes d'appréciation d'état, de décision et d'évaluation des interventions sont disparates. Quelques résultats de l'exploitation synthétique de cette enquête illustrent ces propos en termes d'évaluation d'état du réseau, de procédures de décision, d'échelles de décision et de programmation des actions (Breysse, Le Gauffre & al., 2001).

Les données chiffrées sur les pourcentages du linéaire de réseau faisant annuellement l'objet de réhabilitation, inspection télévisée et curage d'entretien sont en moyenne, respectivement, de 0.5 %, 2.7 % et 18.1 %.

Deux indicateurs sont cités par les gestionnaires de réseaux pour apprécier l'état à l'échelle du tronçon : le dysfonctionnement hydraulique et la densité de défauts vus par inspection ITV. Ces indicateurs ne sont toutefois pas formellement construits. Les données et informations utiles sont issues d'inspections, de rapports d'intervention, des SIG, d'archives et de plaintes. A l'échelle du réseau, les débits à la station d'épuration et les eaux parasites sont les indicateurs de dysfonctionnement les plus couramment cités. L'échelle intermédiaire du bassin versant semble être une échelle de travail intéressante pour les gestionnaires.

Plusieurs critères apparaissent en fonction du contexte dans lequel l'inspection doit être menée. En situation courante, outre la réception de travaux neufs, les dysfonctionnements amènent à lancer une ITV ou à estimer sa priorité, alors que dans le cadre d'un programme

organisé d'ITV, ce sont les études diagnostics qui servent principalement de critère de sélection et de hiérarchisation. Des procédures d'inspections sont également lancées lors de travaux de proximité : travaux de voirie, chantiers, tramway... ou dans des situations particulières telles que des recherches spécifiques (d'eaux parasites, de branchements, de tracé, d'intégrité de réseau ...). L'inspection systématique dans l'idée de couvrir tout le réseau est amorcée dans certains services.

Des critères traduisant l'état du réseau (dysfonctionnement, état structurel, eaux parasites, âge) amènent les gestionnaires à programmer des travaux sur le réseau ou à juger de leur priorité lors de travaux de proximité. Des travaux peuvent également être conduits sur le réseau suite à : (a) une ITV, selon la nature et l'intensité des désordres structurels relevés, (b) des dysfonctionnements hydrauliques répétés, (c) une étude diagnostic. Les travaux d'urgence répondent à des critères techniques : dysfonctionnements, désordres structurels graves, effondrements de chaussée, nuisances à l'usager, à l'environnement...

Ce travail d'enquête met en évidence l'absence de pratique formalisée de gestion patrimoniale : s'il existe des procédures de décision, des plans de programmation des actions, les critères conduisant à ces prises de décisions ou à l'élaboration de programmes ne sont jamais clairement définis ou formalisés. Rares sont les collectivités interrogées qui mentionnent un quelconque horizon de planification. Les pratiques actuelles révèlent aussi de nombreux comportements spécifiques, liés à la particularité de leur patrimoine, aux traditions de gestion ... et surtout au manque de données, d'informations qui permettraient effectivement de formaliser le problème.

## 2. Evaluation du patrimoine

Dans toute approche patrimoniale, se pose la question de l'évaluation des coûts :

- coûts des interventions : inspection, curage, renouvellement ; réhabilitation,
- coûts sociaux permettant de prendre en compte l'effet des impacts sur le milieu, sur les usagers ou les riverains,
- coûts liés à la mise en place et à la gestion d'une base de donnée permettant d'utiliser un outil formalisé d'aide à la décision.

D'autre part se pose la question de l'évaluation de la valeur du patrimoine et de sa durée de vie. Pour les réseaux d'assainissement, l'instruction comptable M49 relative aux services publics locaux de distribution d'eau et d'assainissement impose la pratique de l'amortissement comptable pour tous les services (depuis 1991 pour les grandes collectivités).

Dans la pratique, les notions d'amortissement, de valeur patrimoniale, de durée de vie ont des significations quelque peu différentes selon les acteurs du service.

La vision du service financier s'articule autour des notions d'amortissement comptable et de durées définies par le cadre réglementaire : l'amortissement est une constatation comptable se définissant comme la valeur de la dépréciation subie par le capital réel immobilisé au cours du temps et du fait de l'activité de production (Alexandre, 1993). La durée d'amortissement comptable préconisée par l'instruction est de 50 à 60 ans pour les réseaux d'assainissement. La valeur prise en compte est un « coût historique », c'est à dire celui de la date de réalisation

des travaux. L'amortissement généralement pratiqué est l'amortissement linéaire : rapport de la valeur sur la durée de vie. La valeur patrimoniale ainsi calculée est donc la valeur à neuf de départ diminuée des valeurs d'amortissement annuel successives.

Pour les acteurs de terrain, la valeur du réseau sera plus attachée au côté fonctionnel : certes l'âge peut entraîner la dégradation du réseau, mais ce qui importe surtout c'est qu'il assume sa fonction : transporter les effluents sans entraîner des dommages sur les personnes en termes de sécurité et de santé publique, ni sur le milieu environnant. De même, la durée de vie sera plus une durée de service, variable en fonction de l'effluent et de l'environnement de la conduite. Les valeurs de 50 ou 60 ans peuvent également surprendre quand on les rapproche du taux de réhabilitation moyen actuel constaté dans l'enquête : 0,5%, c'est à dire correspondant à une durée de vie supposée de 200 ans. Ce taux est néanmoins à relativiser compte tenu de l'âge moyen des réseaux existants et est appelé très certainement à augmenter de manière conséquente dans les années à venir.

### 3. Comment passer à la modélisation ?

L'objectif fixé par le projet national RERAU 5/6, pour son action 2 : méthodologies de gestion du patrimoine est de « développer une politique globale de maintenance préventive, permettant la programmation rationnelle des inspections et des travaux de réhabilitation des canalisations non visitables ».

Partant du constat que dans la pratique actuelle, le processus de décision n'est pas réellement formalisé, il a été décidé de construire un simulateur de gestion, permettant d'une part de modéliser les objets décrivant le système d'assainissement, de simuler leur évolution dans le temps et de modéliser les actions extérieures : décisions du gestionnaire du service, événements issus de l'environnement ou des acteurs extérieurs (voirie, usagers...).

Cette démarche s'articule autour des éléments suivants :

- des indicateurs (de dysfonctionnement, d'impact, de performance) évalués en particulier à partir des inspections télévisées, ITV, et dans le cadre des récentes normes européennes (EN 752, EN 13508,...) ou nationales (P15 900). Ces indicateurs seront utilisés pour définir et hiérarchiser les besoins en investigation et en réhabilitation. (Cette partie ne sera pas développée dans la présente communication, se reporter à (Le Gauffre, Joannis & al., 2003)),
- un ensemble de concepts et de modèles permettant d'exploiter les indicateurs de performance dans le cadre d'une analyse économique du patrimoine . Nous développerons les principaux modèles utilisés : d'une part, la notion de tableau de bord permettant au gestionnaire de connaître l'état de fonctionnement du réseau et d'en suivre l'évolution selon les stratégies d'inspection, de maintenance ou de réhabilitation qu'il choisit et d'autre part, la notion de valeur fonctionnelle et qui enrichit la valeur patrimoniale au sens strict du terme,
- Un outil informatique pour la simulation et l'évaluation de stratégies de gestion. Dans l'attente du moment où les collectivités disposeront des données nécessaires à la simulation, nous avons mis en place un prototype de simulateur (démonstrateur) qui génère un jeu de données (« réseau virtuel ») et effectue sur ce réseau virtuel des opérations et analyses identiques à celles faites dans la pratique (Vasconcelos, Breyse, Demulliez, 2003)

#### 4. Tableau de bord et profils de performance

Le tableau de bord doit permettre au gestionnaire d'avoir un état des lieux de son patrimoine réseau. Il s'appuie sur la notion d'indicateur de performance : définie comme une donnée quantifiée qui mesure l'efficacité de tout ou partie d'un processus ou d'un système (réel ou simulé) par rapport à une norme, un plan ou un objectif déterminé et accepté dans le cadre d'une stratégie d'entreprise (Bonnefous, 2000).

Les indicateurs de performance (IP) sont définis à partir des dysfonctionnements et des impacts, ces derniers étant la conséquence d'un dysfonctionnement associé à une vulnérabilité de l'environnement. La contribution de chaque désordre est quantifiée sur une échelle de 1 à 4.

L'ensemble des dysfonctionnements et impacts pris en compte est présenté dans le tableau suivant :

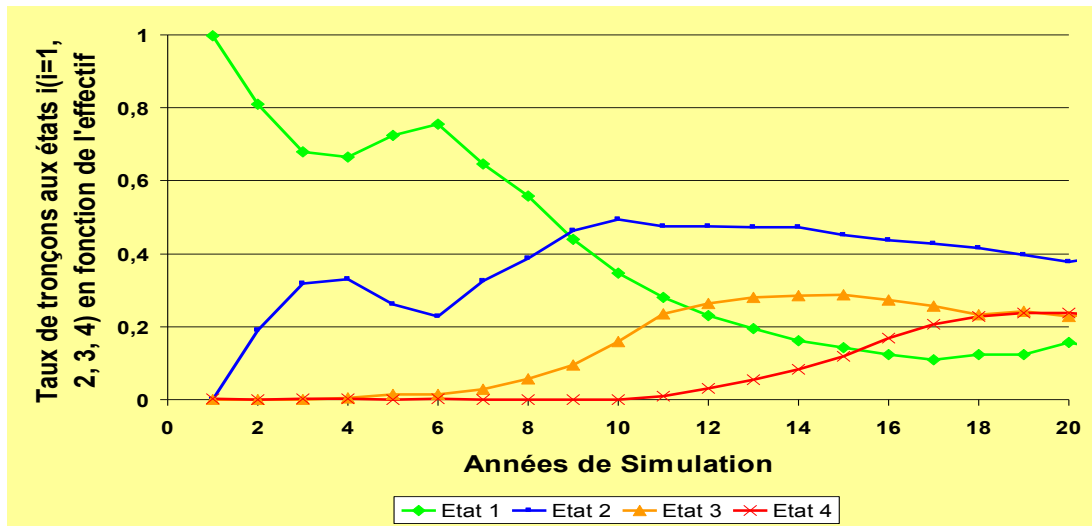
Dysfonctionnements considérés :	Impacts considérés :
INF : Infiltration	I1 – Pollution des eaux de surface
EXF : Exfiltration	a - par réduction de l'efficacité de la Station
HYD : Hydraulique	b - par Surverses Aménagées
DEB : Débordement	c - par Débordement
DEV : Déversements	I2 - Pollution du sol et de la nappe
ENS : Ensablement	I3 - Dommages et perturbations
BOU : Bouchage	a - infiltrations en caves
DSC : Dégradation du complexe sol-conduite	b - inondations
COR : Dégradation de la conduite par corrosion	c - odeurs
RAC : Dégradation de la conduite par pénétration de racines	d - perturbation. du trafic
ABR : Dégradation de la conduite par abrasion / érosion	e - dommages au bâti
EFF : Altération de l'intégrité structurale	I4 - Diminution des aides financières
- Effondrement	I5 - Coûts d'exploitation
	a - Coût de curage
	b - Coût des interventions correctives
	c - Coût énergie et réactifs en station
	I6 - Coûts liés à une réduction anormale ...
	a - ... de la durée de vie des équipements
	b - ... de la durée de vie des conduites
	I7 - Risques pour le personnel
	I8 - Risques pour les personnes et les biens

Tableau 1 : dysfonctionnements et impacts pris en compte dans le système d'indicateurs

L'ensemble des valeurs prises par les Indicateurs de Performance (IP) pour chaque dysfonctionnement permettent de définir un profil multi-critère de performance à l'échelle du tronçon ou d'une partie du réseau. C'est une représentation à un instant donné de l'état du ou des tronçon(s) (Le Gauffre, Joannis & al., 2003).

On peut également s'intéresser à un dysfonctionnement particulier et étudier l'évolution de son indice de performance dans le temps suite à une intervention : le graphique suivant montre

l'effet d'une stratégie de curage systématique sur un réseau présentant des tronçons dans les 4 états de gravité pour le dysfonctionnement BOUCHAGE :



Graphique 1 : Evolution de l'état d'un parc de conduite pour  
Défaut = Bouchage et intervention = curage systématique

Les notions d'indice et de profil de performance permettent donc soit de donner une image à un instant donné d'un tronçon selon plusieurs indicateurs soit d'étudier l'évolution dans le temps d'un indicateur particulier.

##### 5. Evaluation de la valeur du réseau au travers de la notion de valeur fonctionnelle

L'évaluation de la valeur du réseau a été abordée dans l'idée de tenir compte de la fonction de la conduite plus que sa valeur patrimoniale stricte, ce qui nous a conduit plus à nous rapprocher des notions de valeur résiduelle ou valeur économique définie comme le produit entre la valeur de remplacement réelle, et non historique, et la fraction de la durée de vie pendant laquelle l'équipement devrait rester fonctionnel dans le service (Grand d'Esnon & al., 2000), ou que la notion de « profil âge efficacité » défini comme la mesure en fonction du temps des services fournis par un équipement (OCDE, 2001)

La démarche s'appuie sur les indices de performance définis précédemment avec ici la problématique de formaliser un système multi-indicateurs ayant pour chacun une évolution propre dans le temps. Dans cette partie, menée parallèlement à la précédente, la démarche est plus d'ordre prospectif.

Si l'on dispose d'une méthode d'agrégation des Indicateurs de performance (IP) donnés par les profils de performance présentés ci-dessus et du coût investi pour la construction de l'ouvrage, on peut construire une représentation monétaire du tronçon ou du réseau à un instant donné.

L'exemple suivant propose une méthode d'agrégation partielle (Roy & al, 1993) faisant appel à l'avis du gestionnaire, selon ses priorités, par la définition de poids  $w_i$  sur chaque nature de dysfonctionnement. Cette méthode est utilisée à titre indicatif et ne sera probablement pas la technique retenue dans la version définitive du module d'aide à la décision multicritère de l'outil développé pour les collectivités. Le tableau 2 présente le profil de performance d'un ouvrage en indiquant les valeurs des IP représentant des dysfonctionnements. Les valeurs numériques normées VN (DYSF<sub>i</sub>) de IP, comprises entre 0 et 1, correspondent à la fraction de durée de service consommée par le dysfonctionnement. Chaque composante du profil de performance, c'est à dire chaque (IP) est traduit sous forme d'une valeur monétaire, appelé valeur fonctionnelle VF(t).

Impact Dysfonctionnement	Valeur de		
	L'indicateur VN(DYSF)	Poids $w_i$	$w_i \cdot VN(DYSF)$
Infiltration	0,30	4	1,20
Bouchage	0,63	1	0,63
Racines	0,54	1	0,54
Ecoulement Ralenti	0,56	0	0,00
Mise en Charge	0,10	0	0,00
Exfiltration	0,91	2	1,82
Complexe Sol Conduite	0,88	1	0,88
Ensablement	0,88	0	0,00
Présence H2S	0,85	0	0,00
Corrosion	0,46	0	0,00
Effondrement	0,24	4	0,96

Tableau 2: Profil de Performance et poids  $w_i$

Cette méthode permet de définir une valeur fonctionnelle VF(t) connaissant le coût initial de la construction  $VF_0$  en utilisant la moyenne pondérée des valeurs numériques selon l'équation suivante :

$$VF(t) = VF_0 * \left[ 1 - \frac{\sum_i w_i * VN(DYSF_i)}{\sum_i w_i} \right] \quad [\text{Eq. 1}]$$

Dans le cadre du prototype, on a procédé à des simulations pour comparer les différentes stratégies de gestion. Pour les simulations, l'évolution de VF(t) est reproduite par une fonction [Eq. 2] capable de décrire différents comportements d'évolution à partir de la valeur initiale  $VF_0$  (coût de la construction de l'ouvrage). VF(t) est définie en fonction du temps t et de la durée de service  $dds$  attendue de l'ouvrage :

$$VF(t) = VF_0 * \left[ 1 - \left( \frac{t}{dds} \right)^\alpha \right], \alpha > 0 \quad [\text{Eq. 2}]$$



La vitesse d'évolution de  $VF(t)$  est régie par le paramètre  $\alpha$  :

- $\alpha = 1$ , évolution décroissante linéaire ;
- $\alpha > 1$ , évolution décroissante lente en début de durée de service ;
- $\alpha < 1$ , évolution décroissante rapide dès la pose de la conduite.

Le tronçon doit répondre à des exigences de performances pour délivrer un service acceptable aux abonnés. Pour intégrer cette contrainte, on applique sur l'évolution de  $VF(t)$  deux seuils, un seuil d'état limite de service ( $S_1$ ) et un seuil d'état limite ultime ( $S_2$ ), sous lesquels la valeur monétaire du tronçon ou du réseau est pénalisée par une forte diminution, proportionnelle à deux coefficients de pénalisation  $m_1$  (sous  $S_1$ ) et  $m_2$  (sous  $S_2$ ). Cette pénalisation a pour effet de rendre « inacceptable » la non performance : elle diminue la durée de service (effective) d'un ouvrage en faisant payer au gestionnaire le mauvais fonctionnement de son réseau (la pénalisation est comparable à l'effet d'une amende, p.ex. - pour augmentation sensible du risque de pollution).

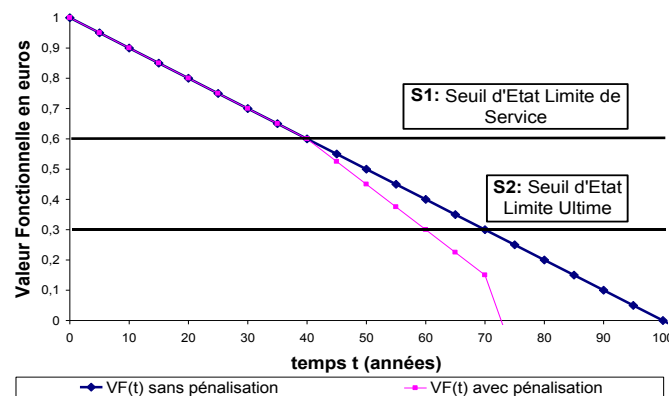


Figure 2: Evolution imposée à  $VF(t)$  pour une simulation de type  $\alpha=1$ ,  $VF_0=1$  et durée de service de 100 ans estimée par le gestionnaire

Sous le seuil d'état limite de service, la pénalisation (avec  $m_1 = 0.5$ ) soustrait à  $VF$  la moitié de la différence entre la valeur fonctionnelle à l'année  $t$  et le seuil  $S_1$  : plus le gestionnaire attend pour remettre l'ouvrage à un niveau de performance acceptable, plus le tronçon perd de la valeur monétaire. Sous le seuil d'état limite ultime, la valeur fonctionnelle de l'ouvrage devient rapidement nulle (Figure 2). Les seuils  $S_1$  et  $S_2$  sont définis en fonction des exigences (normatives, réglementaires, liées aux contraintes locales...) de performance. La durée de service attendue avec pénalisation s'exprime simplement en fonction de  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $m_1$  et  $m_2$  :

$$dd_{service} = \frac{1 + m_1(1 - S_1) + m_2(1 - S_2)}{1 + m_1 + m_2} \quad [\text{Eq. 3}]$$

Afin de quantifier l'efficacité des actions envisagées sur un horizon de planification fixé  $t$ , on introduit un indicateur de performance moyen  $I(t)$  homogène à une grandeur monétaire, mais intégrant l'efficacité (en termes de fonctions à satisfaire) des coûts engagés. La grandeur  $I(t)$

est donc reliée au rendement de l'investissement ( $VF_0$ ) en termes de performance sur une durée donnée (échéance  $t$ ). Cette grandeur permettra de comparer différentes stratégies pour savoir quand il est le plus « efficace » (rentable) d'intervenir. Il met en rapport la valeur du patrimoine et les sommes dépensées pour son entretien qui permettent alors de rehausser cette valeur de manière plus ou moins pérenne (durabilité de la réparation, vieillissement...).

$$I(t) = \frac{\overline{VF(t)}}{\sum_0^t C(t)} * t \quad [\text{Eq. 4}]$$

Avec  $t$  le temps en années,  $\overline{VF(t)}$  la moyenne de la Valeur Fonctionnelle sur  $[0,t]$  et  $C(t)$  le coût (investissements + réparations) sur  $[0,t]$ . Rechercher la valeur maximale de  $I(t)$  pour différentes stratégies revient à maximiser le rendement moyen sur la période considérée (rapport entre la performance moyenne, éventuellement pénalisée si les objectifs de performance ne sont pas satisfaits à certains moments, et la somme des coûts engagés en construction et maintenance).

Dans la suite, on supposera que toute réparation ramène la valeur fonctionnelle à son niveau initial  $VF_0$  avec un vieillissement identique ce qui suppose une efficacité parfaite au moment de la réparation. La durabilité de la réparation selon une technique particulière peut être intégrée au niveau du coefficient  $\alpha_r$  de la loi de  $C(t)$  supposée être du type :

$$C(t) = VF_0 * \left(\frac{t}{dds}\right)^{\alpha_r} \quad [\text{Eq. 5}]$$

L'évolution de l'indice  $I(t)$  intègre l'effet des pénalisations proposées plus haut. Un indice  $I(t)$  positif indique que la performance moyenne est satisfaisante. Une intervention IMR est donc concevable et intéressante dans cette période d'étude (elle permet de faire remonter le niveau de performance (numérateur) mais aussi le coût (dénominateur)). Un passage temporaire en négatif de  $VF(t)$  (non respect d'une fonction) est possible et intégré dans la moyenne qui s'en trouve fortement diminuée. L'analyse de la variation temporelle de l'indice nécessite de définir une échéance T, durée sur laquelle on comparera les différentes options d'IMR, par exemple vieillissement naturel (aucune action) ou interventions programmées.

Etudions l'influence d'une intervention IMR sur l'évolution de l'indice  $I(t)$ , en se plaçant à différentes échéances  $T$  (c'est-à-dire en pratique en visant une rentabilité à plus ou moins long terme). A l'instant de l'intervention  $t_r$ , le coût investi diminue l'indice moyen de performance puisqu'on dépense une somme pour revaloriser la valeur fonctionnelle de l'ouvrage. Cette dépense n'est « amortie » que progressivement, par l'augmentation de  $\overline{VF(t)}$  qui va suivre.

Pour une échéance fixée  $T$ , une intervention est considérée comme rentable si la différence entre l'indice moyen de performance  $I(t = T, t_r)$  après l'intervention à  $t_{IMR}$  et l'indice moyen de performance  $I_0(t = T)$  sans réhabilitation est positive. On peut ainsi déterminer l'intervalle de temps favorable pour une intervention. L'enveloppe supérieure des courbes de la figure 3

correspond, pour chaque  $t$  à la valeur maximale que peut prendre  $I(t, t_r)$  en ayant choisi la période optimale d'intervention. L'écart à  $I_0(t)$  révèle le bénéfice potentiel de l'intervention. Si le gestionnaire fixe une échéance  $T$ , il peut déduire l'instant  $t_{IMR}$  optimal à partir de la courbe  $I(t = T, t_r)$  qui tangente l'enveloppe à  $T$ .

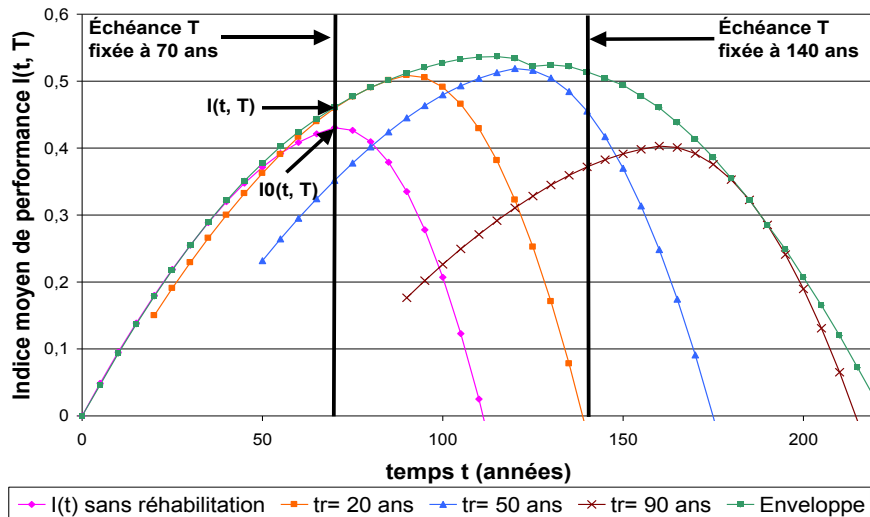


Figure 3 : Evolution de  $I(t_r, T)$  avec pénalisation

Des simulations sur plusieurs hypothèses d'intervention ont été menées en application de cette démarche, notamment la réhabilitation à une date optimale, le cas de réparations périodiques (Vasconcelos, Breysse, Schoefs, 2003).

Cette démarche est pour l'instant calée sur des hypothèses de simulation, l'évaluation des différents paramètres tels que les poids  $w_i$ , les pénalités  $m_1$  et  $m_2$  et les seuils  $S_1$  et  $S_2$  devra être affinée pour prendre en compte au mieux les objectifs du gestionnaire.

### Mise en perspective – conclusion

Le travail réalisé dans le cadre du projet national RERAU 5/6 s'est accompli sans pouvoir réellement s'appuyer sur une base de données d'étude, regroupant les informations disponibles dans les services. Une base réelle composée de 2000 tronçons a été élaborée en cours d'étude pour alimenter le simulateur de gestion. La notion de gestion patrimoniale est très fortement liée à la quantité et à la qualité de l'information disponible et donc passe inévitablement par une phase d'inventaire du réseau. L'utilisation d'outils de modélisation nécessite le stockage et la mise à jour de ces informations sous forme de base de données couplé avec un Système d'Information Géographique. L'exploitation des inspections vidéo nécessite également leur codification dans le cadre des nouvelles normes européennes. La mise en place de ces dispositifs permettra de tester et d'améliorer les outils élaborés dans le cadre du programme national RERAU. Cette notion d'inventaire exhaustif est de plus en plus mise en place dans les services des grandes collectivités et commencent également les premières actions d'inventaires départementaux. C'est le cas dans le Bas-Rhin, à la suite de la

démarche initiée à un niveau national par l'Association des Départements de France pour les réseaux d'eau potable (Werey, Janel & al., 2002).

### Bibliographie

O. ALEXANDRE : Le financement du renouvellement des réseaux d'adduction d'eau potable, Documentation technique FNDAE n°15, 1193, 40p.

C. BONNEFOUS, A. COURTOIS : Indicateurs de performance, 1993, Hermès Sciences, Publication, Paris, 281p.

D. BREYSSE, P. LE GAUFFRE, C. WEREY, M. LAMPLE, K. LAFFRECHINE : Modélisation des pratiques de gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement non visitables, COSS'2001, EUDIL, 2 au 4 Mai 2001, 7p.

P. LE GAUFFRE, C. JOANNIS, C. GIBELLO, D. BREYSE, J.-J. DESMULLIEZ, E. VASCONCELOS : Indicateurs de performance et aide à la décision pour l'inspection et la réhabilitation des réseaux d'assainissement, dans cette même conférence, 2003, 12 p.

A. GRAND D'ESNON, M. GALAUP, L. GUERIN-SCHNEIDER, E. WEBER, V. ROYERE, O. ALEXANDRE : Diagnostic technico-économique des services d'eau et d'assainissement, Ingénieries Eau, Environnement, 2000, n° spécial assainissement - traitement des eaux, pp.53-57.

F. LE PICARD : La situation de l'assainissement des collectivités françaises, colloque cercle français de l'eau « Evaluer de notre politique de l'eau à l'aube des VIIIèmes programmes », Paris, 10 octobre 2002, 7 p.

OCDE : La mesure du capital, Les éditions de l'OCDE, série statistiques, 2001, 139 p.

B. ROY, D. BOUYSSOU : Aide multicritère à la décision, 2003, Economica, Paris, 695p.

E. VASCONCELOS, D. BREYSSE, F. SCHOEFS : Evolution des performances et stratégie optimale de renouvellement des conduites d'assainissement non visitables, actes des XXI rencontres de l'AUGC, La Rochelle, 2 et 3 juin 2003, pp.151-158.

E. VASCONCELOS, D. BREYSSE, J.J. DEMULLIEZ, B. CHOLIN : outils de simulation pour l'aide aux gestionnaires des réseaux d'assainissement, AFGC, Paris, 26 et 27 mai 2003.

C. WEREY, J.-L. JANEL, G. GANDON, I. MELLAC-BECK, JP VILLETTE : Water pipes inventory at a county level : the case of Bas-Rhin, proceedings of 3<sup>rd</sup> international conference on Decision Making and Civil Engineering (DminU&CE), 2002, London, pp. 578-584.