

Analyse comparative de stratégies techniques et financières pour la réhabilitation de réseaux d'assainissement

Intérêt d'un outil de gestion patrimoniale intégrée pour maîtriser l'évolution du prix de l'eau

■ A. MARLANGEON¹, C. WEREY², M. TSANGA-TABI², X. HUMBEL¹

Mots-clés : gestion patrimoniale intégrée, prospective, réhabilitation, réseau d'assainissement, outil d'aide à la décision, analyse financière

Keywords: rehabilitation programs, sewer network, decision support tool, financial analysis

Introduction

Face au renforcement des objectifs de protection des milieux aquatiques et au constat de vieillissement des ouvrages, la gestion durable du patrimoine des services d'eau et d'assainissement est devenue une préoccupation majeure des pouvoirs publics. Elle apparaît ainsi comme un des thèmes d'actions clés du 10^e programme des agences de l'eau.

En effet, à l'échelle nationale, le taux de « renouvellement » moyen des réseaux d'assainissement, sur les 5 dernières années, est estimé à 0,71 % selon le rapport 2012 de l'Onema sur la gestion des services [SALVETTI et WITTNER, 2012]. Malgré l'hétérogénéité des situations des services et l'incomplétude de la base de données³, les analystes s'accordent pour dire que ce taux est faible. Ce rapport souligne également le défaut de connaissance par les collectivités locales de ce patrimoine enterré.

Sur le plan économique par ailleurs, une étude menée en 2011 par l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse sur les pratiques d'amortissement du patrimoine d'assainissement révèle qu'environ 10 % seule-

ment des collectivités du bassin pratiquent un amortissement correct permettant d'anticiper les réhabilitations [BAGUET *et al.*, 2012]. Dans le contexte actuel de tension sur le prix de l'eau, il apparaît que les provisions pour « renouvellement » constituées par les services sont encore très insuffisantes pour assurer le maintien pérenne de ce patrimoine enterré.

Une gestion durable de ce patrimoine suppose d'adopter une démarche prospective à la fois sur le plan technique, pour cibler les canalisations les plus à risques, et sur le plan économique pour anticiper l'effet dans le temps des interventions techniques sur le prix de l'eau⁴ en matière d'investissement et d'exploitation.

Les outils d'aide à la décision qui existent pour mettre en œuvre une telle approche prospective reposent, pour la plupart, sur l'analyse multicritère d'indicateurs de performance et de facteurs de risques liés aux caractéristiques physiques des canalisations et aux conditions d'environnement. Ils permettent une hiérarchisation des canalisations considérées comme les plus à risques pour le maintien de la qualité du service. Ces outils sont encore d'un accès difficile pour les collectivités [GUYARD, 2011], car ils nécessitent l'acquisition et l'analyse d'une série de données techniques sur le patrimoine ainsi que l'appropriation de la démarche mise en œuvre. De plus, la dimension économique et surtout financière est peu présente dans ces outils de programmation des opéra-

¹ IRH Ingénieur Conseil - 427, rue Antoine-de-Lavoisier - 54710 Ludres.

² Irstea, UMR Geste (gestion territoriale de l'eau et de l'environnement) - 1, quai Koch - BP 61039 - 67070 Strasbourg cedex.

³ Sur 17 228 services, d'assainissement collectif, 4 281 ont répondu (25 % des services), ce qui représente 33,9 millions d'habitants, soit 59 % de la population française. Ce sont essentiellement les services de grande taille (> 10 000 habitants) qui ont fourni leurs données.

⁴ Par prix de l'eau, on entend prix de la part assainissement.

Définition des notions de réhabilitation et de gestion patrimoniale intégrée

Nous faisons le lien avec la terminologie préconisée par la norme NF EN 752-5 [1997] qui définit la réhabilitation comme comprenant « toutes mesures entreprises pour restaurer ou améliorer les performances d'un réseau d'assainissement existant » : la réparation, la rénovation (sans tranchée) et le remplacement. Cependant, il nous semble important de considérer, d'une part, la réhabilitation (rénovation, remplacement) et, d'autre part, la réparation pour prendre en compte les spécificités investissement/fonctionnement.

La notion de « gestion patrimoniale intégrée » utilisée ici se fonde sur la définition donnée par l'US Environmental Protection Agency (2003) : « La gestion du patrimoine est un processus de planification qui assure la meilleure valeur des immobilisations et permet de dégager les ressources financières pour leur réhabilitation et leur remplacement quand c'est nécessaire. La gestion du patrimoine intègre le développement d'un plan de réduction des coûts en augmentant la performance et la fiabilité des immobilisations. Une gestion du patrimoine efficace dépend du niveau d'information disponible sur le patrimoine et la communication en continu avec les usagers pour anticiper les besoins futurs. » Cette définition va au-delà du contenu donné par la norme NF P 15-900-2 [2001] et prend en compte les trois dimensions technique, économique et financière de la gestion des infrastructures.

tions de réhabilitation du patrimoine [WEREY *et al.*, 2013] (voir définition dans l'encadré).

Cet article présente les premiers résultats d'une démarche de gestion patrimoniale intégrée d'un réseau d'assainissement menée à partir d'un outil dédié « Phare-Eco ».

La notion de « gestion patrimoniale intégrée » utilisée ici se fonde sur la définition donnée par l'US Environmental Protection Agency (2003) : « La gestion du patrimoine est un processus de planification qui assure la meilleure valeur des immobilisations et permet de dégager les ressources financières pour leur réhabilitation et leur remplacement quand c'est nécessaire. La gestion du patrimoine intègre le développement d'un plan de réduction des coûts en augmentant la performance et la fiabilité des immobilisations. Une gestion du patrimoine efficace dépend du niveau d'information disponible sur le patrimoine et la communication en continu avec les usagers pour anticiper les besoins futurs. » Cette définition va au-delà du contenu donné par la norme NF P 15-900-2

[2001] et prend en compte les trois dimensions technique, économique et financière de la gestion des infrastructures.

1. Un outil de gestion patrimoniale intégrée des réseaux d'assainissement : Phare-Eco

1.1. De Phare à Phare-Eco

L'outil Phare (pour : « Programme Hiérarchisé d'Aménagement des Réseaux ») [GUEZENNEC *et al.*, 2008] est un outil d'aide à la décision pour la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement. Le logiciel a été élaboré par IRH en 2006 sur la base des concepts méthodologiques développés dans le cadre du programme national Rerau [LE GAUFFRE *et al.*, 2004] destiné aux réseaux non visitables. Il repose sur l'évaluation d'indicateurs de dysfonctionnement structurels et fonctionnels des tronçons qui constituent le réseau d'assainissement. Ces indicateurs, croisés avec des facteurs de vulnérabilité liés à la sensibilité du milieu naturel et de l'environnement urbain, permettent de définir des critères d'impacts qui entrent dans la construction des critères de décision. Ces derniers conduisent à une hiérarchisation des canalisations prioritaires en matière d'investigation (inspections télévisées : ITV) ou de réhabilitation.

À partir de ces éléments techniques, le service va pouvoir établir un programme pluriannuel chiffré de travaux et définir les modalités de son financement. En fonction de sa situation financière et des opportunités qui se présentent (subventions, autofinancement, emprunt), plusieurs solutions peuvent être envisagées. L'optimalité d'une telle décision, qui engage le long terme, suppose de pouvoir estimer l'impact financier des scénarios d'intervention envisagés sur le plan technique, sur l'évolution du prix de l'assainissement [BURTIN *et al.*, 2011].

C'est dans cette optique qu'un nouveau module financier, appelé Phare-Eco, a été développé. Il se situe en prolongement de l'outil Phare Assainissement et entend prendre en compte les trois dimensions techniques, économiques et financières.

1.2. Hypothèses et méthodologie utilisées dans Phare-Eco

Pour fonctionner, le module de prospective économique et financière Phare-Eco suppose de disposer

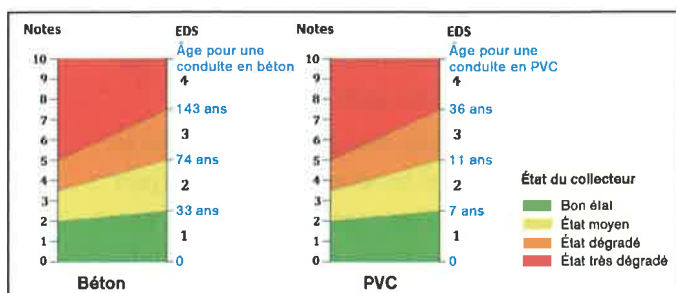


Figure 1. Équivalence note, indicateur état de santé (EDS) et âge de la conduite (béton et PVC)

de l'évaluation de l'état du réseau à partir de Phare, des données de coûts de réhabilitation et d'exploitation en lien avec la situation budgétaire initiale de la collectivité locale.

1.2.1. Projection de l'état du réseau à partir de Phare

Phare intègre un indicateur nommé EDS (pour : état de santé), basé sur un modèle de vieillissement des conduites [LE GAUFFRE *et al.*, 2004]. Cet indicateur, théorique, sert en premier lieu à estimer le niveau de dégradation de tronçons pour lesquels aucune observation n'est disponible. L'âge et le matériau sont les principales données utilisées.

L'indicateur EDS est ici également appliqué à des tronçons inspectés, afin de pouvoir prévoir leur degré de dégradation dans les années à venir.

Les inspections télévisées (ITV) permettent d'évaluer la situation de départ du réseau. Phare intègre directement les ITV établies suivant la norme NF 13508-2 et affecte à chaque collecteur une note sur 10 traduisant son état [LE GAUFFRE *et al.*, 2004]. En fonction de cette note, l'indicateur EDS est ajusté pour refléter l'état du collecteur au moment de l'inspection (voir les exemples sur la figure 1). Le rythme de transition d'état est alors appliqué au tronçon pour estimer son évolution future.

La figure 1 montre deux exemples d'attribution des valeurs d'EDS en fonction de la note attribuée par l'outil Phare et de l'âge des conduites. Les différents seuils ont été définis dans la méthodologie de construction de l'outil Phare. D'après ces valeurs théoriques, le PVC entrerait en état 4 à partir de 36 ans, alors que le béton pourrait rester en état 3 jusqu'à 143 ans. Dans la pratique, les observations peuvent montrer des canalisations plus récentes qui sont dégradées, ce qui permet de recalculer la valeur de l'indicateur EDS.

1.2.2. L'évaluation des coûts économiques nécessaires à la définition du programme de réhabilitation du réseau par Phare-Eco

L'impact sur le prix de l'eau d'un programme de réhabilitation annuel du réseau d'assainissement évalué par Phare-Eco est lié à deux composantes essentielles :

- une composante économique *stricto sensu* qui renvoie aux coûts des opérations de réhabilitation et à ceux relatifs à l'exploitation courante du réseau ;
 - une composante financière liée à la politique de financement des investissements de réhabilitation, toutes choses étant égales par ailleurs.
- Les principaux coûts économiques sont les suivants :
- les coûts d'investissement liés au programme de réhabilitation ;
 - les charges d'exploitation courantes (réparations, curage, coûts d'énergie, coûts de personnel...) du réseau et des ouvrages ;
 - selon la décision ou la non-décision de réhabilitation, cela entraînera soit des gains d'exploitation, soit des surcoûts d'exploitation.

1.2.3. L'évaluation des plans de financement des programmes de réhabilitation

Le deuxième type de coûts induits par un programme de réhabilitation résulte de la politique de financement du nouvel investissement de réhabilitation dont l'impact sur le prix de l'eau diffère en fonction de la stratégie financière adoptée par la collectivité. Parmi les sources de financement à disposition du service, on distingue, outre les subventions dont l'effet est de réduire l'impact des investissements sur le prix du

Définition des variables économiques des scénarios de réhabilitation

Le coût de réhabilitation comprend le coût d'investissement correspondant aux travaux de remplacement ou de rénovation des tronçons, y compris les branchements, réalisés sur une année, majoré de coûts de chantier.

Les surcoûts ou les gains d'exploitation évoluent proportionnellement à l'état de dégradation du réseau. Ils sont calculés par rapport aux charges d'exploitation d'un réseau ne comprenant aucun tronçon dégradé ou très dégradé (EDS 3 ou 4).

Hypothèses : un tronçon en état dégradé de niveau EDS 3 engendre un surcoût supplémentaire de 50 % des frais d'exploitation* tandis qu'un tronçon en état très dégradé (EDS 4) génère un surcoût de 100 %.

*Le surcoût est calculé proportionnellement à la longueur de la conduite.

service, les ressources internes (autofinancement) et les ressources externes (emprunt).

L'autofinancement correspond à la capacité du service à dégager des ressources propres grâce à son activité. D'un point de vue comptable, cet autofinancement est issu en premier lieu de la pratique de l'amortissement budgétaire qui en permet l'accumulation automatique du fait de son caractère de charge non décaissée. Le résultat de fin d'exercice, lorsqu'il est positif, est la deuxième composante de l'autofinancement. Enfin, la possibilité de constituer un autofinancement complémentaire en augmentant le prix de l'eau est également donnée aux collectivités locales et renforce ainsi les stratégies d'autofinancement des collectivités.

Le recours à l'emprunt constitue la principale ressource externe des collectivités et se particularise par les coûts d'intérêt bancaire qu'il engendre.

Le volet financier de Phare-Eco permet de calculer le montant de l'emprunt et les annuités associées (part intérêt et part capital) en tenant compte des ressources déjà disponibles (aides financières et autofinancement) ainsi que de l'amortissement correspondant à l'investissement.

2. Approche comparative de scénarios prospectifs techniques et financiers avec Phare-Eco

Le principe de fonctionnement de l'outil Phare-Eco, à la base, consiste à analyser la situation patrimoniale

Scénario	Description
T 1. Politique de « réhabilitation quinquennale »	– décision de réhabiliter en moyenne 5 % du réseau en 5 ans en faisant 2,5 %/an pendant 2 ans – ne dispose pas d'un outil d'aide à la décision tel que Phare – s'appuie sur des données d'inspections télévisées (ITV) et sur l'expérience des gestionnaires du réseau – forme de réhabilitation systématique, mais incertitude sur l'optimalité du choix temporel de réalisation de l'investissement et de la sélection des tronçons à réhabiliter
T 2. Politique de « réhabilitation régulière »	– décision de réhabiliter 1 % du linéaire de réseau tous les ans (taux de réhabilitation moyen sur 5 ans de 5 %) – ne dispose pas d'un outil d'aide à la décision tel que Phare – s'appuie sur des données d'ITV et sur l'expérience des gestionnaires du réseau – forme de réhabilitation systématique impliquant de fait un lissage des coûts d'investissement sur le plan financier – forme de réhabilitation systématique, mais incertitude sur l'optimalité du choix temporel de réalisation de l'investissement et de la sélection des tronçons à réhabiliter
T 3. Politique de « réhabilitation par à-coups »	– pas d'information sur l'état du réseau. – réhabilitation des collecteurs dans l'urgence, en particulier lorsqu'une casse survient (effondrement...) ou s'il y a des bouchages récurrents – démarche purement curative qui engendre l'augmentation des coûts de fonctionnement et des pics dans les besoins de réhabilitation – il n'y a aucune maîtrise dans la définition des investissements à réaliser
T 4. Politique de « réhabilitation selon Phare »	– politique de gestion patrimoniale – inspections caméras du réseau (ITV) – démarche préventive qui vise à optimiser les réhabilitations : anticipation de la dégradation du réseau et intervention avant qu'il ne soit très dégradé sur la base de l'évolution du réseau issue des résultats de Phare – objectif de maintien d'un état correct du réseau – programme de réhabilitation à long terme – programme présentant des besoins irréguliers d'une année sur l'autre et entraînant des pics d'investissement
T 5. Politique de « réhabilitation selon Phare lissé »	– ce scénario est une variante du scénario 4 issu de Phare. Il répartit la dépense d'investissement dans le temps : la collectivité choisit de lisser les travaux importants des années 2012 et 2020, respectivement sur les années 2013 et 2019 – démarche de gestion patrimoniale préventive et optimisée croisée avec un souci financier de mieux répartir la dépense

Tableau I. Descriptif des cinq scénarios techniques de réhabilitation possibles

d'une collectivité en vue de définir un programme de réhabilitation de son réseau à partir de l'outil Phare et d'en simuler la répercussion économique et financière sur l'évolution du prix de l'eau.

Pour enrichir l'analyse et situer l'exercice prospectif de gestion patrimoniale dans une perspective de prise de décision publique, nous adoptons dans notre article une démarche comparative de scénarios technico-financiers de réhabilitation. Pour ce faire, nous avons construit cinq scénarios prospectifs de réhabilitation technique de réseau croisés avec quatre modes de financement. Afin de pouvoir situer au mieux les effets d'un scénario par rapport à un autre, les scénarios ont été contrastés.

Les cinq scénarios « techniques » représentent différents schémas possibles de politiques de gestion patrimoniale. Ces scénarios se fondent sur des hypothèses qui traduisent des pratiques classiques de programmation technique de réhabilitation (T1 à T3) n'intégrant pas de critères dits « patrimoniaux » et des schémas plus élaborés (T4 et T5) construits à partir de données issues de Phare et conçus donc dans une optique de gestion patrimoniale.

Les quatre modes de financement correspondent à des choix de financement mobilisant prioritairement

une modalité donnée de financement (subventions, recours au prix de l'eau, autofinancement et recours à l'emprunt) ou qui les croisent entre elles selon différents ordres de grandeur.

2.1. Construction des scénarios techniques

L'un des premiers scénarios qui pourrait exister, mais qui n'est pas pris en compte dans notre exercice de simulation, serait la « politique du laisser-aller » qui correspondrait au cas où la collectivité ne réalise ni investigation ni travaux de réhabilitation sur son réseau d'assainissement. La dégradation progressive de l'état du réseau entraînerait une augmentation des coûts d'exploitation (interventions plus fréquentes : curage, débouchage...) et donc du prix de l'assainissement et aurait pour conséquence de reporter sur les générations futures tout le financement de la réhabilitation du réseau. Nous aurons l'occasion d'y revenir lors de notre analyse comparative.

Cinq cas type de scénarios « techniques » ont été construits (*tableau I*).

2.2. Description des modes de financement envisageables

Quatre cas types de mode de financement sont envisagés dans l'exercice de simulation (*tableau II*).

Mode de financement	Description
F1 : « Financement au fil de l'eau »	– financement exclusif par le prix de l'eau – budgétisation des investissements d'un service « au fil de l'eau » qu'autorise la situation financière de la collectivité et le contexte local d'acceptabilité politique et sociale d'une telle politique – pas de démarche prospective, réhabilitation au fil des besoins
F2 : « Tout emprunt »	– recours exclusif à de nouveaux emprunts – marge de manœuvre propre réduite, niveau de prix de l'eau élevé sur le plan local – calage de la réhabilitation sur les besoins du programme annuel de travaux – démarche prospective financière <i>a minima</i> liée à la pratique de l'amortissement et au remboursement de l'emprunt
F3 : « Autofinancement maximal »	– politique volontariste de hausse du prix de l'eau en amont de la réalisation des investissements pour générer de l'autofinancement complémentaire sur l'ensemble de la période – marge de manœuvre financière confortable, contexte d'acceptabilité sociale de hausse du prix de l'eau – démarche prospective véritable, choix planifié de constitution d'autofinancement sur l'horizon de réalisation des travaux
F4 : Formule « mix »	– politique qui mixe les différentes ressources de financement existantes : subvention, autofinancement existant et recours à l'emprunt comme solution d'appoint – politique qui utilise l'autofinancement disponible généré par une politique de prix calculé au plus juste. Il n'y a pas d'autofinancement complémentaire des investissements

Tableau II. Présentation des quatre modes de financement des scénarios de réhabilitation

Principes d'évaluation des coûts d'exploitation induits par les travaux de réhabilitation

L'évaluation des coûts d'exploitation induits par chaque nouvel investissement de réhabilitation et l'hypothèse de financement retenue (remboursement des intérêts, amortissement, reprise des subventions, frais de fonctionnement...) est effectuée pour chaque simulation sur la base d'hypothèses de hausse des charges calée sur l'inflation et proportionnelle aux travaux réalisés. Pour les modes F1 et F2, les hypothèses de volume facturé annuellement (cf. caractéristiques de la collectivité du *tableau III*) permettent de répercuter ces charges induites sur le prix de l'assainissement.

Pour les modes F3 et F4, le prix de l'eau constitue la variable d'ajustement qui permet d'estimer le niveau de recettes suffisant compensant les charges nouvelles d'exploitation. Le volume facturé annuellement conduit au calcul du prix de l'assainissement (en €/m³) nécessaire. Le prix de l'assainissement est réajusté lorsqu'il est trop éloigné des besoins réels de la collectivité (cas d'un dégagement d'autofinancement inutile).

Le coût de réhabilitation est défini par une valeur moyenne qui peut être affinée en tenant compte du matériau et du diamètre.

3. Application de l'approche comparative sur une petite collectivité

3.1. Présentation de la collectivité

Pour des raisons de clarté et de commodité pédagogique, la collectivité prise en compte comme cas d'étude représente un cas simple de petite collectivité. Nous avons complété notre étude par certaines données pour faire tourner le modèle.

3.1.1. État des lieux et contexte technico-économique de départ

Les données initiales de contexte sont résumées dans le *tableau III*.

3.1.2. Caractéristiques financières

Les scénarios technico-financiers prennent en compte l'hypothèse d'une construction de station d'épuration (STEP) afin de tenir compte du contexte global d'investissements d'équipements d'assainissement non achevé et d'hypothèse de hausse du prix futur de l'eau dans laquelle se situe une majorité des collectivités.

Caractéristiques de desserte	1400 habitants dont 1188 desservis (évolution de la population : 1 % par an) Mode de gestion du service d'assainissement collectif : régie 697 abonnés du service d'assainissement collectif 75300 m ³ facturés par an
Caractéristiques du réseau	20,78 km 89,7 % amiante-ciment et 10,3 % PVC Moyenne d'âge du réseau : 44 ans Taux de renouvellement 0,15 % par an en moyenne sur les 5 dernières années
Tarification	Prix de l'assainissement : 0,68 €/m ³ (sans part fixe) Prix total de l'eau : 2,79 €/m ³
Technique de réhabilitation	La technique de réhabilitation retenue par défaut sera le remplacement, le caractère rural de la collectivité fait que les travaux de remplacement n'entraîneront pas trop de gêne
Projet d'investissement en 2012	Projet de construction d'une nouvelle station de traitement des eaux usées (1,4 M€ subventionnés à 60 %)

Tableau III. Données initiales de contexte en 2011 [MARLANGEON, 2012]

Modalités de financement	Fonds propres disponibles en 2011 : 207 ke en 2011 Taux de subvention : 20 % à partir de 2013 Emprunt : taux de 3,5 % sur 20 ans
Amortissement	Durée de 50 ans pour les réseaux Amortissement sur le montant total de l'investissement Reprise comptable de la subvention en recette d'exploitation
Inflation	1,8 % par an
Dette	Depuis 2011, la collectivité n'a plus d'emprunt

Tableau IV. Situation financière initiale de la collectivité en 2011 [MARLANGEON, 2012]

Le projet de réhabilitation du réseau coexiste avec d'autres projets d'investissements.

Pour permettre la comparaison entre les scénarios, le financement de la STEP et son impact sur le prix de l'assainissement sont une constante, quel que soit le scénario. Nous faisons l'hypothèse par ailleurs que l'autofinancement existant est affecté en priorité au financement de la STEP. Le *tableau IV* présente la situation financière initiale de la collectivité locale.

3.2. Chiffrage et comparaison des scénarios de réhabilitation

En se basant sur les hypothèses techniques, économiques et financières posées, la phase qui suit consiste à évaluer les différents scénarios technico-financiers retenus. Cette évaluation s'effectue en suivant les principales étapes présentées précédemment : projection de l'état du réseau à partir de Phare, évaluation des coûts économiques de réhabilitation.

3.2.1. Projection de l'état du réseau et des caractéristiques techniques des scénarios de réhabilitation

Des inspections télévisées ont été effectuées en 2012 et ont été intégrées dans Phare. L'état initial du réseau de la collectivité est le suivant :

- 53,6 % du linéaire : bon état, EDS 1 ;
- 30,1 % du linéaire : état moyen, EDS 2 ;
- 11,4 % du linéaire : état dégradé, EDS 3 ;
- 4,9 % du linéaire : état très dégradé (dont 2,5 % en dégradation extrême), EDS 4.

Le calcul de l'EDS à partir de l'état observé permet une simulation jusqu'en 2042 (*figure 2*).

Dans cette projection à 2042 du réseau, la part de linéaire de réseau en état dégradé et la part en état très dégradé sont deux caractéristiques importantes de la construction des scénarios et du calcul des surcoûts d'exploitation liés à la dégradation du réseau.

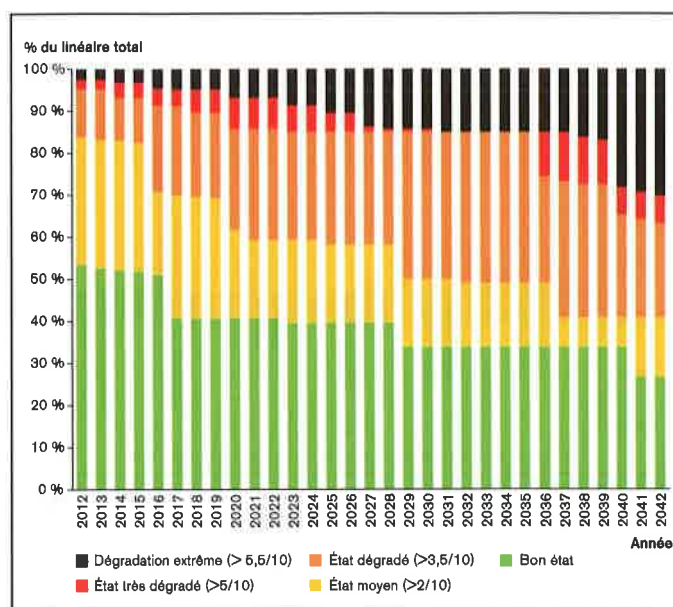


Figure 2. Projection de l'état du réseau de la collectivité

L'exercice de prospective permet d'obtenir les résultats techniques reportés dans le *tableau V*.

3.2.2. Évaluation des coûts économiques des scénarios de réhabilitation

Une évaluation pertinente des coûts économiques de réhabilitation (coûts d'investissement et coûts d'exploitation induits) suppose de prendre en compte la dynamique de coûts résultant tant des avantages d'une décision de réhabilitation que des inconvénients relevant d'une décision de ne pas réhabiliter un tronçon dégradé. La *figure 3* (établie pour un scénario de réhabilitation quinquennale) précise la répartition des surcoûts d'exploitation et des gains tels que définis dans l'encadré « Définition des variables économiques... ».

Dans Phare-Eco, les surcoûts de charges d'exploitation liés à la non-réhabilitation (en rouge sur la *figure 3*) ou, à l'inverse, les gains des charges d'exploitation

	Scénario	Linéaire renouvelé	% de linéaire	Linéaire très dégradé après 2042
De 2012 à 2042	Par à-coups	6278 ml	30,2 %	1390 ml
	Régulier	6440 ml	31,0 %	1228 ml
	Quinquennal	6233 ml	30,0 %	1436 ml
	Phare	7669 ml	36,9 %	0 ml
	Phare lissé	7669 ml	36,9 %	0 ml

Tableau V. Descriptif des résultats techniques obtenus pour chaque scénario de réhabilitation

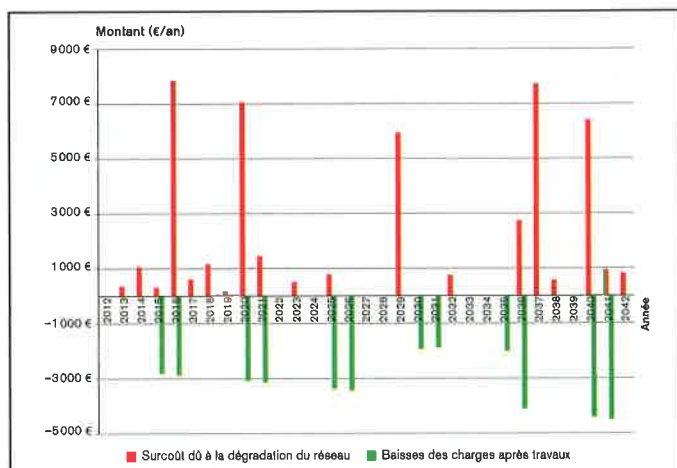


Figure 3. Comparaison de l'évolution des surcoûts d'exploitation liés à une décision de non-réhabilitation avec les gains d'exploitation induits par une décision de réhabilitation

issus de la décision de réhabilitation (en vert) sont intégrés au calcul des charges d'exploitation.

Le cumul de ce différentiel des coûts d'exploitation dans le temps associé à chaque scénario technique est récapitulé dans le *tableau VI*.

Il s'agit toujours d'un surcoût d'exploitation (et non de gains), car les tronçons dégradés engendrent un surcoût, mais sont rarement ou partiellement remplacés.

3.2.3. Comparaison des scénarios techniques de réhabilitation

Le chiffrage des programmes d'investissements correspondant à chacun des cinq scénarios techniques de réhabilitation sur la base des hypothèses posées préalablement aboutit au résultat des graphiques de la *figure 4*.

• Cette série de scénarios techniques de réhabilitation suggère de premières observations intéressantes à relever en matière de possibilités de politiques de réhabilitation. Une première approche réside dans une politique de réhabilitation subie. Dans le scénario

de la politique « par à-coups », la collectivité subit les défaillances et réagit après coup. Lorsqu'un collecteur atteint un état de dégradation extrême (EDS 4 depuis plusieurs années), cela se traduit par une casse sur le réseau et aboutit à établir des « renouvellements dans l'urgence » auxquels la collectivité doit faire face⁵. Elle n'anticipe pas ses investissements et subit l'augmentation des charges d'exploitation et des coûts de réhabilitation sous forme d'à-coups illustrés par des pics dans le graphique.

• Une seconde approche consiste à fixer un taux de réhabilitation régulier indépendamment de la pertinence du programme de travaux. C'est le cas du « scénario technique régulier », ou du « scénario quinquennal » où on se fixe un taux de réhabilitation donné. Cette démarche systématique, qui peut s'appuyer sur des ITV et sur de la connaissance de terrain, ne garantit pas cependant l'optimalité du choix de la date de réhabilitation ou du tronçon à réhabiliter.

• La troisième possibilité, enfin, consiste à optimiser la programmation de la réhabilitation du réseau en exploitant et en réinterprétant l'information provenant de la connaissance qu'on a de l'état du réseau (ITV) avec l'aide d'un outil de gestion patrimoniale (scénarios Phare et Phare lissé). Dans ces cas de figure, l'optimalité réside dans la pertinence du ciblage des tronçons à réhabiliter et dans les effets induits. En effet, ainsi que le montre le *tableau V*, le pourcentage de réseau réhabilité en s'appuyant sur un outil de gestion patrimoniale est supérieur aux trois premiers scénarios (au minimum 1 230 ml en plus)

⁵ Pour simplifier, l'hypothèse de la simulation considère qu'en cas de défaillance, il y a immédiatement possibilité de réaliser une opération de réhabilitation (investissement).

	Scénario	Surcoûts ou gains d'exploitation en 2042 (en € 2012)	Coût total du programme de réhabilitation (en € 2012)
De 2012 à 2042	Par à-coups	+ 32 737	1 067 681
	Régulier	+ 31 308	1 139 491
	Quinquennal	+ 33 138	1 036 133
	Phare	+ 20 489	1 282 471
	Phare lissé	+ 20 489	1 297 271

Tableau VI. Caractéristiques économiques des différents scénarios techniques de réhabilitation

et, de plus, il n'y a plus aucun tronçon en très mauvais état à la fin de la simulation en 2042. Par contre, on peut noter que le plan de réhabilitation du scénario Phare ne prévoit pas d'investissement entre 2024 et 2035 et qu'il y a un pic important en 2036. La variante « Phare lissé » permet d'écarter ces pics de programmation.

3.3. Chiffrage et comparaison des modes de financement

Le chiffrage des modes de financement possibles et de leur impact en ce qui concerne l'évolution du prix de l'eau s'effectue pour chaque scénario financier (F1, F2, F3 et F4). La figure 5 présente les résultats obtenus par scénario technique.

L'analyse des courbes d'évolution du prix de l'eau selon le mode de financement choisi permet de dégager quelques constats intéressants :

- en premier lieu, le mode de financement au fil de l'eau (F1) est difficilement acceptable sur le plan politique et social du fait des à-coups du prix de l'eau qu'il induit (amplitudes de variation des prix socialement inimaginables) et du risque de contestations de la part des usagers qu'il est susceptible de provoquer. Cette politique reproduit tous les pics issus des scénarios techniques ;

- en second lieu, la politique du « tout emprunt » sur le prix de l'eau a un effet marqué : c'est le scénario le plus coûteux pour l'utilisateur après F1, du fait du coût supplémentaire que génère tout recours à la dette



Figure 4. Répartition annuelle du linéaire de réseau à réhabiliter selon le scénario technique construit



Figure 5. Approche comparée de l'impact sur le prix de l'eau des scénarios techniques de réhabilitation selon le mode de financement

(intérêts). Cela étant, le recours à l'emprunt est la formule de financement qui homogénéise le plus le comportement des différentes courbes du prix de l'eau et lisse son évolution dans le temps quel que soit le scénario technique considéré. En effet, l'amortissement de l'emprunt sur 20 ans tend globalement à uniformiser l'impact en matière de progression dans le temps du prix de l'assainissement, quel que soit par

ailleurs le scénario technique considéré. Le mode de financement l'emporte sur les scénarios techniques ; – la politique d'autofinancement maximal, consistant à générer par anticipation de l'autofinancement en augmentant au démarrage le prix de l'eau est celle qui stabilise le plus l'évolution du prix dans le temps (aplatissement de la courbe de prix à partir de 2025 pour l'ensemble des scénarios techniques, et dès 2020

pour Phare lissé). C'est également sur le long terme la politique qui minimise l'accroissement du prix de l'eau et donc qui est la plus optimale à cet égard (amplitude de variation du prix de l'eau la moins importante). L'effet d'anticipation de constitution de ressources propres a un effet de lissage de l'évolution du prix de l'eau dans le temps du même type que le recours à l'emprunt. Ici également le mode de financement s'impose sur les scénarios techniques ;

– la formule « mix » a pour effet de décaler dans le temps le moment du décrochage de la hausse du prix en raison du bénéfice de l'autofinancement qui n'influence qu'à la marge le prix de l'eau (jusqu'en 2016). La tendance de l'évolution du prix sur les premières années est nettement moins marquée que la formule de l'autofinancement maximal, mais à partir de 2030 l'inflexion à la hausse du prix de l'eau s'accroît fortement du fait des emprunts pour atteindre les 2,60 €/m³ en fin de période pour Phare lissé, par exemple, comparativement à 1,79 €/m³ pour la modalité autofinancement maximal.

Le principal avantage de cet exercice de planification financière des scénarios techniques de réhabilitation réside dans le fait qu'il permet à la collectivité et au gestionnaire de pouvoir visualiser et situer dans le temps l'impact sur le prix de l'eau d'un choix donné de modalité de financement par rapport à une autre. Si le recours à l'emprunt ou à l'autofinancement maximal a pour effet de lisser la courbe d'évolution du prix dans le temps, la programmation des travaux dans le temps (régulier, quinquennal, Phare lissé), dont l'impact recherché est du même ordre (lissage du prix), devient dépendante de la question des ressources financières. Les ajustements recherchés se font entre le montant de remboursement annuel de la dette (ou d'autofinancement à dégager) et le montant annuel des travaux. De ce point de vue, le mode de financement « mix » qui mêle autofinancement et emprunt présente l'avantage d'offrir plus de souplesse dans l'ajustement à opérer entre montant des travaux et besoin de financement annuel. Il se peut, en effet, que l'autofinancement dégagé ne permette pas de financer à lui tout seul les travaux de réhabilitation. Dans ce cas, le recours à l'emprunt permet d'ajuster le financement au besoin de financement tout en donnant de la marge de manœuvre à

la collectivité d'un point de vue social, ainsi que nous le verrons plus loin.

Pour pouvoir se prononcer en faveur d'une formule donnée de financement, il convient d'intégrer les éléments d'analyse techniques et économiques considérés précédemment afin de pouvoir évaluer chaque scénario de réhabilitation dans sa globalité.

4. Analyse croisée de l'impact des différentes stratégies sur le prix de l'eau et le niveau de performance du réseau

Si le niveau du prix du service et son évolution dans le temps constituent un critère *a priori* pour discriminer les scénarios de réhabilitation entre eux, l'analyse de l'optimalité des scénarios de réhabilitation élaborés et le choix censé en découler ne sauraient se fonder sur ce seul critère de prix. La démarche de gestion patrimoniale du réseau considérée ici suppose de situer l'indicateur de prix et son évolution par rapport à l'ensemble des critères d'analyse retenus dans le cadre de cet exercice de prospective.

4.1. Quelles sont les solutions de réhabilitation optimales ?

Sur le terrain, l'optimalité d'une solution dépend du point de vue des acteurs en présence, et la question peut s'interpréter différemment selon qu'il s'agit de l'usager ou de la collectivité locale. D'où l'intérêt de ne pas se cantonner au seul critère d'optimisation du prix et d'élargir les critères d'appréciation aux éléments qui rendent compte d'une approche de gestion patrimoniale intégrée.

4.1.1. Quelle stratégie technico-financière adopter au regard du niveau de prix atteint en 2042 ?

En croisant scénarios techniques et modes de financement, et en excluant le scénario par à-coups qui constitue le scénario le plus risqué sur le plan gestionnaire, patrimonial, politique et social, il ressort que le scénario de réhabilitation le plus intéressant en matière de prix payé par l'usager⁶ est le scénario Phare selon le mode « autofinancement maximal », au regard du critère du prix de l'eau atteint en 2042 : 2,56 fois le prix de 2011 (0,68 €/m³

⁶ En intégrant l'hypothèse de construction d'une station d'épuration.

en 2012). C'est également le scénario le plus optimal en ce qui concerne la longueur de réseau réhabilité et l'amélioration de l'état du réseau à l'horizon 2042.

Ce prix de l'assainissement du scénario « Phare » (1,74 €/m³) est à situer par rapport à celui du scénario « régulier » (1,88 €/m³), « quinquennal » (1,78 €/m³) et « par à-coups » (1,95 €/m³) en 2042.

4.1.2. Quelle stratégie technico-financière choisir au regard de l'évolution du prix dans le temps ?

C'est également le scénario Phare (et sa variante Phare lissé) selon le mode de financement « mix » cette fois-ci qui est la stratégie la plus intéressante du point de vue du comportement de la courbe de prix dans le temps. À première vue, ce scénario pourrait être défendu sur le plan politique et social parce que c'est la stratégie technico-financière qui induit le taux d'accroissement le plus faible dans le temps (tracé de courbe en vert clair) jusqu'en 2036 pour Phare et Phare lissé jusqu'en 2031 pour le scénario régulier et quinquennal. Sur un plan politique et social, ce scénario d'évolution du prix de l'eau est celui qui donne à la collectivité locale le plus de manœuvre dans la mesure où le choix de ce scénario permet de le justifier en matière d'accessibilité financière pour l'usager jusqu'en 2036. On peut penser par ailleurs que la temporalité du mandat politique qui cadre dans le temps l'échelle d'intervention de l'élu le pousserait à privilégier cette stratégie technico-financière. Notons que ce constat vaut quel que soit le scénario technique de réhabilitation.

Après 2031 et 2036, le taux d'accroissement du prix de l'eau dans le temps (financement « mix ») s'accroît pour devenir supérieur au taux d'accroissement du prix résultant d'un autofinancement maximal. En effet, à l'inverse du mode d'autofinancement maximal qui nécessite une hausse du prix de l'eau au départ pour constituer de l'autofinancement, la formule de financement « mix » part du prix initial (0,68 €/m³) qui n'évolue pas au démarrage du fait de l'autofinancement préexistant et bénéficie de l'effet de lissage dans le temps lié au recours à l'emprunt d'appoint.

Il apparaît ainsi que l'optimalité d'un scénario de réhabilitation donné ne relève pas uniquement du seul critère de l'impact économique des stratégies

technico-financières. Outre ces considérations socio-politiques, il convient de croiser cette appréciation aux effets de type patrimonial (longueur de réseau réhabilité et amélioration de l'état du réseau en fin d'horizon) des scénarios de réhabilitation.

4.2. Comment prendre en compte les effets croisés des scénarios de réhabilitation du réseau ?

Ainsi que nous le voyions précédemment, le choix de réhabilitation à faire doit intégrer une série de critères qui ne relèvent pas de la même dimension et qui pourtant gagnent à être pris en compte simultanément dans une optique de gestion patrimoniale intégrée. Si, sur le plan économique, l'optimalité réside dans l'optimisation du niveau du prix de l'assainissement et de son évolution dans le temps, l'approche intégrée exige de croiser ce critère avec la dimension technique de la gestion patrimoniale des réseaux.

À cet égard, c'est également le scénario technique « Phare » et sa variante « lissé » qui est le plus optimal sur un plan strictement technique, dans la mesure où, d'une part, c'est ce scénario dont les éléments de diagnostic de l'état du réseau permettent un ciblage précis des besoins de réhabilitation du réseau à planifier dans le temps. Et, d'autre part, c'est le scénario qui optimise la gestion du besoin de réhabilitation dans la mesure où il aboutit à réhabiliter l'intégralité du réseau très dégradé sur l'horizon de programmation, à l'inverse des autres scénarios techniques. La part de réseau très dégradé (en EDS 4) qui reste à réhabiliter dans le cas des scénarios « Phare » est nulle tandis que, dans les trois premiers scénarios, il reste encore entre 1 228 et 1 436 ml de réseau très dégradé à réhabiliter. Notons que la démarche Phare lissée pourrait être améliorée pour aller vers un rythme régulier de dépenses de remplacement.

Or la présence de tronçons très dégradés dans le patrimoine de la collectivité induit un risque élevé d'occurrence de désordres sur le plan gestionnaire, environnemental, économique dont on peut penser que la répercussion sur le plan politique n'est pas négligeable. La notion de désordre lié à l'absence d'anticipation et à la non-maîtrise de ces risques est un critère qualitatif intéressant sur le plan gestion-

naire et politique dans la mesure où le coût des conséquences induites en matière de dommages environnementaux et sociaux peut très vite prendre des proportions démesurées dans le contexte de la gestion des eaux usées. Dans les simulations effectuées par l'outil Phare, certaines de ces dimensions sont prises en compte pour établir le programme de réhabilitation comme l'impact des défaillances sur les eaux de surface, sur les eaux souterraines et le milieu urbain (patrimoine sensible).

Sur l'horizon à long terme de planification de réhabilitation considéré (2012-2042), qui dans notre cas d'étude est le plus pertinent pour comparer les scénarios entre eux d'un point de vue économique notamment, il est intéressant de noter que, pour un même état initial du réseau, l'approche de gestion patrimoniale à l'œuvre (Phare *versus* les approches « régulier » et « quinquennal ») induit une dynamique de réhabilitation différenciée. En effet, elle conduit à + 7 % de linéaire de réseau renouvelé pour les scénarios Phare générant 25 % de coûts totaux supplémentaires de réhabilitation, mais permet 65 % d'économies en matière de coûts d'exploitation. Aussi, si le fait de réhabiliter plus de réseau dans le cadre d'une stratégie de gestion patrimoniale optimisée induit 25 % de coûts d'investissement en plus, en revanche, lorsqu'on considère l'état final du réseau dans le cas des scénarios « Phare », on est davantage dans une situation de minimisation des désordres induits et de plus grande maîtrise des risques associés. Ainsi, dans l'idéal, l'optimalité d'un scénario de réhabilitation par rapport à un autre s'interprète au regard des effets croisés des scénarios techniques et des stratégies financières de réhabilitation. Ces effets croisés relèvent d'une série de critères renvoyant à un point de vue à la fois économique, technique, social et environnemental.

Conclusions et perspectives

Un programme de réhabilitation de réseau d'assainissement doit tenir compte de multiples facteurs afin de déterminer un optimum technique, économique, environnemental, social et politique.

L'évolution de Phare, logiciel d'aide à la décision pour le maintien du réseau en bon état de service, tient compte de ces exigences.

Dans l'optique de fournir au gestionnaire de réseau un outil de programmation le plus complet possible, la hiérarchisation des tronçons à inspecter ou à réhabiliter – première étape de la gestion patrimoniale – doit être suivie d'une aide à la programmation des actions. Cette dernière est basée sur le choix du type de travaux (réparation, rénovation ou remplacement), des techniques de réhabilitation (chemisage continu, partiel, fraisage, etc.), mais aussi des priorités de la collectivité (programme de voirie). Enfin, l'impact financier des choix faits par le gestionnaire permet d'obtenir une analyse globale. C'est l'objet du développement de Phare-Eco.

Dans cet article, nous avons tenté de démontrer qu'une collectivité qui se dote d'outils de gestion patrimoniale de ses infrastructures, couplés avec une approche prospective à moyen ou long terme de ses besoins financiers et de sa stratégie de financement, se donne les moyens d'anticiper et d'optimiser l'évolution de son prix de l'eau et la performance de son réseau. Cette quête d'optimalité sur le plan technique et économique des politiques de réhabilitation des réseaux a des répercussions positives pour le gestionnaire qui peuvent se mesurer en matière de minimisation des désordres de type environnemental, social et politique et qui renforcent l'intérêt des démarches de gestion patrimoniale intégrée.

À titre d'illustration, dans le cas d'un scénario minimaliste le plus extrême de type « laisser-aller » qui consisterait à laisser se dégrader le réseau sans jamais remplacer aucun tronçon, le coût économique induit d'un tel choix concernant l'impact sur le prix de l'eau conduirait de toutes les manières à une augmentation du prix de l'eau en fin de période (+ 2,06 €/m³ en 2042 sans considérer le nouvel investissement de la station d'épuration), du fait des surcoûts d'exploitation engendrés par les tronçons les plus dégradés.

Le second point d'intérêt de notre étude réside dans l'approche comparative développée qui met en concurrence différentes stratégies technico-financières de réhabilitation dans un but à la fois pédagogique et d'éclairage de la prise de décision. En effet, il est difficile de juger de l'optimalité d'un scénario de réhabilitation et de ses options économiques et financières dans l'absolu. La mise en scène de différents

scénarios correspondant à des pratiques rencontrées sur le terrain permet non seulement d'évaluer la pertinence des pratiques, mais également de les confronter entre elles afin d'en dégager des enseignements utiles pour les acteurs.

Bibliographie

- BAGUET, R., DUBUIS J., ABAD F., CORSIN M., LAMI M. (2012) : *Patrimoine d'assainissement collectif et pratiques d'amortissement des collectivités gestionnaires des bassins Rhône-Méditerranée et Corse*, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, MEDDE, 66 p.
- BURTIN C., DESTANDAU F., TSANGA TABI M. (2011) : « Connaissance et maîtrise des coûts dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement », in BOULEAU G., GUÉRIN-SCHNEIDER L. (eds), *Des tuyaux et des hommes. Les réseaux d'eau en France*, Quae-NSS Dialogues, Paris.
- GUEZENNEC Y., AUCHER J.-P., HUMBEL X., REBUFFE M., CUNY F., LAZZAROTTO P., BELLANGER J. (2008) : « L'outil de gestion du patrimoine "Ville de Lorient" : une application de la méthodologie Rerau ». *TSM* ; 4 : 91-96.
- GUYARD C. (2011) : « Gestion et réhabilitation des réseaux – Les outils sont là, mais la volonté reste insuffisante ». *L'eau, l'industrie, les nuisances* ; juin-juillet : 1 -10.
- LE GAUFFRE P., JOANNIS C., BREYSSE D., GIBELLO C., DESMUL-LIEZ J.J. (2004) : *Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains. Guide méthodologique*, Paris, Lavoisier Tec&Doc, 416 p.
- MARLANGEON A. (2012) : *Intégration d'une composante économique dans un outil d'aide à la gestion patrimoniale*

La démarche présentée a été réalisée à partir de données d'une petite collectivité, mais elle est applicable à des collectivités de toutes tailles. C'est à ces différentes échelles de service que sont envisagées les perspectives d'amélioration de l'outil Phare-Eco.

des réseaux : volet assainissement. Mémoire de fin d'études ingénieur Engees, 92 p.

NF 13508-2 (2003, revue en 2011) : *Investigation et évaluation des réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments – Partie 2 : système de codage de l'inspection visuelle*. Afnor, Paris, 50 p.

NF P15-900-2 (2001) : *Services publics locaux. Lignes directrices pour les activités de service dans l'alimentation en eau potable et dans l'assainissement – Partie 2 : gestion d'un réseau d'assainissement*. Afnor, Paris, mars 2001, 44 p.

NF-EN 752-5 (1997) : *Réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments – Partie 5 : réhabilitation*. Afnor, Paris, 33 p.

SALVETTI M., WITTNER C. (2012) : *Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement – panorama des services et de leur performance*. Les rapports Onema, 83 p.

WEREY C., CHERQUI F., LE GAUFFRE P. (2013) : « Gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable – des réseaux d'assainissement », in BARROCA B., SERRE D., DIAB Y. (eds), *Penser la ville et agir par le souterrain : Apports du génie urbain pour la conception et la gestion des infrastructures*. Presse des Ponts, 15 p.

Résumé

A. MARLANGEON, C. WEREY, M. TSANGA-TABI, X. HUMBEL

Analyse comparative de stratégies techniques et financières pour la réhabilitation de réseaux d'assainissement. Intérêt d'un outil de gestion patrimoniale intégrée pour maîtriser l'évolution du prix de l'eau

L'article présente les premiers résultats d'une démarche de gestion patrimoniale intégrée d'un réseau d'assainissement menée à partir d'un outil dédié « Phare-Eco ». En comparant des scénarios techniques contrastés de réhabilitation couplés à des stratégies différenciées de financement, nous montrons l'intérêt de l'usage d'un outil de ce type ;

non seulement parce qu'il permet d'étudier l'effet dans le temps sur le prix de l'eau de programmes pluriannuels de réhabilitation, mais aussi parce qu'il constitue un outil d'aide à la décision pertinent pour mettre en place une politique prospective de réhabilitation à la fois sur le plan technique, économique, environnemental et politique.

Abstract

A. MARLANGEON, C. WEREY, M. TSANGA-TABI, X. HUMBEL

Comparative analysis of technical and financial strategies for the rehabilitation of sewerage networks. Outlook on a tool for integrated asset management to control the evolution of the price of water

First results of an integrated asset management methodology are presented within this article, using a dedicated tool "Phare-Eco". By comparing contrasted technical scenarios associated with differential financial strategies, we show the interest of using such a tool; not only because it allows to

understand the effect from a prospective policy on the water price over time, but also because it is a relevant decision support tool to implement a prospective rehabilitation policy including both technical, economic, environmental and politic dimensions.