

Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement : de l'état des réseaux à la planification de leur réhabilitation – Outils, méthodes et perspectives

Caty Werey, Anne Rozan, Christophe Wittner, Yves Le Gat, Pascal Le gauffre, Kévin Nirsimloo, Cyril Leclerc

DANS SCIENCES EAUX & TERRITOIRES 2012/4 Numéro 9 , PAGES 44 À 53

ÉDITIONS INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE POUR L'AGRICULTURE, L'ALIMENTATION ET L'ENVIRONNEMENT (INRAE)

ISSN 2109-3016

DOI 10.3917/set.009.0005

Date de mise en ligne : 03/04/2013

Article disponible en ligne à l'adresse

<https://stm.cairn.info/revue-sciences-eaux-et-territoires-2012-4-page-44?lang=fr>



Découvrir le sommaire de ce numéro, suivre la revue par email, s'abonner...
Scannez ce QR Code pour accéder à la page de ce numéro sur Cairn.info.



Distribution électronique Cairn.info pour Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).

Vous avez l'autorisation de reproduire cet article dans les limites des conditions d'utilisation de Cairn.info ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Détails et conditions sur [Cairn.info/copyright](http:// Cairn.info/copyright).

Sauf dispositions légales contraires, les usages numériques à des fins pédagogiques des présentes ressources sont soumises à l'autorisation de l'Éditeur ou, le cas échéant, de l'organisme de gestion collective habilité à cet effet. Il en est ainsi notamment en France avec le CFC qui est l'organisme agréé en la matière.

Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement : de l'état des réseaux à la planification de leur réhabilitation – Outils, méthodes et perspectives

En France, la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement est une préoccupation croissante. Certains réseaux commencent en effet à dater et vont nécessiter des renouvellements importants et coûteux pour les décennies à venir. À travers leur mise en œuvre sur les réseaux de Caen et de Bordeaux, cet article présente deux modèles complémentaires, Indigau et GompitZ, permettant de décrire l'état du réseau et de prioriser les tronçons à réhabiliter.

Les réseaux d'assainissement comme toutes les infrastructures publiques constituent des investissements importants, qui nécessitent une gestion durable, afin d'assurer la continuité du service aux usagers. En France, les enjeux futurs de la gestion patrimoniale des réseaux concernent 250 000 km d'assainissement à entretenir et à réhabiliter¹. La gestion patrimoniale ou « *asset management* » cherche à définir une politique assurant une connaissance du patrimoine tout au long de son cycle de vie, afin de réduire les coûts de maintenance tout en offrant un niveau de performance adéquat. On peut également rajouter la dimension liée à la réduction des risques : pollution, accidents... Ce qui prouve que les enjeux sont de différentes natures : prévention des risques potentiels liés à l'état du patrimoine, pérennité du service, réduction des coûts et programmation dans le temps des investissements. La spécificité des réseaux d'assainissement est qu'ils sont enterrés : « on ne les voit pas ». Ceci a une incidence sur le degré de connaissance de leur évolution dans le temps et sur le degré de prise en compte par les élus de ce patrimoine. De plus, nous nous intéressons ici aux réseaux non visitables (diamètre : 150 à 800 mm).

Dans cet article, nous présenterons deux modèles INDIGAU et GompitZ qui ont été développés avec la collaboration de scientifiques, de gestionnaires de réseaux et de bureaux d'étude. Ils ont été amorcés dans le projet

européen CARE-S (*Computer Aided Rehabilitation of Sewer and Storm Water Networks* – 2002-2005) et le programme national RERAU (Réhabilitation des réseaux d'assainissement urbains – 2000-2004) (Le Gauffre *et al.*, 2004). INDIGAU propose un outil de priorisation des tronçons à réhabiliter sur un horizon à court terme, s'appuyant sur un outil multicritère et prenant en compte des données sur les dysfonctionnements et critères socio-économiques décrivant les impacts liés aux défaillances. GompitZ modélise statistiquement la détérioration sur le long terme. Les deux modèles s'appuient sur des données d'ITV (inspection télévisée) et données d'environnement des conduites. Ces modèles ont été appliqués sur des réseaux et sont aujourd'hui opérationnels, tout en poursuivant leur évolution.

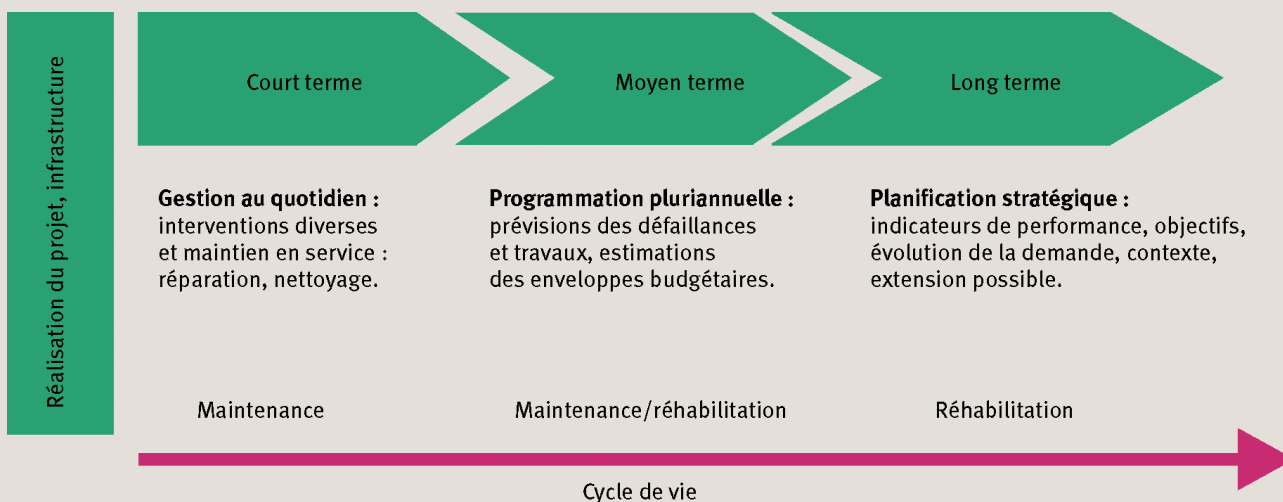
La gestion patrimoniale, une démarche globale

La gestion patrimoniale est étroitement liée au temps. Elle démarre après la phase de réalisation d'un projet sous forme d'infrastructures, dans le but d'assurer leur pérennité au moindre coût, par une maintenance tout au long du cycle de vie, mais également pour assurer l'accès à un service donné. Cela se traduit par la réhabilitation ou le renouvellement partiel ou total de l'infrastructure, traduisant des investissements qu'il faudra programmer.

Il existe plusieurs définitions de la gestion du patrimoine ou « *Asset management* ». Pour « *Federal Highway Administration* », FHWA (1998), la gestion du patrimoine est « un processus financier et décisionnel qui couvre un horizon de temps important et qui touche à des domaines divers allant de l'économie à l'ingénierie, en considérant

1. La notion de réhabilitation intègre réparation-rénovation-remplacement au sens de la norme EN 752 : « *measures for restoring or upgrading the performance of existing drain and sewer systems* ».

1 La gestion patrimoniale dans le temps.



diverses immobilisations. La gestion du patrimoine intègre une évaluation économique de compromis parmi un ensemble d'alternatives d'investissement et utilise ces informations pour une prise de décision effective ».

Une autre définition donnée par « *US Environmental Protection Agency* », EPA (2003), nous semble intéressante : « 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 ».

Il apparaît de ces définitions que la gestion du patrimoine est une approche à long terme qui tient compte de l'état du patrimoine tout au long de son cycle de vie dans le but d'améliorer son fonctionnement et d'assurer le niveau de performance requis pour les usagers en respectant des contraintes techniques et financières. Elle se traduit par un ensemble d'actions à entreprendre à court, moyen et long terme. La figure 1 décrit l'approche de la gestion patrimoniale dans le temps.

L'outil d'aide à la décision INDIGAU pour la programmation à moyen terme

Cet outil s'appuie sur la méthodologie issue du projet national français RERAU (Réhabilitation des réseaux d'assainissement urbains) dont l'opération 5/6 sur la gestion patrimoniale a conduit à la rédaction d'un guide méthodologique (Le Gauffre *et al.*, 2004). La première mise en œuvre de cette méthodologie a été réalisée en 2005 sur les données de l'inventaire départemental du Bas-Rhin puis dans le projet INDIGAU (Indicateurs de performance pour la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement, 2007-2010), financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR) (Le Gauffre *et al.*, 2010), et qui continue à être développé sous le nom d'INDIGAU (Nirsimloo *et al.*, 2012).

La méthodologie RERAU et son application dans le projet INDIGAU

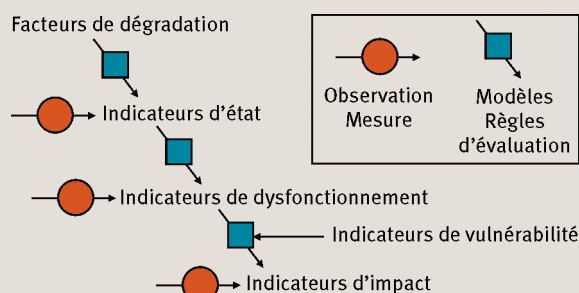
Le travail d'identification et de hiérarchisation des besoins en réhabilitation passe par l'exploitation de données complémentaires issues de sources diverses : observations relatives à l'état de santé des collecteurs obtenues par inspection visuelle ou par des méthodes d'investigation complémentaires, mesures en réseau dans le cadre de l'auto-surveillance ou de campagnes spécifiques, interventions des exploitants suite à des plaintes, données relatives à la vulnérabilité de l'environnement urbain ou des milieux récepteurs, résultats de simulations numériques, etc. Pour l'exploitation combinée de ces données, la méthodologie RERAU propose un système d'indicateurs de performance qui sont construits selon l'articulation présentée en figure 2.

Les indicateurs concernant les dysfonctionnements et les impacts sont présentés dans le tableau 1.

Le projet INDIGAU a été organisé autour de six volets (Le Gauffre *et al.*, 2010) :

- volet 1 : interpréter les résultats des inspections visuelles en calant la méthode par confrontation des résultats du modèle avec des avis d'experts ;
- volet 2 : définir et hiérarchiser des besoins en réhabilitations en utilisant la méthode multicritère ELECTRE-TRI ;
- volet 3 : affecter des dysfonctionnements hydrauliques à des tronçons ;

2 Construction des différentes familles d'indicateurs de performance.



1 Typologie des dysfonctionnements et des impacts (Le Gauffre *et al.*, 2004).

INF : infiltration. EXF : exfiltration. HYD : diminution de la capacité hydraulique. DEB : débordements (inondation). DEV : déversements anormaux. ENS : ensablement. BOU : bouchage.	DSC : déstabilisation du complexe sol-conduite. ATC : attaque chimique en cours. RAC : dégradation en cours par intrusion de racines. ABR : dégradation en cours par abrasion. EFF : altération de l'intégrité structurale, risque d'effondrement.
POL : pollution des eaux de surface, par débordements, surverses, ou perturbation des filières d'épuration. PON : pollution des sols et des eaux souterraines. NUH : nuisances « hydrauliques » : interruption de service, odeurs, inondations, en domaine privé ou sur la voie publique. TRA : nuisances diverses (y compris celles qui sont dues aux opérations d'exploitation) : atteintes à la sécurité ou à la fluidité du trafic (hors inondations), bruit, gêne pour l'accès aux commerces...	DOB : dommages au bâti, y compris infiltrations en cave. CXR : surcoûts d'exploitation du réseau (y compris le coût de la réduction de la durée de vie des équipements). CXS : surcoûts d'exploitation de la station d'épuration, y compris le déficit d'aides publiques. CDV : coût de la réduction de la durée de vie des ouvrages, et surcoût des interventions curatives par rapport à des interventions préventives ou proactives.

2 Règles d'évaluation pour l'indicateur de vulnérabilité V-ES-POL.

Indicateur	V-ES-POL	Sensibilité des eaux de surface à la pollution
Échelle de l'évaluation		Réseau ou bassin versant Tronçon
Évaluation RERAU	Niveau	Règles d'évaluation INDIGAU
Milieu récepteur très sensible.	3	Périmètre de protection pour la production d'eau potable
Milieu récepteur sensible	2	Zone de baignade Conchyliculture Production eau potable en aval Pêche Zone écologique Autres usages de l'eau sensibles
Milieu récepteur peu sensible à la qualité des rejets	1	Autres usages de l'eau

- ▶ volet 4 : intégrer le contexte météorologique dans l'évaluation des indicateurs de dysfonctionnement hydraulique ;
- volet 5 : définir des préconisations pour l'étude économique des vulnérabilités et des impacts ;
- volet 6 : exploiter des données et des connaissances imparfaites à travers l'analyse des indicateurs de performance flous.

Quelques résultats

Évaluation des impacts et des surcoûts d'exploitation

Deux approches ont été utilisées, l'une relevant de l'économie de l'environnement et consistant notamment à travailler sur des marchés de substitution pour donner des valeurs monétaires aux impacts, l'autre est plus une approche d'ingénierie élaborée à partir de coûts de référence (Wery *et al.*, 2010).

Les impacts proposés dans la méthodologie RERAU présentent trois niveaux de gravité. Le projet INDIGAU a permis de préciser les caractéristiques de ces trois niveaux pour les indicateurs de vulnérabilité, parfois à partir d'une typologie plus détaillée, qui seront ensuite croisés avec les indicateurs de risque de dysfonctionnement pour donner les indicateurs d'impact.

L'indicateur de vulnérabilité pour l'impact pollution des eaux de surface POL (1 à 3) est présenté dans le tableau 2.

Ces résultats ont été déterminés à partir de la typologie plus détaillée issue du projet CARE-S et présentée dans le tableau 3.

Pour aller vers une évaluation monétaire, il faudrait faire une étude de perception, comme par exemple celle réalisée sur le comportement de protection des ménages face à un risque de pollution de l'eau de robinet. La perception de la qualité de l'eau par les Géorgiens est basée sur le goût (Abrahams *et al.*, 2000), l'odeur et l'apparence

3 Notes d'impact sur les eaux de surface (Care-S).

Types d'eaux de surface et usages	Note
Périmètre de protection pour l'AEP	100
Zone de baignade	80
Conchyliculture	70
Production d'eau potable en aval	70
Pêche	50
Autres usages	10

de l'eau de robinet. Ils ont évalué deux types de protection : le recours à l'eau de bouteille ou l'installation de filtres. Sur 232 personnes interrogées, 38 % utilisent l'eau en bouteille et 8 % ont installé des filtres pour l'eau de robinet. Les dépenses moyennes pour l'achat d'eau en bouteille s'élèvent à 4,32 dollars par ménage et par semaine. Cette méthode qui est basée sur l'observation du comportement des individus permet de mesurer le consentement minimal à payer.

Le tableau 4 présente les propositions pour l'évaluation des indicateurs de surcoûts d'exploitation.

Développement de prototypes et application sur le réseau de Caen

Le projet INDIGAU a permis de produire plusieurs prototypes informatiques, des méthodes et des recommandations pour l'évaluation d'indicateurs de dysfonctionnement et d'indicateurs d'impacts et de vulnérabilité² (Le Gauffre *et al.*, 2010). Ces nouveaux outils et les résultats obtenus lors des expérimentations permettent d'envisager des applications assez immédiates chez les gestionnaires de réseaux. Ces applications, et le partage d'expériences prévu dans le cadre d'un club d'utilisateurs des outils INDIGAU devraient permettre de produire de la connaissance sur les patrimoines à gérer. Les applications réalisées sur Caen (Nirsimloo K. *et al.*, 2012) et à venir (Nantes, Lille, etc.) devraient aussi permettre un retour critique sur les modèles et une évaluation des bénéfices de la méthodologie globale.

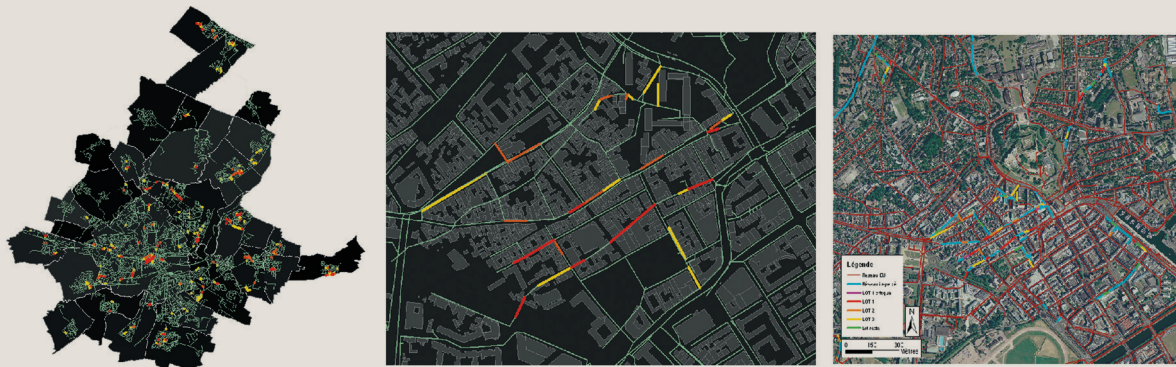
Ainsi, sur le réseau de Caen, la méthode a été appliquée dans le cadre de l'élaboration du schéma directeur. L'application de la méthode a permis de mettre en évidence les tronçons qui doivent être réhabilités en priorité par la collectivité, selon les critères choisis et calculés issus des données d'ITV, de données d'exploitation et de prise en compte de la vulnérabilité des milieux naturels et socio-économiques (figure 3).

2. Site G2C : <http://indigau.g2c.fr>

4 Propositions pour l'évaluation des indicateurs de surcoûts d'exploitation.

Indicateur d'impact	Premiers résultats ou pistes à explorer	
CXR : surcoût d'exploitation du réseau	CXR 1 : infiltration CXR 2 : curage CXR 3 : bouchage	<ul style="list-style-type: none"> – dans sa phase de transport, un mètre cube d'eau parasite d'infiltration cheminant par n postes induit un coût approché de : Coût (postes) (€) = $0,001 \times HMT_1 \times \Sigma (m)$ – dans l'hypothèse d'un besoin de renforcement de la capacité de pompage lors d'un renouvellement de pompes en raison de la présence d'EPI, le surcoût peut être estimé comme suit : $50 \% \times 63,9 \times (d_2^{0,35} \times HMT_2 - d_2^{0,35} \times HMT_1)$ – réseau : 1,2 €/ml – poste : 100 € (NB : il s'agit d'interventions préventives supplémentaires par rapport aux standards d'exploitation : intervention quinquennale pour le réseau et trimestrielle pour les postes) – réseau : intervention pour curage curatif : 100 € (à moduler selon la gravité de l'intervention)
CXS : surcoût d'exploitation de la station		<ul style="list-style-type: none"> – pour les stations de type boues activées, le surcoût électrique peut être estimé comme suit : coût (station) = $0,0007 \text{ €/m}^3$ – en cas de traitement physico-chimique du phosphore : $0,03 \text{ €/m}^3$ (à adapter en fonction des modalités dosages)
CDV : coût de la réduction de la durée de vie des ouvrages		<ul style="list-style-type: none"> – collecteurs : estimation de la perte économique de la réduction de la fonction utile, du coût lié à la mobilisation anticipée de capitaux pour financer le renouvellement et – pompes : estimation de la réduction de la durée de vie par comparaison de la MTBF ou étude statistique de l'âge de renouvellement des pompes (recherche lien avec proportion d'eaux claires pompée)

3 Représentations cartographiques des canalisations prioritaires à la réhabilitation.



► L'approche a consisté à regrouper les catégories de critères en trois groupes distincts : critères environnementaux, critères sociaux et critères économiques. Cette classification facilite l'approche de la méthode, permettant au gestionnaire, s'il le souhaite, de décider de manière synthétique et intuitive, lors de l'analyse multicritère, du volet qu'il juge le plus important. Un programme de travaux correspondant à un linéaire de réseau d'une trentaine de kilomètres a été construit sur cette base.

La planification à long terme des réhabilitations avec les outils ROCA et GompitZ

Un exemple de procédure rationnelle pour la programmation à long terme des investissements en réhabilitation des conduites d'assainissement non visitables est fourni par l'utilisation de l'outil ROCA (Renouvellement optimisé des conduites d'assainissement) sur le réseau d'assainissement de la Communauté urbaine de Bordeaux (CUB). ROCA a été développé, en collaboration avec Irstea Bordeaux, par la cellule de recherche en gestion patrimoniale de la Lyonnaise des Eaux de Bordeaux, intégrée au laboratoire de recherche LyRE (Lyonnaise des Eaux Recherche), dans le cadre du contrat liant la Lyonnaise des Eaux et la Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB). La démarche mise en œuvre dans ROCA repose sur :

- l'inventaire détaillé du patrimoine et l'investigation de son état,
- l'outil GompitZ de modélisation et prédiction du vieillissement des conduites,
- l'appréciation de la sensibilité des conduites (impact de leur défaillance sur l'environnement et le fonctionnement du réseau),
- la modélisation du risque de défaillance par couplage de la probabilité d'état des conduites et de leur sensibilité,
- la simulation à moyen ou long terme de l'effet des réhabilitations annuelles successives des conduites les plus à risque.

La connaissance du patrimoine et de son état

L'inventaire du patrimoine

À l'instar de l'outil INDIGAU détaillé plus haut, la démarche ROCA repose d'abord sur une connaissance fiable et détaillée du patrimoine des conduites d'assainissement non visitables. Ces données sont disponibles au sein d'un système d'information géographique (SIG), le système APIC dans le cas de la CUB, à l'échelle du tronçon de réseau, défini comme le linéaire de conduites de mêmes date de pose, matériau et forme/dimensions compris entre deux regards de visite. D'autres données utiles sont la date éventuelle de réhabilitation ou renouvellement du tronçon, la nature de l'effluent transporté (eau usée, pluvial ou unitaire), le risque de formation de H₂S, le type d'occupation de l'emprise en surface (chaussée selon intensité du trafic, trottoir, espace vert, etc.), la profondeur, la pente, la nature du sol encaissant, etc.

D'importants efforts ont été consacrés à améliorer les données relatives aux 3 640 km de réseau non visitable qui dessert la CUB, entre 2007 où seulement 15 % du linéaire du réseau était renseigné en date de pose et matériau, et 2011 où ce taux a été porté à 87 % pour la date de pose et 74 % pour le matériau.

L'investigation de l'état des conduites

Les rapports d'inspection télévisée (ITV) disponibles sur la CUB sont archivés par l'outil SHED au format de la norme EN13508-2, et transformés en une note d'état à quatre niveaux décrits au tableau 6. Entre 1996 et 2011, 14 % du linéaire total a été inspecté dont la répartition brute est portée à la figure 4. Une importante campagne d'ITV a été effectuée en 2005 sur un échantillon purement aléatoire de collecteurs (i.e. ITV non motivées par une réception de travaux ou la suspicion d'un mauvais état), dans le but d'améliorer la représentativité des rapports disponibles.

L'outil GompitZ de modélisation et prédiction du vieillissement des conduites

Issu du programme européen de recherche CARE-S (2002-2005, 5^e PCRD), l'outil probabiliste GompitZ (Le

5 Classes globales d'état d'un collecteur définies par SHED.

Niveau de gravité	Descriptif
1	État neuf – Risque faible Aucune anomalie Pas de travaux d'entretien nécessaires Surveillance de routine
2	État médiocre – Risque moyen Défauts ponctuels Opérations d'entretien suffisantes Surveillance renforcée par inspections de contrôle
3	État mauvais – Risque élevé Réhabilitation nécessaire à moyen terme
4	État catastrophique – Risque immédiat Réhabilitation nécessaire à court terme

Gat, 2008) modélise la détérioration des canalisations d'assainissement comme une chaînes de Markov, dont les états successifs sont illustrés par le tableau 5 ; les temps de séjour dans ces états de détérioration suivent par hypothèse des distribution de Gompertz (d'où le nom du modèle GompitZ), dont les fonctions de survie sont illustrées par la figure 6.

Le calage du modèle

Les spécificités du contexte local (historique du réseau, matériaux, sols, gestion technique, données disponibles, etc.) font qu'il n'existe pas de modélisation « standard ». Le modèle GompitZ doit donc être paramétré au cas par cas, ce qui suppose le choix des *variables explicatives*, et l'estimation statistique des coefficients de régression

afférents, selon une technique dérivée de la régression logistique ordinale. Cette opération de calage du modèle nécessite des observations de l'état (rapports d'inspections télévisées traduits en notes d'état) d'un échantillon représentatif des états et âges des collecteurs, sans nécessité d'inspections répétées des mêmes ouvrages.

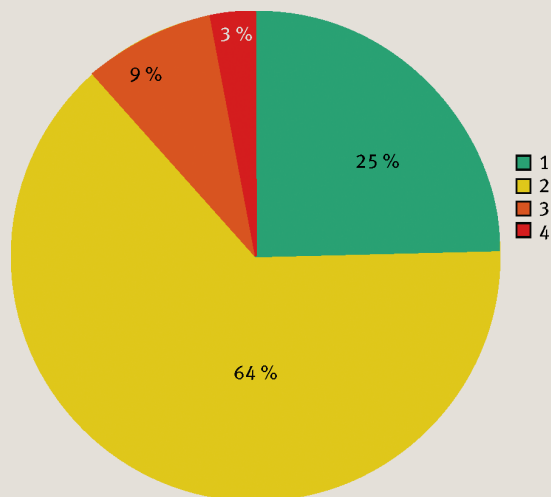
La validation du modèle

La capacité de GompitZ d'extrapoler l'état de collecteurs non inspectés, et de prédire l'état futur de l'ensemble du patrimoine, peut être validée en scindant les observations disponibles en 80 % utilisées au calage du modèle, et 20 % restants permettant de comparer graphiquement les prédictions aux observations. La courbe de validation croise en abscisses le rang relatif des tronçons ordonnés par probabilités décroissantes de détérioration, et en ordonnées le nombre cumulé relatif de tronçons réellement détériorés.

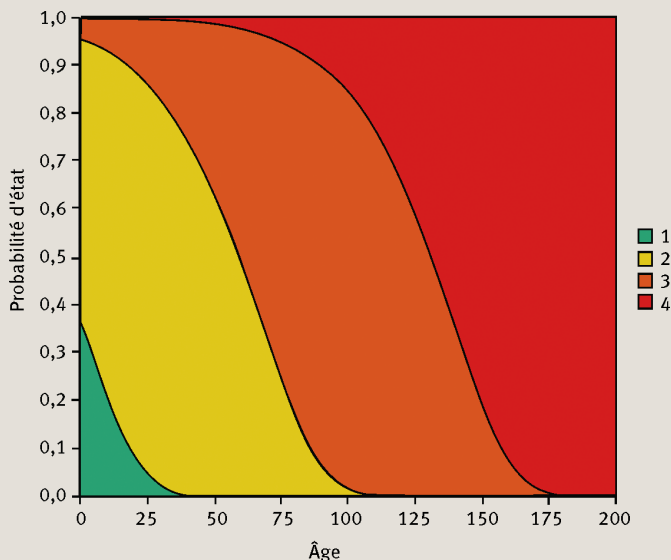
La mise en œuvre du modèle GompitZ sur le réseau d'assainissement de la CUB est illustrée par les données relatives aux 36 929 collecteurs en béton (linéaire de 1 153,6 km), dont 5 358 (linéaire de 171,3 km) ont été inspectés entre 1996 et 2011.

La figure 6 porte un exemple de fonctions de survie calées pour les collecteurs pluviaux en béton non armé. Afin de valider la performance prédictive du modèle, l'échantillon inspecté des collecteurs béton a été scindé aléatoirement en 4 286 collecteurs pour le calage, et 1 072 pour la validation. La figure 6 illustre la forte surconcentration de collecteurs observée dans l'état 4 parmi les collecteurs dont la détérioration prédite est la plus élevée.

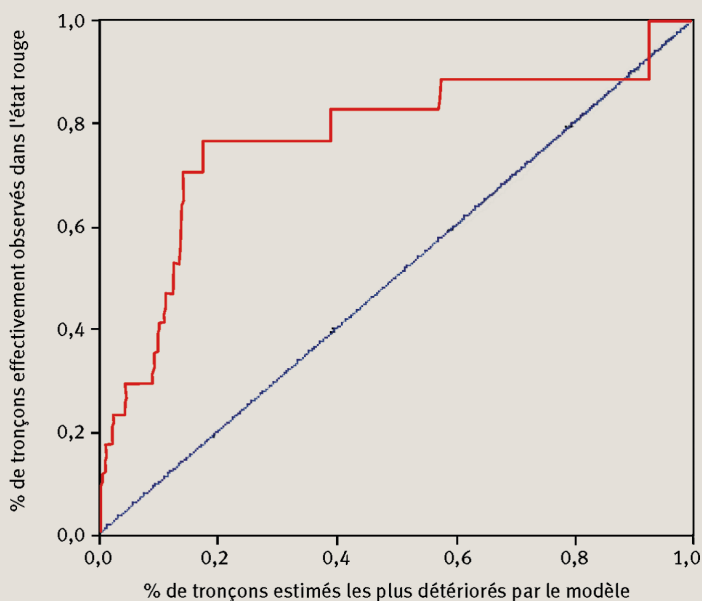
4 Répartition brute du linéaire inspecté entre 1996 et 2011 entre les quatre classes d'état SHED.



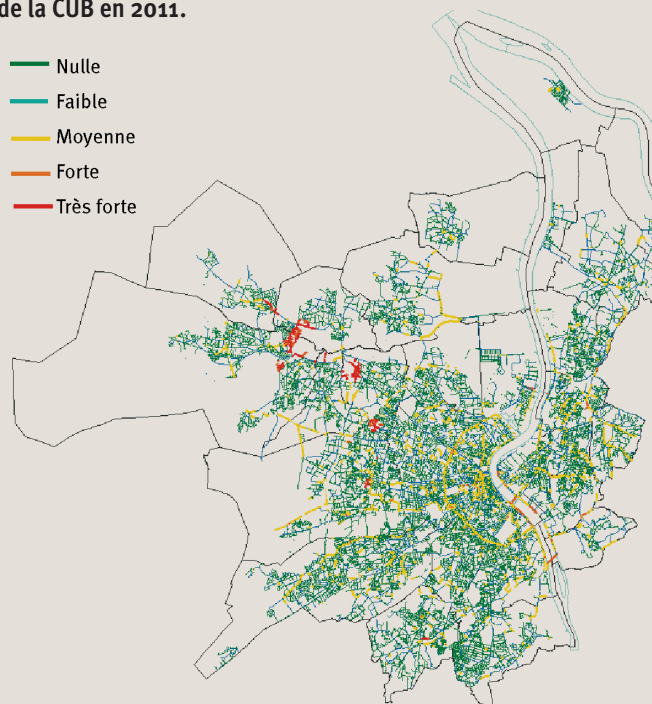
5 Fonctions de survie calées pour les collecteurs pluviaux en béton non armé, de diamètre 400-800 mm, posés entre 1959 et 1992 en sol fortement corrosif.



6 Courbe de performance prédictive afférente à l'état critique 4 pour le sous-échantillon de validation.



7 Sensibilité du réseau d'assainissement de la CUB en 2011.



► Modélisation du risque et priorité de réhabilitation

Le risque afférent à la défaillance d'un collecteur est par définition l'espérance mathématique de l'impact de la défaillance. La difficulté tient cependant à la nature qualitative et subjective de l'appréciation de l'impact, et à la nécessité opérationnelle de définir *in fine* des priorités de réhabilitation. La démarche adoptée dans ROCA consiste à modéliser le jugement d'experts en réhabilitation des collecteurs en matière :

- d'appréciation de la sensibilité des collecteurs,
- de couplage de l'état de détérioration et de l'impact pour hiérarchiser la priorité d'action.

Modélisation de la sensibilité

Le modèle de sensibilité est construit par régression linéaire sur rangs, en s'appuyant sur l'expérience d'un groupe d'experts à partir du classement d'un échantillon représentatif de plusieurs dizaines de tronçons. Les tronçons sont classés sur cinq critères d'impact :

- pollution du milieu environnant,
- impact sur établissements sensibles, et points noirs d'exploitation,
- difficultés d'intervention,
- densité urbaine,
- caractère structurant du tronçon.

L'application sur la CUB a permis d'estimer à 9 % le linéaire dont l'effondrement ou une perte de fonctionnalité pourrait être à conséquence grave (figure 7).

Modélisation de la priorité d'action

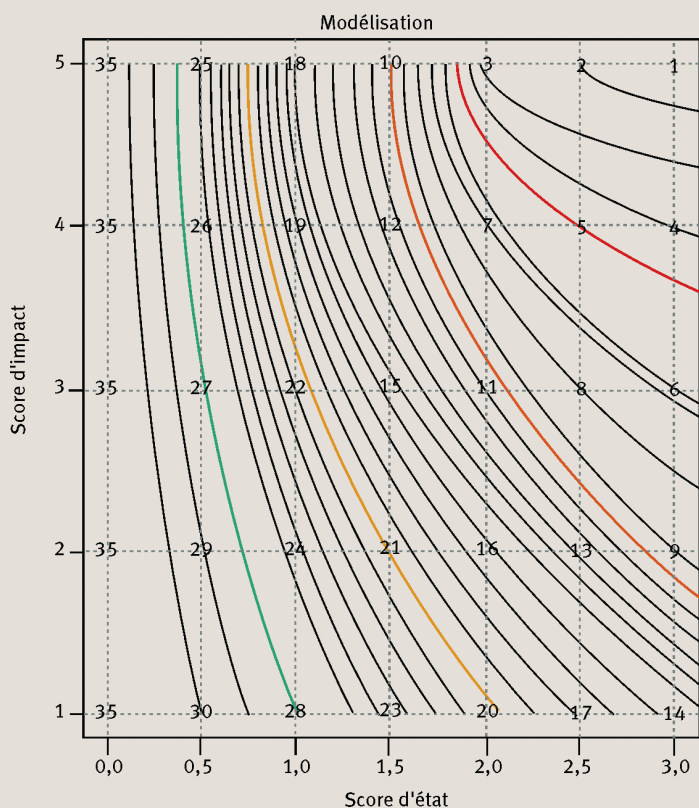
La modélisation de l'urgence de renouvellement à dire d'experts croise le score d'état prédit par GompitZ et le score d'impact issu du modèle de sensibilité, en reliant les niveaux de priorité d'action attribués par les experts par des arcs de paraboles (figure 8). La hiérarchisation de 35 cas-types soumis aux experts indique que plus les collecteurs sont dans un état de détérioration avancée, plus leur sensibilité pèse dans la détermination des priorités de renouvellement.

La simulation des réhabilitations

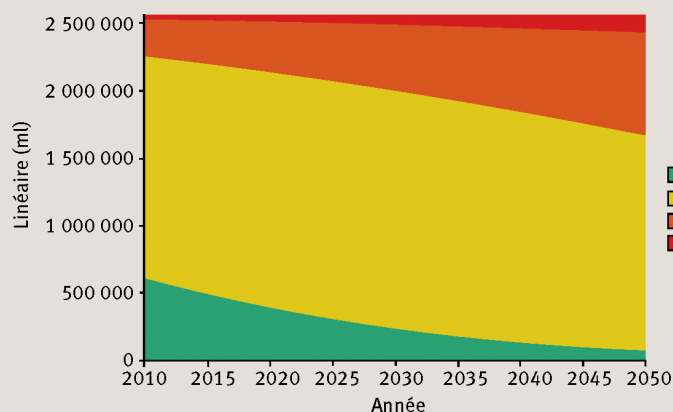
L'outil ROCA permet de simuler, à effort annuel d'investissement fixé ou à objectif fixé d'état moyen du réseau à horizon donné, l'effet de la réhabilitation des collecteurs les plus à risque, en tenant compte des contraintes de l'évolution urbaine (extensions de réseaux, déplacements programmés de collecteurs, programmes de réhabilitation de la voirie). ROCA diagnostique aussi la qualité et la représentativité des données disponibles. Les simulations portant sur 73 % du linéaire de la CUB (renseignés en date de pose et matériau) montrent une évolution probable de l'état du réseau en absence de toute réhabilitation illustrée par la figure 9. La comparaison de différents scénarios annuels de réhabilitation entre 2011 et 2018 est illustrée par la figure 10.

L'outil de simulation ROCA, combinant le modèle de détérioration GompitZ à un modèle de sensibilité des collecteurs, permet à la collectivité de disposer d'une visibilité sur l'état de son réseau d'assainissement, et ainsi d'établir son programme optimal de renouvellement en tenant compte des anticipations de dégradation

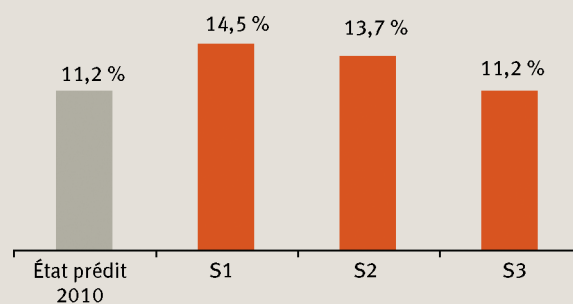
8 Matrice des priorités de renouvellement.



9 Vieillesse probable du réseau sans renouvellement.



10 Part prédite du linéaire du réseau dans les états 4 et 5 selon le taux annuel de renouvellement S1 = 0 %, S2 = 0,24 %, S3 = 1,07 %



des conduites et du contexte local. La mise en œuvre de cette méthodologie sur le réseau de collecte non visible de la CUB a permis d'améliorer la connaissance du patrimoine, en complétant les données nécessaires aux différents modèles décrits et en identifiant de manière objective les facteurs influençant l'état de détérioration du réseau, et de préparer un compte prévisionnel optimal, en comparant les stratégies de renouvellement à long terme.

Conclusion

La présentation des méthodologies de choix multicritères pour des plans de réhabilitation annuels développés dans le projet INDIGAU et dans l'outil opérationnel INDIGAU qui en a découlé et de simulations pluriannuelles de ROCA sur des données de la CUB montre l'évolution des travaux multipartenaires en termes de gestion patrimoniale. Ces deux démarches qui pourront s'enrichir mutuellement devraient également permettre aux collectivités d'entrer dans une approche prévisionnelle de la réhabilitation des réseaux d'assainissement tenant compte de l'état du réseau et de la vulnérabilité de son environnement naturel et socio-économique et d'envisager parallèlement le calage de stratégies financières permettant son financement.

Le développement et la mise au point de tels outils pour la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement est un sujet qui doit impliquer conjointement des acteurs

complémentaires : les chercheurs, pour le développement de modèles (méthodologiques, statistiques, hydrologiques, économiques, etc.), les collectivités, pour la co-construction des problèmes à résoudre, pour l'expression d'expertise et la constitution de bases de données nécessaires à la recherche, les bureaux d'étude et les délégués qui conseillent les collectivités dans la gestion de leur patrimoine et/ou les accompagnent dans la production et l'utilisation des outils informatiques de gestion du patrimoine.

Les travaux exposés rapidement dans cet article s'inscrivent dans des partenariats qui mobilisent ces différents acteurs.

Concernant la démarche RERAU-INDIGAU, on peut ainsi distinguer plusieurs temps :

- le temps de la formulation, avec la production, au sein du projet national RERAU, d'un « guide méthodologique » définissant les données à mobiliser, la façon de les croiser, et ce que devraient produire les outils informatiques ;
- le temps du développement, avec la production, dans le cadre d'un projet financé par l'ANR, de modèles et de prototypes informatiques ;
- le temps de l'implémentation, chez les gestionnaires de patrimoines, des outils informatiques éventuellement « customisés » (phase en cours) ;
- un temps de mutualisation des retours d'expérience (à venir, dans le cadre du « club utilisateurs » INDIGAU)

pour la modification de certains modèles, pour le développement de l'aide à l'utilisation des modèles et des outils informatiques, et pour tenter d'évaluer les bénéfices de l'utilisation des outils mis en place. Pour l'instant, cette évaluation se limite aux gains de productivité et de standardisation des procédures d'évaluation (exploitation rapide et systématique des résultats des inspections visuelles). Il faut noter que la mise en place de ces outils au sein d'une collectivité est un processus complexe car il implique de mobiliser des données d'autres services (par exemple, la représentation du trafic automobile et des transports publics) et il pose le problème de la gestion éclatée des différentes activités et données d'un service assainissement (résultats des inspections, données de curage, données d'auto-surveillance, etc.). La mise en œuvre d'une telle démarche nécessite une volonté forte de la part des gestionnaires et entre pleinement dans l'évolution vers la gestion intégrée des eaux urbaines.

Concernant l'implémentation des outils GompitZ et ROCA, des efforts de recherche devront être consacrés à la connaissance des coûts de maintenance et réhabilitation des collecteurs, ainsi que des coûts afférents aux impacts des défaillances. Une voie importante de recherche a en outre trait à la durée optimale de maintien en service d'un ouvrage ; celle-ci devrait pouvoir être déduite des probabilités de détérioration estimées par GompitZ et de l'impact attendu des défaillances afférentes aux états de détérioration, en prenant en compte des contraintes :

- de coordination avec les travaux de voirie, ou concernant des réseaux tiers,
- de taille réaliste des chantiers de réhabilitation, concernant nécessairement des tronçons adjacents ne présentant pas forcément tous le même niveau de risque,
- d'évolution urbaine pouvant nécessiter le redimensionnement de certains ouvrages. ■

Les auteurs

Caty WEREY, Anne ROZAN et Christophe WITTNER

Irstea-Engées, UMR GESTE,
Gestion territoriale de l'eau et de l'environnement,
67070 Strasbourg

✉ caty.werey@irstea.fr
✉ anne.rozan@engees.unistra.fr
✉ christophe.wittner@irstea.fr

Yves LE GAT

Irstea, UR REBX, Réseaux, épuration et qualité des eaux,
50 avenue de Verdun, Gazinet, 33612 Cestas Cedex

✉ yves.legat@irstea.fr

Pascal LE GAUFFRE

INSA-Lyon, LGCIE,
Laboratoire Génie civil & ingénierie environnementale,
69621 Villeurbanne, et Université de Lyon, 69003 Lyon

✉ pascal.le-gauffre@insa-lyon.fr

Kévin NIRSIMLOO

G2C environnement, 13770, Venelles

✉ k.nirsimloo@altereo.fr

Cyril LECLERC

Lyonnaise des Eaux, LyRe, 33029 Bordeaux

✉ cyril.leclerc@lyonnaise-des-eaux.fr

QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

- ✉ **ABRAHAMS, A.N., HUBELL, B.J., JORDAN, J.L.**, 2000, *Joint production and averting expenditure measures of willingness to pay : do water expenditures really measure avoidance costs*, American Agricultural Economics Association, n° 82, p. 427-437.
- ✉ **LECLERC, C., DROUILLARD, M., JACOPIN, C., LE GAT, Y., ANSELME, C.**, 2011, *Retour d'expérience sur la mise en œuvre d'un outil d'aide à la décision pour la programmation d'investissements de renouvellement de réseaux d'assainissement*, Actes de la conférence internationale de l'Astee « Les outils de la gouvernance locale des services d'eau et d'assainissement », Bordeaux 5-6 octobre 2011.
- ✉ **LE GAT, Y.**, 2008, *Modelling the deterioration process of drainage pipelines*, *Urban Water Journal*, 5(2), p. 97-106.
- ✉ **LE GAUFFRE, P., JOANNIS, C., BREYSSE, D., GIBELLO, C., DESMULLIEZ, J.-J.**, 2004, *Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains. Guide méthodologique*, Paris, Lavoisier Tec&Doc, 416 p.
- ✉ **LE GAUFFRE, P., CHERQUI, F., DE MORDANT DE MASSIAC, J.-C., JOANNIS, C., WEREY, C., ROZAN, A., et al.**, 2010, *Rapport final du projet INDIGAU Indicateurs de performance pour la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains, projet ANR-RGC&U (2006-2010)*, 112 p. + annexes.
- ✉ **NIRSIMLOO, K., CHERQUI, F., LAMPLE, M., ROULAND, G., DEBÈRES, P., WEREY, C., AHMADI, M., LE GAUFFRE P., DE MASSIAC, J.-C.**, 2012, *Vers une gestion patrimoniale plus performante : l'exemple de la Communauté d'Agglomération Caen la Mer*, in : *Améliorer la performance des services publics d'eau et d'assainissement*, coord. ROCHE, P.-A., CANEVA, G., ASTEE-ouvrage pour le 6^e forum mondial de l'eau 2012, p. 142- 145

► Consulter l'ensemble des références sur le site de la revue www.set-revue.fr



Photographie issue de l'inspection télévisée (ITV) d'un réseau d'assainissement.