

Les outils de la gestion patrimoniale des réseaux d'alimentation en eau potable

Les savoir-faire

►► Fiche accessible en ligne sur le site <http://sinfotech.cemagref.fr/asp/index.asp>

Le réseau des canalisations représente plus de 80% de la valeur patrimoniale des installations d'un service d'alimentation en eau potable; sa gestion patrimoniale est donc un enjeu fort pour les collectivités. La durée de maintien en service des conduites peut être longue ; des canalisations posées il y a plus de 150 ans continuent d'assurer correctement leur fonction. Inversement, en raison de leur matériau, de leurs conditions de pose, de leur régime hydraulique, de leur environnement ou de la qualité de l'eau, certains tronçons connaissent des avaries et doivent être remplacés précocement.

La mise en place d'une planification du renouvellement des réseaux pose donc les questions du rythme de renouvellement et de la hiérarchisation des travaux. Le Cemagref travaille sur ces questions depuis plus de 10 ans. Il propose des approches et des outils qui visent à aider les décideurs depuis la collecte des données jusqu'à la prise de décision de renouveler les canalisations.

La collecte des données, une démarche fondamentale

Les réseaux d'alimentation en eau potable (AEP) sont enterrés et non visitables. Les informations concernant la consistance du réseau (âge, diamètre, nature des canalisations) résultent des documents relatifs au premier établissement des canalisations. En dehors d'investigations ciblées, les informations directes concernant l'état des canalisations ne sont accessibles que lors des interventions réalisées pour l'extension, la modification ou la réparation du réseau. La collecte et la gestion des données techniques relatives au réseau et aux interventions sont indispensables pour la définition et la mise en œuvre d'une politique patrimoniale.

Les données intrinsèques de la canalisation (année de pose, matériau, diamètre), les données environnementales (type de sol, trafic routier...) et les données d'exploitation sont reliées entre elles au niveau du tronçon. La tenue à jour d'un découpage du réseau en tronçons garantissant une affectation fiable des données est donc cruciale.

Une fiche d'enregistrement des défaillances, définie par le service, facilite la collecte des données et garantit la permanence de la méthode dans le temps et entre différents intervenants (Eisenbeis *et al.*, 2002).

La mise en œuvre de la gestion des données est largement facilitée par le recours à un SIG¹.

Dans le cas de la gestion déléguée, pour garantir la pérennité de la démarche en fin de contrat, il est primordial que la collectivité définisse et contractualise les règles de collecte et de gestion des données patrimoniales. Dans cet objectif, les préconisations formulées par le Cemagref (Renaud, 2006) ont été incorporées dans le cadre de contrat de délégation proposé par le groupe national GSP² et le PAT³.

Les démarches départementales

Suite au premier inventaire départemental des canalisations d'eau potable réalisé dans la Manche en 1996, l'association des départements de France et le ministère chargé de l'environnement ont soutenu 7 études pilotes dans les départements de l'Allier, de l'Aveyron, du Doubs, de l'Hérault, de l'Indre-et-Loire, de la Somme et du Bas-Rhin en 2000-2001. Une synthèse a été réalisée (Cador, 2002) puis extrapolée pour dégager des valeurs nationales. Le patrimoine national a été



▲ Photo 1 – Le vieillissement des canalisations.

▲ Figure 1 – La collecte des données : écran de saisie SIROCO.



Contacts ►►

Eddy RENAUD
Cemagref, UR Réseaux, épuration et qualité des eaux,
50 avenue de Verdun, Gazinet,
33612 Cestas Cedex
Tél. 05 57 89 08 33
eddy.renaud@cemagref.fr

Caty WEREY
Cemagref/ENGES Strasbourg
UMR Gestion des services publics,
1 quai Koch, BP 61039
67070 Strasbourg Cedex
Tél. 03 88 24 82 53
cwerey@enges.u-strasbg.fr

1. Système d'information géographique.
2. Gestion des services publics.
3. Pôle d'appui technique.

Encadré 1 – Les outils d'aide à la décision élaborés dans le cadre du projet CARE_W

►►► <http://care-w.unife.it>

Care-W_ARP : (Institut national des sciences appliquées, Lyon) modèle et procédure multicritères permettant de définir les conduites prioritaires à intégrer dans un programme de réhabilitation annuel ou pluriannuel qui prend en compte des critères tels que la continuité du service, les coûts de réparation, la préservation du milieu urbain, la qualité de l'eau distribuée, la préservation quantitative de la ressource. Cet outil utilise les résultats de PHM et *failnet-reliab*.

Care-W_LTP : (Université de Dresden, Allemagne) procédure visant à élaborer une stratégie de réhabilitation (taux de renouvellement ou de rénovation à appliquer, sur 10 à 20 ans, à chaque catégorie distincte de conduites) en fonction des hypothèses formulées quant à la durée de vie des conduites et en fonction de scénarios d'évolution du contexte de la gestion (consommations, tarification, etc.).

4. Unité mixte de recherche « Gestion des services publics ».

5. Bureau d'économie théorique et appliquée – Université Louis Pasteur.

6. Cadre historique d'inventaire d'aide à la maîtrise de l'exploitation des réseaux d'eau.

7. Computer aided rehabilitation of water networks.

8. Linearly extended Yule process.

évalué à 850 000 km de canalisations hors branchements, et sa valeur de remplacement à 85 milliards d'euros. Un renouvellement du parc sur 85 ans conduirait à investir en moyenne 1 milliard d'euros par an.

Notons cependant une grande diversité entre les départements pilotes sur les objectifs, les méthodes, les partenaires et la finesse des résultats. La participation des acteurs locaux est primordiale et le retour des résultats et bases de données vers les services d'eau potable ne doit pas être négligé. Se pose également la question de la mise à jour des données en lien avec celle du niveau d'implication des conseils généraux dans leur exploitation pour définir les besoins de renouvellement et les politiques d'aide au renouvellement qui peuvent aller jusqu'à l'aide à la décision pour les plus petites collectivités.

D'autres départements ont suivi : La Savoie en 2000, le Calvados en 2001, la Meuse en 2005...

L'inventaire départemental du Bas-Rhin (Janel *et al.*, 2001 ; Wery *et al.*, 2006)

L'inventaire des canalisations, réalisé sur l'ensemble du département a été stocké dans une base de données, structurée dès le départ, dans l'idée de la tenir à jour et d'analyser ces données pour construire des stratégies de renouvellement. Les données collectées concernent le tuyau (diamètre, matériau, date de pose, longueur...) mais également son environnement (nature du sol, position du tuyau sous chaussée ou sous trottoir...), les équipements présents sur la conduite et

les défaillances subies par la conduite. Ces données ont, en grande partie, été collectées directement auprès des services. Ces éléments ont permis la détermination de grille d'évaluation de la valeur à neuf, tenant compte des caractéristiques de la conduite et de son environnement.

Les données sur les défaillances sont variables selon qu'il existait déjà une base de données des défaillances ou que les données ont été recensées sur des plans ou de mémoire d'exploitant.

Une analyse de données a été menée par l'UMR GSP⁴ en partenariat avec Jean-Paul Villette du BETA-ULP Strasbourg I⁵. Un échantillon de 100 communes comprenant 10 994 tronçons soit 1 063 km a été sélectionné. L'historique des défaillances, connu sur 5 ans (1995-2000) comportait 1 102 défaillances localisées sur 834 tronçons. Cette étude a permis d'identifier, parmi les 25 variables liées à la conduite et à son environnement, lesquelles étaient liées à l'occurrence de défaillances.

Une estimation de la valeur à neuf, assise sur les mêmes données, a permis d'évaluer le patrimoine et de faire des propositions de stratégies de renouvellement à l'échelle départementale.

L'ensemble de la base de données d'inventaire a été intégré dans un outil global, développé au sein du conseil général : CHIMERE⁶ (www.astee.org). CHIMERE est une source de données pour l'observatoire de l'eau lancé en 2004 dont l'objectif est d'améliorer, de formaliser et de tenir à jour la connaissance des installations techniques, et ainsi fournir des éléments pour la mise en place d'une politique de gestion à l'échelle départementale.

Prévoir les casses futures grâce à l'historique des interventions

L'équipe « Patrimoine » du Cemagref de Bordeaux étudie depuis plus de dix ans le vieillissement des réseaux. L'approche choisie consiste à estimer pour une période future, le nombre de casses que subira chacun des tronçons de canalisation en s'appuyant sur les données décrivant les canalisations et leur environnement et sur l'historique des casses.

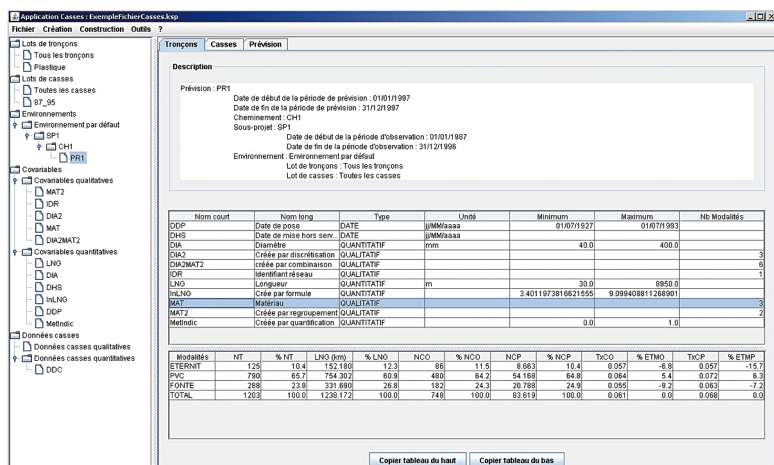
En 1994, Patrick Eisenbeis a proposé une méthode statistique inspirée de l'épidémiologie. Il s'agit d'une approche probabiliste multi paramètre de la durée entre deux casses en fonction des caractéristiques du tronçon et de son environnement selon une loi de Weibull.

Dans le cadre du programme de recherche européen Care_W⁷ (encadré 1) qui s'est déroulé de 1999 à 2002, la pertinence du modèle a pu être démontrée et un logiciel prototype a été développé : Care_W-PHM.

Dans la continuité de ces travaux, Yves Le Gat a mis au point dans le cadre de sa thèse un nouveau modèle de prévision des casses. Il s'agit de la modélisation statistique d'un processus de comptage qui prend en compte les caractéristiques du tronçon et de son environnement, mais également son âge et le nombre de casses qu'il a subi. Il s'agit d'un modèle de Yule linéairement étendu : LEYP⁸.

Ce modèle a été appliqué avec succès sur des cas concrets en France et à l'étranger. Il est

▼ Figure 2 – Le logiciel « Casses » : l'exploration des données.



aussi performant que le précédent modèle pour hiérarchiser les canalisations les plus à risque ; il permet de plus une meilleure estimation de nombre de casses prévu. Ce nouveau modèle a donc été choisi pour le développement du logiciel de prévision des casses « Casses ».

Le logiciel « Casses »

Les données utilisées par le logiciel sont la description des tronçons du réseau et l'historique des casses intervenues sur chacun des tronçons. Le logiciel a été conçu pour s'adapter à la diversité des pratiques des services. Au-delà des données obligatoires (date de pose, matériau et longueur des tronçons, dates des casses), le logiciel est en mesure de valoriser la plupart des données collectées par les services (corrosivité du sol, trafic routier, profondeur...).

Le principal résultat obtenu grâce au logiciel est la prévision du nombre de casses que subira chacun des tronçons au cours d'une période future. La première étape dans la réalisation d'un projet est l'importation des données. Des tests d'importation analysent le contenu des données. Un rapport d'importation décrit dans le détail les anomalies éventuellement rencontrées.

L'écran principal donne accès au contenu des données au moyen de tableaux représentant la répartition des tronçons et des casses en fonctions de leurs différents attributs. À ce stade, l'utilisateur peut constituer les sous-ensembles de tronçons et de casses qu'il souhaite étudier et créer de nouvelles données à partir des données existantes. Un assistant guide l'utilisateur pour réaliser les différentes étapes nécessaires au calcul d'une prévision.

Pour le calage du modèle statistique, l'utilisateur est aidé par un module de conseil qui permet d'éliminer les covariables qui ne sont pas significatives. Les résultats des calculs peuvent être visualisés en regard des données importées, puis exportés.

Le logiciel est commercialisé directement par le Cemagref. Les services déconcentrés bénéficient d'un tarif préférentiel⁹.

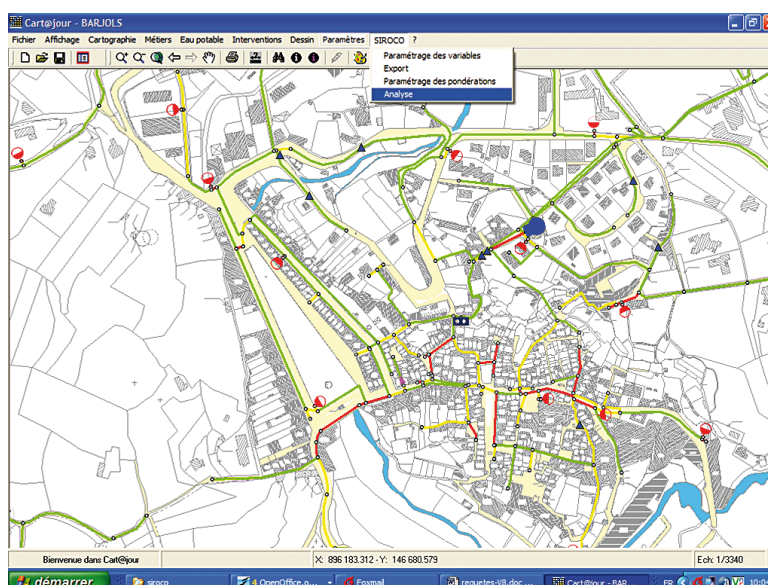
L'aide à la décision¹⁰ de renouveler les canalisations

Le logiciel SIROCO¹¹, une approche multicritère accessible aux petites et moyennes collectivités

Le logiciel SIROCO a été développé par le Cemagref et le bureau d'étude G2C Environnement dans le cadre d'un projet financé par le ministère chargé de la recherche.

La finalité de SIROCO est de mettre à la disposition des petites et moyennes collectivités distributrices d'eau potable un outil permettant de hiérarchiser les tronçons de canalisation candidats au renouvellement.

Les petites collectivités ne disposent pas individuellement d'une masse de données suffisante pour permettre une utilisation satisfaisante des modèles de prévision de casses. Pour lever cet obstacle, SIROCO permet de mutualiser les données de plusieurs collectivités. Ce dispositif est rendu possible par l'utilisation d'un système d'information géographique.



La nécessité de renouveler une canalisation fait intervenir des considérations qui vont au-delà du nombre de casses. SIROCO prévoit un module multicritère d'aide à la décision qui fait intervenir des critères d'impact (interruptions de la distribution, perturbation du trafic routier, coût des réparations...) et des critères d'opportunité (besoin en renforcement, travaux concomitants).

Le logiciel SIROCO utilise les logiciels « Casses » et « Criticité » (encadré 2) développés par le Cemagref, le SIG Cart@jour et sa couche métier « eau potable » développés par G2C Environnement. L'ensemble constitue un système intégré qui permet à l'utilisateur d'aboutir à une hiérarchisation des tronçons candidats au renouvellement dont il peut avoir une visualisation cartographique.

Le logiciel SIROCO est commercialisé par G2C Environnement (www.g2c.fr).

La prise de décision à travers une approche d'optimisation pluriannuelle multi-objectifs

À Strasbourg, Amir NAFI a développé une approche de programmation pluriannuelle prenant en compte le vieillissement, le rôle hydraulique de la conduite, les coûts de tra-

▲ **Figure 3 –**
Le logiciel SIROCO : la visualisation des résultats.

9. Contact : casses@cemagref.fr
tél. 05 57 89 01 65 .

10. Pour avoir des informations techniques sur les produits, voir encadré 3, page 4.

11. Système intégré d'aide au renouvellement optimisé des conduites adapté aux petites et moyennes collectivités distributrices d'eau potable.

Encadré 2 – Le logiciel « Criticité »

Faisant suite au prototype « Failnet-Reliab » mis au point dans le cadre du projet CARE_W, Le logiciel « Criticité », développé et commercialisé par le Cemagref de Bordeaux permet d'estimer la criticité hydraulique de chacun des tronçons du réseau.

Lorsqu'un tronçon subit une casse, la distribution n'est pas perturbée dans les mêmes proportions selon qu'il s'agit d'une extrémité de réseau qui dessert quelques usagers ou d'une canalisation maîtresse en sortie de réservoir.

Partant de ce constat, un indicateur appelé « Criticité hydraulique » a été bâti. Il mesure la quantité annuelle d'eau non distribuée dans l'ensemble du réseau en raison des casses du tronçon. Le logiciel « Criticité » calcule cet indicateur pour chacun des tronçons à partir d'une représentation hydraulique du réseau et des résultats d'une prévision de casses.

Dans sa version actuelle, le logiciel effectue un calcul simplifié qui ne prend en compte que les usagers totalement privés d'eau quand le tronçon est déficient. Une version plus élaborée qui intégrerait les volumes non distribués à des abonnés partiellement privés d'eau est à l'étude.

Encadré 3 – Informations techniques

Logiciels *	« Cassettes »	« Criticité »	« SIROCO »	« Optimisation pluriannuelle multi-objectifs »
Disponibilité	Disponible	Avril 2008	Disponible	Non (prototype)
Liens	Autonome	Utilise les résultats de « Cassettes »	Intègre « Cassettes » et « Criticité »	Utilise les résultats de « Cassettes »
Formation	Souhaitable, assurée par le Cemagref	Souhaitable, assurée par le Cemagref	Indispensable, assurée par G2C	
Prestations	Possible si intérêt de recherche	Possible si intérêt de recherche	Par G2C, offre PATRI-MONIO	Possible si intérêt de recherche
Distribution	Cemagref Bordeaux	Cemagref Bordeaux	G2c Environnement	UMR Cemagref-ENGEES-GSP-Strasbourg
Contacts	05 57 89 01 65 cassettes@cemagref.fr	05 57 89 01 65 cassettes@cemagref.fr	04 42 54 00 68 g2c@g2c.fr	03 88 24 82 53 caty.werey@engees.u-strasbg.fr

* Ces logiciels s'adressent à des techniciens confirmés dans le domaine de l'eau potable.

vaux, sous contrainte budgétaire. Elle propose trois possibilités : réparer, renouveler à l'identique, renforcer. Ce travail fait suite à une première approche technico-économique de choix de la date optimale du renouvellement (Werey, 2000), prenant en compte le vieillissement et les coûts directs et indirects de réparation et de renouvellement.

Le modèle proposé permet les avancées suivantes :

- une approche d'optimisation multi-objectifs ayant recours à un algorithme génétique, qui permet d'évaluer différentes politiques de renouvellement sur la base de critères économiques et techniques ;
- une description des données nécessaires à la prise de décision devant être disponibles au niveau du service de l'eau et leur utilisation dans un modèle statistique de prévision de casses et un logiciel de simulation hydraulique ;
- la mesure de l'impact de la programmation pluriannuelle des travaux de renouvellement sur le fonctionnement du réseau et sa structure et l'impact de la répartition du budget tout au long de l'horizon de planification

sur l'amélioration du fonctionnement du réseau ;

- la mesure de la fiabilité hydraulique des réseaux AEP par la définition d'indices de fiabilité ;
- la proposition d'un outil de négociation avec les autres services pouvant intervenir sur la chaussée, afin de permettre une programmation du renouvellement qui ne se base pas exclusivement sur les travaux de voirie par exemple ;
- la description de l'interaction du décideur, dans notre cas le gestionnaire du service de l'eau avec le modèle d'aide à la décision et son implication dans le processus de décision.

Le modèle a été appliqué sur deux syndicats de communes du Bas-Rhin. Les résultats ont montré qu'il permet une amélioration significative du fonctionnement des réseaux étudiés et une programmation pluriannuelle des investissements de renouvellement assurant un lissage des ressources financières sur un horizon de planification de 5 ans (Louppe, 2007). Son évolution vers un outil convivial est en cours d'étude. □

Bibliographie

- CADOR, J.-M., 2002, Le patrimoine en canalisations d'AEP en France, bilan des huit enquêtes départementales et estimation nationale, rapport au MATE et à l'ADF, 183 p.
- EISENBEIS, P., WEREY, C., LAPLAUD, C., 2002, L'enregistrement des défaillances pour améliorer la connaissance des réseaux d'eau potable, TSM, n° 2002-6, p. 42-46.
- JANEL, J.-L., GANDON, G., WEREY, C., VILLETTE, J.-P., WEBER, E., 2001, Inventaire des réseaux d'eau du Bas-Rhin 2000, rapport au conseil général du Bas-Rhin, 7 cahiers, 235 p.
- LOUPPE, A., 2007, Étude diagnostique des installations du syndicat des eaux de la Moder (Bas-Rhin) et application d'un outil d'aide à la décision pour le renouvellement des conduites, mémoire TFE ENGEES, Strasbourg, 68 p. + annexes.
- RENAUD, E., 2006, Préconisations pour la collecte et la gestion des données techniques nécessaires à la gestion patrimoniale des réseaux d'alimentation en eau potable, rapport, ministère de l'Agriculture et de la Pêche.
- WEREY, C., 2000, Maintenance des conduites d'eau potable : réparation ou renouvellement, Ingénieries-EAT, n° spécial Assainissement, traitement des eaux, p. 67-75.
- WEREY, C., JANEL, J.-L., GANDON, G., MELLAC-BECK, I., VILLETTE, J.-P., 2006, L'inventaire départemental des réseaux d'eau potable du Bas-Rhin : analyse des facteurs de vulnérabilité, L'Eau, l'industrie, les nuisances, n° 295, p. 41-44.
- www.astee.org/agenda/compte_rendu/fichiers/20060117_strasbourg/20060117_04.pdf