

La durée de vie des canalisations, une notion insuffisante pour conduire une politique de renouvellement

Eddy RENAUD¹, Bernard BREMOND² et Yves LE GAT³

INTRODUCTION

L'estimation du besoin et la gestion des priorités constituent pour les collectivités deux étapes importantes dans la définition de leur politique de renouvellement des réseaux d'eau potable. En effet, l'évaluation des linéaires à renouveler sur le long terme conditionne le rythme annuel des travaux à entreprendre et leur financement alors que la gestion des priorités s'attache à faire les choix des canalisations à renouveler dans les limites de l'enveloppe annuelle.

Les acteurs qui s'impliquent dans le renouvellement des réseaux d'eau potable recourent à la notion de « durée de vie » des canalisations qui exprime la durée d'utilisation de la canalisation entre sa date de pose et sa date de mise hors service. A l'échelle d'un service ou d'un territoire, ils étendent cette notion à un ensemble de canalisations auquel ils attribuent une durée de vie moyenne. On parle, par exemple, de « durées de vie » moyennes des canalisations en fonte grise ou de celles en PVC.

Dans la plupart des cas, l'étape du processus de l'estimation des besoins est assise sur des valeurs standards des « durées de vie » moyennes fixées à dire d'expert, généralement selon le matériau de la conduite. Cette approche est parfois la seule possible pour évaluer des ordres de grandeur à des échelles où les données précises font défaut. Toutefois, elle nous semble souvent utilisée sans discernement et les estimations des besoins qui en découlent sont très discutables du fait de raccourcis abrupts, de généralisations hasardeuses et de manque de distance par rapport aux dires d'expert.

Nous nous proposons donc ici de montrer que la notion de « durée de vie » moyenne, telle qu'elle est généralement employée, est impropre à l'estimation des besoins de renouvellement. Dans un premier temps nous nous intéresserons à la définition de la notion et à son utilisation. Nous aborderons ensuite la notion de courbe de survie et comparerons ces deux approches. Enfin, après avoir distingué « besoins en financements » et « besoins en travaux », nous conclurons par des recommandations dont notamment l'adoption de la notion de « durée de maintien en service ».

1 LA NOTION DE DUREE DE VIE ET SON UTILISATION DANS LE DOMAINE DU RENOUVELLEMENT

1.1 Définitions

La notion de durée de vie est courante en démographie et dans les activités industrielles. Elle nécessite de définir un critère de fin de vie. Par exemple, pour une lampe, le critère peut être le non fonctionnement ou la réduction du flux lumineux en dessous d'un certain seuil. Si on observe, au sein d'un lot de lampes, l'évolution dans le temps du pourcentage de lampes survivantes au sens du critère de fin de vie et que l'on porte sur un graphique ce pourcentage en fonction du temps, on obtient la courbe de survie du lot de lampes testées (Figure 1).

¹ Cemagref, Groupement de Bordeaux, Unité REBX, eddy.renaud@cemagref.fr

² Cemagref, Groupement de Bordeaux, Unité REBX, en retraite

³ Cemagref, Groupement de Bordeaux, Unité REBX, yves.legat@cemagref.fr

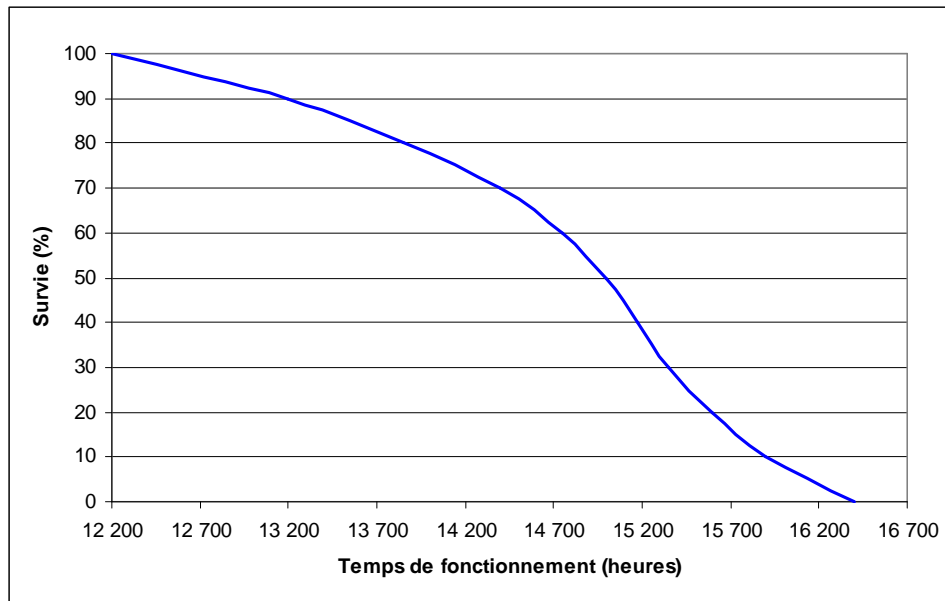


Figure 1 : Exemple de courbe de survie concernant des lampes (Energie plus, 2011)

La durée de vie médiane, souvent appelée à tort durée de vie moyenne, correspond à la durée au delà de laquelle 50% des lampes ont cessé de fonctionner (la durée de vie moyenne correspond au nombre total d'heure de fonctionnement rapporté à l'effectif).

L'espérance de vie représente la durée de vie moyenne de lampes identiques soumises aux mêmes conditions de vieillissement que le lot testé.

Pour des infrastructures telles que les canalisations, il n'existe pas un unique critère permettant de déterminer objectivement la fin de vie. Comme cela sera développé dans la suite, l'utilisation des notions attachées à la durée de vie est donc faite par analogie, ce qui occasionne, d'ailleurs, certaines confusions.

1.2 Durée de vie moyenne des canalisations et estimation des besoins en renouvellement

Les estimations des besoins en renouvellement sont la plupart du temps effectuées sur la base de durées de vie moyennes des canalisations. Cela est particulièrement vrai à l'échelle départementale, où il est rarement possible de définir techniquement les priorités de renouvellement. Les besoins en renouvellement moyens sont alors déterminés en prenant en compte le matériau, l'année de pose de la canalisation et sa durée de vie moyenne. Ils sont répartis chronologiquement comme cela est proposé dans le cadre de l'étude réalisé par le laboratoire GEOPHEN (Figure 2). Ce type d'approche suppose, entre autres simplifications, que toutes les canalisations sont renouvelées lorsqu'elles ont atteint un âge égal à la durée de vie moyenne arrêtée pour leur classe de matériau.

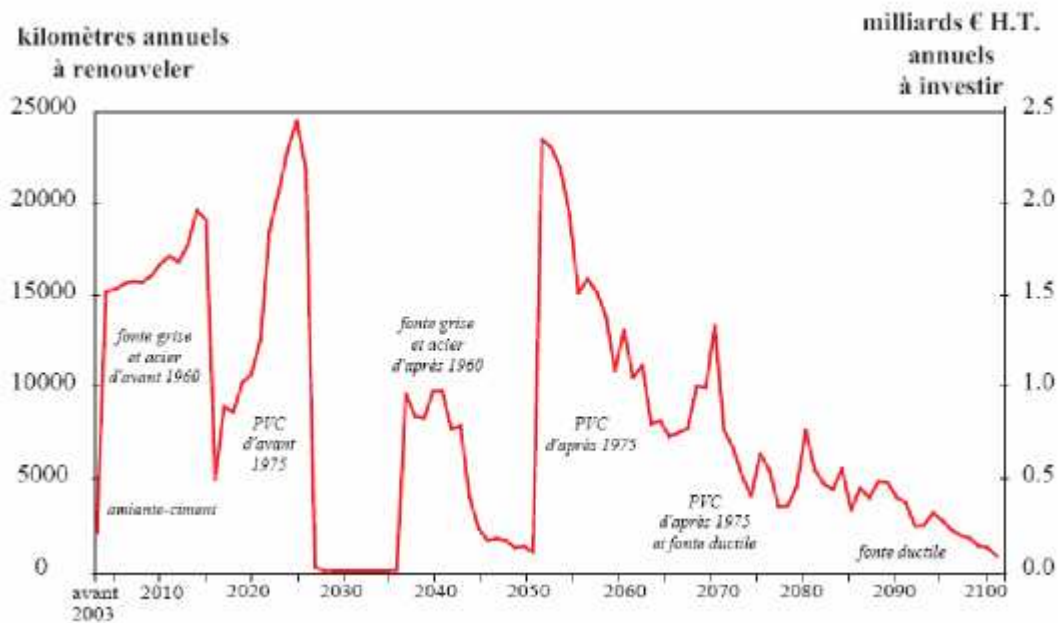


Figure 2 : Besoins en renouvellement estimés à partir d'hypothèses de durées de vie moyennes (Cador, 2002)

Une enquête, réalisée par le Cemagref auprès de différents départements soucieux de prévoir les besoins en renouvellement des canalisations implantées sur leur territoire, a identifié les durées de vie prises en compte ; elles sont indiquées sur le Tableau 1 :

Tableau 1 : Exemples de durées de vie utilisées par les Départements (Renaud et al, 2006)

Département	Source	Durées de vie
Charente maritime	Entretien	50 ans tous matériaux
Hérault	Etude (*)	5 à 100 ans métaux, 5 à 70 ans plastiques
Hérault	Entretien	50 ans tous matériaux
Lot et Garonne	Etude (*)	Entre 40 et 70 ans ou 50 ans
Mayenne	Etude (*)	80 ans
Rhône	Etude (*)	50 ans
Savoie	Etude (*)	60 ans

(*) cf. bibliographie

On rencontre pour les mêmes catégories de canalisations des valeurs de durée de vie moyennes très différentes d'un département à l'autre conduisant à des estimations de besoin éloignées. Par ailleurs ces valeurs ne sont pas affichées comme choisies mais comme impératives.

Le critère de fin de vie pour une canalisation est sa dépose ou sa mise hors service or, les conduites sont réparables ou réhabilitables ; le renouvellement relève donc d'un choix, guidé, soit par des considérations technico-économiques : maintien d'un niveau de service, optimisation des coûts, renforcement, soit par des contraintes ou opportunités externes : travaux sur la voirie et sur les autres réseaux.

Si le non fonctionnement d'une lampe est un phénomène facile à constater et qui conduit inévitablement au remplacement de l'équipement, il n'en est pas de même pour les canalisations souvent posées dans des

environnements hétérogènes et jouant des rôles différents à l'égard de la distribution : l'âge n'est pas en soit un critère de renouvellement.

Ce problème de terminologie est renforcé par le fait que l'adjectif « moyenne » accolé à « durée de vie » disparaît, renforçant encore le caractère absolu de la valeur proposée. Il nous paraît donc plus juste d'utiliser l'expression « durée de maintien en service ». Alors que la « fin de vie » exprime un événement subi, la « mise hors service » désigne clairement le résultat d'un choix du décideur.

2 APPROCHE DU BESOIN EN RENOUVELLEMENT DES CANALISATIONS D'EAU POTABLE AU MOYEN D'UNE COURBE DE SURVIE

2.1 Préambule

Parce que les facteurs de mise hors service d'une canalisation sont nombreux et variables, les « durées de vie » de canalisations d'une même classe de matériau sont très dissemblables. Un groupe de canalisations de même type peut être considéré comme une « population » dont les « durée de vie » sont réparties selon une distribution statistique à partir de laquelle on peut déterminer la courbe de survie en utilisant la méthode décrite au paragraphe 1.1.

Nous proposons de comparer les besoins de renouvellement sur un service estimés à partir de deux méthodes :

- la durée de vie moyenne
- la courbe de survie

2.2 Nature des données

Les données, recueillies sur un seul service, concernent essentiellement les canalisations en fonte grise. Sur une fenêtre d'observation qui s'étend ici de 1995 à 2008 soit 14 ans, les renouvellements sont identifiés chaque année. Si une majorité des canalisations est encore présente à la fin de la fenêtre d'observation, 11% de l'effectif présent en 1995 a été renouvelé pendant cette période. Pour toutes les canalisations en place et renouvelées, les dates de pose et les longueurs sont connues. De plus, pour les conduites renouvelées, la date de renouvellement est connue. Les diamètres concernés sont inférieurs ou égaux à 300 mm.

La distribution des conduites en fonte grise, en service à la fin des observations, est représentée sur la Figure 3. On peut constater que les linéaires posés entre les deux guerres sont importants et qu'après une chute brutale au moment de la deuxième guerre mondiale, la pose des conduites en fonte grise s'est poursuivie jusqu'au années 1960.

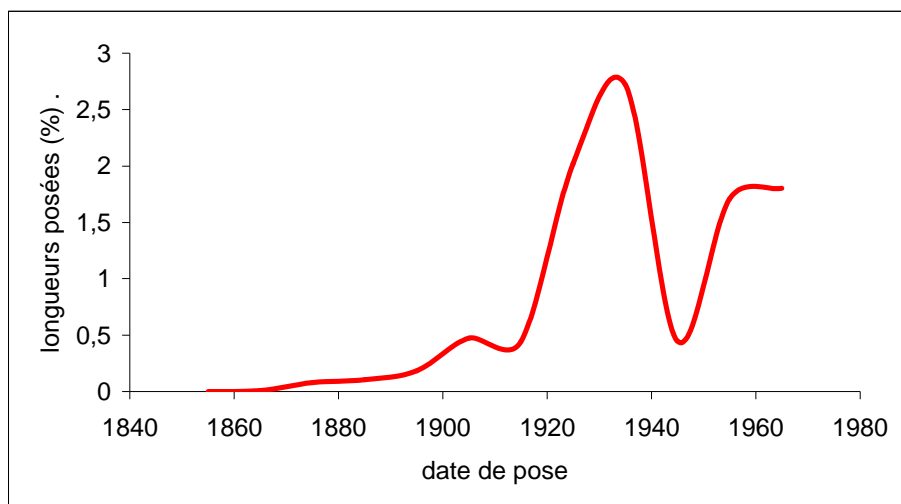


Figure 3 : Distribution des linéaires de conduites en fonte grise par année de pose

2.3 La courbe de survie

La construction de la courbe de survie relève d'une méthode particulière dans la mesure où pour 89% des canalisations, la durée de maintien en service est inconnue : on sait seulement qu'elle est supérieure à l'âge de la canalisation à la fin de l'observation. Pour celles qui ont été renouvelées pendant la période de recueil des données, on connaît exactement leur durée de maintien en service (mais on en ignore les causes). Enfin, il faut prendre en compte le fait que la durée de maintien en service des conduites renouvelées avant le début de la fenêtre d'observation est inconnue (Figure 4). Il s'agit de données dites tronquées à gauche et censurées à droite.

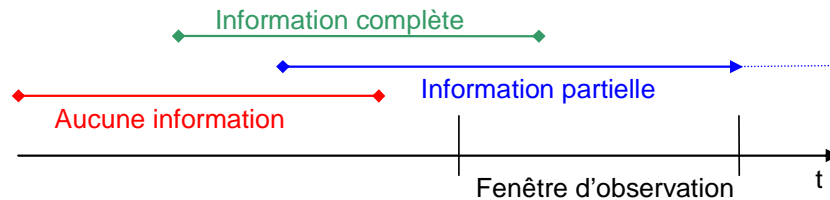


Figure 4 : Informations disponibles en fonction des dates de mise hors service

Plusieurs méthodes sont disponibles mais ne seront pas détaillées ici, pour plus d'informations, se référer à (Le Gat et al, 2011). Nous appliquerons la fonction proposée par Herz (Herz et al, 2004) : il s'agit d'une fonction à trois paramètres, a , b et c :

$$F(t) = P(T \geq t) = 1 \quad (t \leq c)$$

$$F(t) = P(T \geq t) = \frac{a+1}{a + e^{b(t-c)}} \quad (t > c)$$

$$F(t = \infty) = 0$$

Pour ajuster une fonction de Herz à nos données, on écrit une fonction de probabilités conditionnelles, appelée fonction de vraisemblance qui relie les paramètres a , b et c de la loi statistique de Herz aux observations. Les valeurs de a , b et c ainsi obtenues sont celles qui maximisent la fonction de vraisemblance. Elles sont donc bâties sur des données objectives sans nécessiter de recours à des hypothèses de durée de vie.

Le temps t étant exprimé en année, les valeurs ainsi obtenues sont les suivantes :

$$a = 5314$$

$$b = 0.1$$

$$c = 23$$

Le graphique correspondant est représenté sur la Figure 5. La valeur de c , ici 23 ans, correspond à une période minimale de maintien en service des conduites en deçà de laquelle il n'y a aucun renouvellement. La probabilité de maintien en service pour un âge inférieur ou égal à 23 est donc de 1. La forme de la courbe est gouvernée par les paramètres a et b .

La durée de vie médiane est de 109 ans.

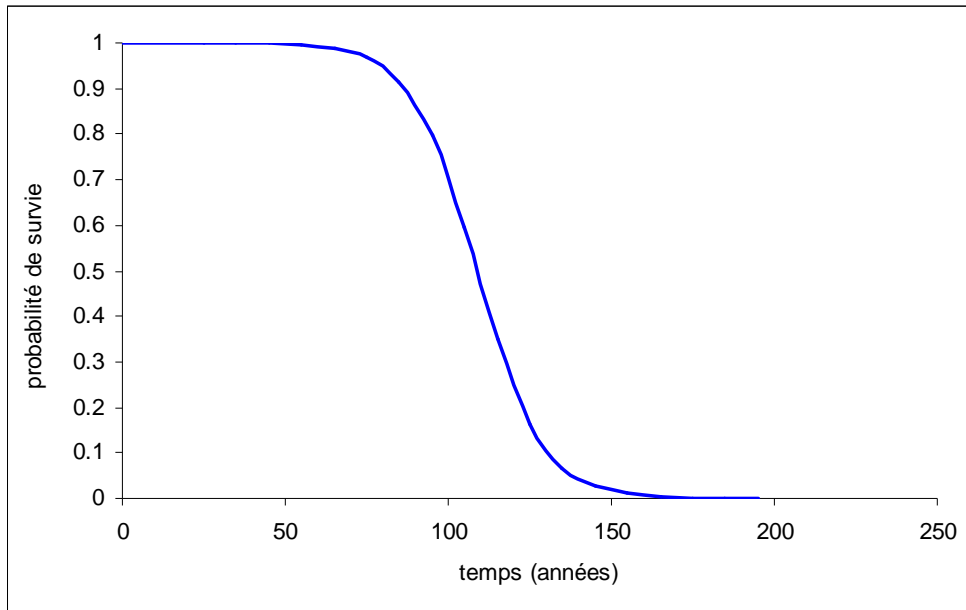


Figure 5 : Courbe de survie selon la fonction de Herz, calée sur les observations

Cette courbe reflète les pratiques de renouvellement observées sur ce service pour ce type de matériau. Elle prend en compte aussi bien les canalisations renouvelées en raison de leur nombre de casses trop important que celles changées lors de travaux de voirie ou encore celles remplacées en raison de leur trop faible diamètre dans le cadre d'opérations de renforcement. Elle pourrait être différente dans un autre contexte et est influencée par la durée de la fenêtre d'observation. Elle est valide au moment où elle est calculée et peut évoluer dans le temps en fonction d'un changement de stratégie dicté par des objectifs différents.

Estimer les besoins en utilisant une durée de vie moyenne de 109 ans revient à considérer une courbe de survie en escalier comme représentée sur la Figure 6. De 0 à 109 ans, les canalisations ne sont pas renouvelées. La probabilité qu'une canalisation soit encore en service au cours de cette période est donc égale à 1. Au-delà de 109 ans, toutes les conduites sont renouvelées. La probabilité qu'une conduite soit en service après 109 ans est par conséquent nulle.

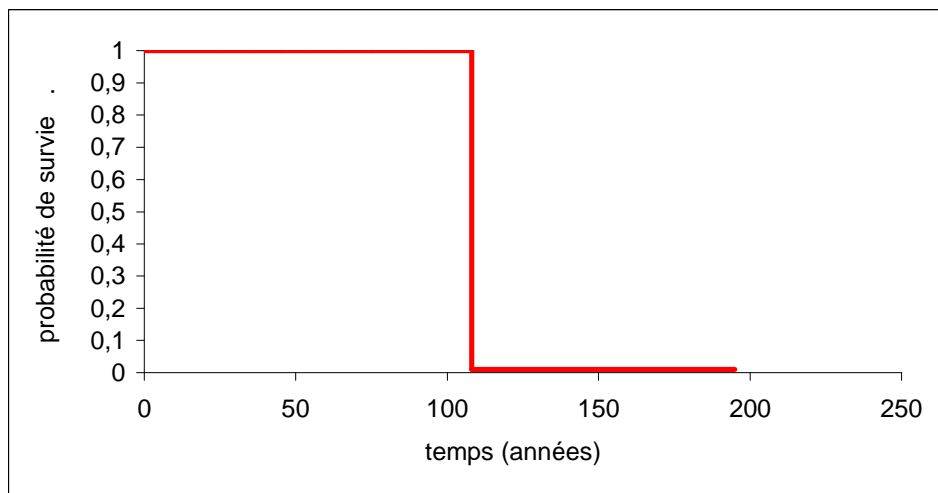


Figure 6 : courbe de survie pour une durée de vie fixée

2.4 Les besoins en renouvellement

Les deux courbes de survie précédentes (Figure 5 et Figure 6) sont appliquées au panel des conduites dont la distribution en fonction de l'âge est celle de la Figure 3. Si l'on considère l'ensemble des canalisations posées

au cours d'une même année, en ce référant à la courbe de survie on peut déterminer le pourcentage de la longueur de cet ensemble renouvelé chaque année. En procédant ainsi pour l'ensemble de l'historique, il est possible de représenter les pourcentages du linéaire de réseau à renouveler annuellement ou taux de renouvellement en fonction du temps pour chacune des méthodes (Figure 7). Sans surprise, une politique de renouvellement selon une durée de vie moyenne fixée reproduit l'historique de la mise en place des canalisations. La prise en compte de la distribution de la survie autour de la moyenne met en évidence des besoins en renouvellement plus lissés dont le maximum sera plus précoce (année 2050, contre 2060) mais environ deux fois moindre que celui qui résulte de l'application de la durée de vie fixée : 1.4 % contre 2.8 %.

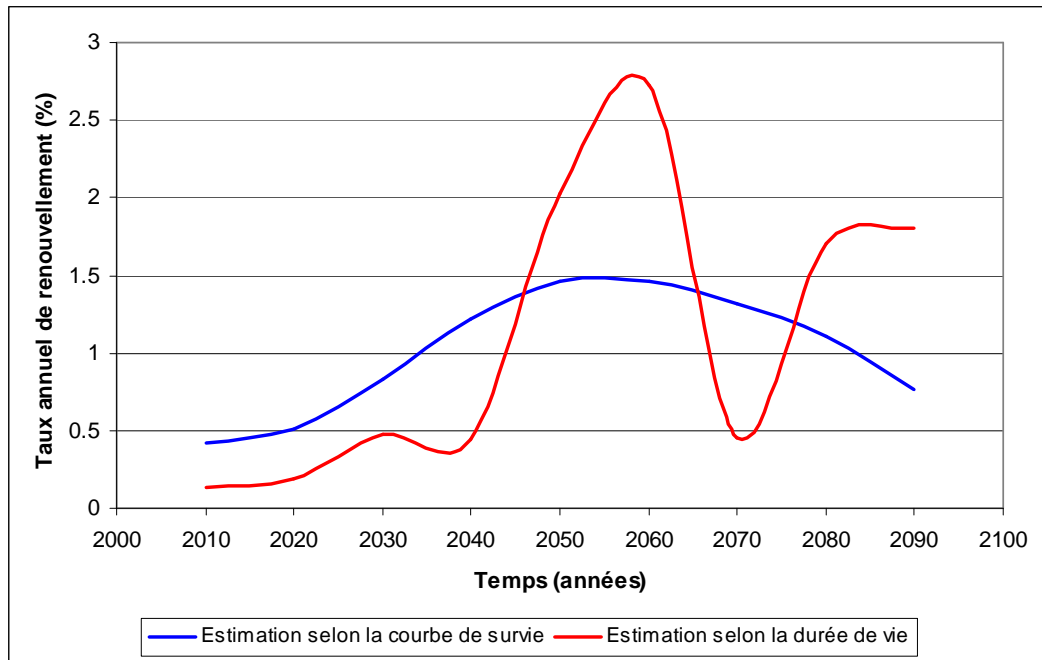


Figure 7 : Pourcentages du linéaire de réseau à renouveler annuellement

Cet exemple volontairement simple peut être étendu sans difficulté, dès lors que les courbes de survie sont disponibles, à d'autres matériaux ou à des périodes spécifiques pour un même matériau si certaines d'entre elles présentent des fragilités particulières, comme les fontes grises fabriquées après la seconde guerre mondiale. Il convient de noter que lorsqu'on renouvelle une canalisation, la nouvelle canalisation posée intègre la population des conduites candidates au renouvellement avec une espérance de maintien en service propre à sa catégorie.

3 « BESOINS EN FINANCEMENT » VERSUS « BESOINS EN TRAVAUX »

L'utilisation de la notion de durée de vie peut, par ailleurs conduire à des raisonnements qui en dépit de leur évidence apparente sont erronés.

Très souvent, le taux de renouvellement annuel observé est converti en durée de remplacement en prenant son inverse. Cette durée exprime en années le temps nécessaire pour renouveler l'ensemble du réseau si le taux de renouvellement est maintenu. Ainsi, associe-t-on à un taux de renouvellement de 0.6% par an une durée de remplacement de 167 ans. De façon quasi systématique, la durée de remplacement ainsi obtenue est comparée à la durée de vie moyenne estimée ce qui porte le plus souvent à considérer que les renouvellements effectués sont insuffisants.

Notre exemple précédent illustre clairement l'inexactitude d'un tel raisonnement. La Figure 8 représente les besoins en renouvellement calculés selon les méthodes précédentes ainsi que le taux annuel de renouvellement calculé comme l'inverse de la durée de vie moyenne. Le taux de remplacement associé à la durée de vie médiane de 109 ans est de 0.9%. La courbe de survie montre que, sauf changement de politique ou d'objectifs de performance, un tel effort n'est pas nécessaire avant 2030.

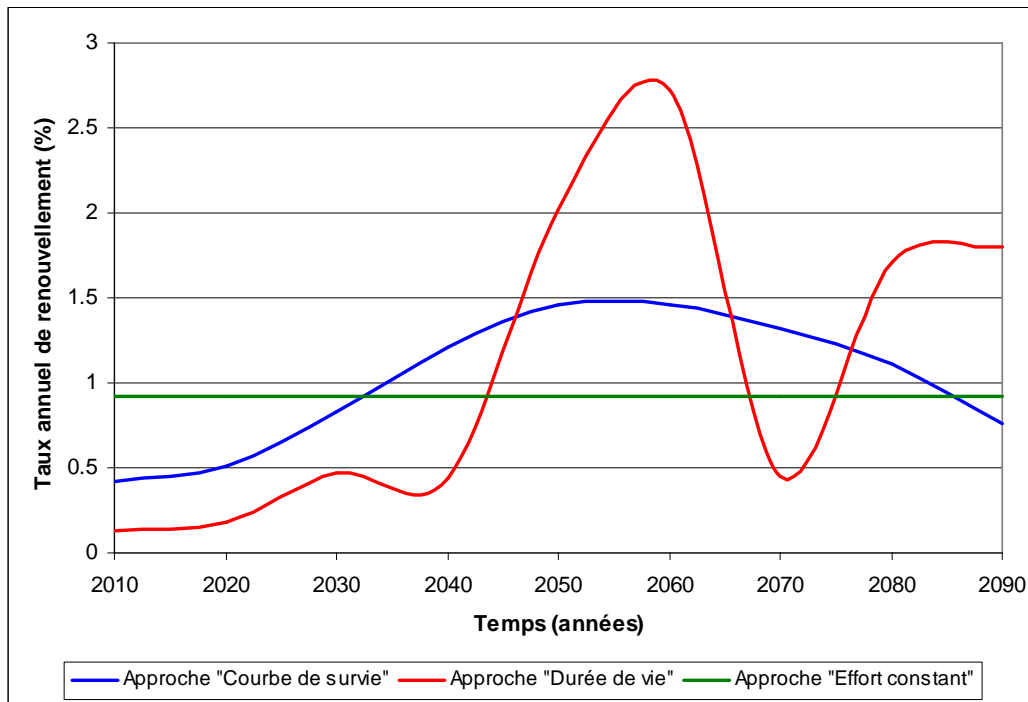


Figure 8 : Taux de renouvellement selon différentes approches

L'utilisation de la notion de « durée de vie » conduit à deux visions opposées du rythme de renouvellement, l'une calquée sur l'historique de pose, l'autre l'ignorant.

Il nous semble que la coexistence de ces deux raisonnements contradictoires résulte d'une confusion entre les « besoins en financement » et les « besoins en travaux » :

- Les « besoins en financement » relèvent du long terme, ils peuvent être anticipés ou étalés sur de longues périodes pour s'accorder avec une politique d'évolution du prix de l'eau.
- Les « besoins en travaux » relèvent du court ou moyen terme, ils sont guidés par les impératifs de qualité du service et ne peuvent être anticipés ou reportés que sur de courtes périodes.

Pour bien saisir l'enjeu de cette distinction entre besoins en travaux de renouvellement et besoins en financement du renouvellement, il peut être utile de recentrer la question du renouvellement pour les collectivités :

- Si elles se laissent guider par les seuls impératifs techniques, du fait de l'histoire de la construction de leur réseau, elles risquent de se trouver un jour confrontées à un afflux important de travaux de renouvellement auxquels elles auront de grandes difficultés à faire face d'un point de vue financier.
- A l'inverse, si elles calquent le rythme des travaux sur les besoins moyens lissés, cela les conduit à effectuer des travaux de renouvellement par anticipation, dits « préventifs », qui, en réduisant les durées de maintien en service des canalisations, accroissent la charge d'investissement supportée par les usagers sans compensation significative par la baisse des coûts d'exploitation.

L'approche par courbe de survie délivre une évaluation moyenne des renouvellements à prévoir dans l'hypothèse d'une reconduction des conditions antérieures. Elle peut ainsi être utilisée pour bâtir une stratégie de satisfaction des besoins financiers basée sur des enveloppes annuelles ou pluriannuelles réalistes.

Pour définir les programmes de travaux, il convient d'identifier les tronçons de canalisation les plus à risques au regard de la satisfaction des standards de qualité du service en ayant recours le cas échéant à des outils d'aide à la décision de type méthodes d'analyse multicritères ou prédiction de casses lorsqu'un historique des défaillances est disponibles (Renaud et al, 2011).

Régulièrement les stratégies de satisfaction des besoins en renouvellement doivent être ajustées en prenant en compte les nouvelles informations disponibles.

CONCLUSION

Compte tenu des risques d'erreurs d'appréciation qu'elle peut entraîner, l'expression « durée de vie » nous semble devoir être bannie en matière de renouvellement des canalisations. La notion de « durée de maintien en service » qui exprime clairement le choix entre réparation et renouvellement auquel est confronté le décideur nous semble préférable.

Au-delà des mots, une approche qui prend en compte la distribution statistique des durées de maintien en service des canalisations nous semble appropriée pour estimer l'évolution future des besoins en renouvellement permettant de bâtir puis d'ajuster une stratégie financière basée sur des enveloppes annuelles ou pluriannuelles réalistes.

Cette méthode présente l'avantage de réclamer peu d'informations sur les canalisations : matériau, années de pose, longueur, années de dépose sur une période d'observation que l'on peut estimer à une dizaine d'années. Ces exigences sont aujourd'hui satisfaites sur de nombreux réseaux. Elles pourront l'être à l'avenir pour tout réseau à la condition que les informations concernant les tronçons désaffectés soient collectées et archivées de façon rigoureuse.

Lorsque les informations font défaut et que l'on est dans l'impossibilité de construire la distribution statistique des durées de maintien en service, il est possible à partir de dires d'expert de reconstituer des courbes de survie théorique. Cette approche intermédiaire est sans doute préférable à celle qui considère une durée de vie unique pour chacune des canalisations mais il ne faudrait pas alors que la sophistication des calculs donne l'illusion de l'objectivité des résultats.

BIBLIOGRAPHIE

BRL Ingénierie – 2003 : *Document de référence de l'alimentation en eau potable du département du Rhône* – Conseil Général du Rhône

CADOR, JM. – 2002 : *Le renouvellement du patrimoine en canalisations d'eau potable en France* – GEOPHEN Université de Caen Basse Normandie

Conseil Général de la Mayenne – 2006 : *Contrat départemental. Document de référence n°1 Alimentation en eau potable* - Conseil Général de la Mayenne

Conseil Général de la Savoie – 2002 : *Approche du coût réel des services de distribution d'eau* – Conseil Général de la Savoie

Energie plus – 2011 : <http://www.energieplus-lesite.be>

HERZ, R., BAUR, R., KROPP, I. – 2004: *Strategic Planning and investment* – Care-W final report, 104 – 125

LE GAT, Y., KROPP, I., POULTON, M. – 2011: *Is the service life of water distribution pipelines linked to their failure rate?* – Proceedings of LESAM 2011, IWA

MALDELPUECH, J. – 2004 : *Etude préalable à la définition des programmes d'investissement pour le renouvellement des réseaux d'eau potable sur le territoire fédéral* - Fédération Départementale d'Adduction d'Eau Potable et d'Assainissement de Lot-et-Garonne

RENAUD, E., WEREY, C., BURKHARDT, D., BOISSON, O. – 2006 : *L'aide au financement du renouvellement des réseaux d'eau potable : quelle réponse à l'échelle départementale ?* Rapport Cemagref, AO MAITRISES 2006, 70p. +annexes.

RENAUD, E., LE GAT, Y., POULTON, M. – 2011: *Using a break prediction model for drinking water networks asset management: From research to practice* – Proceedings of LESAM 2011, IWA

SIEE, Conseil Général de l'Hérault – 2001 : *Grille d'évaluation des durées de vie* – Conseil Général de l'Hérault.

La durée de vie des canalisations, une notion insuffisante pour conduire une politique de renouvellement

E. RENAUD, B. BREMOND, Y. LE GAT

RÉSUMÉ

Les acteurs qui s'impliquent dans le renouvellement des réseaux d'eau potable recourent de façon quasi systématique à la notion de « durée de vie » moyenne d'une canalisation fixée à dire d'expert selon son matériau constitutif. Une approche courante d'estimation des besoins en renouvellement suppose que toutes les canalisations d'une classe de matériau sont renouvelées lorsqu'elles ont atteint un âge égal à leur « durée de vie » moyenne. L'expérience montre que pour les mêmes catégories de canalisations, des valeurs de durée de vie moyennes très différentes sont utilisées par les uns et les autres ce qui conduit à des estimations de besoin en renouvellement éloignées. Par ailleurs il est constaté la notion de « durée de vie » peut conduire à un amalgame entre « besoins financiers » et « besoins en travaux ».

L'étude met en évidence l'intérêt de considérer que les canalisations d'une même classe de matériau ont des durées de maintien en service différentes qui peuvent être classées statistiquement selon une courbe de survie. Les besoins en renouvellement qui en découlent s'en trouvent lissés et cet échelonnement dans le temps permet de bâtir puis d'ajuster une stratégie financière basée sur des enveloppes annuelles ou pluriannuelles réalistes.

Compte tenu des risques d'erreurs d'appréciation qu'elle peut entraîner, l'expression « durée de vie » nous semble devoir être bannie en matière de renouvellement des canalisations. La notion de « durée de maintien en service » qui exprime clairement le choix entre réparation et renouvellement auquel est confronté le décideur nous semble préférable.

Mots clefs : Réseau de distribution d'eau potable, gestion patrimoniale, renouvellement des canalisations, durée de vie

Pipes lifetime, an insufficient concept to drive a renewal policy

E. RENAUD, B. BREMOND, Y. LE GAT

SUMMARY

Stakeholders involved in the renewal of drinking water networks use almost systematically the concept of mean « lifetime » set by an expert according to the material. A common approach for estimating replacement needs assumes that all pipes of the same class of material are renewed when they reach an age equal to their « lifetime » average. Experience shows that for the same types of pipes, very different values of « lifetime » average are used which leads to remote estimates of need of renewal. Furthermore it is found the notion of « lifetime » can lead to confusion between « financial requirements » and « practical rehab needs »

The study highlights the interest in considering the pipes of the same class of material were having different lifetimes that can be statistically classified as a survival curve. Replacement needs arising from it are smooth and this timing can then build and a financial strategy based on annual realistic budget.

Given the risks of false evaluation the term « lifetime » may entail, this term should be avoided for pipes renewal. The term « in-service time » clearly expresses the choice between repair and renewal facing the decision maker seems preferable.

Keywords: water network, asset management, pipe renewal, lifetime