



# Projet ROC

## Analyse Coût-Bénéfice (ACB)

**Laborde, Rulleau Unité ETTIS**

**INRAE NOUVELLE AQUITAINE BORDEAUX  
50 Avenue de Verdun, 33610 CESTAS**

# Table des matières

---

<b>CONTEXTE ET DONNEES GENERALES DU PROJET .....</b>	<b>3</b>
CONTEXTE DE RECHERCHE DE L'EQUIPE GPIE DE L'INRAE BORDEAUX .....	3
<i>Contexte</i> .....	3
<i>Problématique</i> .....	3
<i>L'équipe GPIE de l'INRAE Bordeaux</i> .....	6
PRESENTATION DU PROJET ROC ET DU TERRAIN D'ETUDE .....	6
<i>Le projet ROC</i> .....	6
<i>Terrain d'étude et d'enquête</i> .....	7
<b>METHODE ET SCENARIOS DE GESTION DU RESEAU .....</b>	<b>7</b>
OBJECTIF ET POSITIONNEMENT DE L'ACB .....	7
SCENARIOS DE GESTION DU RESEAU .....	8
<i>Renouvellement de canalisations</i> .....	9
<i>Qualité de l'eau – Gestion du risque CVM</i> .....	9
<i>Continuité du service – Gestion des casses</i> .....	9
<i>Maitrise des pertes – Recherche des fuites</i> .....	10
<b>RESULTATS ET DISCUSSIONS.....</b>	<b>10</b>
ORGANISATION DES COUTS INTERNES DES SERVICES DE L'EAU .....	10
ANALYSE DE LA RENTABILITE DE L'INVESTISSEMENT & TEST DE SENSIBILITE .....	11
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>12</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>13</b>

# Contexte et données générales du projet

---

## Contexte de recherche de l'équipe GPIE de l'INRAE Bordeaux

### Contexte

En France, la construction des réseaux d'eau a pour l'essentiel été conduite de la fin du 19ème siècle à nos jours et a connu son apogée dans les années 1970 – 1980. Les travaux de première desserte étant aujourd'hui achevés, les pouvoirs publics et les gestionnaires de ces réseaux sont confrontés à la question de leur sécurisation. Cette problématique, qui concerne à la fois la gestion des ressources en eau, la durabilité des infrastructures, la continuité du service, la préservation du cadre urbain et la sécurité sanitaire, induit la mise en œuvre d'une gestion patrimoniale.

Les réseaux d'eau potable constituent un patrimoine de valeur élevée dont la durée de service est longue ; leur gestion doit donc s'inscrire dans une démarche de long terme qui intègre les évolutions de leur environnement liées notamment aux changements globaux et aux nouvelles technologies. La gestion patrimoniale des réseaux d'eau se trouve ainsi au croisement d'enjeux techniques, organisationnels (service), économiques et financiers (coûts et bénéfices), environnementaux (ressources) et sociétaux (gouvernance territoriale, usagers), qui appellent des réponses issues d'approches interdisciplinaires, mobilisant les sciences pour l'ingénieur, les mathématiques et les sciences humaines et sociales. Du fait de l'importance de ces enjeux sociaux, économiques, environnementaux et politiques, Irstea développe un programme de recherche sur la gestion patrimoniale des équipements collectifs ; ce projet associe plusieurs équipes implantées dans différentes régions et porte sur différentes catégories d'infrastructures.

### Problématique

La question centrale en gestion patrimoniale des réseaux d'eau est celle du renouvellement annuel d'une petite fraction du linéaire de canalisations, afin de pallier les effets délétères du vieillissement sur leurs performances, et de prévenir la dégradation de la qualité du service. Du fait de leur position enterrée, de leurs dimensions et des contraintes sanitaires, les canalisations d'eau potable ne sont pas visitables et se prêtent difficilement à des inspections ce qui rend complexe le diagnostic et la prédiction de l'évolution de leur état et de leurs performances. Actuellement, seul le taux de casse fait l'objet de méthodes prédictives fiables ; en revanche aucune méthode prédictive validée n'est disponible, ni pour la dégradation de la qualité de l'eau distribuée, ni pour celle du débit de fuite.

La problématique de dégradation de la qualité de l'eau revêt diverses formes selon la nature des matériaux constitutifs des canalisations : relargage de Chlorure de Vinyle Monomère (CVM) par les conduites en Polychlorure de Vinyle (PVC) ; production de TriHaloMéthanes (THM) par l'interaction du chlore sur le biofilm ; production d'eaux rouges par des conduites en fonte corrodées ; relargage de Bisphénol A (eaux roses) par les revêtements époxy de réhabilitation sur fontes corrodées.

Les facteurs qui influencent les pertes en eau d'un réseau sont multiples (conditions d'exploitation, pression de service, état des canalisations et des branchements...) ; l'identification des tronçons de canalisation responsables de fuites importantes requiert ainsi d'évaluer :

- Les débits de fuite associés à un tronçon de canalisation et aux branchements qu'il dessert en distinguant les contributions respectives des fuites diffuses et des fuites détectables.
- L'effet de la pression sur les débits de fuites et la fréquence des casses, en régime permanent et en régime transitoire (coups de bélier).
- Le lien entre le vieillissement et les caractéristiques hydrauliques des tronçons de canalisation (réduction de diamètre, augmentation de la rugosité).

Les enjeux économiques de la gestion patrimoniale sont eux aussi particulièrement centraux, et différenciés selon les territoires. En effet, en l'absence de subventions dédiées, les services d'eau étant des Services Publics à Caractère

Industriel et commercial (SPIC), l'ensemble des coûts des travaux de renouvellement se répercutent sur la redevance perçue auprès des usagers (selon le principe que « l'eau paye l'eau »). La question de l'efficacité des choix budgétaires associés à des stratégies de gestion patrimoniale permettant d'assurer une alimentation en eau de qualité selon les différents axes de la performance et à un prix acceptable pour les usagers doit dès lors être posée.

Dans l'ouest de la France, la question de la gestion patrimoniale des réseaux d'alimentation en eau potable se pose de façon prégnante car sous les effets conjugués d'espaces ruraux étendus, d'un habitat souvent dispersé et d'une fréquentation touristique importante, les linéaires de réseaux sont très étendus comparativement à d'autres régions Françaises. La région Nouvelle Aquitaine où résident 9% des français représente 17% du linéaire de canalisation national, les bassins Adour-Garonne et Loire-Bretagne qui concernent moins d'un tiers de la population nationale (31%) sont équipés d'environ 500 000 km de conduites, soit plus de la moitié du réseau national (estimation 2008, cf. Tableau 1).

Cette situation n'est pas sans conséquence économique. Ainsi, le linéaire de réseau par habitant est, dans l'ouest de la France très nettement au-dessus de la moyenne nationale (Tableau 1), ce qui mécaniquement, induit des coûts d'entretien et de renouvellement des infrastructures par habitant plus élevés et donc un impact sur le prix de l'eau beaucoup plus important.

Tableau 1 : Linéaires de réseau aux échelles nationale, régionale et de bassin

	Linéaire réseau AEP (km)	Nombre d'abonnés	Population	Longueur par abonné (m)	Longueur par habitant (m)
<b>France entière</b>	<b>906 000</b>	<b>24 319 000</b>	<b>63 601 000</b>	<b>37</b>	<b>14</b>
<i>Aquitaine</i>	<i>77 000</i>	<i>1 457 000</i>	<i>3 151 000</i>	<i>53</i>	<i>24</i>
<i>Limousin</i>	<i>29 000</i>	<i>374 000</i>	<i>737 000</i>	<i>78</i>	<i>39</i>
<i>Poitou-Charentes</i>	<i>47 000</i>	<i>904 000</i>	<i>1 740 000</i>	<i>52</i>	<i>27</i>
<b>Nouvelle Aquitaine</b>	<b>153 000</b>	<b>2 735 000</b>	<b>5 628 000</b>	<b>56</b>	<b>27</b>
<b>% France entière</b>	<b>17%</b>	<b>11%</b>	<b>9%</b>	<b>150%</b>	<b>191%</b>
<i>Adour-Garonne</i>	<i>206 000</i>	<i>3 680 000</i>	<i>7 170 000</i>	<i>56</i>	<i>29</i>
<i>% France entière</i>	<i>23%</i>	<i>15%</i>	<i>11%</i>	<i>150%</i>	<i>202%</i>
<i>Loire-Bretagne</i>	<i>293 000</i>	<i>4 239 000</i>	<i>12 471 000</i>	<i>69</i>	<i>23</i>
<i>% France entière</i>	<i>32%</i>	<i>17%</i>	<i>20%</i>	<i>185%</i>	<i>165%</i>
<b>AEAG &amp; AELB</b>	<b>499 000</b>	<b>7 919 000</b>	<b>19 641 000</b>	<b>63</b>	<b>25</b>
<b>% France entière</b>	<b>55%</b>	<b>33%</b>	<b>31%</b>	<b>169%</b>	<b>178%</b>

Sources : INSEE 2007 et SOeS 2008

Les bassins Loire Bretagne et Adour Garonne sont particulièrement touchés par la question du CVM dans la mesure où les canalisations en PVC posées avant 1980 (et identifiées comme source de relargage de cette substance) représentent une part très importante des réseaux. À titre d'exemple, les réseaux du département de la Charente sont constitués pour plus de 60 % du linéaire de conduites en PVC, la majeure partie d'entre elles ayant été posées avant 1980 (46 % du linéaire total soit presque 5 000 km, cf. Tableau 2). Les problématiques de qualité de l'eau liées aux métaux ferreux (fontes, aciers) sont également présentes ; elles concernent plus particulièrement les agglomérations qui, pour des raisons techniques et historiques, ont eu majoritairement recours à ces types de matériaux (à titre d'exemple, les 3 000 km du réseau de Bordeaux Métropole comportent 80 % de canalisations en fonte).

Tableau 2 : Linéaires de canalisation par matériau en Charente

Matériau	Charente		Grand Angoulême		Charente Hors Grand Angoulême	
	Linéaire en m	%	Linéaire en m	%	Linéaire en m	%
<b>Fonte ductile</b>	626 500	6.0%	134 000	14.2%	492 500	5.2%
<b>Fonte grise</b>	986 000	9.5%	258 000	27.3%	728 000	7.7%
<b>Fonte type inconnu</b>	1 384 500	13.3%		0.0%	1 384 500	14.6%
<b>Fonte</b>	2 997 000	28.7%	392 000	41.5%	2 605 000	27.5%
<b>Acier</b>	567 500	5.4%	43 500	4.6%	524 000	5.5%
<b>PVC posé avant 1980</b>	4 835 500	46.4%	53 000	5.6%	4 782 500	50.4%
<b>PVC posé après 1980</b>	1 147 500	11.0%	264 500	28.0%	883 000	9.3%
<b>PVC pose inconnue</b>	394 000	3.8%	161 000	17.1%	233 000	2.5%
<b>PVC</b>	6 377 000	61.1%	478 500	50.7%	5 898 500	62.2%
<b>Polyéthylène</b>	94 500	0.9%	24 500	2.6%	70 000	0.7%
<b>Amiante ciment</b>	165 500	1.6%		-	165 500	1.7%
<b>Autres</b>	6 000	0.1%	500	0.1%	5 500	0.1%
<b>Matériau inconnu</b>	222 500	2.1%	4 500	0.5%	218 000	2.3%
<b>Total en m</b>	<b>10 430 000</b>	<b>100.0%</b>	<b>943 500</b>	<b>100.0%</b>	<b>9 486 500</b>	<b>100.0%</b>

Source : Irstea /Charente Eau 2015

Les rendements de distribution des réseaux de la région Nouvelle Aquitaine sont en moyenne assez élevés (cette situation cache cependant d'importantes disparités, cf. Figure 1). Néanmoins, les limites quantitatives de certaines ressources en eau mobilisées font de la réduction des pertes dans les réseaux publics un enjeu de premier ordre, qui est notamment une des priorités retenues dans la stratégie de préservation du bon état quantitatif du SAGE « Nappes profondes de Gironde ». Au-delà des actions de bases de sectorisation des réseaux et de recherche active des fuites, l'amélioration sur le long terme de la performance des réseaux du point de vue des pertes nécessite de mettre en œuvre et d'optimiser des actions de gestion des pressions et de renouvellement ciblé des canalisations et des branchements.

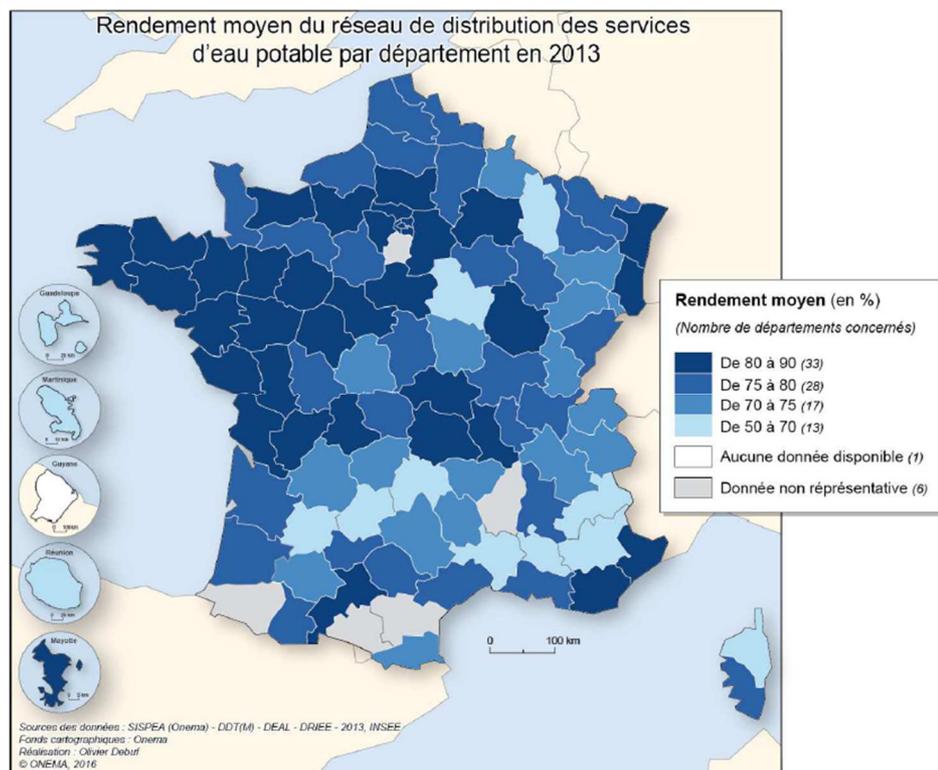


Figure 1 : Rendements moyens par département en 2013 (SISPEA 2016)

## L'équipe GPIE de l'INRAE Bordeaux

Du fait de l'importance de ces enjeux sociaux, économiques, environnementaux et politiques, Irstea développe un programme de recherche sur la gestion patrimoniale des équipements collectifs porté par l'équipe Gestion Patrimoniale des Infrastructures Liées à l'Eau (GPIE) au sein de l'unité Environnement Territoires et Infrastructures de Bordeaux. Les recherches menées par l'équipe GPIE s'articulent autour de trois axes :

- L'évaluation et la maîtrise de la performance et des risques liés aux infrastructures : Recherches sur la modélisation des réseaux et de leurs composants (hydraulique, qualité de l'eau, risques), développement des modèles prédictifs de défaillance des canalisations fondés sur des approches statistiques, travaux sur des méthodes d'évaluation et de réduction des pertes en eau ;
- L'optimisation des stratégies de gestion patrimoniale dans le cadre d'une vision à long terme : Construction des stratégies à long terme mobilisant les théories liées à l'analyse de survie, modélisation des risques (vulnérabilité, résilience, robustesse), prise en compte des changements globaux et optimisation économique (analyse coûts bénéfice, économie qualitative), prise en compte des contextes territoriaux et institutionnels (attentes de usagers, modes de gouvernance) ;
- La conception et le développement de méthodes et d'outils opérationnels : Production de guides méthodologiques (gestion patrimoniale, maîtrise des pertes), développement de logiciels (Porteau pour la modélisation hydraulique d'un réseau, Casses pour la prédiction de ses défaillances).

En, plus de l'équipe GPIE le projet mobilisera l'équipe CARMA d'Irstea Bordeaux et son laboratoire de chimie des eaux ainsi que des partenariats avec l'université de Bordeaux, l'Agence Régionale de Santé (ARS), l'Office International de l'Eau de Limoges (OIEau) et le Syndicat Mixte d'Etude et de Gestion de la Ressource en Eau du département de la Gironde (SMEGREG).

## Présentation du projet ROC et du terrain d'étude

### Le projet ROC

L'objectif du projet est de mener des recherches pluridisciplinaires pour développer des outils et des méthodes permettant aux responsables des services d'alimentation d'eau potable et à leurs prestataires de bâtir des stratégies de gestion patrimoniale des réseaux d'eau orientées vers la limitation des pertes en eau et la préservation de la qualité de l'eau.

Les actions de recherche et de développement concerneront :

1. Le diagnostic et la prédiction de l'impact des conduites sur la qualité de l'eau et plus particulièrement la problématique CVM ;
2. Le diagnostic et la prédiction de l'impact des conduites sur les fuites en s'intéressant principalement aux fuites diffuses et aux effets de la pression ;
3. La modélisation des contributions des tronçons de canalisation d'un secteur hydraulique et l'évaluation de leur impact sur la performance globale du réseau ;
4. L'analyse économique de stratégies de gestion patrimoniale multi-objectifs mobilisant l'analyse coûts-bénéfices (ACB)
5. Le développement d'un logiciel d'aide à la décision basé sur les logiciels développés par GPIE et intégrant les avancées des recherches menées dans le cadre du présent projet

Comme signalé plus haut, le risque CVM et la limitation des pertes en eau sont des éléments significatifs de la prise de décision en matière de renouvellement de canalisations d'eau potable. La réflexion méthodologique reste cependant pour l'heure fortement axée sur les risques de discontinuité du service et de perturbation de l'environnement urbain générés par les défaillances des conduites, le plus souvent grâce à des approches multicritères (cela est vrai pour l'équipe GPIE, mais aussi à l'international pour les autres équipes travaillant sur le sujet). Un enjeu fort de recherche réside ainsi dans la nécessité de prendre en compte les autres dimensions de la performance du service de distribution d'eau potable que sont l'étanchéité du réseau (préservation de la ressource) et la qualité de l'eau distribuée (dont la question du CVM), sachant que, sauf exception, les actions entreprises pour satisfaire un axe de performance ne sont pas optimales pour satisfaire les autres. Il apparaît que les sciences techniques sont à même de faire progresser la connaissance sur chacun des axes pris isolément, mais que leur intégration, qui est une nécessité opérationnelle,

nécessite une vue plus globale de la question et le recours aux sciences économiques. Nous proposons de nous appuyer ici sur une analyse coûts-bénéfices (ACB), outil qui nous semble permettre de prendre en compte le caractère multi-objectifs de la gestion patrimoniale.

### Terrain d'étude et d'enquête

Le territoire syndical de VBG se concentre sur le centre-sud du Département de la Haute-Vienne, avec 56 communes adhérentes. Le syndicat représente 50 000 abonnés (101 000 hab.) avec un linéaire de réseau de 2 800 kms pour une consommation d'eau d'environ 4 480 000 m<sup>3</sup> par an.

Le syndicat VBG est propriétaire des installations de distribution de l'eau potable. Il est alors maître d'ouvrage lors d'investissements nécessaires au service tel que le renouvellement de canalisations. La vocation de ces investissements est de garantir un service performant, protéger la ressource en eau potable, protéger les milieux aquatiques, informer et sensibiliser les populations.

Pour l'exploitation des installations du réseau, c'est-à-dire la gestion technique du patrimoine, une convention de délégation de service public a été conclue avec une société dédiée de SAUR : le Service des Eaux des Trois Rivières (SE3R).

Les rôles d'entretien et de réhabilitation des canalisations sont partagés entre l'autorité organisatrice et l'exploitant :

Charges d'investissement	Charges d'exploitation
Renouvellement des infrastructures de réseau	Entretien et maintenance
Actions issues de plans de programmation	Actions et gestion quotidienne du service
Dépense d'amortissement	Dépense de maintenance
Les coûts actualisés du renouvellement diminuent dans le temps	Les coûts d'exploitation et d'entretien augmentent avec l'âge des canalisations
→ Les choix d'investissement ont une incidence sur les coûts d'exploitation	

## Méthode et scénarios de gestion du réseau

### Objectif et positionnement de l'ACB

L'ACB est un outil d'aide à la décision qui vise à comparer les bénéfices et coûts<sup>1</sup> engendrés par différents projets alternatifs pour la société avec une situation de référence. Cette approche permet d'évaluer l'efficacité de chaque stratégie ou de les comparer entre elles, et donc d'optimiser et de rationaliser les choix budgétaires. De plus, parce qu'elle contribue à rendre plus transparentes les procédures de sélection et de choix financiers et qu'elle « participe [...] à la reconnaissance des pluralités engagées dans ce processus collectif », l'ACB est un instrument utile à la négociation, voire à la concertation (Banos et Rulleau, 2014).

Pour réaliser une ACB, on considère qu'« un projet ou une politique satisfait au critère coûts-bénéfices si leurs bénéfices sociaux sont supérieurs à leurs coûts sociaux [...], la "société" [étant] simplement égale à la somme des individus » (Pearce et al., 2006, p. 17). Il est en conséquence primordial que les projets soient correctement spécifiés et que tous leurs coûts et leurs bénéfices, sur l'ensemble des agents concernés, soient identifiés afin d'être inclus dans l'analyse<sup>2</sup>.

On suppose par ailleurs que bénéfices et coûts sont exprimés en unités monétaires de manière à être ensuite agrégés. Dans certains cas, la valeur monétaire des impacts peut être évaluée directement (coûts directs par exemple) ; dans d'autres cas, il faut au contraire avoir recours à des méthodes spécifiques, dites d'évaluation économique (Bateman et al., 2002 ; Champ et al., 2003). Ces dernières visent à mesurer la demande pour des biens non marchands à travers l'évaluation du surplus du consommateur et de ses variations. Le but n'est pas d'obtenir leur prix mais bien un

<sup>1</sup> Les coûts sont ici conçus de manière large, au sens de « désavantages ».

<sup>2</sup> Une telle exhaustivité est, dans de nombreux cas, inenvisageable mais il s'agit de s'en approcher le plus possible.

indicateur de l'utilité qu'ils procurent à la société (Sagoff, 1988). En mesurant cette quantité, l'évaluation économique permet d'approcher la valeur de biens qui, dans le cas contraire, pourraient être perçus comme gratuits.

Les effets de chaque projet étant prédits sur la durée de vie de celui-ci, un taux d'actualisation  $i$  est ensuite utilisé afin de ramener coûts ( $C_t$ ) et bénéfices ( $B_t$ ) à une date commune, souvent celle du démarrage du projet, et de calculer, pour chaque option, la valeur nette actualisée (VNA) :

$$VNA = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

La règle de décision généralement prescrite est de choisir le scénario pour lequel la VNA est la plus grande afin de maximiser l'accroissement du bien-être social.

A ce jour, un nombre limité d'études font état d'une ACB focalisé sur les enjeux de gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable : sur la réduction des pertes en eau (Malm et al., 2015), sur le contrôle des fuites (Venkatesh, 2012), l'amélioration de la durée de vie des canalisations (Jun et al., 2019) ou la limitation du risque sanitaire (Bergion et al., 2018). Et presque toutes payent attention seulement à une dimension de la gestion patrimoniale.

Au contraire, nous construisons trois scénarios compétitifs qui seront comparés à la situation actuelle de gestion patrimoniale. Le scénario 1 s'axe sur la qualité de l'eau avec un focus sur la présence de CVM. Les défis principaux quant au renouvellement de canalisation sont liés au CVM. Le scénario 2 est orienté vers la continuité de service et la préservation de l'environnement urbain. Le renouvellement de canalisation vise à limiter les casses et les risques d'inondation associés. Le scénario 3 est dédié à la ressource en eau et aux écosystèmes naturels. Le renouvellement de canalisation a pour but de maîtriser les pertes en eau avec un focus sur les fuites diffuses venant des canalisations et des branchements.

L'ACB est une méthode couramment utilisée pour comparer les coûts et bénéfices d'un projet et ses alternatives par rapport à une situation de référence (Atkinson et al., 2018). Dans cette étude, la situation de référence est la situation actuelle de gestion patrimoniale. On suppose que le plan local d'urbanisme n'évolue pas à travers la période de l'étude (c'est-à-dire 10 ans). Les dépenses d'exploitation ne sont pas prises en compte.

### Scénarios de gestion du réseau

Dans notre cas, l'ACB portera sur trois stratégies de gestion patrimoniale du réseau correspondant à un même volume de travaux mais guidée chacune par une seule des dimensions de la performance du service : qualité de l'eau distribuée ; continuité du service et préservation du cadre urbain (limitation des casses) ; maîtrise des pertes. La situation de référence sera construite sur la base des pratiques usuelles. L'évaluation des coûts et des bénéfices se basera sur une collecte de données et une monétarisation des coûts et bénéfices, incluant les externalités. Plusieurs méthodes seront ici mobilisées : transfert de bénéfices, estimation par enquête des consentements à payer, approches comptables... Il sera alors possible d'identifier les bénéfices nets pour la société de chacune des stratégies de façon globale et pour chaque dimension de la performance. Ces résultats pourront ensuite être valorisés pour comparer des stratégies composites combinant les trois axes de la performance. Compte tenu des incertitudes importantes d'estimation des durées de vie une approche probabiliste est envisagée pour l'évaluation de la VNA.

3 scénarios : comparer les coûts de renouvellement avec les coûts de maintien en service pour chaque scénario.

<b>Gestion patrimoniale des réseaux de distribution</b>			
<b>Axes de performance</b>	<b>Stratégies -&gt; Scénarios</b>	<b>Variables déterminantes - Exploitation</b>	<b>Critères de renouvellement - Investissement</b>
<b>Qualité de l'eau (Présence de CVM)</b>	Sc.1 CVM	Analyse CVM Purges préventives	Canalisations à risque CVM (en PVC ; < 1980 ; isolées du réseau)
<b>Continuité de service (protection de l'environnement urbain)</b>	Sc.2 CASSE	Réparation des canalisations Purges curatives Désinfection & Analyses Gestion de la pression	Canalisations avec enjeux de casses
<b>Maitrise des pertes (protection de la ressource)</b>	Sc.3 FUITE	Sectorisation du réseau Télérelève automatique Campagne de recherche Localisation précise des fuites	Canalisations avec fuites diffuses

### Renouvellement de canalisations

Les travaux de renouvellement se déroulent suivant des étapes principales : la connaissance et le géoréférencement du réseau, la préparation et l'organisation du chantier, les tranchées et terrassement de voirie, la fourniture et pose de canalisations, la gestion d'équipements annexes tels que les raccords et branchements, les interventions pour remise en service après travaux tels que les purges et analyse de la qualité de l'eau.

Le rythme de renouvellement des réseaux d'eau peut varier. On peut renouveler massivement le réseau afin de réduire les pertes en eau et rajeunir l'âge du réseau à transmettre aux générations futures ; ou accepter un peu plus de fuites et rallonger le plus possible la durée de maintien en service, et ainsi réaliser des économies globales en terme de cycle de vie du réseau.

### Qualité de l'eau – Gestion du risque CVM

Dans ce scénario, le renouvellement des canalisations est organisé afin de limiter la présence de CVM dans l'eau distribué aux abonnés.

Des mesures préventives sont mises en place pour analyser la qualité de l'eau et gérer les tronçons à risque de CVM. Il peut s'agir de processus visant à : l'identification des canalisations en PVC posées avant 1980 ; l'analyse du temps de contact de l'eau dans les tronçons concernés (si l'eau est stagnante plus de 48h), notamment dans les secteurs isolés (bouts de réseau et/ou faible débit) ; l'utilisation d'outil de modélisation de la présence de CVM, tel que Porteau ; la prévision de mesures de gestion adaptées.

Des mesures curatives sont adaptées pour limiter la présence de CVM par le déploiement de purge automatique à chaque extrémité de réseau. En effet, le ralentissement du débit, et de ce fait la stagnation de l'eau dans certaines parties du réseau, peut créer un problème de qualité de l'eau. Si l'eau stagne dans certains tronçons, il s'agit de recréer le tirage des particuliers grâce aux purges. Les purges permettent ainsi de renouveler l'eau en certains points du réseau et ainsi de diminuer le temps de séjour de l'eau dans les canalisations et la concentration en CVM dans certains tronçons de réseau.

### Continuité du service – Gestion des casses

Dans ce scénario, la priorité par le renouvellement des canalisations est d'assurer la continuité du service et la préservation du cadre urbain (dans le sens de la protection des biens et de personnes) : en limitant les casses ; et en prévenant les risques d'inondations par le fait de fuites.

La continuité de service consiste à l'alimentation en toute saison et à toute heure. Le processus d'optimisation de la continuité du service et de la préservation du cadre urbain passe par la limitation du délai de traitement des réparations, des dégâts aux tiers et des coûts d'interventions de service.

Les mesures préventives consistent à profiter des opérations de voiries pour remplacer les infrastructures identifiées dans les bases de données. Les coûts de prévention de casse englobent aussi la gestion de la pression et l'utilisation d'outil de prédiction/prévision pour anticiper les casses ou fissure dans les canalisations.

Les mesures curatives comprennent les réparations de canalisations et le dédommagement aux abonnés concernés, (par exemple si l'interruption de la distribution par le fait du service de l'eau excède 2 jours consécutifs, la redevance d'abonnement est réduite au prorata du nombre de jours de non-utilisation). Les coûts de maintien en service comprennent les coûts de réparation, de remise en charge du réseau mais aussi les coûts sociaux liés aux impacts d'une casse.

### Maitrise des pertes – Recherche des fuites

Dans ce scénario, la maitrise des pertes est l'objectif principal en renouvellement au maximum les canalisations par une recherche préventive/pro-active des fuites, notamment diffuses.

Les pertes de distribution sont des fuites sur le réseau du fait de la nature de conduites, vétusté, manque d'entretien et de maintenance. La recherche de fuite consiste à la mesure de débit de fuite sur le réseau par de la télésurveillance permanente et la réalisation d'intervention de recherche de fuites par corrélation acoustique, précédée ou non d'une campagne de pré-localisation.

La recherche de fuites inclut des travaux d'inventaire de réseau, de pose de compteurs ou débitmètres, de recueil de données via télégestion ; d'analyse quotidienne des débits minimums de nuit vs débit de référence, de pré-localisation de fuites par dispositif préventif d'enregistreurs de bruit sur le réseau, puis de localisation par secteur avec véhicule équipé d'un corrélateur acoustique.

La recherche de fuites peut être : quotidienne (d'entretien) ; curative (sur signalement) ; préventive (par campagne). En actions curatives comme en préventives, le coût total de la politique comprend : l'achat de pré-localisateurs, le coût d'installation d'équipements de mesure, leur déplacement, le coût de la corrélation acoustique pour détecter la localisation des fuites.

La recherche préventive inclut : l'utilisation d'un modèle de fuite dépendant de la pression ; le déplacement de pré-localisateurs périodiquement, entre 1 fois par an à 1 fois par semaine.

La recherche curative est une réponse à un signalement. Cela inclut l'utilisation de pré-localisateurs et d'intervention de localisation précise selon le nombre de fuite.

## Résultats et discussions

---

L'étude analyse les coûts internes et externes séparément. Une première partie des résultats fournit des coûts et bénéfices pour chaque parties internes et externes. Ces résultats seront ensuite rassemblés pour effectuer l'ACB.

### Organisation des coûts internes des services de l'eau

Pour ce qui concerne les activités internes, les coûts et bénéfices sont ceux des services de l'eau. La partie interne propose un cadre de travail qui modélise les principales opérations de gestion patrimoniale. L'analyse quantifie les coûts de renouvellement et d'exploitation pour la situation de référence et pour chaque scénario afin d'évaluer les variations des coûts.

Un plan stratégique sous format d'arborescence a été construit afin de regrouper les travaux-types en 6 catégories : (i) connaissance du réseau (e.g. inventaire SIG, géoréférencement et récolement des travaux) ; (ii) relation aux tiers (e.g. traitement des réclamations) ; (iii) préparation et organisation du chantier (e.g. localisation des réseaux, tranchées et terrassement, réfection de voirie) ; (iv) travaux sur canalisations (e.g. fourniture et pose de canalisations, manchons de réparation, gestion des purges et de la pression) ; (v) gestion spécifique de qualité et CVM (e.g. analyse d'échantillon et purge préventive) ; et (vi) détection de fuites (e.g. sectorisation du réseau, télésurveillance).

Finalement, les coûts internes ont été organisés en catégories d'activités comprenant la fourniture et pose, l'entretien de l'équipement, l'intervention pour travaux, et la gestion administrative du réseau.

En parallèle, les bénéfices internes sont considérés comme des coûts évités qui reflètent les gains de rendement quant à la production de l'eau et aux économies d'eau par la maintenance et la réduction des pertes en eau.

Les coûts de renouvellement varient principalement selon la typologie de l'environnement (rural vs urbain), la longueur des canalisations posées et les spécificités des tronçons (circulation, classe de voirie, type de tranchée, conditions spéciales). Plus précisément, plusieurs critères ont été identifiés à partir d'une analyse multi-critère pour révéler l'importance des travaux de tranchée et de terrassement et le dessin de coupe-type de réfection de voirie. Cela prend en compte les types de sols, les profondeurs, les typologies d'environnement, les classes de trafic avec les coefficients d'agressivité, les classes de voiries, les largeurs de tranchée selon les diamètres de canalisations. Par exemple, les travaux-types de terrassement ont été construits pour chaque classe de voirie et ainsi les plans de renouvellement et les coûts associés pour la période de 10 ans dépendent de trois groupes de trafic de voirie (fort, moyen, faible).

Pour chaque scénario, des travaux-types ont été identifiés pour refléter les actions et leurs coûts et bénéfices associés. Par exemple, le scénario 1 fait un focus principalement sur les analyses d'échantillons pour des tests et sur les purges préventives ; le scénario 2 sur les réparations de casses et les interventions associées telles que les purges curatives et la gestion de la pression ; le scénario 3 sur la sectorisation du réseau et la détection et localisation des fuites. Chaque action est évaluée en terme monétaire avec un poids déterminant (décisive, support, additionnel). Cette évaluation se base sur un travail de récolte de données, d'implication de professionnels, d'analyses de documents sources (tels que des rapports annuels et des Bulletins de Prix Unitaires – BPU), etc.

Finalement, le calcul des coûts pour la période de 10 ans est organisé dans une table incluant des catégories de coûts, des données années par année et des totaux de coûts cumulés projetés. Les coûts sont catégorisés selon qu'ils soient : ponctuels (non-récurrents) ou récurrents. Les coûts sont différenciés en quatre grandes catégories de travaux : fourniture & pose ; entretien périodique de l'équipement, intervention pour travaux ; gestion administrative du réseau.

Sur une perspective de court terme, on s'attend à ce que les scénarios basés sur les travaux d'exploitation et de maintenance seraient choisis en comparaison au renouvellement du fait de coûts plus élevés de travaux de voiries. Néanmoins, des projections à long terme pourraient montrer que les coûts d'exploitation et de maintenance augmentent avec le temps, alors que les coûts actualisés de renouvellement tendent à décroître.

### Analyse de la rentabilité de l'investissement & Test de sensibilité

Une fois que les coûts et bénéfices ont été quantifiés, l'étape suivante sera de calculer la Valeur Nette Actualisée (VNA). En fait, l'objectif est de déterminer le scénario le plus bénéfique, c'est-à-dire celui dont les coûts sont plus faibles que les bénéfices.

Valeur résiduelle de l'investissement = Calculer la valeur résiduelle de l'investissement à l'horizon de 10 ans (calculer pour chaque année de la période de 10 ans).

Finalement, des tests de sensibilité seront effectués sur des paramètres susceptibles d'affecter le résultat final (par exemple sur le taux d'actualisation) afin de garantir son exactitude. Ces tests de sensibilité évaluent la rentabilité des services aux variations de diverses variables. Ainsi, l'analyse de sensibilité consiste à identifier les paramètres impactant et les analyser selon les scénarios.

## Conclusion

Les réseaux de distribution d'eau potable constituent un patrimoine à valeur forte d'une durée de vie longue. Leur gestion inclue les enjeux techniques, organisationnels (de service), économique et financier (coûts et bénéfices), environnemental (ressources) et sociétal (gouvernance territoriale, usagers). Cette étude propose de considérer tous ces aspects et de les intégrer dans une ACB.

A travers cette analyse économique, nous comparons des scénarios de gestion patrimoniale des scénarios de gestion patrimoniale combinant trois dimensions de performance du service de l'eau. Chaque scénario confronte les investissements de renouvellement de canalisations et la maintenance du service de l'eau en comparaison avec la stratégie actuelle de gestion patrimoniale.

A ce jour, cette étude est la seule qui compare trois scénarios et inclut autant les aspects internes qu'externes. Pour ce qui concerne les services de l'eau, certains critères semblent impacter significativement les coûts (environnement, longueur de canalisation, travaux de terrassement). Les impacts des externalités varient selon les scénarios et pourraient être déterminants dans les résultats finaux de l'ACB. A court terme, les coûts de renouvellement pourraient excéder les coûts d'exploitation et de maintenance.

Dès lors, en s'attendant à ce que cette tendance soit contrebalancée par les externalités positives sur le long terme, l'étude considère une période de 10 ans. Finalement, nous déterminerons quel scénario devrait être envisagé, c'est-à-dire celui le plus bénéfique à la société.

## Bibliographie

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE, août 2005. *Connaissance et maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable*. En ligne : [https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/documents/41/206654/206654\\_doc.pdf](https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/documents/41/206654/206654_doc.pdf)

AGENCE DE L'EAU LOIRE-BRETAGNE – ECODECISION – ECOLOGIQUE CONSEIL, novembre 2020. *Etude sur les bénéfices économiques des compteurs de sectorisation sur trois territoires des Deux-Sèvres*. En ligne : <https://agence.eau-loire-bretagne.fr/files/live/mounts/midas/Donnees-et-documents/%C3%89tude%20sur%20les%20b%C3%A9n%C3%A9fices>

AGENCE DE L'EAU RHONE-MEDITERRANEE-CORSE, 2017. *Observatoire des coûts - Renouvellement et réduction des fuites des canalisations d'eau potable*. En ligne : <https://economie.eaufrance.fr/renouvellement-et-reduction-des-fuites-des-canalizations-deau-potable-etude-des-couts>

AJUSTE C., BERLAND J.-M., CELERIER J.-L., octobre 2004. *Réhabilitation / remplacement des réseaux d'eau potable en zone rurale*, OIEau, Direction Générale de la forêt et des affaires rurales. En ligne : [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/fndae\\_rehabilitation\\_remplacement\\_des\\_reseaux\\_d\\_eau\\_potable\\_en\\_zone\\_rurale\\_2004.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/fndae_rehabilitation_remplacement_des_reseaux_d_eau_potable_en_zone_rurale_2004.pdf)

ARS NOUVELLE-AQUITAINE, 9 mars 2018. *Questions / réponses sur le chlorure de vinyle monomère dans l'eau du robinet*. En ligne : <https://www.nouvelle-aquitaine.ars.sante.fr/questions-reponses-sur-le-chlorure-de-vinyle-monomere-dans-leau-du-robinet>

ATKINSON G., BRAATHEN N.A., GROOM B. & MOURATO S. 2018 *Cost-Benefit Analysis and the Environment*, OECD.

AUBRUN C., HUSSON A., PILLOT J. et E. RENAUD (coord.), mai 2017. *Réduction des pertes d'eau des réseaux de distribution d'eau potable - Guide pour l'élaboration du plan d'actions - Volume 2 : Plan d'actions détaillé et hiérarchisé*, Asteea – Irstea. En ligne : <https://www.astee.org/publications/reduction-des-pertes-deau-des-reseaux-de-distribution-deau-potable-guide-pour-lelaboration-du-plan-dactions-volume-2/>

BEHRENS J. C., BLANCHET F. & BREJOUX E., 2014. *Gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable – Politiques d'investissement et gestion des immobilisations : cadre et bonnes pratiques – Une vision à la croisée des approches techniques, comptables et financières*. En ligne : <https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/33107.pdf>

DEPARTEMENT PUY-DE-DOME, juin 2012. *Règlement de voirie départementale du Puy-de-Dôme – Annexe 4 : Remblayage de tranchées*. En ligne : [https://www.puy-de-dome.fr/fileadmin/user\\_upload/Annexe4.pdf](https://www.puy-de-dome.fr/fileadmin/user_upload/Annexe4.pdf)

DTRF, Avril 2003. Fascicule 71 – Fourniture et pose de conduites d'adduction et de distribution d'eau, Bulletin Officiel. En ligne : [https://www.monreseaudeau.fr/wp-content/uploads/2017/06/Fascicule71\\_2012-05-30.pdf](https://www.monreseaudeau.fr/wp-content/uploads/2017/06/Fascicule71_2012-05-30.pdf)

GUERIN-SCHNEIDER L., 1999. *Indicateurs de performance – Services d'eau et d'assainissement*, ENGREF.

IRSTEA, MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE, Novembre 2013. *Cibler, mettre en œuvre et évaluer la lutte contre les pertes des réseaux d'eau potable, dans le but de préserver la ressource en eau*.

IRSTEA. ROC 2018 – 2020, *Projet Irstea « Renouvellement Orienté des Canalisations »*, Note de synthèse.

IRSTEA, Décembre 2016. *Projet - Gestion patrimoniale des réseaux d'eau pour préserver la qualité de l'eau et réduire les pertes - Renouvellement Orienté des Canalisations (ROC)*.

JUN H.J., PARK J.K. & BAE C.H., 2019. Economic valuation of aging water main improvements. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*. **11**.

MALM A., MOBERG F., ROSEN L. & PETTERSON T., 2015. Cost-Benefit Analysis and uncertainty analysis of water loss reduction measures: case study of the Gothenburg drinking water distribution. *Water Resources Management*. **15**. 5451-5468.

METROPOLE NICE COTE D'AZUR, 2019. *Annexe X – Conditions d'exécution des tranchées : Fascicule – Coupes types et Guides*. En ligne : [http://www.nicecotedazur.org/uploads/media\\_items/annexe-10-tranchees.original.pdf](http://www.nicecotedazur.org/uploads/media_items/annexe-10-tranchees.original.pdf)

PEARCE D., ATKINSON G. and S. MOURATO, 2006. *Cost-Benefit Analysis and the Environment – Recent Development*, Editions OCDE.

ONEMA, IRSTEA, *Réduction des fuites*, Partenariat 2011 – Action 3.

ONEMA, IRSTEA, *Réduction des fuites*, Partenariat 2013 – Action 7.

PIERREDON E., 2014. L'estimation des besoins futurs en renouvellement des canalisations d'eau potable sur le long terme : une pratique existante dans les services de l'eau ? AgroParisTech, Irstea.

RESE, *Règlement du service de distribution d'eau potable*, art.43. En ligne : <http://rese.fr/images/divers/fb/Reglement-eau-potable.pdf>

SIAEP Vienne-Briançe-Gorre, 2019. *Rapport sur le Prix et la Qualité du Service Public d'Eau Potable*, Syndicat Vienne Briançe Gorre. En ligne : <https://www.synd-vbg-eaux.com/notre-organisation>

WEREY C. (coord.), Groupe de travail ASTEE – AITF, Juillet 2014. *Politiques d'investissement et gestion des immobilisations: cadre et bonnes pratiques - Une vision à la croisée des approches techniques, comptables et financières*. En ligne : <https://www.astee.org/publications/politiques-dinvestissement-et-gestion-des-immobilisations-cadre-et-bonnes-pratiques/>

WEREY C., Janel J.-L., Weber E., 2002. *Renouvellement des réseaux d'eau potable : l'analyse des coûts*, 27, pp. 29-36. En ligne : [https://www.persee.fr/doc/jhydr\\_0000-0001\\_2002\\_act\\_27\\_1\\_927](https://www.persee.fr/doc/jhydr_0000-0001_2002_act_27_1_927)

#### BPU de Services de l'eau / Cabinet d'étude :

Prix hors taxes.

- BPU RESE 2021 [les prix intègrent la fourniture et la pose d'équipement, donc la M.O. est déjà intégrée]
- (i) BPU SIAEP Tarnos 2017
- (ii) BPU Rouffignac 2016
- (iii) BPU Eaux de Vienne - Siveer 2019
- (iv) BPU BDEE 2021
- (v) BPU VBG 2018 [les prix unitaires rémunèrent toutes les dépenses qui sont la conséquence directe ou indirecte des travaux, à l'exception des sujétions énumérées au titre de chaque catégorie de travaux]
- (vi) BPU Vallée de l'Hérault 2020
- (vii) BPU Nantes 2017
- (viii) BPU Thuir 2018