



## Evaluation et analyse des coûts de résilience des réseaux d'eau potable par des méthodes de comptabilité analytique

Caty WEREY, Angélique CHERITAT



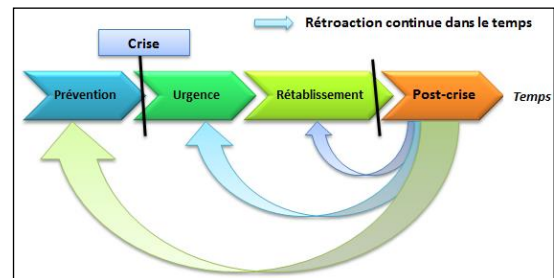
L'un des objectifs du projet franco-allemand RESIWATER<sup>1</sup> (ANR-BMBF) est de réaliser une analyse coûts-bénéfices de différents programmes de résilience rattachés à un scénario de crise hypothétique, afin d'évaluer les effets positifs et négatifs en termes de coûts de ce scénario sur le service d'eau potable concerné, ainsi que les impacts positifs ou négatifs (externalités) sur l'utilisateur domestique. Nous nous intéressons ici aux coûts internes, c'est-à-dire aux coûts pour le service. L'utilisation des méthodes de comptabilité de gestion, telles que la méthode des sections homogènes couplée à l'approche en coûts complets a permis de dégager dans un premier temps des coûts internes de crises réelles, puis des gains internes liés à des réductions de coûts pour les différents programmes de résilience sur un scénario hypothétique.

### *L'utilisation de la comptabilité analytique dans l'évaluation des coûts liés aux crises*

Une première étude a permis de définir le socle d'évaluation et d'analyse des coûts de résilience liés à des événements extrêmes et inattendus à partir de « crises réelles ». Nous avons cherché à évaluer les effets en termes de coûts pour les services d'eau potable participants au projet ResiWater<sup>1</sup> (EMS Strasbourg, BWB Berlin, et VEDIF (Véolia Ile-de-France)) sur six cas de crises réelles et terminées : contaminations bactériologiques sur le réseau d'eau potable, pollution au niveau de l'usine de production, grosses ruptures de conduite ou ruptures répétées liées au gel.

Chaque coût a été relié à une des quatre phases de résilience, afin d'intégrer la dimension temporelle à notre étude, comme le montre la figure 1 (Chéritat, 2016).

La résilience est définie comme la capacité d'un système technique et de son organisation à revenir à son niveau de performance initial voire supérieur.



▲ Figure 1. L'échelle de temps du processus de résilience (Chéritat, 2016)

La phase de prévention correspond aux activités et aux investissements venant en amont de ces événements (nouveaux équipements : logiciels hydrauliques, capteurs, gestion patrimoniale et exercices de crise...). Les phases de gestion de crise correspondent à la gestion dans l'urgence et à celle du retour à la normale, de rétablissement (recovery). La phase post-crise s'effectue sur la base de reporting (RETEX) et de débriefing, durant laquelle des décisions de renforcement de la résilience peuvent être prises sur la question des investissements et de

<sup>1</sup> RESIWATER "Innovative Secure Sensor Networks and Model-based Assessment Tools for Increased Resilience of Water Infrastructures" ([www.resiwater.eu](http://www.resiwater.eu)). Ce projet s'intéresse à 3 crises graves: un effondrement majeur du réseau, une contamination, des effets cascades sur le réseau d'eau potable suite à rupture énergétique ou cyberattaque

l'organisation du service. Chaque cas de crise étudié, a été décortiqué afin d'identifier les coûts qui composent toutes les activités/tâches accomplies durant les phases de crise par le personnel du service. La comptabilité analytique permet une reclassification des dépenses et des recettes des services, permettant d'avoir une vision réelle de ces dernières. Elle permet aussi d'intégrer certaines dépenses ne figurant pas dans la comptabilité générale, de prendre en compte les charges indirectes, et de mettre en évidence certains coûts noyés dans les frais de fonctionnement ou les dépenses diverses. Elle fait également le lien entre les ressources consommées et les activités réalisées (Chéritat, 2016 - ASTEE, 2017). C'est pourquoi il nous a semblé nécessaire d'utiliser des méthodes de comptabilité analytique, sachant que les coûts liés aux crises sont soit eux même inconnus en tant que tels, soit noyés dans la comptabilité générale, et donc non-identifiables de prime abord. Deux méthodes ont été utilisées, courantes dans le domaine privé, pour l'évaluation des coûts liés aux crises : les coûts complets (full costs) et les sections homogènes (job-order costing) (Seal et al., 2012).

#### La méthode des coûts complets

Le calcul du coût se fait en prenant en compte l'ensemble des charges que l'on peut relier à ce coût, représentées dans le tableau 1 (Chéritat, 2016).

	Charges directes	Charges indirectes
Charges fixes	Ex. Frais de personnel, loyers...	Ex. Amortissement, assurance, impôts...
Charges variables	Ex. Matériaux, traitements chimiques...	Ex. Electricité, gaz...

▲ Tableau 1. Typologie des charges

#### La méthode des sections homogènes

Contrairement aux charges dites « directes », les charges indirectes sont difficilement allouables à un coût sans l'utilisation d'une clé de répartition, permettant de relier ces charges (souvent associées aux frais de structures) aux charges directes. Les charges directes sont regroupées dans ce que l'on appelle des sections « principales », les charges indirectes, dans des sections « auxiliaires ».

L'allocation des charges indirectes sur les sections principales, permet de constituer des sections homogènes. On dit qu'elles sont homogènes parce que les ressources y sont utilisées pour répondre à un même objectif (par ex. produire de l'eau potable, pour une section « production »).

Ces deux méthodes ont été déployées pour l'évaluation des coûts liés aux crises, en définissant deux sections principales : « la phase d'urgence » et « la phase rétablissement », et une section auxiliaire, composée de toutes les charges indirectes (amortissement véhicules, fournitures, huile, carburant...) en lien avec la crise. La clé de répartition choisie a été les « heures de main d'œuvre directe ». Elle est calculée en divisant le temps total d'heures pendant la phase de crise par le temps total d'activité des salariés du service sur l'année. Le tableau 2 présente l'application des deux méthodes sur un cas de rupture de conduite (Chéritat, 2016) :

	Unité	Quantité	Coût moyen unitaire (en €)	Coût total (en €)
Matériel utilisé	pièce	221	6,53	1 442,19
Engins motorisés : pelle mécanique et camion	heure	1	67,75	135,5
Frais de personnel	heure	148,5	39,5	5 858,54
Frais de personnel (heures supplémentaires)	heure	100	27,4	2 740
<b>Total</b>				<b>10 176,23</b>
Pertes d'eau (purges)	m3	7410	0,2	1482
<b>Total coûts directs</b>				<b>11 658,23</b>
<b>Clé de répartition</b>	Heures de crises sur heures de main d'œuvre directe annuelles	0,00025		
Charges indirectes et frais de structure annuelles	€	10 000 000		
Total charges indirectes	€			2 483
<b>Coût complet phase rétablissement (€)</b>	€			<b>14 142</b>

▲ Tableau 2. Calcul du coût complet de phase rétablissement pour le cas de rupture de conduite

#### Constitution d'un modèle générique

Nous avons construit un modèle générique pour tous les cas de crises étudiés en prenant en compte la même clé de répartition. Ce modèle générique découle de l'analyse des cas de crise et synthétise les résultats de nos recherches sur les 3 sites. Il peut être utilisé pour toute crise à venir et servira pour l'évaluation des coûts des scénarios hypothétiques de résilience.

La décomposition de chacun des coûts est très importante, puisqu'elle permet de porter un regard critique sur la façon dont les ressources sont allouées, et c'est d'ailleurs le principal objectif de mise en place d'une comptabilité analytique. De l'information qu'elle apporte, le manager pourra en déduire les prochaines décisions stratégiques de gestion : plus de personnel à prévoir la prochaine fois pour telle activité, moins de temps à consacrer pour une autre, révision du planning et du plan de gestion de crise...

### *L'évaluation des surcoûts et des gains des programmes de résilience pour le scénario de Cyberattaque*

Le scénario de crise hypothétique envisagé est celui d'une cyberattaque au niveau du système de commande et de mesure entraînant la diffusion d'informations erronées au superviseur central (effet cascade). La détection du problème n'a lieu qu'au moment de l'apparition de défaillances dans la distribution de l'eau (chutes de pression, coupure d'eau) via l'appel des consommateurs.

L'étude des coûts de crises réelles nous a permis de donner le cadre d'évaluation des coûts liés aux crises qui va servir à déterminer les coûts de résilience sur trois programmes de résilience différents.

Ils se situent sur une dynamique de progrès et ont été proposés par le service. Ainsi le premier programme, le statut quo (SQ) correspond à la situation actuelle de résilience du service d'eau en cas de crise. Le second, nommé R+ correspond à une situation améliorée de résilience du service par la mise en application des outils RESIWATER (simulation hydraulique avancée et nouveaux capteurs). Le dernier programme de résilience, Résilience R++, prévoit l'utilisation d'un outil de détection cyberattaque ainsi que les procédures et les nouvelles embauches rattachées.

### *Calcul des coûts de résilience*

Le calcul des coûts se fait sur la base de la même méthodologie que celle qui a été précédemment utilisée, à ceci près que nous avons rajouté la méthode de l'analyse des écarts (Dopuch et al, 1967), pour le calcul des gains et des surcoûts de

résilience par rapport au SQ, et celle des coûts cachés (Savall et Zardet, 1993).

Cette dernière a été utilisée pour l'évaluation de certains coûts, comme des retards induits dans le travail quotidien dûs à l'implication des salariés pendant la crise, ou encore des pertes d'eau non chiffrées, ou des pertes de temps. Les coûts cachés sont des coûts invisibles (ils n'ont pas de nom et ne sont pas reconnus comme tels, ni mesurés), ils sont issus de mécanismes de régulation. Dans notre cas les coûts cachés sont évalués au taux horaire standard appliqué par le service d'eau (Wery et al, 2017).

### *Calcul des surcoûts et des gains sur les coûts interne de résilience*

Cette approche permet l'évaluation des coûts internes des différents scénarios pour le service. Le calcul des écarts sur coûts internes constatés entre les différents programmes de résilience s'effectue en comparant les coûts de R+ et R++ à la situation de référence SQ.

L'écart constaté peut être positif, et on parlera de « surcoût », ie d'un coût supplémentaire par rapport à SQ, qui va dans le sens d'une recherche d'amélioration de la résilience s'il s'agit d'un surcoût de prévention. L'écart constaté peut aussi être négatif, et on parlera de « gain », ie une « réduction de coût » ou un « coût évité » qui va dans le sens d'une amélioration de la résilience s'il s'agit d'un gain de fonctionnement dans les phases d'urgence ou de rétablissement et post-crise.

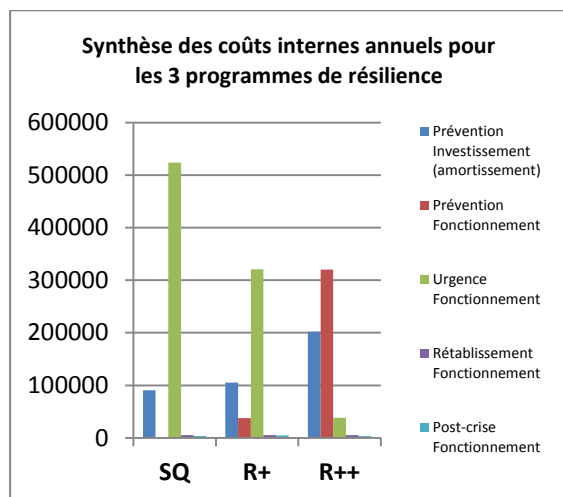
L'écart constaté total sera soit un surcoût, ou bien un gain.

### *Premiers résultats*

Les premiers résultats montrent une corrélation négative entre les coûts d'investissement et les coûts de fonctionnement, en R++. La hausse des investissements a entraîné la baisse des coûts de fonctionnement, constat que l'on fait également en R+, mais à un degré moindre

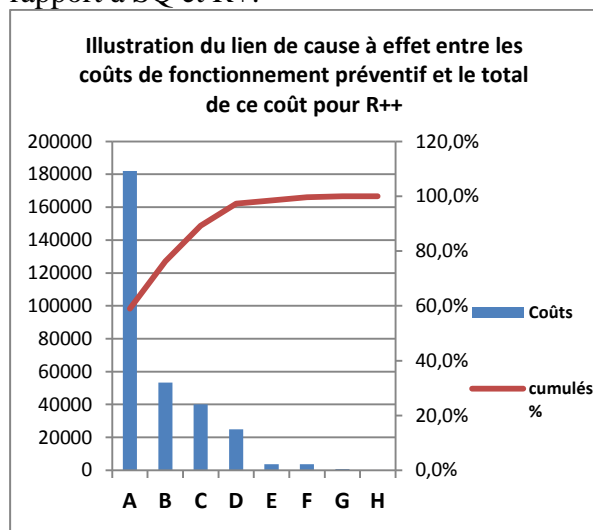
En R+ et en R++ on obtient un « bénéfice interne » (résultat final) sur l'année de la crise par rapport à SQ. On peut aisément remarquer cela sur la figure 2 ; les coûts de

fonctionnement baissent plus rapidement que les coûts de prévention n'augmentent.



▲ Figure 2. Coûts internes annuels SQ, R+ et R++ pour l'année de crise

Nous avons également analysé les éléments de coûts qui expliquent les écarts constatés d'un programme de résilience à l'autre. La figure 3 montre les facteurs influents sur le coût total de fonctionnement pour la phase préventive en R++. On remarque que 80% de la valeur de ce coût est expliquée par 20% des composantes de ce coût : les nouvelles embauches et les frais de maintenance – lesquels ont d'ailleurs augmenté par rapport à SQ et R+.



▲ Figure 3. Diagramme de Pareto : coûts de fonctionnement phase préventive de R++

A=	Nouvelles embauches
B=	Frais maintenance
C=	Contrat ABRAPA
D=	Porteau formation
E=	Campagnes de sensibilisations
F=	Mégaphones
G=	Communication (sms, email)
H=	Formation polygone gestion crise

## Conclusion

Le principal intérêt de cette étude est de mesurer l'impact d'une crise en termes de coûts pour le service. L'étude permet aussi de montrer que l'évaluation des coûts permet au service d'obtenir des informations supplémentaires sur l'emploi de ses ressources, ainsi que sur l'efficacité de ses procédures de gestion de crise et de ses outils préventifs. Le modèle présenté d'évaluation des coûts de résilience est un outil pour l'analyse de crises à venir, des « crises normales » telles que les ruptures de conduites courante ou des scénarios hypothétiques pour améliorer la résilience.

Cette recherche a été réalisée dans le cadre du projet franco-Allemand RESIWATER "Innovative Secure Sensor Networks and Model-based Assessment Tools for Increased Resilience of Water Infrastructures" financé par l'ANR et le BMBF. Nous remercions plus particulièrement les 3 services gestionnaires : l'EMS, le BWB et le VEDIF.

## Bibliographie

- ASTEE-AITF-ONEMA-FNCCR (2017). « *Gestion patrimoniale des services d'eau potable et d'assainissement: Approche croisée par le suivi des activités et l'analyse des coûts du service* », coordonné par Wery C., éditions ASTEE, (<http://www.astee.fr/>), 146 p.
- Chéritat A., (2016). *Résilience des réseaux d'eau potable : identification et évaluation des coûts directs d'évènements de crise par la méthode des coûts complets*, stage GESTE - M2 MAFE IAE Besançon, 110 pp.
- Chéritat A., Wery C. *Mesurer les coûts liés aux crises pour améliorer la gestion de la résilience : le cas des services publics d'eau potable*, soumis à PMP.
- Dopuch, N., Birnberg, J., & Demski, J. (1967). *An Extension of Standard Cost Variance Analysis*, *The Accounting Review*, Vol. 42, Iss. 3, pp. 526-536.
- Savall H., Zardet V., (1992). *Le Nouveau Contrôle de Gestion, Méthode Des Coûts-Performances Cachés*, Editions Comptables Malesherbes, Eyrolles, 399 pp.
- Seal W. et al., (2012). *Management accounting*, Mc Graw Hill Higher education, 4th Edition, 883 pp.
- Wery C., Chéritat A., Sedehizade F., Weber J.-M., Féliers C. (2017). *Asset management and early warning monitoring as prevention measures for resilience of water networks: full costing approach for crisis cost valuation*. 7th IWA LESAM Trondheim, Norway, June.