



HAL
open science

Introduction de la pression et du nombre de branchements dans les indicateurs français de pertes des réseaux d'eau potable

Eddy Renaud, M Clauzier, A.C. Sandraz, J. Pillot, Denis Gilbert

► To cite this version:

Eddy Renaud, M Clauzier, A.C. Sandraz, J. Pillot, Denis Gilbert. Introduction de la pression et du nombre de branchements dans les indicateurs français de pertes des réseaux d'eau potable. Efficient 2013, Oct 2013, Paris, France. 15 p. hal-00937564

HAL Id: hal-00937564

<https://hal.science/hal-00937564>

Submitted on 28 Jan 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Introduction de la pression et du nombre de branchements dans les indicateurs français de pertes des réseaux d'eau potable

Eddy RENAUD¹, Marion CLAUZIER², Anne-Claire SANDRAZ³, Julie PILLOT⁴, Denis GILBERT⁵

INTRODUCTION

La lutte contre les pertes en eau des réseaux de distribution d'eau potable nécessite un diagnostic de l'origine des pertes afin d'adapter au mieux les actions mises en œuvre pour les réduire. Il est donc important de se doter d'indicateurs de performance qui permettent, en première approche, de quantifier et de qualifier les volumes perdus selon leurs sources.

Les actions de lutte contre les fuites peuvent essentiellement porter sur les infrastructures et sur la pression de service. Il semble donc naturel que des informations attachées à ces deux aspects, telles le nombre de branchements et la pression moyenne de service, soient prises en compte pour caractériser le niveau des pertes.

En France, un système d'indicateurs de performance des réseaux d'eau potable est fixé par la réglementation. En matière d'évaluation des pertes, ce système rapporte le volume annuel perdu au volume annuel consommé ou à la longueur des canalisations mais aucun indicateur ne prend en compte la pression moyenne de service ou le nombre de branchements. A l'inverse, l'International Water Association (IWA) propose des indicateurs qui font intervenir ces paramètres. Des études antérieures ont cependant montré que ces indicateurs ne sont pas toujours adaptés aux services des eaux français dont les tailles sont très variables et dont les densités d'utilisateurs peuvent être très faibles.

Dans ce contexte, Irstea (organisme public de recherche) et Veolia Eau (opérateur des services de l'eau) ont décidé d'étudier ensemble la mise au point d'indicateurs de pertes adaptés au contexte français prenant en compte la pression et le nombre de branchements.

Après avoir passé en revue les indicateurs de pertes usuels puis présenté les bases méthodologiques de nos travaux, nous présenterons les résultats obtenus sur nos terrains à l'échelle du secteur puis à l'échelle du service. Pour conclure nous nous appuyerons sur nos résultats pour formuler des propositions sur les indicateurs et leur utilisation.

1 LES INDICATEURS DE PERTES USUELS

Les indicateurs usuels sont présentés en détail dans (Renaud *et al.*, 2012).

1.1 Indicateurs de pertes utilisés en France

Les deux indicateurs des pertes les plus utilisés en France sont issus de la réglementation relative au rapport annuel sur le prix et la qualité du service (arrêté et décret du 2 mai 2007). Il s'agit du rendement (R) et de l'indice linéaire de pertes (ILP). Ils sont définis comme suit :

$$R = \frac{V_{ca} + V_{exp}}{V_{prod} + V_{imp}} (\%)$$

$$ILP = \frac{(V_{prod} + V_{imp}) - (V_{ca} + V_{exp})}{365 \times L} \left(\frac{m^3}{km \cdot jour} \right)$$

Avec :

¹ Irstea, Groupement de Bordeaux, Unité REBX, eddy.renaud@irstea.fr

² Veolia Eau, Direction technique, marion.clauzier@veoliaeau.fr

³ Veolia Eau d'Ile-de-France, anne-claire.sandraz@veoliaeau.fr

⁴ Irstea, Groupement de Bordeaux, Unité REBX, julie.pillot@irstea.fr

⁵ Irstea, Groupement de Bordeaux, Unité REBX, denis.gilbert@irstea.fr

V_{ca} , Volume annuel consommé autorisé (m^3/an)

V_{prod} , Volume annuel produit (m^3/an)

V_{exp} , Volume annuel exporté (ou vendu) (m^3/an)

V_{imp} , Volume annuel importé (ou acheté) (m^3/an)

L , Longueur du réseau de distribution hors branchements (km)

Ces deux indicateurs présentent plusieurs avantages. Ils sont clairement définis et font intervenir un nombre limité de données, ils sont régulièrement utilisés par l'ensemble des praticiens et sont aisément compréhensibles. Ils ne sont toutefois pas sans inconvénients.

Le rendement ne reflète pas uniquement le niveau des pertes et de leurs variations, il est très sensible aux consommations. (Agence de l'eau Adour Garonne, 2005) propose un exemple qui illustre clairement ce point.

« Une entreprise consomme $8\,000\ m^3/mois$ et le réseau urbain utilise $10\,000\ m^3/mois$, le niveau des pertes est de $7\,000\ m^3/mois$. Quand l'entreprise fonctionne, il doit être produit $25\,000\ m^3/mois$ pour couvrir l'ensemble des besoins, le rendement est alors égal à $(10\,000 + 8\,000) / 25\,000 = 72\ %$. Quand l'entreprise est fermée, la production nécessaire est de $17\,000\ m^3/mois$, le rendement vaut alors $10\,000 / 17\,000 = 58\ %$. »

Cet exemple simple démontre que pour un même niveau de pertes, le rendement peut varier fortement en fonction du niveau des consommations. La valeur de cet indicateur est donc délicate à interpréter et ses variations ne sont pas forcément représentatives des variations de performance du réseau du point de vue des pertes.

L'*ILP*, contrairement au rendement, est indépendant des variations de la consommation. Il permet en outre de rapporter les pertes à une caractéristique structurelle du réseau (le linéaire des canalisations). Il présente cependant un inconvénient majeur : sa valeur ne peut pas être analysée indépendamment du caractère urbain ou rural du réseau.

Il existe de multiples référentiels d'interprétation de l'*ILP* pour lesquels le caractère urbain ou rural est selon les cas basé sur les valeurs de l'Indice Linéaire de Consommation (*ILC*, consommation annuelle par kilomètre de canalisation et par jour) ou de la densité d'abonnés (*D*, nombre d'abonnés par kilomètre de canalisation). (Renaud, 2009) montre d'une part que l'appréciation de la performance du réseau est très variable selon le système de référence utilisé et d'autre part que les référentiels sont tous établis par classe (d'*ILC* ou de *D*), ce qui génère des effets de seuils importants : par exemple, l'*ILP* d'un service jugé « acceptable » une année peut devenir « mauvais » l'année suivante sans réelle dégradation de sa performance, si une faible variation de *D* ou *ILC* fait passer le réseau de la classe « urbain » à « semi urbain ».

1.2 Indicateurs de pertes de l'IWA

Parmi les indicateurs de pertes recommandés par l'IWA (Alegre *et al.*, 2006), l'Infrastructure Leakage Index (*ILI*) est l'un de ceux dont il est fait un large usage à travers le monde depuis plus de dix ans. Sa formulation est la suivante :

$$ILI = \frac{CARL}{UARL} = \frac{CARL}{(18 \times L + 0.8 \times N_b + 25 \times L_b) \times P}$$

Avec

$CARL$, Current Annual Real Losses (Litres/jour)

$UARL$, Unavoidable Annual Real Losses (Litres/jour)

L , Longueur du réseau hors branchements (km)

N_b , Nombre de branchements

L_b , Longueur totale des branchements de la voirie au compteur (km)

P , Pression moyenne de service, en mètres de colonne d'eau (mce)

$CARL$ exprime les pertes « réelles », c'est-à-dire les pertes au sens du système français diminuées des volumes liés aux vols d'eau et au sous-comptage des compteurs domestiques.

UARL représente les pertes dites « incompressibles » évaluées selon la formule proposée par (Lambert et al, 1999)

L'*UARL* repose sur l'idée qu'il existe un niveau minimal de pertes en dessous duquel il n'est pas envisageable de vouloir descendre. Ce seuil minimal, *UARL*, est basé sur les hypothèses récapitulées dans le Tableau 1, formulées dans le cas de réseaux en bon état et exploités dans les règles de l'art.

Tableau 1 : Hypothèses de calcul d'*UARL* pour une pression moyenne de 50 mce

	<i>Fuites indétectables</i>	<i>Fuites apparentes</i>	<i>Fuites apparentes non détectées</i>
Conduites	20 l/km/h	0.124 réparation/km/an à 12 m ³ /h pendant 3 jours	0.006 réparation/km/an à 6 m ³ /h pendant 50 jours
Branchement partie publique	1.25 l/brcht/h	2.25 réparation/1000 brcht/an à 1.6 m ³ /h pendant 8 jours	0.75 réparation/1000 brcht/an à 1.6 m ³ /h pendant 100 jours
Branchement partie privée	0.5 l/brcht/h pour 15 m de longueur de branchements	1.5 réparation/1000 brcht/an à 1.6 m ³ /h pendant 9 jours	0.5 réparation/1000 brcht/an à 1.6 m ³ /h pendant 101 jours

L'intérêt majeur d'*ILI* est qu'il s'agit d'un indicateur adimensionnel qui prend en compte plusieurs caractéristiques essentielles d'un réseau pouvant expliquer son niveau de pertes. Il est conçu pour représenter la part des pertes due aux infrastructures, indépendamment de la pression de service.

Son inconvénient majeur est qu'il ne s'applique pas à tous les réseaux. Ses concepteurs le préconisent pour les réseaux de plus de 3 000 branchements présentant une densité de branchements supérieure à 20 branchements/km. (Renaud, 2009) montre que de nombreux réseaux français ont des valeurs d'*ILI* inférieurs à 1 (ce qui signifie des pertes plus faibles qu'*UARL* et ne devrait pas être) et qu'au-delà, *ILI* est en moyenne proportionnel à la densité d'abonnés, alors que son interprétation se veut indépendante de la typologie du réseau.

En complément d'*ILI*, conçu pour mesurer les pertes liées aux infrastructures, (Trow, 2009) propose un indicateur pour mesurer l'impact de la pression sur les pertes, Pressure Management Index (*PMI*) :

$$PMI = \frac{CASP}{MARP}$$

Avec

CASP, Current Annual System Pressure (mce)

MARP, Minimal Annual Reference Pressure (mce)

CASP représente la pression moyenne de service tandis que *MARP* est la pression minimale au point de livraison (réglementaire ou conventionnelle) majorée de 3 mce.

(Trow, 2009) propose une utilisation combinée d'*ILI* et *PMI* pour mesurer les potentiels respectifs de réduction des pertes par la recherche active des fuites et par la gestion des pressions de service (

Figure 1).

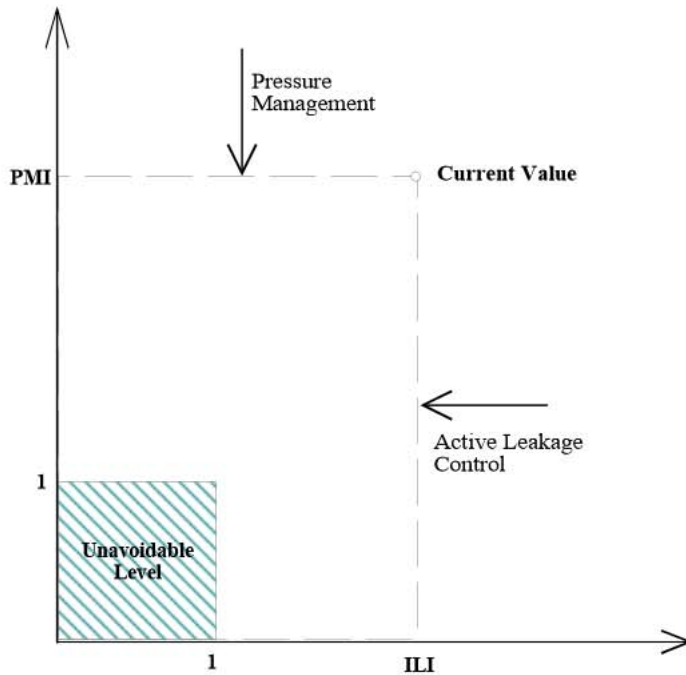


Figure 1 : Utilisation combinée de ILI et PMI

PMI présente l'intérêt incontestable de consacrer la pression comme paramètre à prendre en compte pour évaluer le potentiel de réduction des pertes. Sa faiblesse majeure, est de rapporter la pression de service à une pression minimale au point de desserte (*MARP*). Pour d'évidentes raisons hydrauliques, *MARP* ne peut pas être atteinte sur l'ensemble du réseau, une telle référence ne prend pas en compte l'impact déterminant de la configuration et du contexte topographique d'un réseau sur son potentiel de réduction de la pression.

2 BASES POUR LA CONSTRUCTION DE NOUVEAUX INDICATEURS DE PERTES

2.1 Objectifs

Il ressort de ce qui précède que, d'une part, la pression et le nombre de branchements ne sont pas pris en compte dans les indicateurs de performance français et que, d'autre part, les indicateurs internationaux qui les intègrent ne sont pas pleinement satisfaisants. Il semble donc opportun de rechercher de nouveaux indicateurs qui soient adaptés (entre autre) au contexte français et qui, comme ILI et PMI mais sans en comporter les inconvénients, intègrent le nombre de branchements et la pression.

(Renaud, 2010) propose un indicateur global de pertes (*GLI*, Global Leakage Index), qui est le produit d'*ILI* et de *PMI*. C'est en repartant de ce principe que nous avons défini la forme des trois indicateurs recherchés dans le cadre de l'étude.

Tableau 2 : Forme des indicateurs recherchés

Indicateur	Formulation	Données
Indice de Pertes Structurelles	$IPS = \frac{VP}{v_{ref} \times P^\alpha \times N_b^\beta}$	VP , volume annuel de pertes (m^3) P , pression moyenne de service (mce) N_b , nombre de branchements
Indice de Réduction de la Pression	$IRP = \frac{P}{P_{min}}$	v_{ref} , constante à déterminer (m^3) α et β exposants à déterminer
Indice Global de Pertes	$IGP = IPS \times IRP^\alpha$	P_{min} pression minimum qui peut être atteinte sur le service (mce). Méthode d'évaluation à définir.

2.2 Calcul de la pression moyenne d'une zone

Le calcul des indicateurs recherchés nécessite de disposer d'une évaluation de la pression moyenne de service de la zone étudiée. En s'appuyant sur les travaux de la Water Services Association of Australia (WSAA, 2009),

(Sissoko, 2010) propose plusieurs méthodes d'évaluation de la pression d'une zone, selon le contexte et les données disponibles. Dans le cadre de l'étude et dans l'objectif de travailler sur un nombre important de services ou de secteurs, nous avons choisi d'utiliser la méthode « hydraulique ». Cette méthode est utilisable dès lors que l'on dispose d'un modèle hydraulique correctement calé avec des données de terrain. Elle utilise les pressions moyennes journalières de chaque nœud, déduites des pressions calculées à chaque pas de temps par le modèle. La pression moyenne de la zone est ensuite obtenue en calculant la moyenne pondérée des pressions moyennes journalières des nœuds. Trois systèmes de pondération sont envisagés : uniforme (poids identique pour tous les nœuds), selon la demande au nœud et selon la longueur de canalisations (chaque nœud est affecté de la demi-longueur des tronçons qui lui sont connectés).

Pour fiabiliser et automatiser le calcul de la pression moyenne d'une zone, nous avons développé des applications informatiques dédiées aux réseaux modélisés avec le logiciel EPANet.

Une première application permet d'affecter les nœuds du réseau aux secteurs. Pour cela un travail préalable de représentation des compteurs de sectorisation dans le modèle est requis. Il s'agit d'une opération simple qui consiste à attribuer la valeur « compteur » au champ « TAG » des nœuds concernés. A partir du modèle ainsi complété et enregistré dans le format « .inp », le programme, qui inclut un algorithme de parcours de graphe, permet l'identification des secteurs et l'affectation de chaque nœud et de chaque tronçon du réseau à un secteur.

Une seconde application est dédiée au calcul des indicateurs de pression. L'identification des secteurs d'appartenance des nœuds ayant été mentionné dans le champ « TAG » de chacun d'eux, à partir du modèle au format « .inp », le programme lance un calcul hydraulique EPANet, en extrait les informations et résultats utiles et calcule, pour chaque secteur et pour le réseau dans son ensemble, les indicateurs suivants (cf. Figure 2) :

- A. « tag », identification du secteur. « tag » = « Network » correspond à l'ensemble du réseau
- B. « nbnodes », nombre de nœuds du groupe
- C. « demand m3 », demande totale du groupe (m3)
- D. « length », longueur totale de canalisations du groupe (m)
- E. « pmoy », moyenne non pondérée des pressions des nœuds du groupe
- F. « pmoyL », moyenne des pressions pondérées par la longueur de canalisations des nœuds du groupe
- G. « pmoyD », moyenne des pressions pondérées par la demande des nœuds du groupe dont la demande est strictement positive
- H. « pcrit », pression minimale parmi les pressions calculées à tous les pas de temps pour les nœuds dont la demande est strictement positive
- I. « IDcrit », identifiant du nœud dont la pression est égale à pcrit à un instant donné
- J. « P10 », 1er décile de la distribution des pressions des nœuds du groupe
- K. « P50 », 5ème décile de la distribution des pressions des nœuds du groupe
- L. « P90 », 9ème décile de la distribution des pressions des nœuds du groupe

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	tag	nbnodes	demand m3	length	pmoy	pmoyL	pmoyD	pcrit	IDcrit	P10	P50
2	Network	791	1706.4636	253186.5	48.6	54	48.34	12.05	582	32.67	
3		713	1456.4886	233151	48.98	53.82	48.57	19.2	2	32.77	
4	che	1	6.477034	180	68.85	68.85	68.85	68.04	405	68.85	
5	PI1	3	3.598352	724	59.2	69.25	68.92	64.6	421	65.44	
6	PI17	2	7.436595	987.5	55.56	65.44	65.49	64.67	597	65.49	

Figure 2 : Exemple de résultats du programme de calcul automatique des indicateurs de pression

2.3 Echelles et terrains d'étude

L'évaluation du volume des pertes se fait par différence entre les volumes introduits dans le réseau et les volumes utilisés. Ces informations peuvent être obtenues à deux échelles, celle du secteur et celle du service.

A l'échelle du secteur, le volume mis en distribution est connu à partir des mesures des compteurs de sectorisation tandis que le volume consommé peut être obtenu avec les données de facturation, moyennant le rattachement des clients aux secteurs. A cette échelle, l'analyse des débits de nuit peut également permettre une estimation du volume des pertes.

A l'échelle du service, les données nécessaires à l'évaluation des pertes font partie de celles produites dans le cadre des rapports annuels. Les volumes mis en distribution résultent des relevés de production, d'import et d'export tandis que les données de consommation proviennent du relevé annuel des compteurs des usagers.

Pour mener nos investigations sur la recherche d'indicateurs de pertes pertinents, il est nécessaire de disposer d'informations complémentaires sur les facteurs susceptibles d'impacter le niveau des pertes, en particulier des données relatives au patrimoine et à la pression.

Au regard de ces contraintes, des services des eaux ont été sélectionnés parmi ceux exploités par Veolia Eau. A l'échelle du secteur, cinq services disposant d'une sectorisation opérationnelle, d'un Système d'Information Géographique (SIG) et d'un modèle hydraulique calé récemment ont été choisis. A l'échelle du service, afin de permettre le calcul automatique des indicateurs de pression, l'étude a porté sur 122 services disposant d'une modélisation hydraulique complète et cohérente réalisée avec le logiciel EPAnet.

Les investigations ont été menées successivement à l'échelle du secteur puis à l'échelle du service.

3 ETUDE A L'ECHELLE DU SECTEUR

3.1 Acquisition et traitement des données

Des données suffisantes ont été obtenues sur 100 secteurs parmi les 196 secteurs que comptent les 5 services sélectionnés. En effet, certains secteurs ont dû être écartés et d'autres regroupés en raison de l'absence ou de l'imprécision de certaines informations. Le cas le plus courant résulte de manques importants dans la chronique de mesure des débits, liés à des dysfonctionnements de la chaîne de mesure.

Si plus de la moitié des secteurs comptent entre 500 et 2000 branchements, on note toutefois que certains secteurs sont très grands (3 secteurs de plus de 90 000 branchements). Comme le montre le Tableau 3, le panel étudié est varié mais n'est pas homogène, il est plutôt urbain et présente des niveaux de pertes et de pression assez élevés.

Tableau 3 : Caractérisation des secteurs étudiés

<i>Répartition des secteurs</i>	<i>Pression moyenne (mce)</i>	<i>Densité de branchements (branchements/km)</i>	<i>ILP m3/km/j</i>	<i>Rendements (%)</i>
1^{ère} décile	38,4	15,3	2,0	53,7
Médiane	52,9	57,2	7,3	71,5
9^{ème} décile	75,3	165,7	18,2	90,5

Les données nécessaires à l'étude proviennent essentiellement des quatre sources que sont le SIG, la base de données clientèle, le modèle hydraulique et le système de gestion de la sectorisation. D'importants traitements de données ont été nécessaires pour mettre en cohérence les informations et calculer les données et indicateurs recherchés (Le Glatin, 2011), (Tangeaoui, 2012).

L'affectation des clients aux secteurs, nécessaire à l'évaluation des consommations par secteur, a été réalisée à partir des adresses. L'imprécision de certaines d'entre elles et l'existence de voies partagées entre plusieurs secteurs ont conduit à réaliser certaines affectations au prorata des longueurs de réseau concernées. Pour encadrer les incertitudes liées à ces traitements, des indices de fiabilité mesurant la proportion des affectations incertaines ont été construits, et les secteurs ayant des valeurs de ces indices supérieures à 30 % ont été écartés de l'étude.

Les volumes annuels distribués par secteurs ont été tirés des chroniques de débit. Ici encore, les secteurs avec une proportion de valeurs estimées ou corrigées supérieure à 30 % ont été écartés. Le calcul de la pression moyenne des secteurs a nécessité une affectation des nœuds aux secteurs, celle-ci a été réalisée de façon graphique. Les calculs effectués à partir des modèles hydrauliques ont servi de base à l'élaboration des spécifications des outils de calculs automatiques mentionnés au 2.2 (Tangaoui et Sandraz 2012).

3.2 Analyse des facteurs explicatifs des pertes

Comme le montre la Figure 3, une relation nette existe entre le volume annuel perdu et le nombre de branchements. Une relation similaire existe entre le volume perdu et le linéaire de réseau ce qui est logique dans la mesure où le linéaire de réseau et le nombre de branchements sont deux variables indicatrices de la taille du secteur très corrélées entre elles.

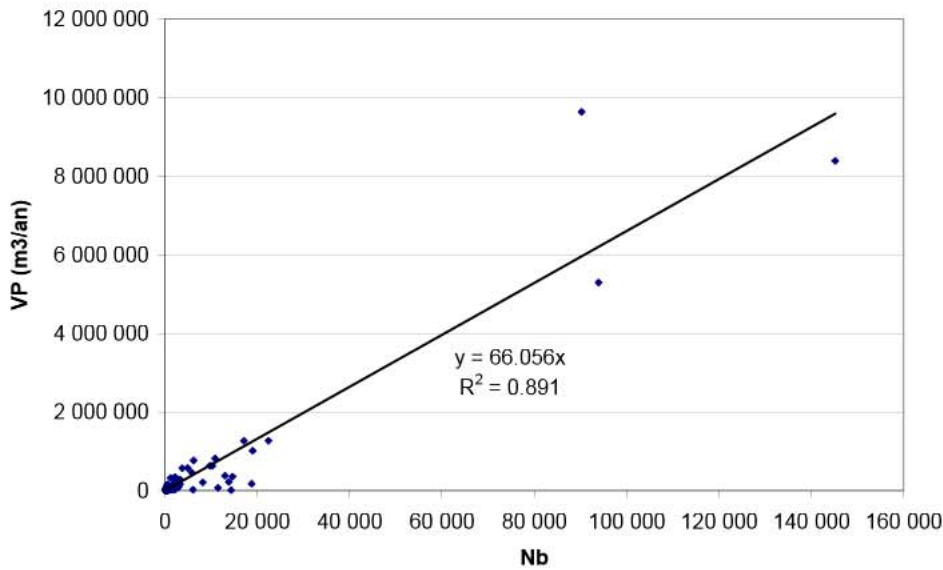


Figure 3 : Etude par secteurs – Volume annuel perdu en fonction du nombre de branchements

Ce résultat nous a conduits à considérer le volume annuel de pertes par branchement pour rechercher l'impact d'autres facteurs sur les pertes, indépendamment de la taille des secteurs.

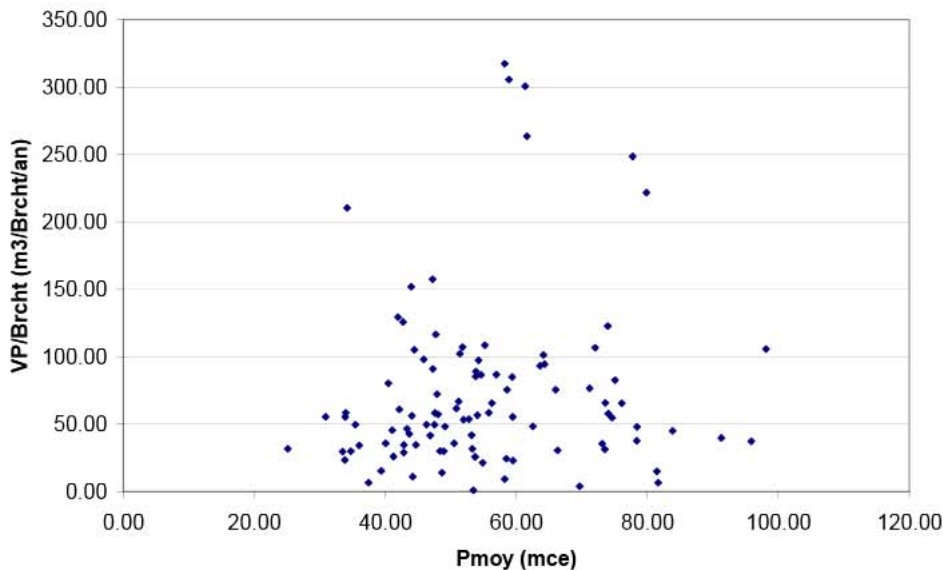


Figure 4 : Etude par secteurs – Volume de pertes par branchement en fonction de la pression moyenne

La Figure 4 montre qu'il n'y a pas de lien significatif entre le volume annuel de pertes par branchement et la pression moyenne de service des secteurs. Ce résultat va à l'encontre de nos attentes. De nombreuses expériences ayant montré qu'en réduisant la pression moyenne d'un secteur on en diminue les volumes de pertes, il aurait semblé logique que le niveau de pertes par branchement soit corrélé positivement et significativement avec la pression moyenne. Ce n'est pas le cas sur nos données.

Des relations ont également été recherchées entre le niveau de pertes par branchement et le diamètre moyen, le pourcentage de canalisation en fonte, l'âge moyen des canalisations et les taux de casses sur les secteurs où ces informations sont disponibles. De nouveau, aucun lien vraiment significatif n'a été trouvé.

Ces résultats nous ont amenés à nous interroger sur la fiabilité de nos données. En effet, comme mentionné au 3.1, l'évaluation du volume annuel de pertes des secteurs fait intervenir plusieurs sources de données et nécessite des traitements successifs qui sont autant de sources potentielles d'imprécisions. Lorsque cela était possible, les volumes de pertes utilisés ont été comparés à des estimations faites à partir des débits de nuits issus de la sectorisation. Ces contrôles ont montré dans certains cas des écarts sensibles entre les deux modes d'évaluation des pertes. Face à ces incertitudes, nous avons donc décidé de travailler à l'échelle du service afin de disposer d'une estimation plus fiable des volumes de pertes. Ces travaux font l'objet du chapitre 4.

3.3 Etude de la pression minimale d'une zone

Comme indiqué au 2.1, nous nous proposons de construire l'indicateur $IRP = \frac{P}{P_{min}}$ (indice de réduction de pression), P_{min} étant la pression moyenne minimale susceptible d'être atteinte sur le secteur avec les technologies usuelles et en garantissant à tout moment une pression suffisante à chacun des usagers (Ben Hassen, 2012).

Pour définir et évaluer P_{min} , 10 secteurs parmi ceux précédemment évoqués ont été étudiés. Pour chacun des secteurs, la gestion de la pression a été simulée à l'aide d'un modèle hydraulique. La réalisation préalable d'un état de l'art des appareils de régulations (caractéristiques, domaines d'application) et la comparaison de leur représentation dans différents logiciels de modèles hydrauliques courants ont permis de s'assurer de la représentativité des simulations. Pour chacun des secteurs, après une phase de diagnostic, une même méthodologie a été mise en œuvre pour simuler des étapes progressives de réduction de la pression. Chaque solution envisagée doit d'une part, être possible technologiquement (conditions satisfaisantes de fonctionnement d'un appareil) et d'autre part, garantir une pression au moins égale à 20 m à l'ensemble des points de consommation.

Les solutions successives sont déterminées en analysant à la fois les pressions minimales en différents points stratégiques du réseau (réduction à consigne fixe), les variations journalières de la pression (modulation de la pression) et la configuration hydraulique du réseau (possibilité de délimiter certaines zones). La démarche est arrêtée lorsque la diminution locale de pression devient inférieure à 5 m ou lorsque la densité d'appareils à mettre en œuvre devient très importante. Pour chacune des solutions, la valeur de la pression moyenne P est calculée selon la méthode avec pondération par la demande au nœud, proposée par (Sissoko, 2010).

Nous avons pu constater que la diminution de pression entre deux solutions successives est décroissante et tend vers une limite. Pour déterminer cette limite, à chaque solution est associé un couple $\left(\frac{1}{1+n}, P\right)$, n étant

le nombre total d'appareils de régulation de pression nécessaire à la mise en œuvre de la solution. P_{min} est alors l'ordonnée à l'origine de la régression linéaire des points représentatifs des couples (Figure 5).

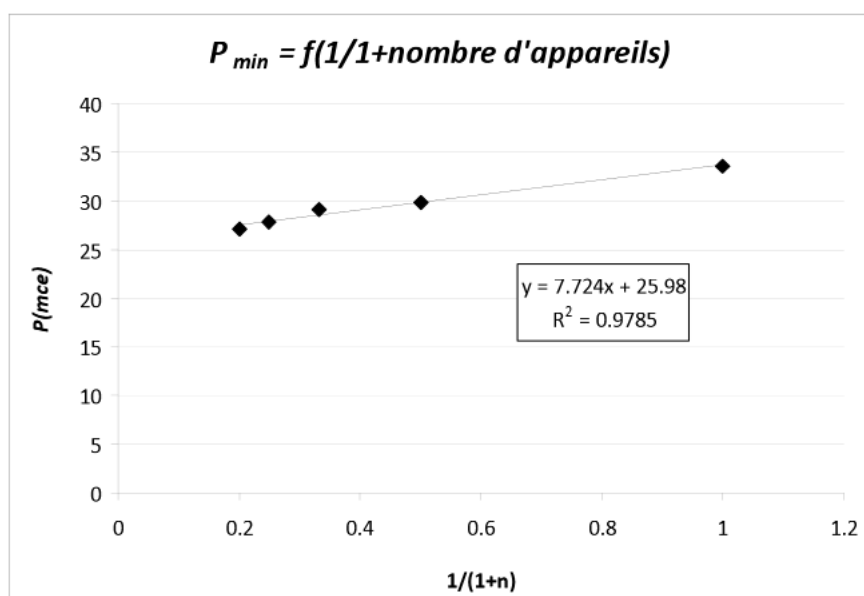


Figure 5 : Evaluation de P_{min} pour le secteur 2 : $P_{min} = 25.98$ m

Nous avons ensuite recherché un lien entre les valeurs de P_{min} obtenues avec les méthodes précédemment définies et des indicateurs caractéristiques de la distribution spatiale des pressions sur la zone concernée. L'objectif était de disposer d'un moyen simple d'évaluer P_{min} sans recourir à des simulations hydrauliques.

Sur les 10 secteurs étudiés, un lien significatif est apparu entre $(P - P_{min})$ et $(P10\% - 20)$. $P10\%$ est le premier décile de la distribution des pressions, c'est-à-dire la pression au dessous de laquelle se situent 10 % des nœuds du réseau (Figure 6).

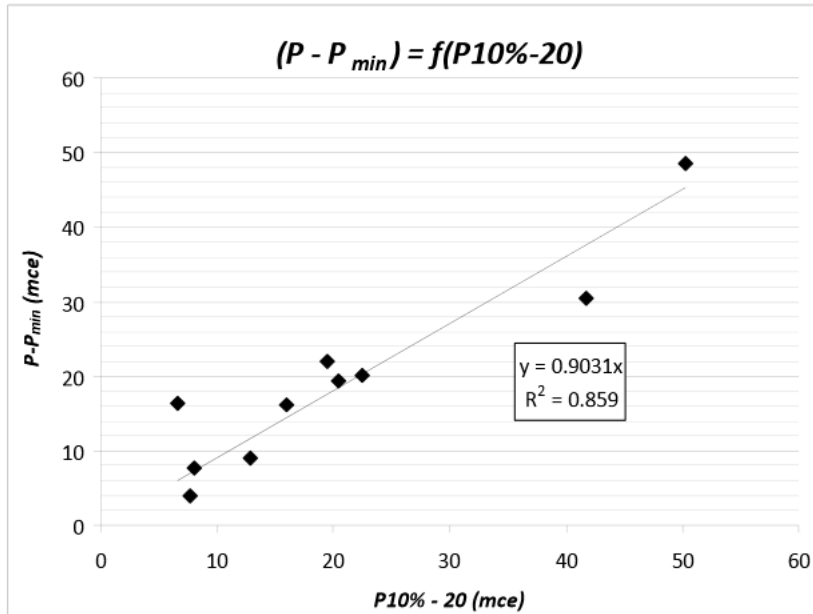


Figure 6 : Lien entre P_{min} et $P10\%$, premier décile de la distribution des pressions

Cette corrélation a permis de proposer la formulation suivante pour une évaluation approchée de P_{min} :

$$P_{min} = P - 0.9 \times (P10\% - 20)$$

4 ETUDE A L'ECHELLE DU SERVICE

4.1 Acquisition et traitement des données

Pour cette partie, afin de pouvoir calculer automatiquement les indicateurs de pression à l'aide de l'outil présenté au 2.2, nous nous sommes intéressés à des services exploités par Veolia dotés d'une modélisation hydraulique du réseau avec le logiciel EPAnet. Nous avons ainsi recueillis les modèles hydrauliques et les informations du Rapport Annuel du Délégué (RAD) 2011 de 177 services. Après vérification de la qualité des modèles et des données issues des RAD, 122 services ont été conservés. Ensuite, la cohérence entre les données issues des RAD et les modèles a été vérifiée (linéaire de canalisations, nombre de branchements, demande), elle a été jugée satisfaisante pour 107 services. La distribution des pertes au sein de l'échantillon est exponentielle ce qui invite à privilégier la transformation logarithmique $\ln(VP)$. La distribution de $\ln(VP)$ s'approche d'une distribution symétrique, sous condition d'éliminer 7 services atypiques. Après élimination des services problématiques, 100 services ont finalement été retenus pour conduire l'étude (Figure 7).

Lecture des diagrammes en boîte : la boîte est bornée par le 1er quartile et le 3e quartile de la distribution, la médiane est représentée par un trait fort. Les extensions en pointillés s'étendent jusqu'à la dernière valeur distante de moins de 1.5 fois la longueur de la boîte à partir des bords de la boîte. Les occurrences dont les valeurs sont au-delà des pointillés sont repérées individuellement par un point.

Volumes perdus de 107 services AEP

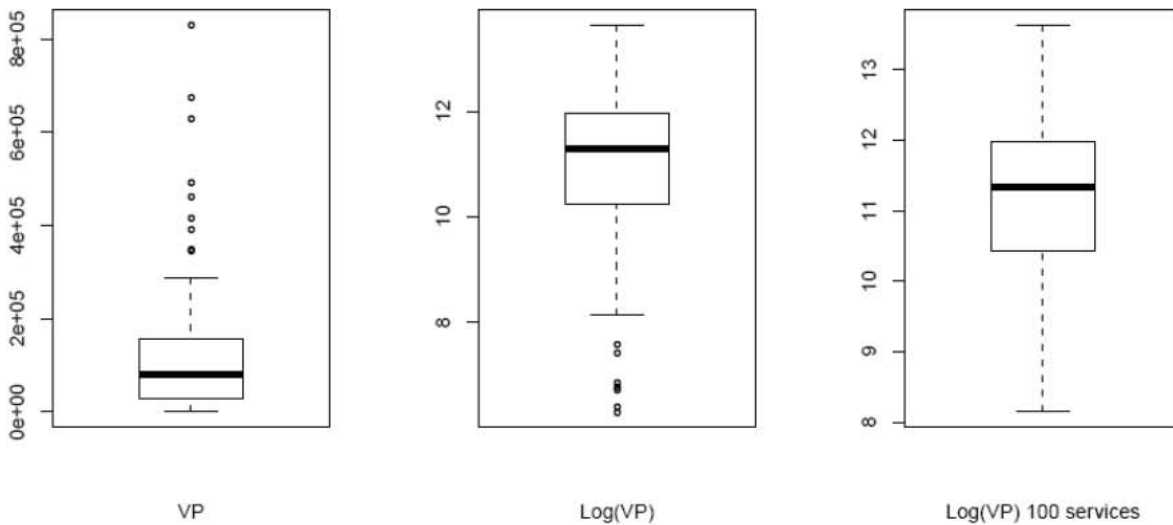


Figure 7 : Etude par services : Analyse de la distribution des volumes de pertes

Les données disponibles sur les services étudiés sont : l'ensemble des indicateurs de pression mentionnés au 2.2, le détail des volumes annuels mis en œuvre, des informations descriptives du service (linéaire, matériaux, diamètres, abonnés, branchements, ...) et les nombres annuels de fuites sur canalisation et sur branchement.

4.2 Analyse des facteurs explicatifs des pertes

L'analyse des corrélations entre le volume de pertes et les autres variables montre un lien significatif avec le linéaire, le nombre de branchements, le nombre d'abonnés et les volumes mis en œuvre. Aucune relation significative n'est mise en évidence avec les indicateurs de pression, les informations qualitatives sur le réseau (matériau, diamètre) ou les taux de fuite.

La corrélation entre le logarithme du volume de pertes et le logarithme du nombre de branchements est parmi les plus significatives, la pente proche de 1 de la courbe de tendance confirme une relation de quasi proportionnalité entre le volume de pertes et le nombre de branchements (Figure 8).

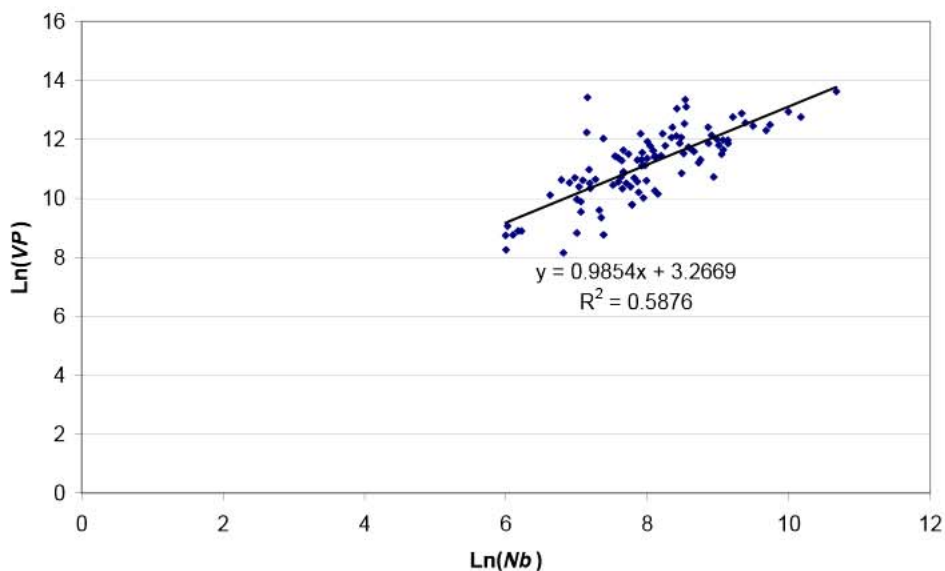


Figure 8 : Etude par services : Relation entre les logarithmes du volume de pertes et du nombre de branchements

De la même façon que dans l'analyse par secteur, nous avons donc recherché les liens potentiels entre le volume de pertes par branchement et les autres facteurs.

Aucune relation intéressante n'a été mise en évidence et en particulier, des tests statistiques ont montré qu'il n'y a pas de corrélation significative entre le volume de pertes par branchement et les indicateurs de pression.

Pour pousser plus loin les investigations, une analyse par classe de pression (pression moyenne pondérée par la demande) a été réalisée en constituant des groupes de 20 services (Figure 9).

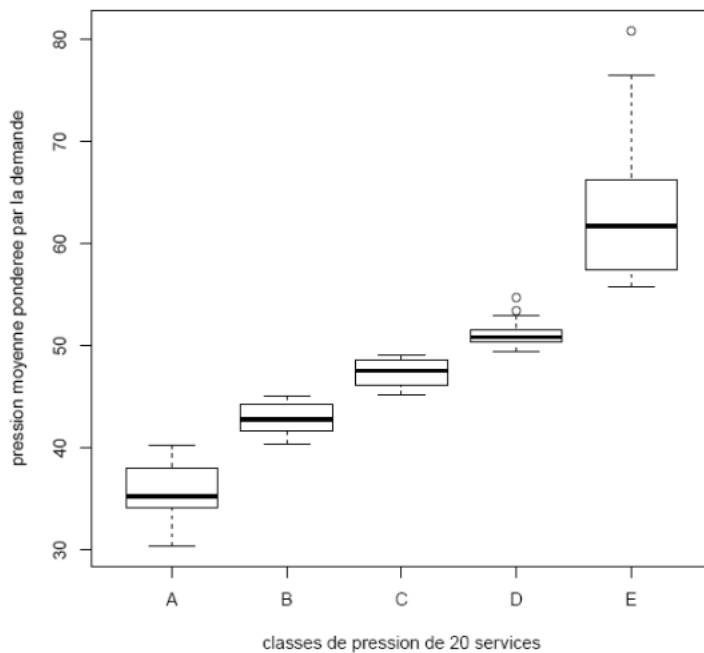


Figure 9 : Etude par services : Constitution des classes de pression

Cette analyse par classe confirme une absence de lien significatif entre le volume de pertes par branchement et la pression (Figure 10).

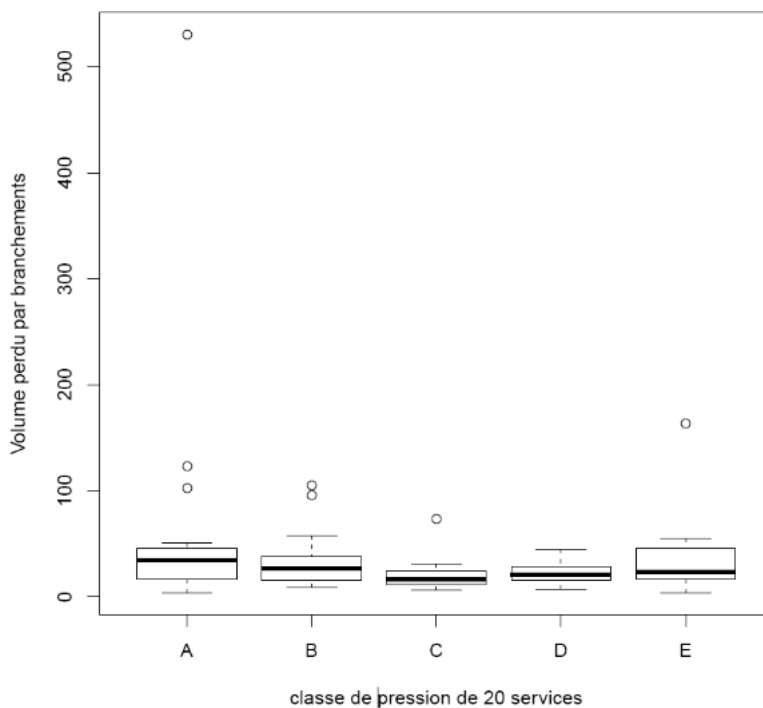


Figure 10 : Etude par services. Volume des pertes par branchement selon la classe de pression

CONCLUSION

Partant des expériences réussies de réduction des pertes obtenues grâce à la régulation de la pression, notre étude présupposait que la pression moyenne de service impacte significativement le niveau des pertes et

qu'ainsi il était opportun de l'introduire dans les indicateurs de pertes français. Le système envisagé consistait à décomposer un indicateur global en deux composantes, l'une liée au potentiel de réduction des pertes par la régulation de pression et l'autre liée aux caractéristiques structurelles du réseau, dont le nombre de branchements.

Les investigations que nous avons menées, tant à l'échelle du secteur qu'à celle du service ont confirmé la pertinence de rapporter le volume annuel global de pertes au nombre de branchements, les deux grandeurs étant, en moyenne, liées par une relation de proportionnalité. En revanche, tous les résultats convergent pour conclure à une absence de relation significative entre le niveau des pertes et la pression moyenne de service.

Ce constat, bien qu'inattendu pour les raisons précédemment évoquées, nous semble robuste vu la variété et la profondeur de nos explorations (travail par secteur et par service, analyses statistiques individuelles et par classes).

En conséquence, nous pensons que l'idée de définir à l'échelle du service des indicateurs distincts dédiés aux aspects structurels et fonctionnels des pertes doit être abandonnée. Cependant, nous préconisons l'utilisation d'un indicateur de pertes par branchement pour évaluer de façon globale les pertes d'un service. Un tel indicateur existe dans le système proposé par l'IWA (Alegre et al, 2006).

Concernant le potentiel de réduction des pertes par la régulation de pression, nous proposons d'utiliser

$$IRP = \frac{P}{P_{\min}}$$
 tel que nous l'avons défini au 3.3 à l'échelle du secteur. Cet indicateur nous semble intéressant

pour identifier les zones présentant le plus fort potentiel.

Enfin, nos résultats concernant l'absence d'impact significatif de la pression moyenne sur le niveau des pertes nous conduisent à renouveler nos réserves sur la pertinence d'ILI puisque cet indicateur considère que les pertes incompressibles sont proportionnelles à la pression. Ceci est confirmé par l'étude du lien entre ILI et les classes de pression qui montre une tendance décroissante qui est significative selon les tests statistiques réalisés (Figure 11).

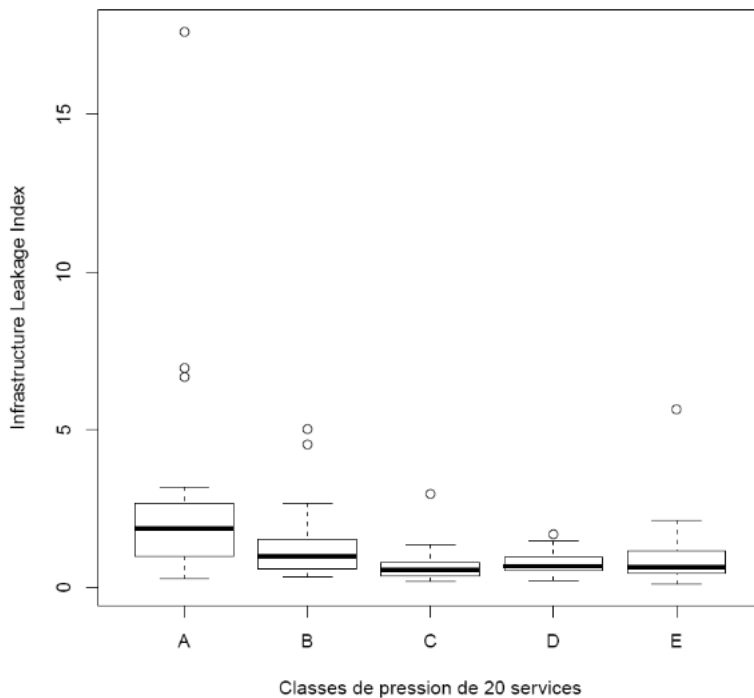


Figure 11 : Etude à l'échelle du service. Lien entre ILI et les classes de pression

BIBLIOGRAPHIE

AEAG, SMEGREG, OIEau (2005), Connaissance et maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable. Agence de l'eau Adour Garonne. 89p.

Alegre H., Baptista J.M., Cabrera E., Cubillo F., Duarte P., Hirner W., Merkel W. and Parena R. (2006), Performance Indicators for Water Supply Services. IWA Publishing. 289p.

Ben Hassen F. (2012), Caractérisation et évaluation de la pression moyenne minimale d'une zone de desserte d'un réseau d'alimentation en eau potable. Irstea, ENGEES, 52p.

Lambert A.O., Brown T.G. , Takizawa M. , Weimer D. (1999) A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems. Aqua 48 (1999) 227-237. IWA Publishing.

Le Glatin M. (2011), Impact de la pression et des infrastructures sur les réseaux d'eau potable. Veolia Eau, ENSE3. 50p.

Renaud E. (2009), Valeurs de référence de l'indice linéaire de pertes des réseaux d'alimentation en eau potable. SMEGREG. 63p.

Renaud E. (2010), Towards a global performance indicator for losses from water supply systems. IWA Water Loss Conference. Sao Paulo, Brasil.

Renaud E., Khedhaouria D., Clauzier M., Nafi A., Wittner C, Wery, C (2012), Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable : Systèmes d'indicateurs et méthodologies pour la définition, la conduite et l'évaluation des politiques de lutte contre les fuites dans les réseaux d'eau potable. Fiches pratiques. ONEMA

Sissoko M. (2010), Maîtrise des pertes en eau potable : Méthode d'évaluation de la pression caractérisant une zone de desserte. Cemagref. 98p.

Tangeaoui N. (2012), Introduction de la pression et du nombre de branchements dans les indicateurs de performances caractérisant les pertes en eau d'un réseau. Veolia Eau, Politech'Nice. 54p.

Tangeaoui N, Sandraz A.C. (2012), L'automatisation du calcul de la pression moyenne par secteur sur Epanet. Document interne Veolia Eau

Trow SW. (2009), Development of a pressure Management Index (PMI), Water Loss Conference. IWA Cape Town, South Africa.

WSAA (2009) Guidelines relating to the calculation of Average Pressures in Water Distribution Systems and Zones . Prepared by Wide Bay Water Corporation for Water Services Association of Australia, as part of WSAA Asset Monitoring Project PPs-3, November 2009. jaimie.hicks@wsaa.asn.au

Introduction de la pression et du nombre de branchements dans les indicateurs français de pertes des réseaux d'eau potable

E. RENAUD, M. CLAUZIER, A.C. SANDRAZ, J. PILLOT, D. GILBERT

RÉSUMÉ

En France, un système d'indicateurs de performance des réseaux d'eau potable est fixé par la réglementation. En matière d'évaluation des pertes, ce système rapporte le volume annuel perdu au volume annuel consommé ou à la longueur des canalisations mais aucun indicateur ne prend en compte la pression ou le nombre de branchements. A l'inverse, le système d'indicateurs de performance de l'IWA prend en compte ces paramètres, cependant, des études antérieures ont montré que son application est délicate dans le contexte français, caractérisé par des services de tailles très variables et des densités d'usagers pouvant être très faibles. Face à ces constats, Irstea (organisme public de recherche) et Veolia Eau (opérateur des services de l'eau) ont décidé d'étudier ensemble la mise au point d'indicateurs de pertes pertinents adaptés au contexte français prenant en compte la pression et le nombre de branchements.

Dans un premier temps, l'étude a été menée à l'échelle du secteur. Les données de 100 secteurs répartis dans 5 réseaux exploités par Veolia Eau ont été recueillies traitées et analysées. Ces travaux à l'échelle du secteur ont confirmé l'intérêt de rapporter les pertes au nombre de branchements, en revanche, ils n'ont pas permis de mettre en évidence un lien significatif entre le niveau de pertes et la pression moyenne. Une étude spécifique a défini la variable « pression moyenne minimum d'une zone » et propose des méthodes pour la calculer.

Dans un second temps, un module de calcul automatique de la pression moyenne d'un réseau modélisé avec le logiciel EPAnet a été développé. Cet outil a rendu possible des investigations à l'échelle du réseau dans sa globalité sur 122 services des eaux. L'intérêt de travailler à cette échelle a été de fiabiliser l'évaluation du volume de pertes. Les résultats à l'échelle du service sont similaires à ceux obtenus à l'échelle du secteur.

En conclusion, l'étude a montré l'intérêt d'utiliser un indicateur de pertes par branchement. Elle a, à l'inverse montré l'absence de lien entre le niveau de pertes et la pression moyenne, ce qui va à l'encontre de ce qui est couramment admis.

Mots clefs : Réseau de distribution d'eau potable, lutte contre les fuites, indicateurs de performance, pression, branchement

Introducing pressure and number of connections into water loss indicators for French drinking water supply networks.

E. RENAUD, M. CLAUZIER, A.C. SANDRAZ, J. PILLOT, D. GILBERT

SUMMARY

In France, a system of performance indicators for drinking water supply networks is defined within the relevant regulations. This system assesses water loss based on the ratio of water lost per year to that consumed per year, or to pipe length. However, there are no indicators relating to pressure, or the number of connections. While the IWA performance indicator system does take these parameters into account, previous studies have shown that applying it to french water networks is somewhat difficult, due to the varying sizes of water utilities, along with some very low levels of user density. For these reasons, Irstea (French research institute) and Veolia Water (service operator) decided to create a new system of water loss indicators, specially designed for use in France, and taking into account pressure and the number of connections.

The study was initially carried out at District Metered Area (DMA) level. Data from 100 DMAs across five Veolia networks were collected, processed, and analysed. These analyses at DMA level showed the advantages of considering the ratio of losses to number of connections, but did not highlight a significant link between loss levels and average pressure. A parallel study on this topic defined the variable "minimum average zone pressure", as well as providing methods of calculation.

The second part of our study was to develop a module that automatically calculates average pressure based on an EPAnet model of a network. Using this tool, it was possible to carry out network-wide analyses of around 150 different water systems. Working at this scale was particularly useful in better evaluating the volume of

in : Efficient 2013, Paris FRA, 22/10/2013

E RENAUD, M CLAUZIER, A.C SANDRAZ, J PILLOT, D GILBERT - 15

water losses. The results at the network scale were similar to those obtained at the DMA level.

In conclusion, the study demonstrates that it is relevant to use a performance indicator of losses per connection. On the other hand, it showed no link between the volume of losses and the average pressure, which is contrary to what is commonly admitted.

Keywords: Leakage management, Performance Indicators, Pressure, Service connections, Water supply systems