

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université 08 mai 1945 Guelma  
Faculté des sciences et de la technologie  
Département de génie civil et hydraulique



**Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique**  
**Option : Hydraulique urbaine**  
**Thème :**

---

# **Évaluation des pertes d'eau dans les réseaux de distribution**

---

**Réalisé par :**  
**BESSIOUD Salah Edine**  
**Encadré par :**  
**Professeur MANSOURI Rachid**

**Juin 2024**

## **Remerciements**

*Tout d'abord, je remercie ALLAH qui m'a donné la force et la volonté pour achever ce modeste travail, ainsi que mes très chers parents qui m'ont toujours entouré d'amour et d'affection, et qui m'ont tout donné pour m'assurer la réussite.*

*Ensuite, Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadrant, Professeur MANSOURI Rachid pour ses conseils éclairés, son soutien constant, et disponibilité. Son expertise et ses encouragements m'ont permis de surmonter les défis de ce projet et de progresser avec confiance.*

*Il m'est également un plaisir d'exprimer ma sincère gratitude à mon enseignante Docteur DORBANI Meriem pour son soutien constant tout au long de l'année universitaire, son dévouement et ses encouragements qui m'ont permis de m'épanouir.*

*Je tiens enfin à remercier mon cher cousin Alama Seifeddine pour son support durant toute ma carrière universitaire.*

## *Dédicaces*

*A ma famille, à mes amis.*

## **Abstract**

Water utilities around the world struggle with the problem of water loss in distribution networks and make continual efforts to control and reduce it. Non-revenue water (NRW) remains one of the most pressing deficiencies for water utilities worldwide. NRW represents water that is supplied but not sold to customers or used by or through the water utility. The global annual water loss is estimated at 126 billion cubic meters, causing monetary losses estimated at 39 billion USD every year. Approximately 74% of these losses occur in developing countries. The objective of this study is to analyze the performance of the water distribution network with the aim of its improving using the example of the locality of Bendjerrah located in the district of Guelma. The methodology used has consisted in a desk study. Performance indicators can be used as steering tools to ensure good and sustainable water asset management. Water utilities are expected to use performance indicators to quantitatively assess their water services, identify operational problems, set targets and measures, and ensure accountability. Most indicators for water loss management were developed by the International Water Association (IWA). A manual of performance indicator has been published by the International Water Association (IWA), for use by water utilities themselves. The annual volume of water lost is an important indicator of water distribution efficiency. Non-revenue water has traditionally been expressed as a percentage of input volume. NRW as a percentage of input is sometimes useful for its "shock value"; a high result spurs for a utility to resume studies of the network's operational. This study allowed us to analyze the evolution of the performance of the Bendjerrah network using the most used indicators, and through the establishment of a water balance. Results showed that the NRW level kept increasing during the years considered in the study.

## Résumé

Les services des eaux du monde entier sont confrontés au problème de la perte d'eau dans les réseaux de distribution et déploient des efforts continus pour le contrôler et le réduire. L'eau non facturée (NRW) reste l'une des carences les plus pressantes des services publics des eaux dans le monde. NRW représente l'eau qui est fournie mais non vendue aux clients ou utilisée par ou via le service des eaux. La perte annuelle mondiale d'eau est estimée à 126 milliards de mètres cubes, entraînant des pertes estimées à 39 milliards de dollars chaque année. Environ 74 % de ces pertes surviennent dans les pays en développement.

L'objectif de cette étude est d'analyser la performance du réseau de distribution d'eau en vue de son amélioration à partir de l'exemple de la localité de Bendjerrah située dans la Wilaya de Guelma. La méthodologie utilisée a consisté en une étude documentaire. Les indicateurs de performance peuvent être utilisés comme outils de pilotage pour garantir une gestion bonne et durable des ressources en eau. Les services d'eau sont censés utiliser des indicateurs de performance pour évaluer quantitativement leurs services d'eau, identifier les problèmes opérationnels, fixer des objectifs et des mesures. La plupart des indicateurs pour la gestion des pertes en eau ont été développés par l'Association internationale de l'eau (IWA). Un manuel d'indicateurs de performance a été publié par (IWA). Le volume annuel d'eau perdu est un indicateur important de l'efficacité de la distribution de l'eau. L'eau non facturée est traditionnellement exprimée en pourcentage du volume entrant. La NRW est parfois utile pour sa « valeur de choc » ; un résultat élevé incite un service public quant aux défaillances du fonctionnement du réseau.

Cette étude a permis d'analyser l'évolution des performances du réseau de Bendjerrah à l'aide des indicateurs les plus utilisés, et l'établissement d'un bilan hydrique. Les résultats ont montré que le niveau de NRW a continué d'augmenter durant les années considérées dans l'étude

## ملخص

تواجه خدمات المياه في جميع أنحاء العالم مشكلة فقدان المياه في شبكات التوزيع وتبذل جهودًا متواصلة للتحكم فيها وتقليلها. المياه غير المفوترة (NRW) تظل واحدة من أكثر نقاط الضعف في خدمات المياه العامة في العالم. تعرف NRW على أنها المياه التي يتم توفيرها ولكن لم يتم بيعها للعملاء أو استهلاكها. يُقدر الخسارة السنوية للمياه عالميًا بنحو 126 مليار متر مكعب، مما يؤدي إلى خسائر مقدرة بنحو 39 مليار دولار سنويًا. تحدث حوالي 74% من هذه الخسائر في البلدان النامية.

هدف هذه الدراسة هو تحليل أداء شبكة توزيع المياه من أجل تحسينها باستخدام مثال من منطقة بن جراح في ولاية كاليفورنيا. يمكن استخدام مؤشرات الأداء كأدوات إدارية لضمان إدارة جيدة ومستدامة لموارد المياه. يفترض أن تستخدم خدمات المياه مؤشرات الأداء لتقييم خدماتها المائية كميًا، وتحديد المشاكل التشغيلية، وتحديد الأهداف والتدابير. وقد وضعت جمعية المياه الدولية (IWA) معظم المؤشرات لإدارة خسائر المياه. تم نشر دليل لمؤشرات الأداء من قبل (IWA). يعد حجم الخسارة السنوية للمياه مؤشرًا هامًا على كفاءة توزيع المياه. غالبًا ما يُعبر عن NRW بالنسبة المئوية للحجم الوارد. قد تكون NRW مفيدة أحيانًا لقيمتها "الصدمية"؛ فالنتيجة العالية تحفز الخدمة العامة بشأن عيوب تشغيل الشبكة.

ساعدت هذه الدراسة في تحليل تطور أداء شبكة بن جراح باستخدام المؤشرات الأكثر استخدامًا، وإعداد توازن مائي. أظهرت النتائج أن مستوى NRW استمر في الارتفاع خلال السنوات المدروسة في الدراسة.

## Sommaire

Liste des figures .....	I
Liste des tableau .....	II
Liste des abréviations .....	III
Abstract .....	IV
Introduction général .....	V

### Chapitre 01: Problématique et objectifs visés

1.1 Problématique .....	2
1.2 Objectifs visés .....	7

### Chapitre 2: Le patrimoine d'eau potable

2.1 Introduction ... ..	9
2.2 Réseau ramifié et réseau maillé .....	12
2.2.1 Réseau ramifié .....	12
2.2.2 Réseau maillé .....	13
2.3 Les réservoirs .....	14
2.4 Les conduites .....	15
2.5 Le branchement .....	16
2.6 Les équipement .....	17

### Chapitre 3 : La typologie des pertes

3.1 Les pertes commerciales .....	21
3.2 Les pertes physiques .....	22
3.3 Caractéristiques Des Fuites .....	23
3.4 Origine des fuites Principales causes de fuites des conduites d'eau .....	26
3.5 Stratégie Pour Maitriser Les Fuites .....	30

### Chapitre 4 : Evaluation de la performance du réseau

4.1 : Introductions .....	34
4.2 Le bilan d'eau .....	34
4.3 Les indicateurs de performance .....	36
4.3. 1 Le rendement du réseau .....	36
4.3.2 L'indice de consommation .....	38
4.3.3 Indice Linéaire de Volume Non Consommé (ILVNC) .....	38

L'indice linéaire de perte.....	38
Indice Linéaire de Fuite (ILF) .....	39
Pourcentage de Perte (PP) .....	39
Concept des pertes incompressibles et les indicateurs IWA .....	40
Autres indicateurs .....	41

**Chapitre 5 : présentation de la zone d'étude, évaluation de la performance du réseau  
et Mesures pour la réduction des pertes d'eau**

5.1 Présentation de la zone d'étude .....	43
5.1.1 Situation géographique, et administrative .....	43
5.1.2 Besoins domestiques .....	44
5.1.3 Besoins industriels .....	44
5.1.4 Besoins collectifs (équipements) .....	45
5.1.5 Patrimoine hydraulique .....	47
5.2 Évaluation de la performance du réseau .....	50
5.2.1 Établissement du bilan d'eau .....	50
5.2.2 Calcul des indicateurs de performance .....	53
5.2.3 Evaluation financières .....	55
5.2.4 Mesures pour réduire les pertes d'eau et l'eau non génératrice de revenus .....	57
5.2.4.1 Les mesures préconisés par, l'IWA et l'AWWA .....	57
5.2.4.2 Méthodes d'intervention pour réduire les pertes d'eau réelles .....	57
Conclusion et recommandations .....	62
Références Bibliographiques .....	65

## Liste des figures

Figure 1.1	Taux d'eau non facturée dans le monde
Figure 1.2	Exemple illustratif relatif aux pertes d'eau et les couts associés
Figure 1.3	Les pertes d'eau dans quelques villes dans le monde
Figure 1.4	Couts des différents types de pertes à l'intérieur des logements
Figure 1.5	Volume des pertes selon la taille des gouttes
Figure 2.1	Les fuites sur le système d'approvisionnement
Figure 2.2	Composantes d'un Un système d'AEP
Figure 2.3	Schéma du réseau d'adduction d'eau potable.
Figure 2.4	Le réseau de distribution
Figure 2.5	Réseau ramifié
Figure 2.6	Réseau maillé
Figure 2.7	Quelques formes des réservoirs
Figure 2.8	Les types de conduites
Figure 2.9	Le branchement
Figure 2.10	Illustration d'un branchement
Figure 3.1	Les types de pertes
Figure 3.2	Les pertes commerciales
Figure 3.3	Cas de pertes physiques
Figure 3.4	Impacts des pertes sur les infrastructures routières
Figure 3.4	Types de pertes d'eau par les fuites et outils d'intervention associés
Figure 3.5	Actions pour réduire les pertes
Figure 3.6	Durée d'activité d'une fuite et volume d'eau.
Figure 3.7	Types de fuites et durée d'activité correspondante
Figure 3.8	Les possibilités de fuites sur un réseau de distribution d'eau potable
Figure 3.9	Quelques exemples de conduites endommagées par des coups de bélier
Figure 3.10	Différents types de défaillance de conduites
Figure 3.11	Actions impactant les différents types de
Figure 3.12	Débit du même percé, à basse et à haute pression.
Figure 4.1	Diagramme de représentation des volumes du système de distribution
Figure 5.1	Situation de la commune de BENDJERRAH
Figure 5.2	le réseau de la ville de Bendjerrah
Figure 5.3	Bilan 2021
Figure 5.4	Bilan 2022
Figure 5.5	Bilan 2023
Figure 5.6	Quatre principales méthodes d'intervention pour réduire les pertes d'eau réelles
Figure 5.7	Variation de la pression en fonction du débit sans gestion proactive de la pression

## Listes des tableaux

Tableau 2.1	Les différents Robinets
Tableau 3.1	Débit de fuite pour une pression constante de 5 bars
Tableau 3.1	Types des défaillances des conduites
Tableau 3.1	Les actions pour la réduction des pertes
Tableau 4.1	Bilan d'eau IWA/AWWA
Tableau 4.2	Evaluation du rendement primaire
Tableau 4.3	Tableau de référence des valeurs d'ILC
Tableau 4.4	Indices linéaires de pertes en fonction de la densité des abonnés, Référentiel de l'Agence de l'Eau Adour Garonne (2005)
Tableau 4.5	Référentiel d'ILP en fonction de D pour $D < 45$
Tableau 4.6	Tableau de référence des valeurs de pourcentage de perte
Tableau 5.1	Dotation adoptée
Tableau 5.2	Normes des besoins industriels
Tableau 5.3	Normes des besoins des équipements
Tableau 5.4	Besoins actuels des équipements
Tableau 5.5	Les volumes produits
Tableau 5.6	Les volumes distribués
Tableau 5.7	Récapitulatif du patrimoine eau potable de la ville de Bendjerrah
Tableau 5.8	Constitution physique du système global d'AEP
Tableau 5.9	: Données nécessaires pour l'établissement du bilan d'eau
Tableau 5.10	Récapitulatif des calculs obtenus à partir du logiciel WAS v6.0
Tableau 5.11	Calcul des indicateurs de performance
Tableau 5.12	Coefficients multiplicateurs selon les tranches
Tableau 5.13	Barème des tarifs applicables
Tableau 5.14	Coûts des pertes pour un prix de 30 DA
Tableau 5.15	Coûts par tranche
Tableau 5.16	Bénéfices multiples de la gestion de la pression

## LISTE DES ABRIVIATION

PIB	Produit Intérieur Brut
NRW	Non Revenue Water en anglais.
AEP	Alimentation en eau potable
PVC	Polychlorure de vinyle
RPC	Robinet de prise en charge
DN	diamètres nominaux
PEHD	Polyéthylène Haute Densité
PN	Pression Nominale
IWA	International Water Association
AWWA	American Water Works Association
AEI	Architecture, Engineering, and Construction
ILC	L'indice de consommation
ILVNC	Indice Linéaire de Volume Non Consommé
ILP	L'indice linéaire de perte
ILF	Indice Linéaire de Fuite
PP	Pourcentage de Perte (
WLC	Water loss per connection
VP	volume de pertes
NB	Nombre de branchement
ILI	Infrastructure Leakage Index
CARL	Current Annual Real Losses
UARL	Unavoidable Annual Real Losses
URL	Unavoidable Real Losses

# **Introduction**

## **Générale**

## **Introduction Générale**

Depuis plusieurs décennies, l'urbanisation et le réchauffement climatique réduisent principalement les ressources en eau douce aux quatre coins de la planète. Selon les estimations, la population devrait augmenter de 33% en 2050, entraînant une augmentation de 70% de la demande alimentaire. Les populations vivant dans les zones urbaines seront presque multipliées par deux entre 2011 et 2050, passant de 3,6 milliards à 6,3 milliards. La demande en eau dans les villes devrait progresser de plus de 50 % au cours des 30 prochaines années selon les estimations de la Banque mondiale.

À l'horizon 2050, les populations vont-elles subir un stress hydrique ? Ce cri d'alarme, lancé depuis plus de dix ans, devient chaque jour une réalité. En Afrique du Nord et au Moyen-Orient, les ressources en eau douce ont baissé de 2/3 ces quarante dernières années. D'après les données de la FAO (2014), certains pays comme l'Afrique du Sud, Chypre ou le Maroc sont en situation de pénurie (moins de 1 000 mètres cubes par habitant par an). Parmi eux, l'Algérie, et le Qatar sont en situation de pénurie extrême (moins de 500 mètres cubes), Soit en dessous du seuil théorique fixé par la banque mondiale à 1000m<sup>3</sup> par habitant et par an.

Dans le monde, chaque jour des milliards de litres d'eau partent dans la nature à cause du manque d'étanchéité des réseaux. Le problème des pertes d'eau se pose avec une acuité décuplée par les effets du changement climatique, qui menace les réserves d'eau naturelles et renchérit le coût des nouvelles ressources hydriques.

Avec des quantités élevées de NRW dans de nombreuses régions du monde, des ressources vitales sont gaspillées en permanence.

Il s'agit d'un défi mondial et il est préjudiciable à la fois aux producteurs et collectivités mais aussi à l'environnement. Les pertes d'eau, et ses conséquences sur le plan financier et opérationnel, est un sujet qui doit préoccuper particulièrement les opérateurs publics urbains en Algérie. Ces pertes, à la fois matérielles et commerciales, sont imputables aux fuites des réseaux d'adduction et à l'incapacité de facturer aux usagers l'intégralité de leur consommation, deux facteurs qui, combinés, compromettent la viabilité financière des compagnies concernées.

Dans notre pays qui se heurte déjà au manque d'eau, la charge que représentent ces pertes conduit souvent au rationnement et à une distribution irrégulière. Pour notre pays, la réduction des pertes d'eau et l'amélioration de la gestion de l'approvisionnement présentent un vif intérêt. Il faut reconnaître que, dans la pratique, limiter le gaspillage de l'eau s'est révélé difficile et complexe. Les services d'eau doivent se concentrer surtout sur quatre facettes de la prestation de ses services, soit :

- le contrôle actif des fuites;
- la gestion de la pression;
- l'accélération et l'amélioration de la qualité des réparations;
- la gestion des conduites et des canalisations.

Toute mesure visant à réduire la quantité d'eau perdue entre l'usine d'épuration et sa destination finale a des répercussions environnementales positives, qui vont d'une diminution de l'énergie nécessaire à la transmission à une réduction des produits chimiques consommés en passant par une production d'eau moins importante, ce qui fait baisser le volume d'eau usée collectée aux fins de traitement. Tous ces points ont une incidence significative sur l'environnement.

L'eau potable est vitale à notre quotidien. Supprimer ou dégrader la distribution de l'eau potable provoquerait rapidement une instabilité sociale et des difficultés de tout ordre. Pour garantir la maîtrise de l'eau potable et le bon fonctionnement du réseau, les exploitants ont besoin de disposer d'informations à son sujet :

- description de la zone de répartition des eaux potables
- origine de l'eau (captage, eau de surface, forage, masse d'eau, etc.)
- capacité du réseau
- vulnérabilité du réseau
- répartition du volume d'eau distribué par le réseau
- volumes consommés autorisés
- fuites et pertes apparentes sur le réseau
- plan des interconnexions du réseau et débits associés
- informations géolocalisées des canalisations et des branchements (diamètre, longueur, caractéristiques techniques, dimensionnement, etc.)

Des défaillances peuvent survenir sur les canalisations et les branchements, en particulier au niveau des joints et des raccords entre les différents éléments du réseau. Ces défaillances peuvent avoir plusieurs causes :

- le vieillissement des matériaux des canalisations et des branchements
- les contraintes mécaniques exercées sur le réseau par la pression de l'eau, les mouvements du sol liés, les phénomènes climatiques tels que le gel/dégel ou une sécheresse durable
- les dégradations dues à une utilisation non autorisée des vannes, bouches d'incendie, etc.
- la corrosion interne d'anciennes canalisations métalliques
- la corrosion externe des canalisations, branchements, raccords, etc., due à la présence de nappes phréatiques ponctuelles ou de bactéries
- la dégradation chimique de certaines canalisations plastiques dont les caractéristiques mécaniques évoluent au fil du temps
- la dégradation de canalisations béton dégradées par l'absorption dans le sol de sels de déneigement.

Ces défaillances ont donc de nombreuses origines, et provoquent des fuites du réseau. Hormis des problèmes ponctuels d'inondations, les défaillances sur les canalisations et les réseaux d'eau potable peuvent provoquer des dommages importants, comme le décompactage des sols, à titre d'exemple.

Pour améliorer la desserte en eau, les gouvernements se tournent vers des solutions alternatives. Outre la réutilisation des eaux usées traitées, le dessalement de l'eau saumâtre et de l'eau de mer permet de faire face au stress hydrique.

Par ailleurs, la désalinisation de l'eau de mer est très coûteuse, et énergivore et il fallait donc se concentrer sur la réduction des fuites et autres pertes d'eau qui, dans certaines régions, atteignait 45%. Plutôt donc que de miser sur le dessalement à grande échelle, on recommande de réduire au maximum les fuites du réseau

Pour réduire les pertes d'eau, un système de gestion avancé est nécessaire. Il fournit aux services des eaux une vue d'ensemble, un contrôle total ainsi qu'un accès en temps réel à l'information et aux indicateurs clés de performance.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la problématique traitée dans le cadre de ce mémoire.

Cette étude vise à évaluer l'impact des fuites sur la performance du réseau de distribution dans la commune de Bendjerrah. Cette dernière fait face à des défis spécifiques en matière de gestion de l'eau, notamment en raison de son infrastructure vieillissante et des pressions croissantes exercées sur ses ressources hydriques. En examinant de près l'étendue et les causes des fuites dans ce réseau, nous cherchons à comprendre comment ces pertes affectent la fiabilité, l'efficacité et la durabilité de la distribution d'eau dans la région.

Cette étude ne se limite pas à la simple quantification des fuites, mais vise également à proposer des solutions et des recommandations concrètes pour atténuer ce problème. En identifiant les zones à risque, en évaluant les technologies de détection et de réparation des fuites, ainsi qu'en examinant les politiques et les pratiques de gestion de l'eau, nous espérons contribuer à une meilleure gestion des ressources hydriques dans la commune de Bendjerrah et au-delà.

En fin de compte, cette étude s'inscrit dans une démarche plus large visant à promouvoir la durabilité et la résilience des systèmes de distribution d'eau, tout en garantissant l'accès équitable à cette ressource essentielle pour tous les habitants de la zone.

**Chapitre 01 :**  
**Problématique**  
**et objectifs visés**

## Chapitre 01 : Problématique et objectifs visés

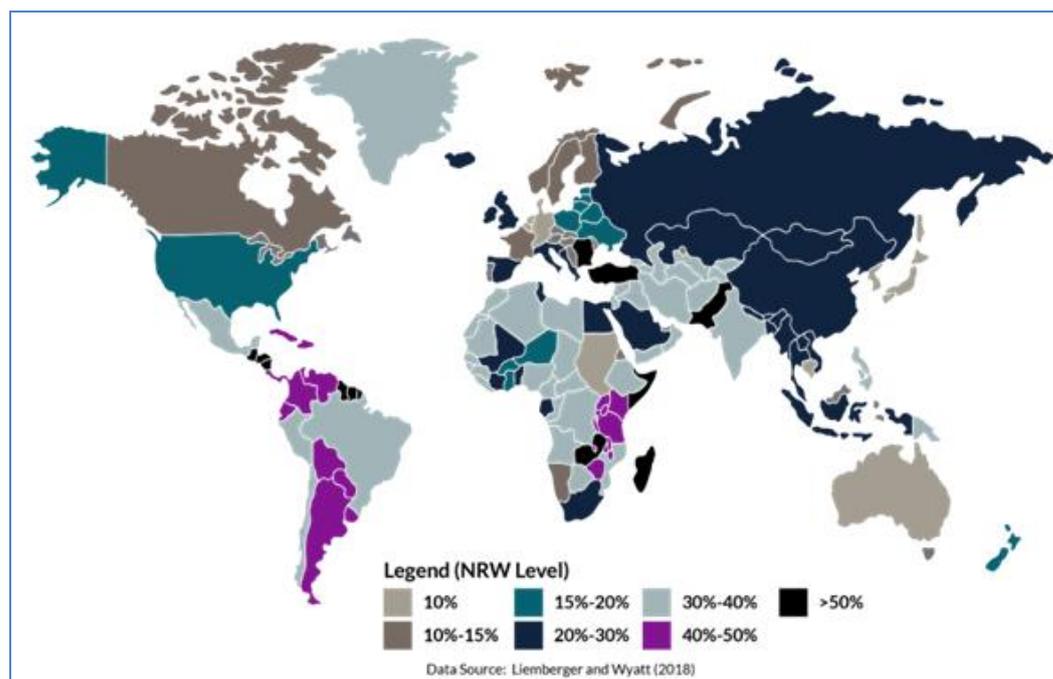
### 1.1 Problématique

L'accès à l'eau potable est dans de nombreux pays considéré comme acquis, tout comme l'air que nous respirons. Le constat est sans appel, plus de 3 milliards de personnes dans le monde n'ont pas accès à l'eau potable et, d'ici 2025, environ 1,8 milliard de personnes vivront dans des régions ou des pays confrontés à une pénurie d'eau absolue. Différents facteurs à cela : assèchement des nappes phréatiques, industrie agroalimentaire de masse, infrastructures de distribution insuffisantes ou vétustes, non traitement des eaux usées, surconsommation de la ressource, gratuité... Ainsi, les eaux souterraines s'épuisent à un rythme plus rapide que leur réapprovisionnement. Un rapport de la Banque mondiale publié en mai 2016 suggère que la pénurie d'eau, exacerbée par le changement climatique, pourrait coûter à certaines régions jusqu'à 6% de leur PIB.

Le stress hydrique est un problème mondial provoqué par de nombreux facteurs, tels que les changements climatiques, l'accroissement de la population ou encore une mauvaise gestion de la ressource. Elle est particulièrement critique dans certaines régions. Lorsque la distribution de l'eau est également inadéquate, nous sommes confrontés à un problème souvent invisible, mais majeur : les pertes d'eau, également appelées « eau non facturée », ou NRW Non Revenue Water en anglais.

L'eau non facturée a été pompée, traitée et stockée, mais est perdue dans le réseau de distribution sans jamais atteindre le consommateur final. C'est le gaspillage d'une ressource précieuse. De plus, l'eau produite n'a généré aucun revenu financier et a un impact négatif sur l'environnement. Les coûts de l'énergie utilisés pour la produire et la distribuer sont également gaspillés. Et lorsqu'une quantité importante d'eau est perdue, il faut produire davantage et la distribuer à nouveau.

Une étude récente (Liemberger & Wyatt, 2018) a montré qu'à l'échelle mondiale, le volume estimé de NRW par fuite est d'environ 346 millions de mètres cubes par jour. Une étude récente de Liemberger & Wyatt, (2018) a montré qu'à l'échelle mondiale, le volume estimé de NRW par fuite est d'environ 346 millions de mètres cubes par jour. La Banque mondiale a également constaté que les pays en développement souffrent le plus, avec un taux moyen de NRW élevé, supérieur à 35 %, par rapport aux pays développés avec un taux de 15 %. La figure ci-dessous illustre les taux de NRW dans le monde.



**Figure 1.1 : Taux d'eau non facturée dans le monde**

Les fuites se produisent notamment lors de ruptures de canalisations. Cette eau a été produite et perdue sans jamais atteindre les usagers. Ces pertes représentent un gaspillage de ressources et affectent financièrement les exploitants et collectivités. Les fuites et les éclatements de conduite peuvent se produire soudainement ou progressivement au fil du temps en raison d'un manque d'entretien, de la corrosion ou de l'usure. Dans de nombreuses régions du monde, une gestion inadaptée des ressources contribue à la perte d'eau. Cela peut être dû à un manque d'entretien du réseau ou à la présence de compteurs défectueux. Les exploitants et collectivités ne peuvent donc pas facturer les consommateurs sur la base de leur consommation réelle.

Perdre de l'eau potable sur le réseau a d'abord un coût financier, celui de la production et du traitement de l'eau potable perdue, essentiellement en ce qui concerne de l'énergie des réactifs et des taxes. Lutter contre les pertes d'eau des réseaux d'alimentation en eau potable (AEP) permet notamment de réduire les coûts d'exploitation liés au traitement et au transport des pertes, de satisfaire les besoins des usagers, de réduire les dommages causés par les fuites ou encore d'éviter la création de nouvelles installations de production. En effet, la réduction des pertes en eau, plus qu'un problème d'investissement, peut-être vu d'abord et avant tout comme un problème de gestion opérationnelle, au quotidien, du réseau. La perte mondiale d'eau est estimée à 126 milliards de mètres cubes par an, soit un coût estimé de 39 milliards de dollars (Figure 1.2). Si ces pertes pouvaient être réduites d'un tiers seulement, les économies d'eau suffiraient à alimenter 800 millions de personnes (source Liemberger & Wyatt, 2018).

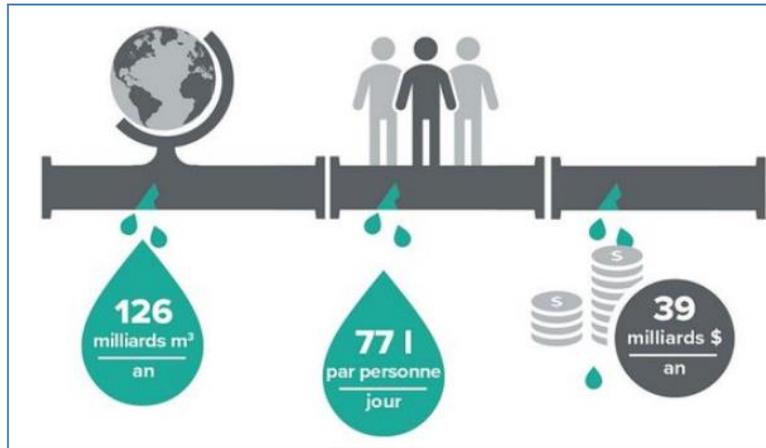


Figure 1.2 : Exemple illustratif relatif aux pertes d'eau et les couts associés

Une saine gestion des pertes d'eau peut permettre de retarder parfois de plusieurs années l'agrandissement des systèmes de production et de distribution d'eau potable. On estime à 240 000 le nombre de bris de conduites aux États-Unis chaque année, soit 2,1 trillion de gallons (7 950 000 billion de mètres cubes) d'eau traitée perdue en fuites. En France, ce chiffre monte à 1,3 milliard de mètres cubes, tandis que dans certains grandes villes d'Asie et d'Amérique c'est jusqu'à 70 % de l'eau qui fuit. La moyenne de NRW en Europe se situant à 40% et à 26%. L'Algérie affiche un pourcentage total de NRW s'élevant à 50 %. Dans les pays en voie de développement, selon la Banque Mondiale, 45 millions de m<sup>3</sup> d'eau sont perdues quotidiennement, engendrant ainsi une valeur économique de l'ordre de 3 milliards de dollars par an. La figure (1.3) donne un aperçu sur le niveau des pertes dans certains pays à travers le monde.

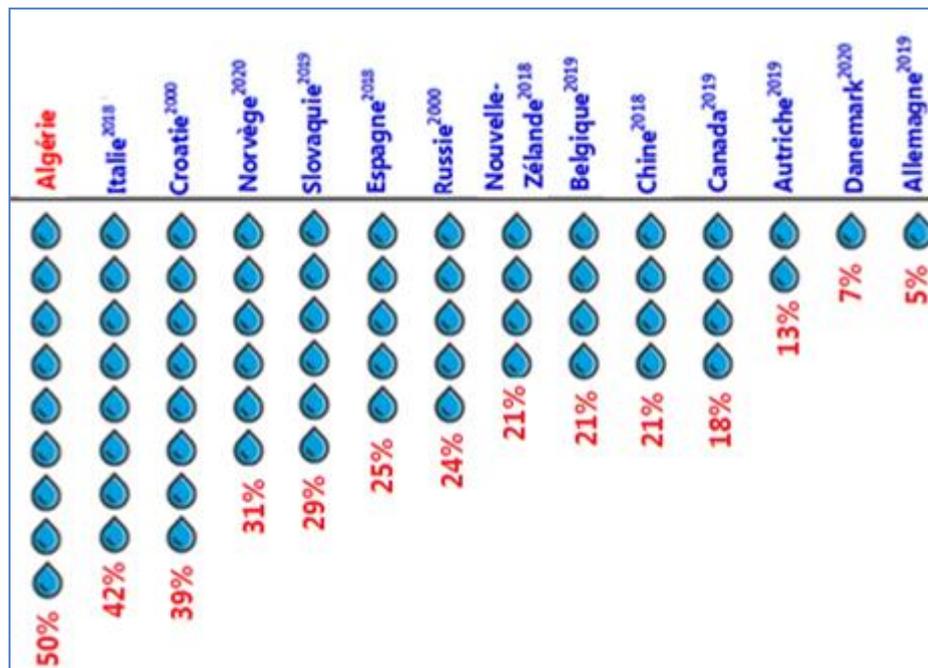


Figure 1.3 : les pertes d'eau dans quelques villes dans le monde. Source: Liemberger, et Wyatt, A. (2019)

Les pertes en eau sont responsables de l'abaissement du rendement des réseaux de distribution dans le monde. En effet, Il n'est pas rare que ces pertes d'eau dues aux fuites soient estimées à environ 20 à 30% des volumes mis en distribution. Il a été démontré que l'une des pistes d'amélioration de l'accès à la potable passe par une gestion performante des évènements qui peuvent survenir tout au long de la chaîne de production et de distribution de l'eau potable. On peut lire dans divers sites Internet (Figure 1.4) les données ci-après concernant les fuites d'eau à l'intérieur des logements et situer leur coût annuel, sur la base de 2,5 € le m<sup>3</sup>.



Figure 1.4 : Coûts des différents types de pertes à l'intérieur des logements

La figure ci-dessous illustre la variation du volume d'eau perdu selon la taille des gouttes.



Figure 1.5 : Volume des pertes selon la taille des gouttes

Tous les réseaux d'eau dans le monde subissent des pertes d'eau et c'est seulement le montant de ces pertes qui varie. Il existe toute une série de facteurs qui sont, à des degrés divers dans l'espace et dans le temps, responsables de la perte d'eau. Le dicton « Loin des yeux, loin du cœur » s'applique bien aux réseaux de distribution d'eau qui ont été négligés dans de nombreuses municipalités. La plupart de ces utilités ont pratiqué ce qui se nomme « une contrôle passive de fuite ». Ceci a généralement signifié qu'elles ont réparé les fuites évidentes et ceux rapportés par le public mais qu'il n'y a pas eu une politique de détecter les fuites non-visible ou non rapportées. Après tout, la découverte et la réparation des fuites est coûteuse, il n'y a eu d'incitation pour quelques utilités pour ramener la fuite à un niveau acceptable

Avec l'âge, le réseau subit des ruptures, des fuites, et des dégradations de la qualité de l'eau. Ainsi, la connaissance de tous ces facteurs et la description de l'ensemble du réseau permettent d'analyser l'état de celui-ci et de prévenir les causes de sa dégradation.

La réalisation d'un diagnostic d'un réseau AEP est une étape nécessaire aux les institutions publiques qui gèrent cette ressource. En effet, l'objectif d'un diagnostic de réseau d'alimentation en eau potable est de proposer, compte-tenu des éléments techniques et économiques mis en évidence, une politique d'intervention pour une bonne gestion du patrimoine collectif ; qu'il s'agisse des infrastructures existantes ou de la ressource en eau.

## 1.2 : Objectifs visés

Le réseau d'eau potable est une infrastructure complexe. Cette infrastructure subit au cours du temps des dégradations qui se manifestent entre autres par une augmentation des fuites. Une des missions principales des gestionnaires de réseaux, consiste alors à les réduire.

Aujourd'hui, Au sein de la commune de Bendjerrah, avec le vieillissement de certaines conduites en PVC, en acier enrobé et les branchements illicites sur la conduite principale DN250 de refoulement vers les réservoirs R3X500, l'ensemble du système avec toutes ses installations est potentiellement mis en danger ; D'autant plus, que la commune de Bendjerrah est en croissance démographique confirmée d'environ 4.6% par année. Dans cette commune la réduction des pertes en distribution du réseau d'alimentation en eau potable (AEP) est un enjeu important dans un contexte de tension sur les quantités d'eau mobilisables pour cet usage.

L'objectif global de cette étude sera d'apporter des pistes en vue de l'amélioration de la desserte en eau de la commune de Bendjerrah. Afin d'atteindre cet objectif nous avons adopté une méthodologie bien précise. D'abord nous avons effectué une recherche de documents et autres articles ayant traité notre problématique et des aspects s'y rapportant.

Ce travail vise donc, en premier lieu de réaliser une étude bibliographique sur la littérature des indicateurs de performance et la répartition des volumes introduits dans le réseau. Suite à ça, à l'aide des données disponibles des indicateurs de performance seront calculés, et ce pour permettre l'estimation de l'impact des fuites sur la desserte.

Ensuite une étude sur les pertes en eau était nécessaire afin de mieux interpréter les résultats des indicateurs de performance et ainsi proposer des actions d'amélioration adaptées

En troisième partie, est présenté le contexte de l'étude afin de mieux cerner le fonctionnement du service d'eau potable de la commune Bendjerrah.

Les résultats doivent motiver les institutions concernées à entreprendre des actions vigoureuses en vue de réduire leur impact et améliorer le rendement de réseau.

# **Chapitre 2 :**

# **Le patrimoine**

# **d'eau potable**

## Chapitre 2 : Le patrimoine d'eau potable

### 2.1 Introduction

Le réseau d'alimentation en eau potable regroupe l'ensemble des équipements, des services et des actions permettant de produire et de distribuer, à partir d'une eau brute, une eau conforme aux normes de potabilité en vigueur.

Les fuites et pertes d'eau peuvent concerner tous les systèmes et réseaux de distribution d'eau (Figure 2.1). Elles affectent :

- Les équipements de pompage et de production de l'eau.
- Les conduites principales de transfert et de distribution.
- Fuite sur Branchement entre Robinet de prise en charge (RPC) et la Niche
- Fuite sur l'arrivée
- Fuite sur la Niche
- Fuite sur pièces spéciale (vidange, ventouse ...)
- Fuite sur Bouche à clé
- Fuite sur Bouche d'incendie
- Ces fuites peuvent être invisibles (souterraine) ou visibles sur la surface du sol.

Les fuites peuvent surgir donc sur la totalité du patrimoine, d'où l'importance de bonne connaissance.

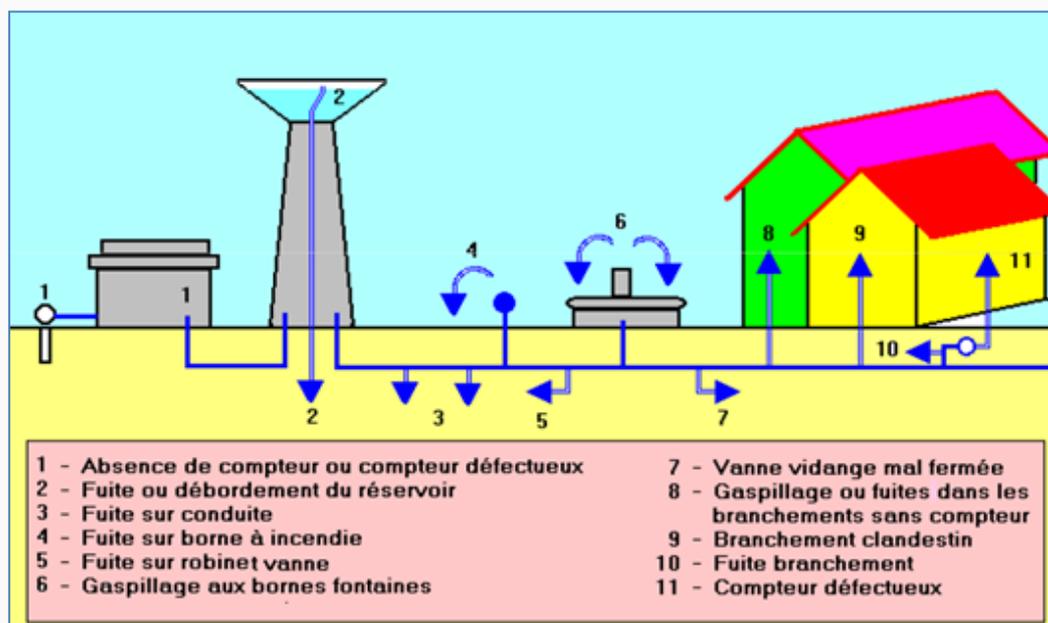


Figure 2.1: Les fuites sur le système d'approvisionnement

Les conduites d'eau potable qui constituent la plus grande partie du réseau, doivent assurer :

- le transport de l'eau avec une pression et un débit suffisants,
- la fourniture d'eau avec une qualité répondant aux normes en vigueur,
- la continuité de la distribution

Ces fonctions peuvent s'altérer dans le temps en raison de l'apparition des fuites qui engendrent des pertes d'eau. Des efforts doivent alors être consentis pour détecter et localiser les fuites. Les fuites engendrent des pertes qui peuvent être de deux types:

- ▶ les pertes en adduction qui surviennent dans le cas où il y a des transferts d'eau très importants, entre la production et la mise en distribution. L'absence de comptage tant à l'amont qu'à l'aval ne permet pas d'évaluer ces pertes,
- ▶ les pertes en distribution qui correspondent à la différence entre le volume d'eau distribué et le volume d'eau consommé. Elles sont dues :
  - aux fuites au niveau des joints,
  - aux fuites aux différentes prises de branchements,
  - aux fuites sur branchements,
  - aux cassures de conduites,
  - aux erreurs de comptage,
  - aux eaux piratées.

Un système d'AEP peut être divisé en trois composantes (Figure 2.2).

1. La zone d'adduction entre les ressources (puits, forages, captage de sources, prises en rivières...) et l'usine de potabilisation (appelée aussi station de traitement). L'eau y est donc brute (non traitée)
2. La zone de transfert entre l'usine de potabilisation et le réservoir de distribution. L'eau y est traitée, et les débits sont les mêmes que dans la zone d'adduction
3. La zone de distribution à l'aval du réservoir de distribution

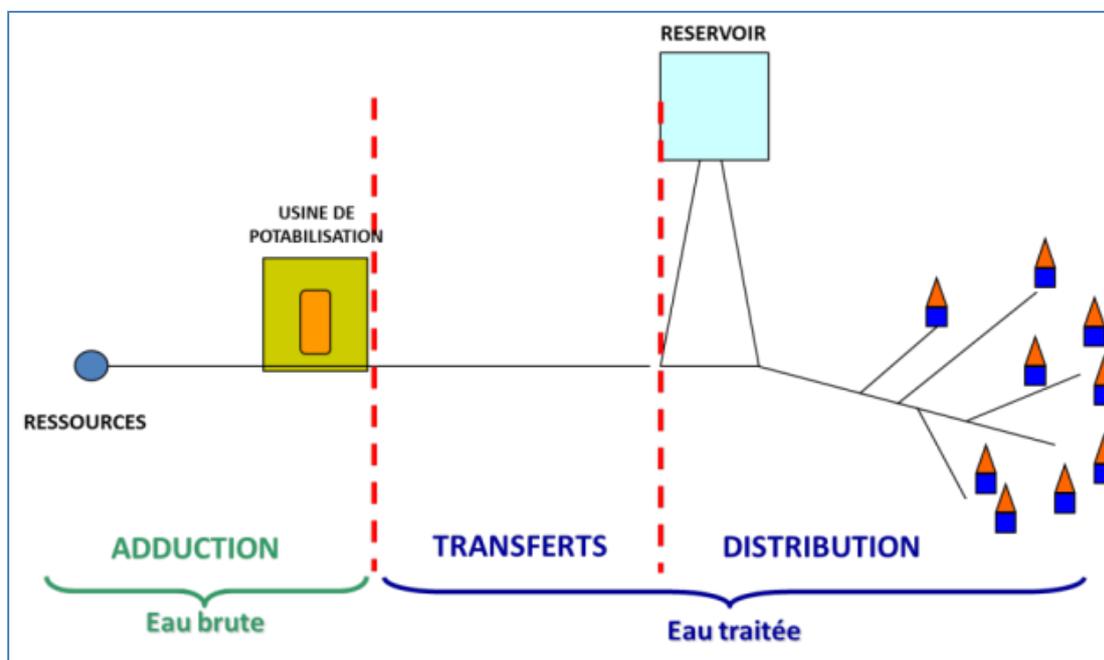


Figure 2.2 : Composantes d'un Un système d'AEP

L'eau est puisée dans une ressource naturelle (rivières, nappes souterraines, etc.) puis acheminée vers une usine de traitement où a lieu la phase de potabilisation ; l'eau en

sort traitée et viable à la consommation. Elle passe ensuite par un ensemble de conduites de transport pour être stockée dans un réservoir ou un château d'eau. Finalement, l'eau transite via le réseau de distribution : des canalisations vers les branchements puis des branchements vers les compteurs d'eau, pour arriver chez l'utilisateur (voir Figure 2.3).

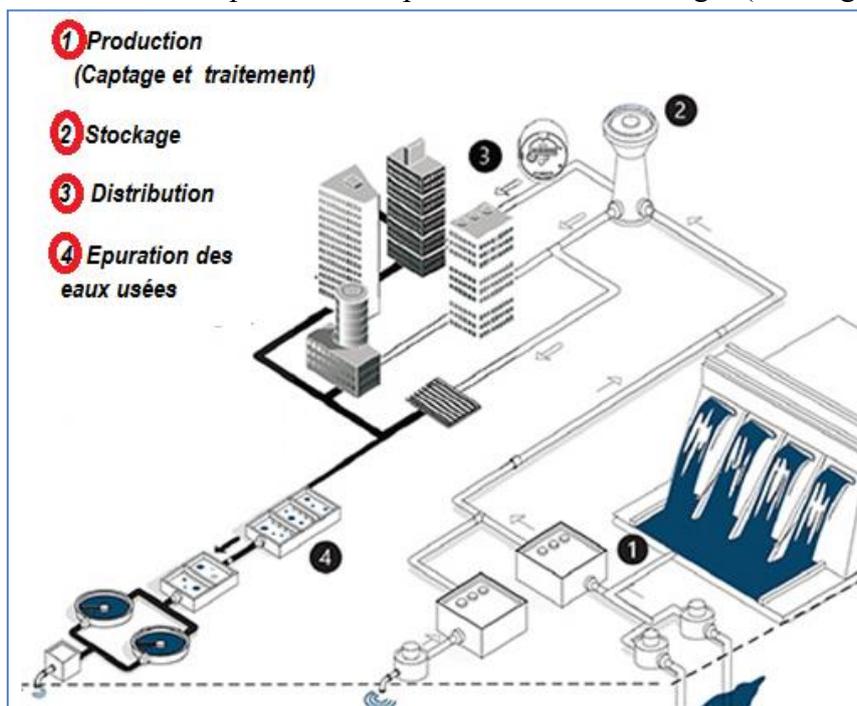


Figure 2.3 – Schéma du réseau d'adduction d'eau potable.

Ce patrimoine doit être au centre des préoccupations, sa connaissance est le préalable indispensable à la mise en œuvre d'une gestion durable des services d'eau, qui permet d'optimiser les coûts d'exploitation, d'améliorer la fiabilité des infrastructures et de maintenir un niveau de performance.

Le plus souvent, l'acheminement de l'eau dans le réseau s'effectue par gravité (figure 2.4). Elle circule dans les tuyaux du réseau de distribution grâce à la pression naturelle générée par le poids du volume d'eau stocké plus haut, en amont, dans le château d'eau. Afin de gérer au mieux la circulation de l'eau, le réseau dispose de réducteurs de pression pour abaisser la pression trop forte sur le réseau ou des suppressieurs (pompes) pour l'augmenter.

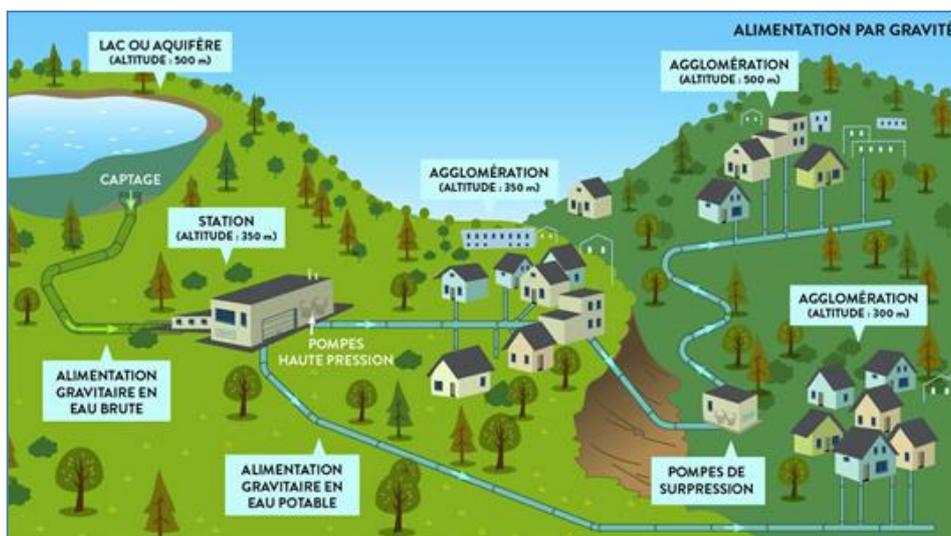


Figure 2 .4 : Le réseau de distribution (Source : Centre d'interprétation de l'eau, C.I.EAU)

Les pertes réelles sur le réseau de distribution ont lieu principalement sur les canalisations et les branchements. Ces ouvrages ne sont pas homogènes en composition ; il existe différents types de matériau, chacun ayant ses propres caractéristiques, ses propres forces, ses propres faiblesses.

Les éléments sont :

- Les ouvrages de captage de ressources
- Les ouvrages de traitement
- Les ouvrages de stockage (réservoirs, bâches)
- Les conduites et leurs matériaux et diamètres
- Les pompes et leurs accessoires
- Les organes de régulation (stabilisateurs)
- Les appareils d'exploitation (vannes, purges, vidanges..)
- Les branchements (alimentation d'un client)
- Les appareils de protection contre l'incendie

## 2.2 Réseau ramifié et réseau maillé

Noter qu'il existe deux types de réseaux : les réseaux maillés, et les réseaux en structure d'arbre ou en antenne. Dans le cas des réseaux maillés, l'eau peut suivre plusieurs cheminements avant d'arriver à bon port, donc la fermeture des vannes liées à un tronçon de conduites n'affectera pas l'accès à l'eau potable pour tous. En revanche dans un réseau dit en structure d'arbre (ou ramifiés), l'eau ne peut suivre qu'un seul chemin, et lors de coupures d'eau, les populations concernées sont privées d'eau pendant plusieurs heures. En général, les réseaux urbains sont maillés, alors que les réseaux de campagne sont ramifiés.

### 2.2.1 Réseau ramifié

C'est un réseau constitué de ramifications successives à partir d'une conduite principale qui se divise en plusieurs conduites secondaires. Dans un tel réseau, l'écoulement s'effectue toujours dans le même sens : du réservoir vers les extrémités, ce qui constitue

son principal avantage par sa simplification et une meilleure maîtrise de l'exploitation et du fonctionnement.

Ce réseau n'offre cependant ni sécurité d'alimentation (en cas de rupture de conduite en amont) ni flexibilité (en cas de travaux d'entretien) (Figure 2.5).

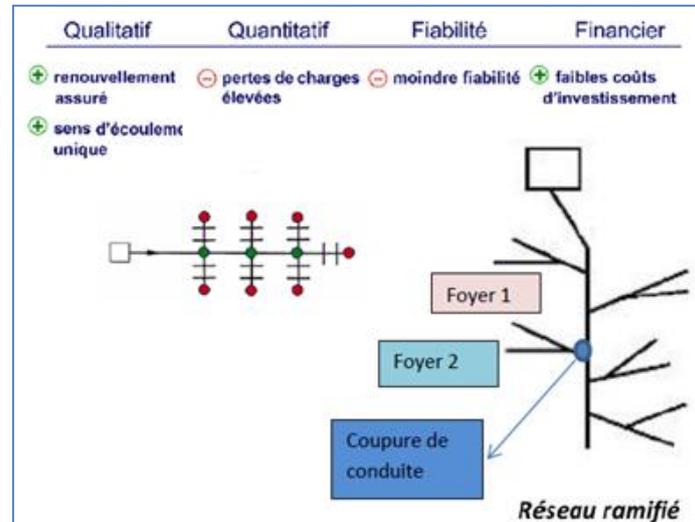


Figure 2.5 : Réseau ramifié

### 2.2.2 Réseau maillé

Ce type de réseau (Figure 2.6) comporte des boucles ou mailles et des points auxquels aboutissent plusieurs conduites. Son avantage est relatif à la sécurisation du réseau par l'alimentation d'un tronçon au moins par deux conduites, ainsi qu'à l'augmentation des capacités de transfert du réseau (à débit égal, les pertes de charge diminuent). Le principal inconvénient est dans la complexité du réseau qui est plus difficile à dimensionner (nécessité d'utiliser des logiciels dédiés comme *Epanet* ou *Porteau*) ainsi que dans la difficulté à bien comprendre le fonctionnement du réseau et d'identifier les tronçons à problème.

Dans le cas d'un réseau AEP à petite échelle n'alimentant que des bornes fontaines, un réseau ramifié plus simple est préférable à un réseau maillé. En cas de développement de branchements privés, il est préconisé la réalisation de réseaux maillés.

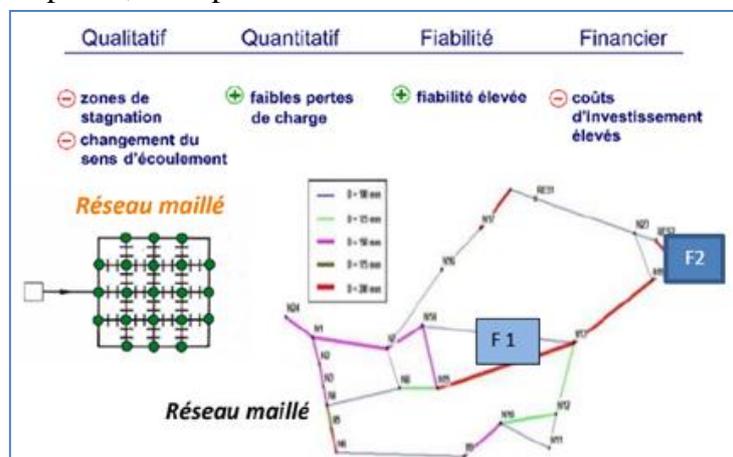


Figure 2.5: Réseau maillé

Pour isoler les différentes branches du réseau, des vannes d'arrêt peuvent être installées. Cela permet d'éviter une coupure totale du réseau en cas de réparation ou entretien dans une partie du réseau où il y a des fuites ou des pannes éventuelles. Ces vannes sont installées à chaque jonction des mailles pour un réseau maillé et à chaque branchement à la conduite principale pour un réseau ramifié.

### 2.3 Les réservoirs

Lorsque le besoin horaire aux heures de pointe est supérieur au débit horaire de la source, il est nécessaire de construire un réservoir de stockage. Le principe est de stocker l'eau sur les périodes où la demande des populations est faible, et de pouvoir fournir un débit plus important lorsque la demande

Pour dimensionner un réservoir, il suffit d'analyser la production de la source par rapport aux demandes horaires sur les 24 h d'une journée. Par approximation, le volume d'un réservoir est généralement égal au tiers de la demande globale (ex. : si la demande journalière est de 120 m<sup>3</sup>, le réservoir fera autour de 40 m<sup>3</sup>).

Pour maintenir une bonne qualité de l'eau distribuée, il faut éviter que l'eau ne séjourne plus d'une journée dans le réservoir. Ainsi le réservoir doit bien marrer c'est-à-dire qu'il y ait une bonne variation de la hauteur d'eau dans le réservoir sur une journée.

Le réservoir remplit donc les fonctions suivantes :

- Il permet d'assurer aux heures de pointe le débit maximum demandé,
- Il sert aussi à stocker l'eau pendant les périodes de faible consommation (la nuit) pour pouvoir répondre à la demande de pointe sans avoir à surdimensionné les installations de production,
- Il garantit une pression minimale dans le réseau en permettant d'élever l'altitude entre la surface de l'eau et les points de puisage (notamment réservoir surélevé, type château d'eau)

Il assure, en outre, une fonction de sécurité d'approvisionnement dans l'éventualité d'un incident sur les équipements d'alimentation du réseau : pollution de la ressource, rupture de la conduite d'amenée.

Les réservoirs peuvent être enterrés, semi-enterrés, de plein-pieds, ou surélevés (type château d'eau) (Figure 2.7). S'il n'y a pas de contrainte sur les pressions aval sur la distribution, il est conseillé d'enterrer ou semi-enterré les réservoirs pour les protéger des aléas climatiques.



Figure 2.7 : Quelques formes des réservoirs

### 2.4 Les conduites

Depuis son prélèvement dans le milieu naturel jusqu'au robinet de l'abonné, l'eau traverse de nombreuses infrastructures. Le réseau d'adduction, appelé aussi réseau primaire, désigne les canalisations de diamètre supérieur à 300 millimètres qui permettent le transfert de l'eau entre le captage (barrage ou forage) et le réservoir de stockage. Le réseau de distribution d'eau potable constitue le réseau secondaire et comprend toutes les canalisations d'un diamètre inférieur à 300 millimètres et les ouvrages permettant le transfert de l'eau entre le réservoir et les habitations des consommateurs.

Les conduites sont classées selon leurs diamètres nominaux (DN). Pour les tuyaux en acier galvanisé, le DN correspond aux diamètres intérieurs, alors que pour les tuyaux plastiques (PVC et PEHD) c'est associé aux diamètres extérieurs.

La résistance des conduites à la pression est également une information importante. Elle est exprimée en bar et on utilise le terme de Pression Nominale (PN). Les références de PN disponibles en Algérie démarrent au PN 8 et montent jusqu'à PN 16 pour le PEHD, mais cela peut aller jusqu'à PN 25 pour le PVC.

En termes de matériaux, le PEHD est recommandé pour les adductions d'eau potable pour des diamètres inférieurs à DN 90. Sur les plus gros diamètres, le PVC ou la Fonte ductile seront alors employés. À noter également que pour les très petits diamètres destinés notamment aux installations de plomberie des particuliers, le PPR est le plus souvent utilisé.

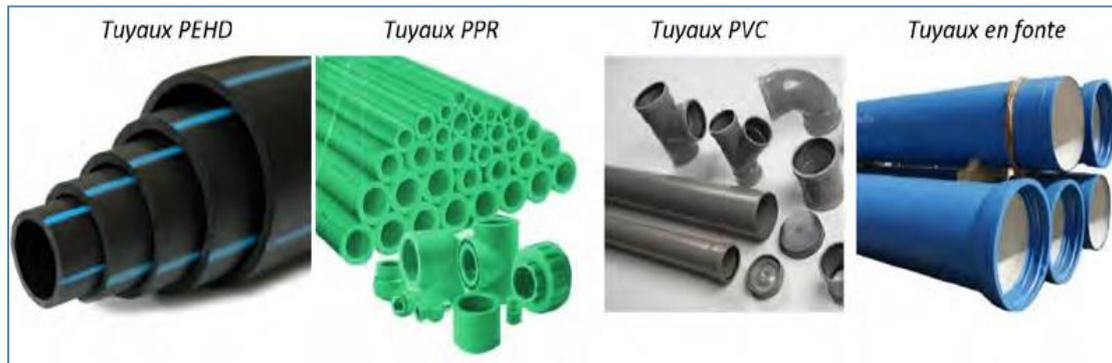


Figure 2.8 : les types de conduites

Suivant la nature du matériau, la technique de raccord des conduites ne sera pas la même (joint caoutchouc, joint collé, joint par manchon, joint vissé). Les conduites d'amenée et de distribution sont enterrées à au moins 80 cm de profondeur. Il est également important de bien les protéger notamment lors de passages dangereux ou exposés à des casses fréquentes (passage de rizières, passage rocheux...)

### 2.5 Le branchement

Le branchement désigne la canalisation située entre la canalisation principale de distribution et le réseau privé de l'habitation du consommateur. La limite entre le domaine privatif et le domaine public est défini selon le schéma ci-après :

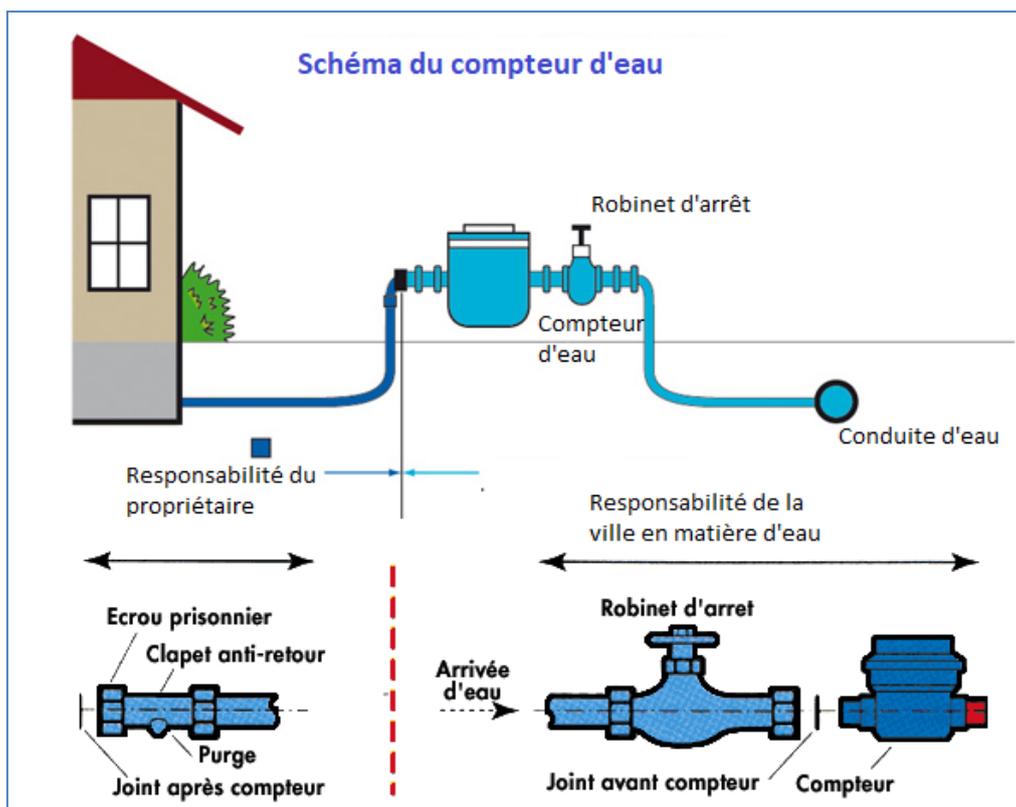


Figure 2.9 : Le branchement

C'est l'ensemble des canalisations et appareillages utilisé pour l'alimentation en eau d'un immeuble, depuis la prise effectuée sur la conduite mère de distribution jusqu'au compteur inclus. L'installation privée de distribution, ce sont les canalisations, accessoires et appareillages installés en aval du compteur, joint de sortie inclus. Un branchement comprend au minimum (Figure 2.10) :

- la prise d'eau sur la conduite de distribution publique,
- le robinet de prise en charge sous bouche à clé,
- la canalisation de branchement située tant sous le domaine public que privé, en polyéthylène haute densité (PEHD) d'une pression nominale de 16 bars (PN16), conformément aux normes en vigueur,
- un regard ou niche abritant le système de comptage pré-isolé contre le gel, situé en limite de propriété, et appartenant à l'abonné comprenant :
  - Un robinet d'arrêt avant compteur,
  - Un compteur d'eau fourni avec son plombage

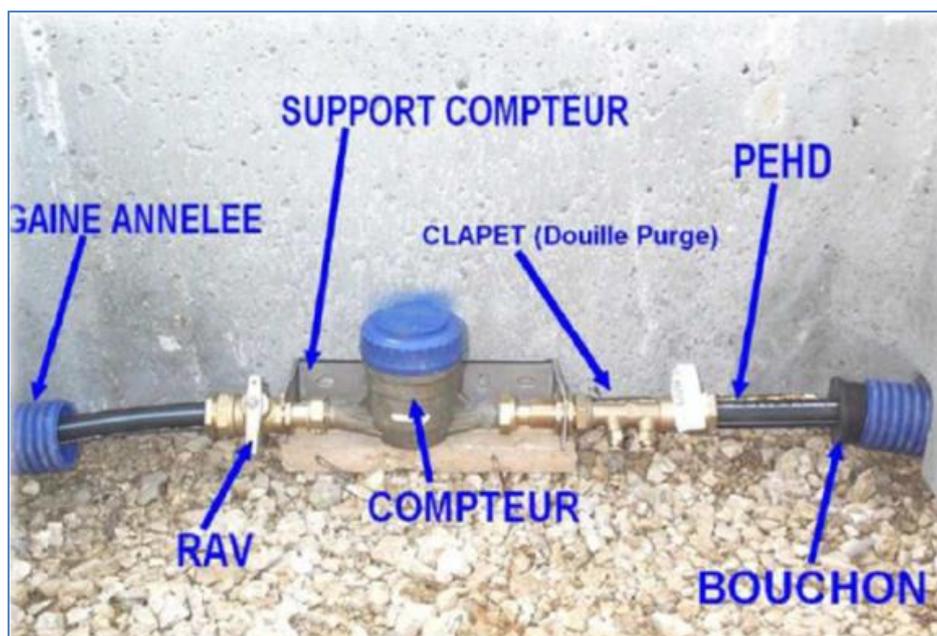


Figure 2.10 : Illustration d'un branchement

Un réseau de distribution présente de nombreux équipements et raccords qui peuvent devenir une porte d'entrée pour des contaminants. La contamination peut se faire de façon lente et subtile, comme le développement de pathogènes à l'intérieur du biofilm. La contamination peut également arriver d'une façon brusque et catastrophique, comme un retour d'eau d'une usine utilisant des produits chimiques. Quoi qu'il en soit, une fois le réseau contaminé, son nettoyage implique une logistique considérable avec de brefs délais. La prévention est donc de mise.

## 2.6 Les équipements

Un réseau de distribution d'eau potable pour fonctionner correctement est équipé de matériels destinés à éviter les problèmes de surpression et de pollution qui nuiraient à la qualité de l'eau potable distribuée à l'utilisateur.

On distingue cinq équipements principaux.

1. Les clapets de non-retour empêchent le retour d'eau en cas de dépression dans les canalisations.



2. Les dis- connecteurs protègent contre la pollution en évitant le retour d'eau polluée dans le réseau.



3. Les dispositifs anti-bélier amortissent les brusques variations de pression dans les canalisations.



4. Les ventouses, posées sur les points hauts du réseau, évacuent les poches d'air emmagasinées dans les canalisations.



5. Les dispositifs de comptage renseignent le gestionnaire du réseau sur la consommation d'eau potable des usagers.



La robinetterie a plusieurs fonctions :

- sectionnement : robinet en position ouverte ou fermée
- réglage : robinet maintenu en position intermédiaire d'ouverture afin de régler le débit
- régulation : ouverture variable du robinet pour maintenir une pression ou un débit à une valeur choisie
- protection des réseaux de la vidange accidentelle ou de l'air

Les différents types de Robinets sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau (2.1) : les différents Robinets

Type	Fonction	Image
Robinet-vanne	Il fonctionne en ouverture totale : dans cette position, l'obturateur dégage complètement la partie du corps du robinet correspondant au diamètre de la canalisation.	
Robinet à papillon	Appareil de réglage du débit et de sectionnement.	
Robinet de branchement	Appareil de coupure de l'abonné.	

La fontainerie est l'ensemble des appareils qui distribuent de l'eau pour :

- la protection incendie : poteaux et bouches d'incendie
- le puisage : poteaux et bornes-fontaines
- le lavage et l'arrosage : bouches de lavage et d'arrosage

Les poteaux, bouches et bornes incendie répondent à des normes précises qui fixent leurs dimensions, leurs caractéristiques hydrauliques, les conditions d'essais en usine, etc.

# **Chapitre 3 : La typologie des pertes**

## Chapitre 3 : La typologie des pertes

### Introduction

Le Non revenue water (NRW), c'est l'eau produite dans les usines de traitement d'eau potable qui ne génère pas de revenu pour la compagnie d'eau, en d'autres termes c'est l'eau perdue. Comme indiqué par la figure suivante, on distingue deux principales catégories de pertes d'eau :

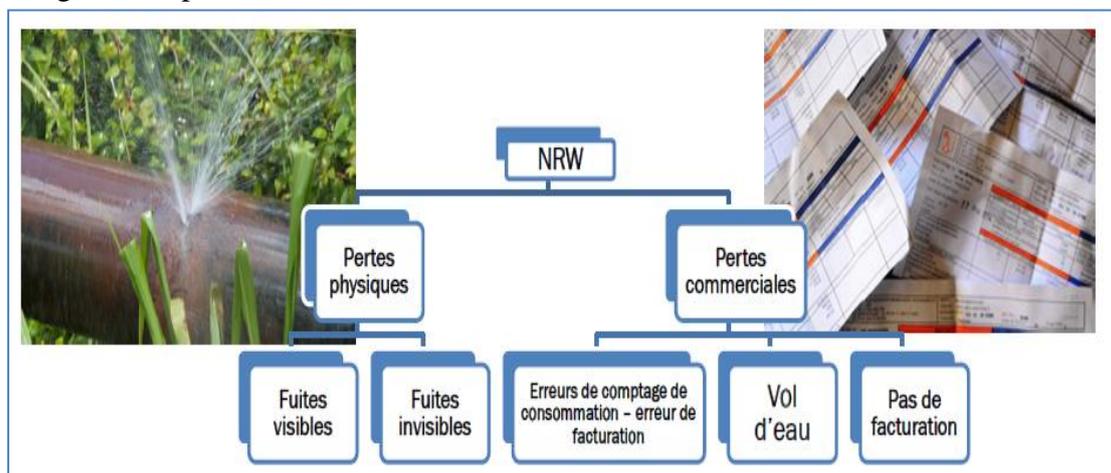


Figure 3.1 : Les types de pertes

### 3.1 Les pertes commerciales

Les pertes commerciales, concernent l'eau consommée mais non payée par le client. Dans la plupart des cas, l'eau est passée par un compteur mais n'a pas été enregistrée correctement. Les pertes commerciales peuvent se répartir en quatre éléments essentiels, qui sont :

- ◆ Des compteurs peu précis.
- ◆ Une consommation non autorisée.
- ◆ Des erreurs de lecture des compteurs.
- ◆ Des erreurs dans le traitement des données et la comptabilité

Quelques exemples de ce type de pertes sont donnés par la figure ci-dessous :



Figure 3.2 : les pertes commerciales

L'objectif qui devrait être visé est un total de pertes commerciales ne dépassant pas 4 à 6% de la consommation autorisée. La réduction des pertes commerciales ne demande qu'un faible investissement avec une courte période de remboursement ; par contre elle exige l'engagement durable de la direction, une volonté politique et l'appui de la communauté.

### 3.2 Les pertes physiques

Dans ce cas, l'eau fuit du système (fuites physiques) au niveau des conduites, des joints/raccords, des installations et/ou suite aux débordements des réservoirs. Tous les réseaux de distribution d'eau perdent de l'eau, même les nouveaux réseaux. Les pertes physiques, parfois appelées « pertes réelles » ou « fuites » sont le volume total des pertes de l'eau moins les pertes commerciales.

Les trois principales composantes des pertes physiques sont les suivantes:

- ◆ Les fuites sur les principales conduites d'amenée et de distribution
- ◆ Les fuites et débordements des réservoirs et bassins de retenue
- ◆ Les fuites sur les conduites de service jusqu'au compteur du client

La figure (3.3) illustre certains cas de pertes physiques



Figure 3.3 : Cas de pertes physiques

Les fuites des principales conduites d'amenée et de distribution sont en général des événements d'envergure, parfois même catastrophiques, qui peuvent endommager les infrastructures routières et les véhicules (Figure 3.4). La majorité de ces ruptures ne sont d'habitude pas très graves bien que certaines entraînent une interruption de la fourniture de l'eau. A cause de leur dimension et de leur visibilité, ces ruptures sont rapportées rapidement, et les conduites sont alors fermées ou réparées par la suite.



Figure 3.4 : impacts des pertes sur les infrastructures routières

En utilisant les données des registres des réparations, les compagnies des eaux peuvent calculer le nombre de fuites sur les principales conduites réparées pendant la période couverte par le rapport (d'habitude 12 mois) et estimer le débit moyen de ces fuites.

### 3.3 Caractéristiques Des Fuites

Selon l'endroit où elles se produisent (réseau d'adduction, réseau de distribution ou entrées de service), les fuites ont différents débits, différentes tendances à provoquer des interruptions d'approvisionnement et différentes possibilités d'être visibles à la surface. Ainsi, tel qu'illustré à la Figure (3.5), on distingue trois types de pertes réelles :

Trois grandes catégories de fuites peuvent être distinguées :

- fuites diffuses : Il s'agit généralement du premier état d'une fuite. Ce type de fuite n'est pas détectable car le débit est très faible (suintement).
- fuites détectables non localisées: Ces fuites ne sont pas visibles en surface mais sont détectables lors de campagnes de recherches de fuites ou du suivi des débits de sectorisation.
- fuites visibles ou localisées : La présence de ce type de fuites est caractérisée par un écoulement ou par une excavation en surface. Le débit de fuites est généralement important. [Renaud et al. 2009]

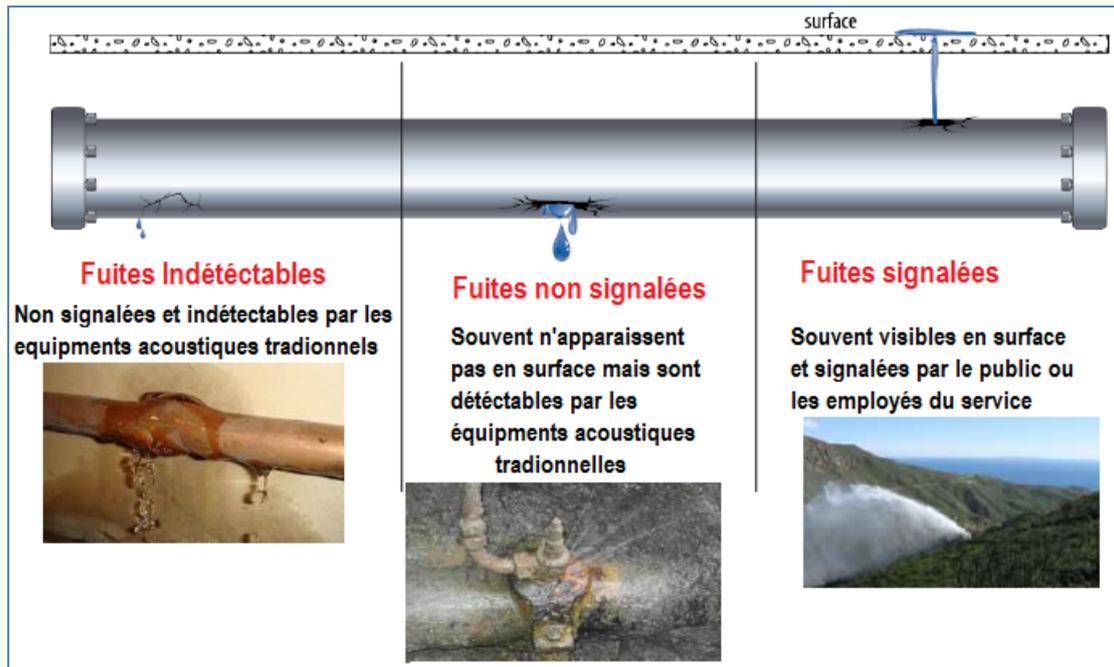


Figure 3.5: Types de pertes d'eau par les fuites et outils d'intervention associés  
Tardelli Filho (2006) citée dans AWWA (2009)

Une fuite d'eau sur un réseau d'eau potable est une sortie d'eau continue. Le volume d'eau perdu est le produit du débit de la fuite par sa durée. La rapidité d'intervention sur une fuite est donc un critère essentiel de la lutte contre les pertes en eau. Gagner en rapidité d'intervention, c'est se doter d'une organisation dédiée permettant de détecter au plus vite la fuite, de la localiser et de réaliser une réparation de bonne qualité. Dans ce contexte les services chargés de la gestion de l'eau sont appelés à mettre de l'avant des actions afin de réduire les pertes d'eau sur leurs réseaux. Ces actions visent trois phases distinctes de la « durée de vie » d'une fuite, telles que montrées à la figure ci-dessous.

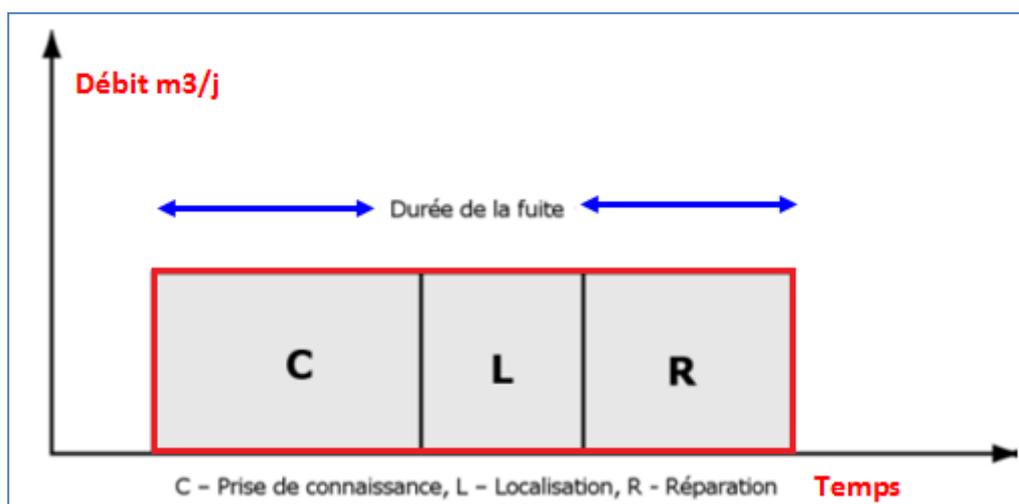


Figure 3.6 : Actions pour réduire les pertes

Une fuite de 40 m<sup>3</sup>/h sera sauf exception connue puis réparée rapidement. Le volume de fuite occasionné par cette fuite sera limité à quelques centaines de m<sup>3</sup> au maximum. Avec un débit moyen de 2.2 m<sup>3</sup>/h, une fuite non signalée représente un volume annuel de près de 20 000 m<sup>3</sup>/an. Plus le délai entre la naissance d'une fuite et sa réparation est long, plus la quantité d'eau qui s'écoule est importante. C'est ainsi qu'une fuite spectaculaire de 100 m<sup>3</sup>/j sur une conduite de rue réparée en 24 heures gaspille 18 fois moins d'eau qu'une petite fuite 10 m<sup>3</sup>/d sur un branchement de service qui se prolonge pendant 6 mois. La réduction de la durée de chacune des trois étapes de la vie de la fuite est donc un élément majeur dans la réduction des fuites. Ceci nous montre qu'en l'absence d'une politique active de recherche des fuites, notamment pour les réseaux ruraux, les choses deviennent d'une gravité importante. Les figures (3.6 et 3.7) illustrent bien cet état des lieux.

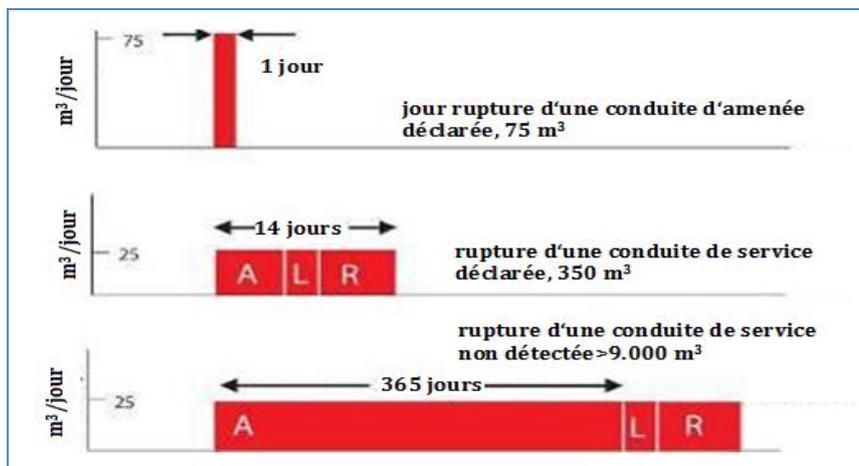


Figure 3.6: Durée d'activité d'une fuite et volume d'eau. [A = Alerte ; L = localisation ; R = réparation]

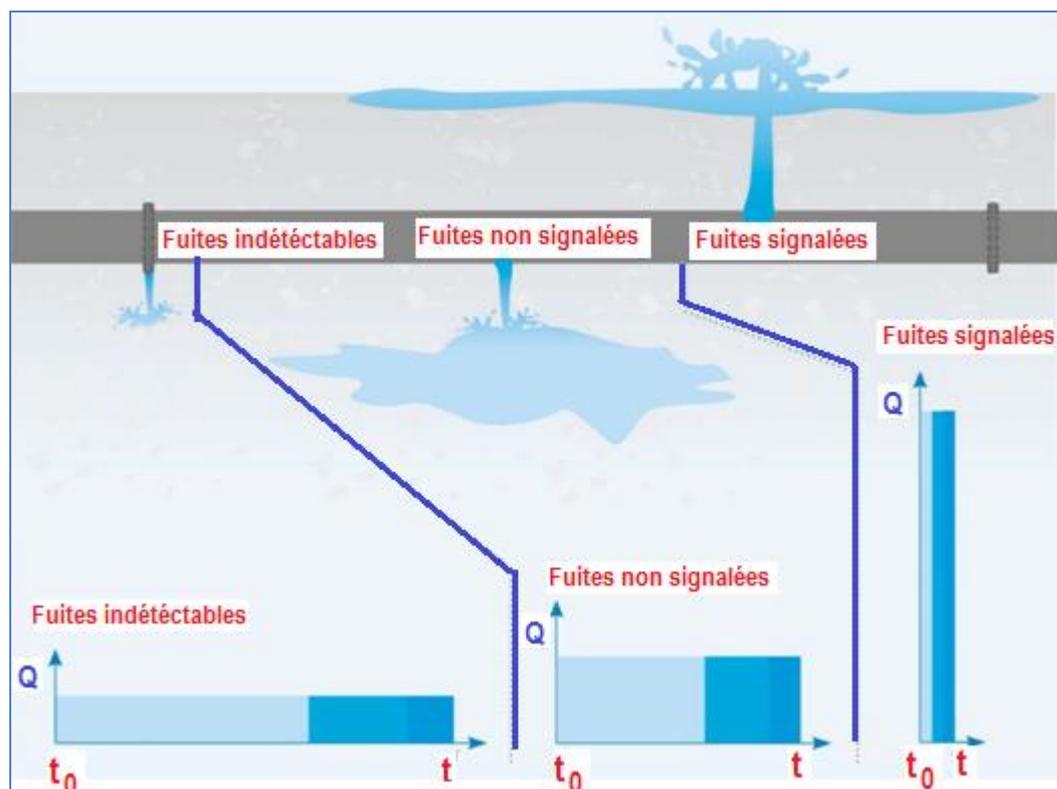


Figure 3.7 : Types de fuites et durée d'activité correspondante

Après que l'objectif ENC pour l'ensemble de la compagnie aura été fixé et que les différentes composantes auront été analysées pour donner la priorité aux domaines dans lesquels on peut réaliser la réduction souhaitée, les activités individuelles seront identifiées. Le développement de la stratégie sera basé sur le concept Alerte, Localisation et Réparation, ou ALR. Selon ce concept, toute perte provenant de fuites, débordements, compteurs défectueux des clients, ou autres sources, suivront trois étapes comme l'indique le diagramme ci-dessous.

- ◆ Temps d'alerte : temps nécessaire pour alerter la compagnie qu'il y a une fuite.
- ◆ Temps de localisation : temps nécessaire pour localiser la fuite.
- ◆ Temps de réparation : temps nécessaire pour réparer la fuite.

### 3.4 Origine des fuites Principales causes de fuites des conduites d'eau

Les origines des fuites sont multiples, ce qui explique la complexité de la prévision d'apparition de celles-ci sur les réseaux d'AEP. Cependant, certains facteurs sont prédominants et s'avèrent être des outils précieux dans l'aide à la décision pour déclencher des campagnes de recherche de fuite ou des renouvellements. On peut citer les facteurs propres aux tronçons :

- ▶ Age du tronçon : plus un tronçon est ancien plus il y a de risque de corrosion et de fragilité.
- ▶ Matériau : certains matériaux sont plus sensibles que d'autres aux vibrations, au gel, etc.
- ▶ Diamètre

- ▶ Densité de branchements : plus le nombre de branchements raccordés au tronçon est élevé plus celui-ci est susceptible d'être défaillant.

Et facteurs relatifs à son environnement :

- Géologie : les zones de glissements de terrain ou à risque géotechnique sont des lieux privilégiés d'endommagement des canalisations.
- Caractéristiques du sol : la corrosivité du sol joue un rôle important dans la dégradation du patrimoine, de même que la qualité du lit de pose.
- Fonctionnement du service : la qualité de l'eau et notamment son caractère entartrant ou agressif est prépondérante dans la durée de bon fonctionnement d'une canalisation. La pression de service va également intervenir dans l'évolution de la fuite.
- Localisation : la proximité de trafic routier ou ferroviaire génère des vibrations ainsi que des surpressions qui accélèrent le processus d'apparition de fuites. La présence de réseaux électriques enterrés peut également favoriser la corrosion.

La vulnérabilité des conduites varie non seulement en fonction de l'âge de celles-ci, mais aussi en fonction du matériau : par exemple, si elles sont en fonte grise, il y a plus de chance pour qu'une rupture de conduite se traduise par un grand trou, et donc une plus grande crise, alors que c'est moins le cas si elles sont en fer. La fonte ductile est plus résistante que la fonte grise.

Il est clair de noter que plus il y a une ramification des branchements, plus la probabilité de fuites est assez importante. En général, il y a au moins deux fuites sur branchement pour une fuite sur conduite, ce qui veut dire que nous devons apporter le plus grand soin à leur exécution et la plus grande attention à leur surveillance.

La multiplication des appareils hydromécaniques oblige une surveillance renforcée. Donc il est indispensable de connaître avec précision leurs emplacements. Leur manipulation est effectuée, la plupart du temps, par des agents n'ayant pas toujours reçu une formation adaptée. Souvent la fermeture des appareils n'est pas très étanche; un écoulement d'une fuite se produit et pas visible. Cette micro-fuite lamine les portées des organes de fermeture, avec pour conséquence l'usure prématurée de ces pièces.

Le schéma suivant localise l'emplacement de toutes fuites possible sur le réseau

La figure suivante regroupe les principaux endroits susceptibles de produire les fuites.

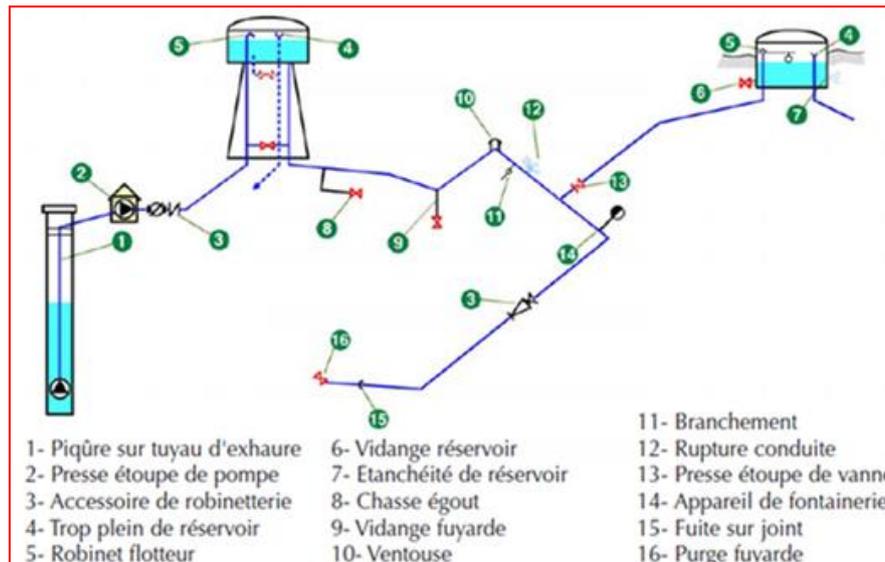


Figure 3.8 : les possibilités de fuites sur un réseau de distribution d'eau potable

Il est bien entendu que plus la pression de distribution augmente, plus les fuites risquent d'être importantes. Le tableau suivant présente l'évolution du débit de fuite en fonction du diamètre de la fonte.

Tableau 3.1 : Débit de fuite pour une pression constante de 5 bars

Trou	Débit de fuite				
	Litre/minute	Litre/heure	m3/jour	m3/moi	m3/an
1	1	58	1,4	41,6	499,2
2	3,2	190	4,6	136	1 632
3	8,2	490	11,8	351	4 212
4	14,3	890	21,4	640	7 680
5	22,3	1 340	32	960	11 520
6	30	1 800	43,2	1 300	15 600
7	39,3	2360	56,8	1 700	20 400

Le tableau est donné pour une pression constante de 5 bars (100 %), à 4 bars (89%), à 3 bars (77 %), à 2 bars (63 %) et à 1 bar (45 %).

Le coup de bélier est parmi les principales causes de rupture et de vieillissement prématuré des conduites. Le coup de bélier est susceptible d'entraîner des ruptures de tuyaux et d'augmenter de plusieurs fois la valeur de la pression de service du réseau (3 à 4 fois la pression de service et parfois bien plus). La figure ci-dessous illustre l'effet du coup de bélier sur les conduites



Figure 3.9 : Quelques exemples de conduites endommagées par des coups de bélier

Les fuites sur les canalisations sont très souvent liées à une mauvaise pose. Il faut donc être très attentif à la pose des conduites : c'est un "héritage" que nous laissons à la collectivité.

Les causes de fuites des réseaux d'eau potable cités précédemment sont l'origine de défaillances présentées dans le tableau ci-dessous.

Les défaillances les plus répandues rencontrées et pouvant causer les fuites sont nombreuses :

Tableau 3.2 : Types des défaillances des conduites

Type de défaillance	Dessin explicatif
Fissure circulaire	
Rupture longitudinale	
Emboitement fend	
Cisaillement de l'emboitement	
Rupture en colimaçon	
Rupture/Eclatement	
Trou traversant	

La figure ci-dessous regroupe quelques formes de défaillances sur les conduites

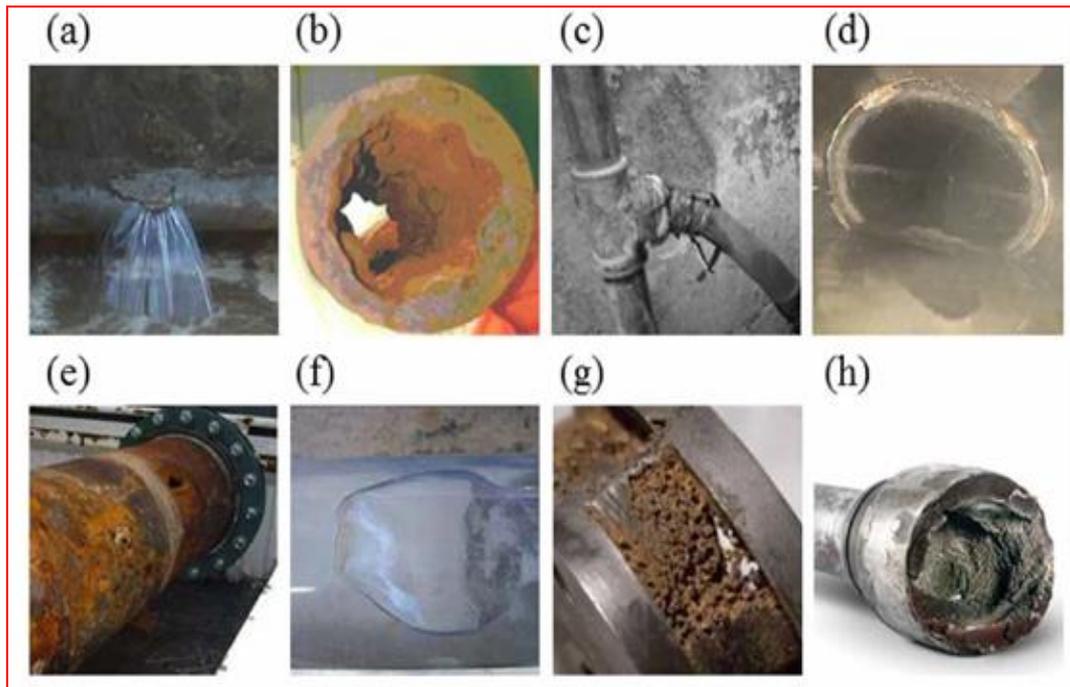


Figure 3.10 : Différents types de défaillance de conduites: (a) fuites ; (b) blocage partiel ; (c) mauvaise jonction ; (d) déformation ; (e) corrosion; (f) poche d'air ; (g) cavitation ; (h) détachement

### 3.5 Stratégie Pour Maitriser Les Fuites

Quatre méthodes pour le contrôle des pertes réelles ont été proposées par l'IWA et, par la suite, adoptées par l'AWWA, pour gérer les fuites et retarder la détérioration des réseaux (AWWA, 2009). Les méthodes en question sont : le contrôle actif des fuites, la gestion des actifs, la rapidité et la qualité des réparations des fuites et la gestion de la pression. Ces facteurs influencent la façon dont on maîtrise les fuites, et par conséquent le volume et la valeur économique de la fuite.

Le schéma figure (3.11) synthétise les actions impactant les familles de fuites :

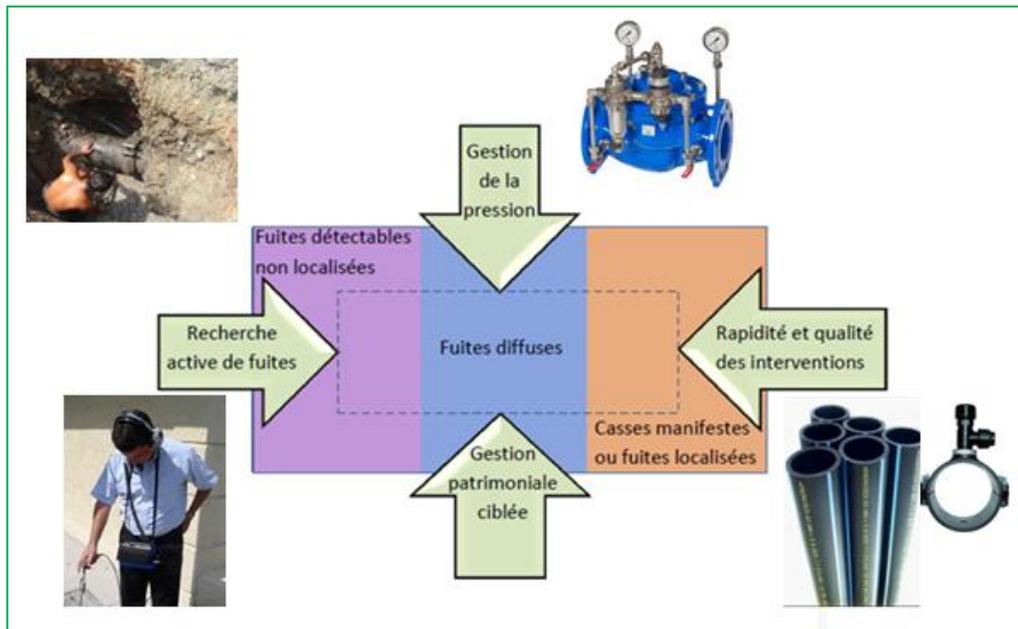


Figure 3.11 : Actions impactant les différents types de fuites source : (ONEMA, 2012)

La régulation de la pression est un des éléments fondamentaux d’une stratégie bien conçue de maîtrise des fuites. Le taux de fuites dans les réseaux de distribution de l’eau est une fonction de la pression exercée par les pompes ou par gravité. Il existe une relation physique entre le débit de la fuite et la pression et la fréquence à laquelle de nouvelles fuites se produisent est aussi fonction de la pression : Plus la pression est élevée plus la fuite est grande, plus la pression est basse, plus la fuite est petite.



Figure 3.12 : Débit du même percé, à basse et à haute pression.

La technique de modulation est utilisée pour moduler la pression de distribution d'un secteur de réseau en plusieurs étages de pressions. C’est une modulation hydraulique en fonction du **temps**, usuellement la pression haute est utilisée lors des périodes de forte consommation, et la pression basse (2 bars) durant la nuit lors de faible consommation. L’objectif donc est de ne pas donner plus de pression dans le réseau. Le niveau et le cycle de la pression ont une forte influence sur la fréquence des ruptures. Les principales

actions à entreprendre pour réduire les fuites sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3.3: Les actions pour la réduction des pertes

Opérations	Actions à entreprendre
Mise à niveau des réseaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sectorisation plus fine du réseau ;</li> <li>● Etudes et travaux de réhabilitation des réseaux ;</li> <li>● Elaboration et réalisation des programmes d'entretien et de maintenance des équipements ;</li> <li>● Etudes sur l'amélioration des branchements (sources de pertes d'eau dans le réseau) ;</li> <li>● Lutte contre les branchements clandestins (fraudes) ; ;</li> </ul>
Préconiser les règles de pose des conduites et la fiabilité des travaux de réparation de fuites	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Prendre en compte la nature du terrain (déstabilisation des conduites et corrosion externe) ;</li> <li>● Installer la canalisation à la bonne profondeur (protection contre le gel et les charges roulantes), et préparer le lit de pose ;</li> <li>● Réaliser des butées pour éviter le déboîtement des canalisations ou installer des joints auto-butés ;</li> <li>● Adapter les appareils de fontainerie et les branchements à la pression maximale de fonctionnement ;</li> <li>● Assurer les travaux d'étanchéités des appareillages sur le réseau (vannes, ventouses, poteaux d'incendie, etc.). Des fuites importantes peuvent être constatées sur ces appareils s'ils ne sont pas étanches régulièrement ;</li> </ul>
Généralisation du système de régulation et modulation de pression	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Installation des réducteurs de pression ;</li> <li>● Contrôle régulier des zones à fortes pression ;</li> <li>● Mise en place du système modulation ;</li> <li>● Généralisation du système de télémessure ;</li> </ul>
Prévoir des actions et des ouvrages contre les phénomènes hydrauliques du coup de bélier sur le réseau ;	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Manœuvrer les robinets vannes de réseaux aussi lentement que possible, tant pour l'ouverture que pour la fermeture ;</li> <li>● Ballons anti-bélier ;</li> <li>● Ventouses ;</li> <li>● Cheminée d'équilibre ;</li> <li>● Soupape de décharge ;</li> </ul>
Amélioration du service de comptage	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vérification des conditions de pose des compteurs ;</li> <li>● Remplacement des compteurs bloqués ;</li> <li>● Renouvellement des compteurs âgés ;</li> </ul>
Mise à jour des plans des réseaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Action de mise à jour permanente des plans suivant le renouvellement et l'extension du réseau ;</li> <li>● Acquisition d'outil informatique pour la mise à jour des plans (SIG) ;</li> </ul>

# **Chapitre 4 :**

# **Evaluation de la**

# **performance du**

# **réseau**

## Chapitre 4 : Evaluation de la performance du réseau

### 4.1 : Introductions

Dans un environnement, où les défis à relever pour le secteur de l'Eau Potable sont de plus en plus nombreux, la performance des réseaux d'eau potable mesurée au travers des indicateurs techniques, est un facteur essentiel d'efficience. La perte d'eau se produit dans tous les systèmes, c'est seulement le volume qui varie et il reflète la capacité d'une utilité de contrôler son réseau.

Le seuil pertes pour les services d'eau performants est considéré comme étant d'environ 23 % (Singh et al., 2014). Cependant, la plupart des services publics d'eau urbains en Algérie ont des valeurs NRW supérieures à 23 %.

### 4.2 Le bilan d'eau

Vers la fin des années 90 l'AEI a identifié la nécessité d'avoir une structure d'audit de l'eau réalisable avec la terminologie commune et en conséquence son groupe de travail de perte d'eau a développé un équilibre d'eau standard. Cet équilibre d'eau standard a été maintenant accepté avec ou sans quelques modifications mineures et est employé dans le monde entier. Le bilan de l'utilisation de l'eau consiste à chiffrer les différentes composantes de la consommation et des pertes. Il est basé sur la mesure ou l'évaluation quant à la quantité de l'eau produite (tenant compte de toute eau importée et/ou exportée), consommée et perdue (Alegre et al. 2000). Sous sa forme la plus simple l'équilibre d'eau est :

$$\text{La perte d'eau} = \text{l'eau produite} - \text{la consommation autorisée}$$

La méthode est maintenant désignée sous le vocable IWA-AWWA et est appliquée à grande échelle (AWWA, 2009). Un tableur Excel y est associé et est accessible gratuitement en français. **Le tableau()** montre les divers composants du bilan d'eau qui sont utilisés durant l'audit annuel d'un réseau de distribution. Chacun de ces composants peut être mesuré, estimé ou calculé à partir d'autres composants.

**Tableau 2.8 : Bilan d'eau IWA/AWWA (Alegre et al. (2000) citée dans AWWA (2009))**

	B	C	D	E
Volume introduit	Consommation autorisée	Consommation autorisés facturée	Consommation mesurée et facturée (y compris l'eau exportée)	Eau payante
			Consommation non mesurée, facturée	
		Consommation autorisés non facturée	Consommation mesurée, non facturée	Eau non payante
			Consommation non mesurée, non facturée	
	Pertes en eau	Pertes apparentes	Consommation non autorisée	
			Imprécision de compteur de clients	
	Pertes réelles	Fuites dans les conduites d'adduction ou de distribution		

			Fuites et débordement dans les réservoirs d'emmagasinement de l'entreprise de service public	
			Fuites dans les branchements, entre la conduite et le compteur du client	

Les éléments de l'équilibre d'eau standard d'AEI sont :

◆ **Le volume d'entrée de système**

Est le volume annuel de l'eau traitée entrée dans cette partie du système d'approvisionnement.

◆ **La consommation autorisée :** C'est le volume annuel de l'eau mesuré et/ou non mesuré pris par les clients enregistrés, le fournisseur de l'eau et d'autres qui implicitement ou explicitement sont autorisés par le fournisseur de l'eau à faire ainsi pour des buts résidentiels, commerciaux et industriels.

*Consommation autorisée = consommation facturée + consommation non facturée.*

◆ **Les pertes d'eau :** Sont la différence entre le volume d'entrée de système et la consommation autorisée.

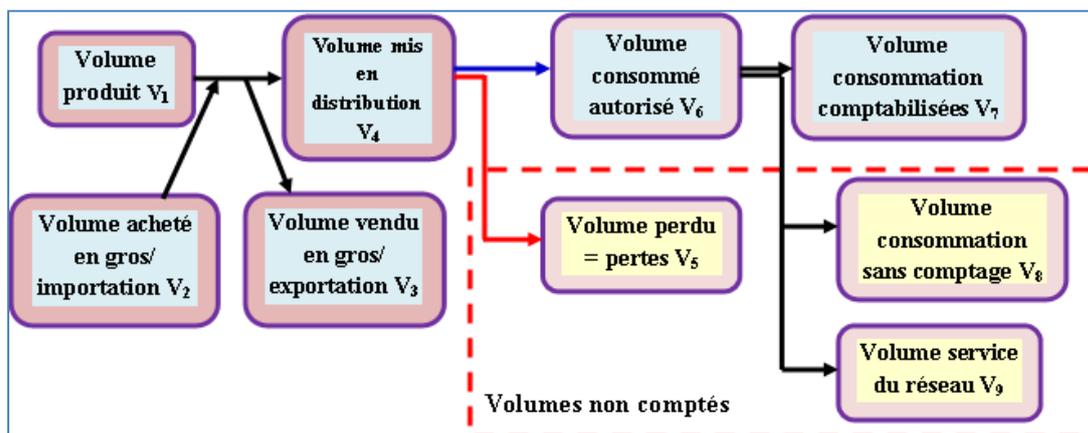
◆ **La Consommation facturée :** C'est le volume d'eau consommé par les clients; celui-ci est mesuré par compteurs ou non et inclut l'eau exportée.

◆ **La consommation non facturée :** C'est la portion de la consommation autorisée qui n'est pas facturée aux clients. En générale la consommation non facturée est typiquement celle destinée à l'usage de la municipalité pour le nettoyage des rues, la lutte aux incendies,...

◆ **L'eau payante :** C'est le volume d'eau facturé aux clients et qui inclut la consommation mesurée par compteurs ainsi que la consommation non mesurée.

◆ **L'eau non payante :** Le volume d'eau non payante, inclut toutes les pertes apparentes, toutes les pertes réelles et toute la consommation non

Il convient tout d'abord de se familiariser avec les différents volumes entrant en jeu dans l'étude des réseaux d'AEP. Ces volumes sont schématisés dans de nombreux articles avec quelques variantes. Une présentation schématique simplifiée, localisant les principaux volumes dans le réseau est présentée par la **Figure (4.1)**.



### Figure 4.2 : Diagramme de représentation des volumes du système de distribution

On notera que :

➡ **V<sub>1</sub> ou volume produit**

Volume issu des ouvrages de production du service et introduit dans le réseau de distribution.

➡ **V<sub>2</sub> ou volume importé**

Volume d'eau potable en provenance d'un service d'eau extérieur.

➡ **V<sub>3</sub> ou volume exporté**

Volume d'eau potable livré à un service d'eau extérieur.

➡ **V<sub>4</sub> volume mis en distribution**

Il s'agit du volume introduit dans le réseau de distribution d'eau potable. Il résulte de la somme algébrique des volumes produits, importés et exportés :

$$\text{Volume mis en distribution} = \text{volume produit} + \text{importé} - \text{exporté}$$

$$V_4 = (V_1 + V_2 - V_3)$$

➡ **V<sub>5</sub> ou pertes**

Il s'agit de la différence entre le volume mis en distribution et le volume consommé autorisé.

$$V_5 = (V_4 - V_6)$$

➡ **V<sub>6</sub> ou volume consommé autorisé**

C'est la somme de tous les volumes utilisés sur le réseau de distribution. On distingue en général les volumes consommés comptabilisés et les volumes non comptabilisés pour lesquels une estimation est réalisée :

$$V_6 = (V_7 + V_8 + V_9)$$

➡ **V<sub>7</sub> ou volume comptabilisé**

Il s'agit de la somme des volumes comptabilisés domestiques et non domestiques. Ce volume résulte des relevés des appareils de comptage des abonnés.

➡ **V<sub>8</sub> ou volume consommateurs sans comptage**

Volume utilisé sans comptage par des usagers connus avec autorisation

➡ **V<sub>9</sub> ou volume de service du réseau**

#### 4.3 Les indicateurs de performance

Différents indicateurs peuvent être utilisés afin de fixer des seuils pour le suivi de la distribution des différents secteurs, soit le volume journalier, et le débit minimum (débit survenant majoritairement de nuit). L'ajout de ces indicateurs permet la comparaison avec les données des capteurs afin de mettre en évidence les valeurs et tendances anormales de débits et volumes dans chaque secteur.

##### 4.3.1 Le rendement du réseau

Concernant la production et la distribution de l'eau potable, la première des économies à réaliser est bien sûr le **rendement du réseau** puisque chaque mètre cube d'eau produit, a consommé des kilowattheures perdus suite aux fuites dans le réseau

(Carravetta et al.2013). Le rendement est un indicateur qui permet d'apprécier la qualité d'un réseau. Il représente le rapport entre la quantité d'eau utilisée et la quantité d'eau introduite dans le réseau. Il est exprimé en pourcentage. Il existe de nombreuses définitions du rendement qui dépendent des volumes pris en compte pour son calcul. Nous nous limiterons ici à l'expression du rendement primaire et du rendement net.

#### ➡ Rendement primaire

Le rendement primaire (%), permet de comparer l'eau consommée par les abonnés et l'eau injecté dans le réseau. C'est le rendement le plus simple à calculer, il ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés (Liemberger, 2001).

Le rendement primaire ( $R_P$ ) est calculé par l'équation 2.1 :

$$R_P (\%) = \frac{\text{Volume d'eau consommé comptabilisé}}{\text{Volume mis en distribution}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Le **tableau 2.3** nous permet d'apprécier le rendement d'un réseau.

**Tableau 2.3 : Evaluation du rendement primaire**

De 50% à 60%	<b>Mauvais</b>
De 60% à 70%	<b>Médiocre</b>
De 70% à 75%	<b>Moyen</b>
De 75% à 80%	<b>Bon</b>
De 80% à 85%	<b>Très bon</b>
De 85% à 90%	<b>Excellent</b>

Les fuites indétectables, qui généralement abaissent le rendement d'un réseau, ne lui permettent pas d'avoir une valeur supérieure à 90% (Eisenbeis, 1996).

#### ➡ Rendement net

Le rendement net ( $R_N$ ) est le rendement, parfois appelé rendement technique, traduit bien la notion d'efficacité du réseau, puisqu'il compare la totalité de l'eau utilisée avec celle introduite dans le réseau (AFD, 2011).

Pour le calcul du volume consommé, il faut additionner le volume consommé comptabilisé et le volume consommé non comptabilisé.

$$R_N (\%) = \frac{\text{Volume d'eau consommé}}{\text{Volume mis en distribution}} \dots\dots\dots (2.2)$$

La notion de rendement d'un réseau à l'inconvénient de ne pas tenir compte du linéaire sur lequel se produisent les pertes. Il ne permet pas de comparer l'état de fonctionnement des réseaux. Le rendement du réseau de distribution est un indicateur qui est fortement impacté par les variations des consommations ainsi que par le niveau des volumes achetés et vendus à d'autres services publics d'eau potable. Ainsi, certaines de ses variations ne sont pas imputables à des variations des pertes.

### 4.3.2 L'indice de consommation

Il s'obtient à partir du rapport entre les volumes consommés et la longueur totale des canalisations. Il est calculé par la formule suivante :

$$\text{ILC} = \frac{\text{Volume consommé}}{\text{linéaire du réseau} \times 365} \quad (\text{m}^3/\text{j}/\text{Km}) \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

L'intervalle des valeurs d'ILC selon la catégorie du réseau sont données par le tableau ci-dessous

**Tableau 12 : Tableau de référence des valeurs d'ILC**

Catégorie de réseau	Rural	Semi-rural	Urbain
ILC (m <sup>3</sup> /j/km)	0 à 10	10 à 30	> 30

### 4.3.3 Indice Linéaire de Volume Non Consommé (ILVNC)

Il représente le ratio entre le volume journalier non compté, qui est la différence entre le volume mis en distribution et le volume comptabilisé, et le linéaire de réseau desservi. En d'autres termes, il reflète le poids du volume non facturé.

$$\text{ILVC} = \frac{\text{Volume mis en distribution} - \text{Volume comptabilisé}}{\text{linéaire} \times 365} \quad (\text{m}^3/\text{j}/\text{Km}) \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

### 4.3.4 L'indice linéaire de perte

Le rendement n'est pas un indicateur toujours pertinent pour apprécier l'état d'un réseau. Pour ce faire, on utilise de préférence l'indice linéaire de pertes d'eau (ILP) exprimé en mètre cube par jour et par kilomètre de canalisation. Il constitue un indicateur intéressant, car il prend en compte la longueur du réseau. Il est exprimé en m<sup>3</sup>/km/jour, et s'obtient par la formule suivante (Renaud et al. 2012) :

$$\text{ILP} = \frac{\text{Volume mis en distribution} - \text{Volume comptabilisé autorisé}}{\text{linéaire} \times 365} \quad \text{m}^3/\text{j}/\text{Km} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Il n'existe pas actuellement de référentiel unique de valeurs de l'ILP qui soit largement partagé par les acteurs du domaine de l'eau potable. En revanche il existe de nombreux référentiels utilisés ici ou là. L'indice linéaire de perte est un indice technique diffère en fonction de l'environnement rural, semi-rural ou urbain. Pour les réseaux peu urbains, le niveau des pertes est davantage lié au nombre d'abonnés qu'au linéaire de réseau. L'indice linéaire de pertes peut être rapporté à des valeurs de référence proposées dans le tableau suivant :

**Tableau 2.5 : indices linéaires de pertes en fonction de la densité des abonnés, Référentiel de l'Agence de l'Eau Adour Garonne(2005)**

ILP (m <sup>3</sup> /j/Km)	Rural	Intermédiaire	Urbain
Densité (Abonnés/Km)	Densité < 25	Densité < 50	Densité > 50
<b>BON</b>	<b>&gt; 1.5</b>	<b>&lt; 3</b>	<b>&lt; 7</b>
<b>ACCEPTABLE</b>	<b>1.5 à 2.5</b>	<b>3 à 5</b>	<b>7 à 10</b>
<b>MEDIOCRE</b>	<b>2.5 à 4</b>	<b>5 à 8</b>	<b>10 à 15</b>
<b>MAUVAIS</b>	<b>&gt; 4</b>	<b>&gt; 8</b>	<b>&gt; 15</b>

Renaud (2009) a montré que l'indice linéaire des volumes non-comptés (ILVNC) est très fortement lié à la densité d'abonnés (D). La relation issue de la régression linéaire est la suivante :

$$ILVNC = 0,150 * D$$

$$\text{Densité des abonnés} = \frac{\text{Nombre d'abonnés}}{\text{linéaire du réseau}} \text{ (abonné/Km) ..... (2.7)}$$

Cette étude a par ailleurs montré que pour les services ayant une densité d'abonnés faible, les pertes incompressibles sont, en moyenne, supérieures aux pertes réellement constatées ce qui permet de conclure que la méthode IWA d'évaluation des pertes incompressibles n'est pas pertinente pour les services ruraux algériens. A partir de ces résultats, le référentiel suivant a été recommandé

Tableau 3 : Référentiel d'ILP en fonction de D pour D < 45

<b>Niveau de pertes faible</b>	<b>ILP ≤ 0.08 x D</b>
<b>Niveau de pertes modéré</b>	<b>0.08 x D &lt; ILP ≤ 0.15 x D</b>
<b>Niveau de pertes élevé</b>	<b>0.15 x D &lt; ILP ≤ 0.29 x D</b>
<b>Niveau de pertes très élevé</b>	<b>0.29 x D &lt; ILP</b>

### 4.3.5 Indice Linéaire de Fuite (ILF)

Cet indice permet d'appréhender plus précisément l'état d'étanchéité du réseau proprement dit. Il est calculé selon la formule suivante :

$$ILF = \frac{\text{Nombre de fuites trouvées}}{\text{linéaire du réseau balayé}} \text{ en Nombre de fuites/km}$$

### 4.3.6 Pourcentage de Perte (PP)

Il est défini comme étant le rapport entre deux volumes, volume des pertes et le volume mis en distribution selon la formule suivante :

$$PP = \frac{\text{Volume des pertes}}{\text{Volume mis en distribution}} \times 100 \text{ en \%}$$

Tableau 13 : Tableau de référence des valeurs de pourcentage de perte

Pourcentage de pertes	L'interprétation
< à 15 %	<b>C'est bon</b>
de 15 % à 20 %	<b>C'est normal</b>
de 20 % à 25 %	<b>Il faut réagir</b>
de 25 % à 30 %	<b>C'est exagéré</b>

de 30 % à 50 %	Il est grande temps de remettre de l'ordre
> à 50 %	C'est catastrophique

#### 4.3.7 Concept des pertes incompressibles et les indicateurs IWA

Au niveau international, l'International Water Association(IWA) préconise une batterie d'indicateurs pour mesurer la performance des services d'alimentation en eau potable ( Alegre et al. 2006). Parmi d'autres, deux indicateurs de pertes sont préconisés :

- ◆ **Water losses per connection** traduisible par « pertes annuelles par branchement » rapporte le volume annuel de pertes défini pour l'ILP, au nombre de branchements du réseau. Il est exprimé en m<sup>3</sup> par branchement et par an. Son utilisation est préconisée lorsque la densité de branchement (nombre de branchement rapporté au linéaire des canalisations principales) est supérieure à 20 branchements par kilomètre ; dans le cas contraire, l'équivalent de l'ILP est préconisé (en m<sup>3</sup> par an et par kilomètre).

$$WLC = \frac{VP}{Nb} \text{ (m}^3\text{/an/Km) ..... (2.11)}$$

**WLC** = Water loss per connection

**VP** = volume de pertes

**Nb** = Nombre de branchement

#### ➤ **Infrastructure Leakage Index, ILI**

Un groupe travaillant pour IWA a eu l'idée de comparer la perte physique annuelle (**CARL** « Current Annual Real Loss ») à la perte minimale « inévitable » susceptible d'être enregistrée sur un réseau de distribution (**URL** pour « Unavoidable Real Loss »). On définit ainsi un « Infrastructure Leakage Index » (**ILI**). Appelé parfois improprement « International Leakage Index » qui peut être traduit par « indice de fuites structurelles » qui est un indicateur de performance adimensionnel défini comme le rapport entre **CARL** et **UARL** (tels qu'ils sont définis ci-après et après conversion dans la même unité). Par définition, **ILI** doit avoir une valeur supérieure ou égale à 1. Plus la valeur de **ILI** est proche de 1, plus le niveau des pertes réelles est proche des pertes incompressibles donc meilleure est la performance.

$$ILI = \frac{CARL}{UARL} \text{ ..... (2.12)}$$

**CARL** = Current Annual Real Losses

**UARL** = Unavoidable Annual Real Losses

**CARL** et **URL** ont la même unité par exemple : m<sup>3</sup> /an.

L'évaluation de **CARL** dans le respect des standards préconisés par l'IWA diffère de l'évaluation des pertes intervenant dans le calcul de l'ILP : Les « pertes réelles annuelles » au sens de l'IWA sont obtenues en déduisant le volume lié aux vols d'eau et le volume résultant du sous-comptage des compteurs domestiques du volume des pertes.

$$\text{CARL} = \text{VP} - (\text{V}_{\text{CV}} + \text{V}_{\text{SC}}) \dots\dots\dots (2.13)$$

**VP** = Volume de pertes

**V<sub>CV</sub>** = Volume Consommé Volé

**N<sub>c</sub>** = Nombre de branchement

**V<sub>SC</sub>** = Volume Résultant du Sous-Comptage des compteurs domestiques

Allan Lambert propose une méthode d'évaluation de l'UURL d'un réseau en fonction de la longueur des canalisations principales, du nombre et de la longueur des branchements et de la pression moyenne de service. Enfin, il obtient la formulation globale des URL en l/jour.

$$\text{UURL} = (18L_m + 0.8N_c + 25L_p) \cdot P \text{ (l/j)} \dots\dots\dots (3.14)$$

**N<sub>c</sub>** = Nombre de branchement

**L<sub>p</sub>** = Linéaire de conduite (branchement) en Km

**L<sub>m</sub>** = Linéaire de conduite (canalisation) en Km

**P** = Pression moyenne de service en m.c.e

#### 4.4 Autres indicateurs

##### ◆ Empreinte eau potable (m<sup>3</sup>/hab/an)

Cet indicateur est l'un des plus importants. Il correspond au volume mis en distribution par le service d'eau par habitant. Ce volume se subdivise en deux parties, la partie réelle consommée et la partie perdue (fuites).

$$\text{Empreinte} = \frac{\text{Volume}_{\text{produit}} + \text{Volume}_{\text{importé}} - \text{Volume}_{\text{exporté}}}{\text{Nombre d'habitant}} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\text{Empreinte} = \text{Part de consommation} + \text{part de fuites} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\text{Empreinte} = \frac{\text{Volume}_{\text{consommé autorisé}}}{\text{Nombre d'habitant}} + \frac{\text{Volume}_{\text{fuite}}}{\text{Nombre d'habitant}} \dots\dots\dots (2.18)$$

- ◆ Part de fuites sur empreinte (m<sup>3</sup>/hab/an) : correspond au volume de fuites ramené à l'habitant.

$$\text{Part de fuite} = \frac{\text{Volume}_{\text{fuite}}}{\text{Nombre d'habitant}} \dots\dots\dots (2.19)$$

- ◆ Part de la consommation sur empreinte (m<sup>3</sup>/hab./an) : correspond au volume consommé autorisé par habitant

$$\text{Part de consommation} = \frac{\text{Volume}_{\text{consommé autorisé}}}{\text{Nombre d'habitant}} \dots\dots\dots (2.20)$$

**Chapitre 5 :**  
**présentation de la**  
**zone d'étude,**  
**évaluation de la**  
**performance du**  
**réseau, et mesures**  
**pour la réduction**  
**des pertes d'eau**

## Chapitre 5 : présentation de la zone d'étude, évaluation de la performance du réseau, et mesures pour la réduction des pertes d'eau

### 5.1 Présentation de la zone d'étude

#### 5.1.1 Situation géographique, et administrative

La commune de Bendjerrah (figure 5.1), d'une superficie de 4,49 km<sup>2</sup>, est située au Sud du chef lieu de la Wilaya de Guelma.

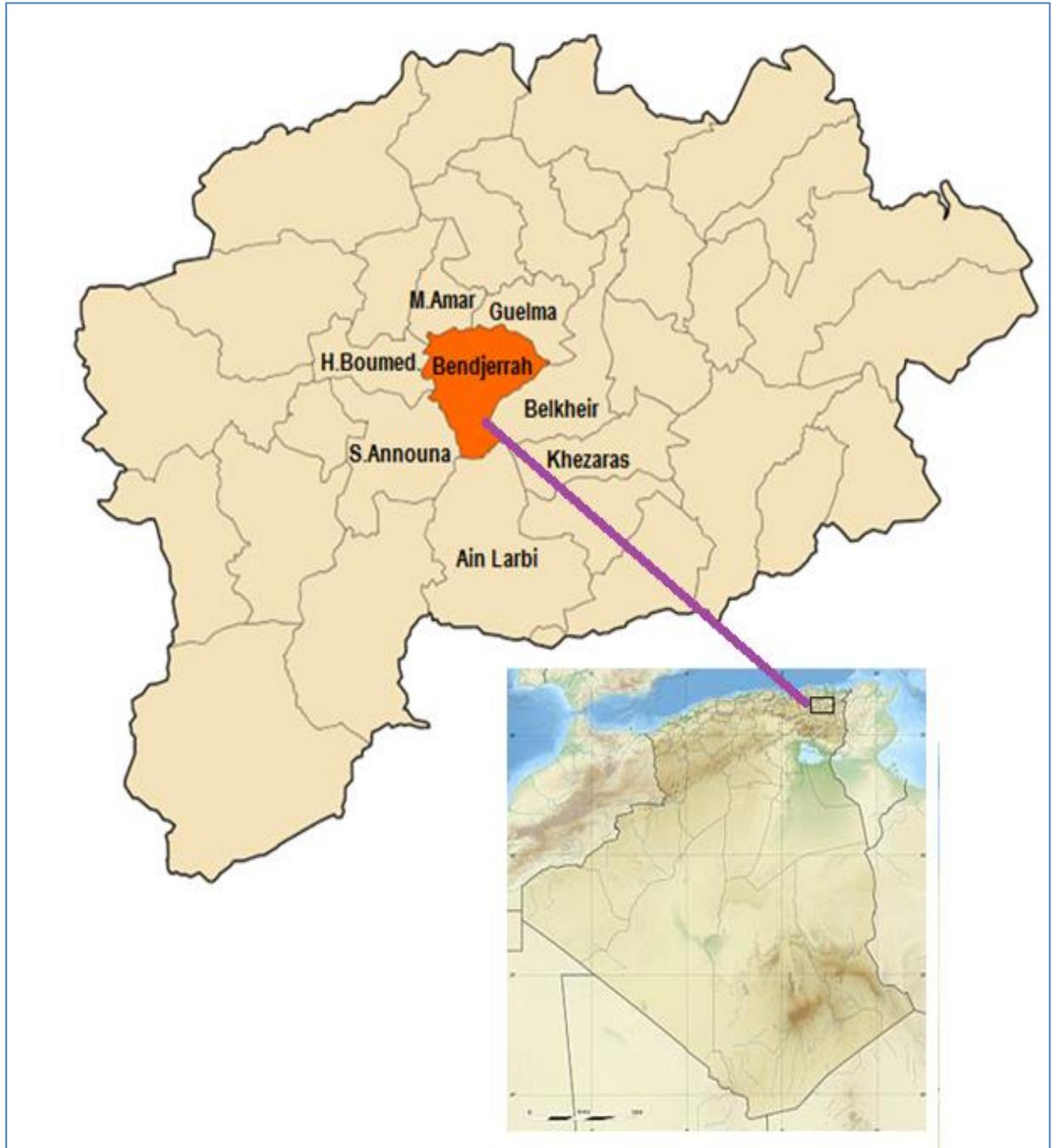


Figure (5.1) : Situation de la commune de BENDJERRAH

La commune de BENDJERRAH est limitée :

- Au nord par les communes de Guelma et Medjez Amar;
- A l'Est par la commune de Belkheir ;
- Au Sud par la commune d'Ain Larbi ;
- A l'Ouest par les communes de Houari Boumedienne et Sellaoua Announa

Actuellement le nombre d'habitants de la commune de Bendjerrah est de l'ordre de 11 170 habitants.

### 5.1.2 Besoins domestiques

La consommation domestique moyenne est rapportée au nombre d'habitants, elle varie alors en fonction de plusieurs paramètres tels que (pressions disponibles, pertes et gaspillage, types d'industries, importance de la ville...). D'autre part, elle évolue en fonction du temps en liaison avec l'évolution du niveau de vie. Les besoins domestiques de toute agglomération sont alors estimés sur la base des données statistiques qui concernent la consommation moyenne et son évolution annuelle, ainsi que le nombre total d'habitants et le taux annuel d'accroissement de la population.

La norme de l'organisation mondiale de la santé (O.M.S) fixe la consommation domestique minimale à **55 l/hab/j**.

*Dotation population branchée = [consommation population branchée / population branchée]*

On peut admettre une dotation de **40 à 65 l/hab/j** en milieu rural et **80 à 120 l/hab/j** en milieu urbain.

*Dotation population non branchée = [consommation des bornes fontaines/ population non branchée]*

On peut admettre une dotation de **20 à 40 l/hab/j**.

Par contre, la dotation en eau potable globale est estimée à partir des données démographiques, des besoins des collectivités et des unités industrielles. Conventionnellement, les valeurs de base données forfaitairement (Tableau 5.1) sont utilisées pour la consommation journalière d'eau :

Tableau 5.1 : Dotation adoptée

Ville de < 5.000 (rurale)	90 l/ha/j.
Ville de 5.000 à 20.000 habitants	150 à 200 l/ha/j.
Ville de 20.000 à 100.000 habitants	200 à 300 l/ha/j
Ville > 100.000	300 à 400 l/ha/j

En fait, pour la ville de Bendjerrah, on prendra comme paramètre utile de débit journalier d'A.E.P :  **$Q_i = 150 \text{ l/hab/j}$** , Les besoins domestiques actuels (2014) sont donc :

$$Q_d = 11170 \text{ hab.} \times 150 = 1765500 \text{ l/j} = 1675,5 \text{ m}^3/\text{j} = \underline{Q_d = 19,39 \text{ l/s}}$$

### 5.1.3 Besoins industriels

Cette consommation est difficile à évaluer car il existe une grande variation de consommation selon le type d'industrie. En général, on ne tient compte que des besoins des petites industries, qui consomment de l'eau potable et qui sont branchées sur le

réseau de la ville. Les grandes industries sont, généralement, situées dans des zones industrielles isolées de la ville et alimentées par des réseaux indépendants. Seule la briqueterie de BENDJERRAH adhère au tissu urbain et peut de ce fait être prise en compte dans l'extension du réseau. En plus, la consommation est fortement reliée au procédé de fabrication. Voici quelques exemples :

Tableau 5.2 : normes des besoins industriels

N°	Catégorie de fabrication	Consommation d'eau (m <sup>3</sup> /tonne)
01	- Conserveries	09 à 90
02	- Agro alimentaire	03 à 75
03	- Textiles	40 à 430
04	- Acier	300 à 600
05	- Papier	environ 500
07	- Ciment	environ 35
08	- Matière plastique	01 à 02

#### 5.1.4 Besoins collectifs (équipements)

Cet usage englobe la consommation des administrations, des établissements scolaires, des hôpitaux, des centres de santé, des municipalités,...etc. Les normes, conventionnellement, utilisées sont :

Tableau 5.3 : normes des besoins des équipements

N°	Catégorie de consommateurs	Unité	Dotation
01	- Administration	litre/jour/employé	50 à 200
02	- Hôpitaux	litre/jour/lit	300 à 600
03	- Mosquée	m <sup>3</sup> /jour/unité	5 à 10
04	- Ecole primaire et CEM	litre/jour/élève	10 à 20
05	- Lycée	litre/jour/élève	20 à 30
06	- Gendarmerie Nationale	litre/jour/unité	10 à 20
07	- Garde communale	litre/jour/unité	10 à 20

A cet effet, nous avons énuméré à Bendjarrah, les équipements existants suivants :

Tableau 5.4 : besoins actuels des équipements

N°	Désignation des équipements	Unité	Dotation (l/hab/j)	Nombre de consommateurs	Débit moyen (l/j)
01	- A.P.C	01	50	60	3000
02	- Bureau P.T.T	01	50	20	1000
04	- Ecole / CEM	03	10	1200	12000
05	- Lycée	01	20	400	8000
06	- Mosquée	02	05	500	2500
07	- Petits commerces	30	15	50	4500

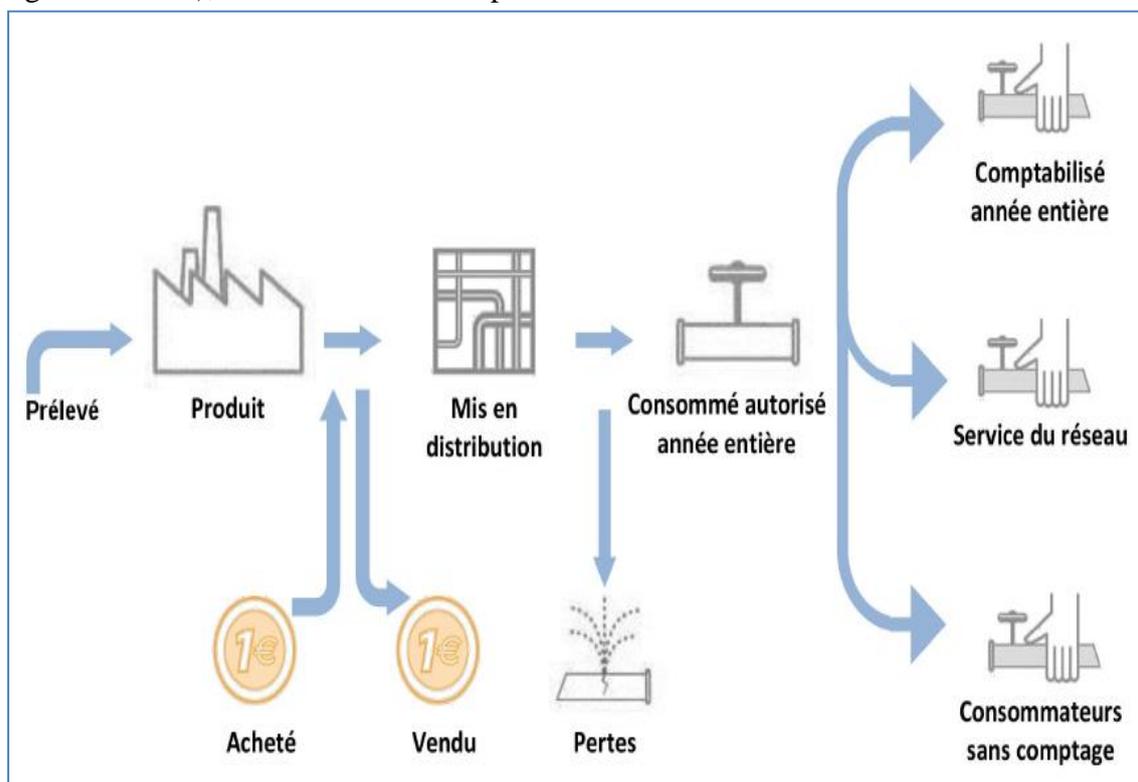
08	- Gendarmerie Nationale	01	10	100	1000
09	- Ecole de police	01	10	3000	30000
10	- Garde communale	01	10	60	600
11	- Maison de jeunes	01	10	100	1000
12	- Salle de soins / P.M.I	01	10	50	500
				<b>Total (l/j)</b>	<b>47100</b>
				<b>Total (l/s)</b>	<b>0,54</b>

Enfin, les valeurs des besoins en eau totaux seront :

- Besoins domestiques : **19,39 l/s**
- Besoins des équipements : **0,54 l/s**
- **Le débit moyen = débit domestique + débit des équipements, soit :  $Q_T = 19,93$**

l/s

Afin de pouvoir réaliser le bilan d'eau, autrement la synthèse des flux de volumes (Voir figure suivante), les volumes annuels produits et distribués sont nécessaires.



Les volumes produits et les volumes mis en distribution sont regroupés dans les tableaux suivants :

Tableau 5.5 : les volumes produits

Production							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>Janvier</b>	20165	21136	24958	47184	24198	25363	29950

<b>Février</b>	20078	21102	24845	46284	24094	25322	29814
<b>Mars</b>	20123	21289	24858	47356	24148	25547	29830
<b>Avril</b>	20068	22486	23965	29400	24082	26983	28758
<b>Mai</b>	20124	22869	24924	24000	24149	27443	29909
<b>Juin</b>	20115	22145	23998	24636	24138	26574	28798
<b>Juillet</b>	20268	22456	21980	24300	24322	26947	26376
<b>Août</b>	20325	22668	21975	24330	24390	27202	26370
<b>Septembre</b>	20196	22486	22856	25296	24235	26983	27427
<b>Octobre</b>	20245	22048	22260	25110	24294	26458	26712
<b>Novembre</b>	20156	21876	22896	24120	24187	26251	27475
<b>Décembre</b>	20076	22058	22976	24018	24091	26470	27571
<b>Annuelle</b>	<b>241939</b>	<b>264619</b>	<b>282491</b>	<b>366034</b>	<b>290328</b>	<b>317543</b>	<b>338990</b>

Tableau 5.6 : Les volumes distribués

<b>Distribution</b>							
	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
<b>Janvier</b>	15124	16088	17994	43909	18149	19306	21593
<b>Février</b>	15059	16045	17992	43636	18071	19254	21590
<b>Mars</b>	15107	16105	17894	44431	18128	19326	21473
<b>Avril</b>	15151	17115	17939	21840	18181	20538	21527
<b>Mai</b>	15188	17402	17851	18000	18226	20882	21421
<b>Juin</b>	15086	16858	17953	18478	18103	20230	21544
<b>Juillet</b>	15135	16092	16989	18226	18162	19310	20387
<b>Août</b>	15144	16410	16981	18247	18173	19692	20377
<b>Septembre</b>	14917	17011	17279	18972	17900	20413	20735
<b>Octobre</b>	15084	16536	17157	18953	18101	19843	20588
<b>Novembre</b>	15117	16407	17090	18810	18140	19688	20508
<b>Décembre</b>	15077	16540	16941	18024	18092	19848	20329
<b>Annuelle</b>	<b>181189</b>	<b>198609</b>	<b>210060</b>	<b>301526</b>	<b>217426</b>	<b>238330</b>	<b>181189</b>

### 5.1.5 Patrimoine hydraulique

Il s'agit d'énumérer et donner un aperçu général sur le patrimoine eau potable à Bendjerrah. En effet, l'origine de la ressource en eau est le barrage BOUHAMDANE, via sa station de traitement principale. L'inventaire principal des biens du service de l'eau de la ville de Bendjerrah est assez modeste. En effet, la commune de Bendjerrah est approvisionnée en eau potable à partir d'une station de pompage (située à environ 4,2 Km à l'Est) permettant de relever l'eau transitant dans un réservoir **R1500m<sup>3</sup>** vers les réservoirs **3X500 m<sup>3</sup>** de Bendjerrah (Tête du réseau).

Tableau 5.7 : Récapitulatif du patrimoine eau potable de la ville de Bendjerrah.

<i>Description du système d'A.E.P</i>					
<i>Génie Civil</i>					
Type de site	Nom usuel	Latitude	Longitude	localisation	Capacité
Réservoir de stockage R1500 m <sup>3</sup>	R1500	36° 26' 26,9" N	7° 24' 16,2" E	R2X5000	1500 m <sup>3</sup>
<u>Station de pompage</u> 02 pompes : (01 fonctionnelle + 01 réserve)	S.P	36° 26' 29,0" N	7° 24' 15,9" E	R2X5000	Q=30 l/s Hmt=162 m
Réservoir R3X500m <sup>3</sup> (Tête du réseau)	R 3X500	36° 25' 28,5" N	7° 22' 9,7" E	Hauteurs de Bendjerrah	3 X 500 m <sup>3</sup>
		36° 25' 28,4" N	7° 22' 10,3" E		
		36° 25' 27,7" N	7° 22' 10,8" E		
Réservoir Tampon R200 m <sup>3</sup>	R 200	36° 25' 39,9" N	7° 22' 28,4" E	Centre de Bendjerrah	200 m <sup>3</sup>
<i>Réseau</i>					
Diamètre / Nature	PVC	PEHD	Acier enrobé	Acier Galva	Total (ml)
63	6 776.44	2 078.92	-----	-----	8 855.36
75	-----	631.04	-----	-----	631.04
90	2 149.32	280.20	-----	-----	2 429.52
110	609.14	-----	-----	-----	609.14
125	1 020.16	-----	-----	-----	1 020.16
160	173.33	954.33	-----	-----	1 127.66
200	469.08	80.33	-----	-----	549.41
250	-----	1 435.02	2 922.62	-----	4 357.64
<b>Total</b>	<b>11 197.47</b>	<b>5 459.84</b>	<b>2 922.62</b>	-----	<b>19 579.93</b>
<i>Accessoires du réseau</i>					
Nature	Nombre au 31/09/2014		Nature	Nombre au 31/09/2014	
Vannes apparentes	17		Autres accessoires (vidanges, purges, ventouses...)	02	
Pompes	02		Branchements domestiques...	1451	
Compteurs	01		Borne Fontaine	00	

Sur le plan typologique, le réseau de la ville de Bendjerrah (Figure 5.2) est un système de distribution constitué de pseudo zones séparées par une panoplie de vannes de distribution, permettant d'alterner les distributions d'une zone vers l'autre. A l'image de l'organisation et de l'évolution du système urbain, l'A.P.C a développé au cours des

dernières décennies un réseau de distribution d'eau potable assez peu structuré et fortement dépendant uniquement des manœuvres et des improvisations des fontainiers. Le réseau d'A.E.P du centre de Bendjerrah est constitué de deux (02) régimes de pression, respectivement, à partir des réservoirs R3X500 et R200. Les réservoirs R3X500m<sup>3</sup> et le réseau d'adduction occupent une place importante dans le système d'approvisionnement en eau des populations. Leurs défaillances entraînent des perturbations considérables dans l'alimentation en eau des habitants.



Figure 5.2 : le réseau de la ville de Bendjerrah

Aujourd'hui, avec le vieillissement de certaines conduites en PVC, en acier enrobé et les branchements illicites sur la conduite principale DN250 de refoulement vers les réservoirs R3X500, l'ensemble du système avec toutes ses installations est potentiellement mis en danger ; D'autant plus, que la commune de Bendjerrah est en croissance démographique confirmée d'environ 4.6% par année ; Ce qui implique inévitablement une augmentation du nombre d'habitants dans les années à venir.

Pour pallier à ces problèmes, et conformément à la loi sur la distribution de l'eau, les services de l'A.P.C doivent engager la mise sur pied d'un plan directeur de la distribution de l'eau (PDDE), ainsi que la planification de l'approvisionnement en eau potable, surtout, en temps de crise.

La production d'eau se fait à partir de la station de pompage située au niveau des réservoirs (2x5000 + 1500) à environ 4 Km à l'Est de Bendjerrah, avec une production

annuelle moyenne d'environ (pompage 22h/j) 354.780 m<sup>3</sup>/an, l'A.P.C alimente son réseau de la façon suivante :

- ➡ Remplissage du réservoir R1500 à partir de la station de traitement du barrage BOUHAMDANE, correspondant à 100% de la production totale avec un débit moyen inconnu ;
- ➡ L'eau arrive dans l'enceinte du réservoir R3x500 de Bendjerrah par le biais d'une conduite DN250mm en PEHD et en Acier enrobé. La conduite de transport, d'une longueur totale L=4291ml comprend essentiellement des tuyaux de diamètre nominaux DN250mm :

La constitution physique du réseau donne le linéaire de conduite par diamètre et par matériau suivant :

Tableau 5.8 : Constitution physique du système global d'AEP

Diamètre	PVC	PEHD	Acier enrobé	Total (ml)	Taux DN (%)
63	6 776.44	2 078.92	-----	8 855.36	45.23
75	-----	631.04	-----	631.04	03.22
90	2 149.32	280.20	-----	2 429.52	12.41
110	609.14	-----	-----	609.14	03.11
125	1 020.16	-----	-----	1 020.16	05.21
160	173.33	954.33	-----	1 127.66	05.76
200	469.08	80.33	-----	549.41	02.81
250	-----	1 435.02	2 922.62	4 357.64	22.25
<b>Total</b>	<b>11 197.47</b>	<b>5 459.84</b>	<b>2 922.62</b>	<b>19 579.93</b>	<b>100 %</b>
Taux matériau %	<b>57.19</b>	<b>27.88</b>	<b>14.93</b>	<b>100 %</b>	

## 5.2 Évaluation de la performance du réseau

### 5.2.1 Etablissement du bilan d'eau

La quantité de perte d'eau d'un système peut être déterminée en construisant un équilibre d'eau. Ceci est basé sur la mesure ou l'évaluation quant à la quantité de l'eau produite (tenant compte de toute eau importée et/ou exportée), consommée et perdue. Pour ce faire les données regroupées dans le tableau ( 5.9) suivants ainsi que celles des tableaux (5, 5 et 5.6). La réalisation du bilan a été effectuée à l'aide du logiciel « A FWAS v6.0\_release version » développé par l'AWWA

Tableau 5.9 : Données nécessaires pour l'établissement du bilan d'eau

Année	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Réel (comptage)	133 689	122 525	122 738	107700	147058	134778	135012
forfait (sans comptage)	23750	38042	43661	100850	26125	41846	48027

<b>Facturé</b>	<b>110 207</b>	<b>128 454</b>	<b>149 759</b>	<b>208550</b>	<b>173183</b>	<b>176624</b>	<b>183039</b>
----------------	----------------	----------------	----------------	---------------	---------------	---------------	---------------

L'approche de l'IWA et de l'American Water Works Association (AWWA) pour l'établissement du bilan d'eau permet de départager le volume d'eau de consommation de celui des pertes d'eau (Tableau 2-1)

Dans ce contexte, nous avons jugé suffisant d'établir le bilan d'eau uniquement pour les trois dernières années du tableau (5.9). Les résultats obtenus sont montrés par les figures suivantes :

AWWA Free Water Audit Software						FWAS v6.0		
Water Balance						American Water Works Association. Copyright © 2020. All Rights Reserved.		
Water Audit Report for: BENDJERRAH								
Audit Year: 2021								
Data Validity Tier: N/A*						* Confirm Units and Data Grading are Complete		
		Water Exported (WE) (corrected for known errors)	Billed Water Exported			Revenue Water (Exported)		
		0,000				0,000		
Volume from Own Sources (VOS) (corrected for known errors)	System Input Volume	Water Supplied	Authorized Consumption	Billed Authorized Consumption	Billed Metered Consumption (BMAC) (water exported is removed)	Revenue Water	173 182,900	
				173 182,900	147 057,900			
			182 439,331	Billed Unmetered Consumption (BIJAC)		Non-Revenue Water (NRW)	44 243,900	
				26 125,000				
			217 426,800	217 426,800	217 426,800	Unbilled Authorized Consumption	Unbilled Metered Consumption (UMAC)	44 243,900
							9 256,431	
Water Losses	Unbilled Unmetered Consumption (UJAC)							
	34 987,469	432,957						
Water Imported (WI) (corrected for known errors)			Apparent Losses	Systematic Data Handling Errors (SDHE)	44 243,900			
				865,915		432,957		
			Real Losses	Customer Metering Inaccuracies (CMI)				
				34 121,554	0,000			
			Unauthorized Consumption (UC)					
				432,957				
				Leakage on Transmission and/or Distribution Mains				
				Not broken down				
				Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks				
				Not broken down				
				Leakage on Service Connections				
				Not broken down				

Figure 5.3 : Bilan 2021

AWWA Free Water Audit Software		Water Audit Report for: BENDJERRAH			FWAS v6.0		
Water Balance		Audit Year: 2022			American Water Works Association, Copyright © 2020, All Rights Reserved.		
		Data Validity Tier: N/A*			* Confirm Units and Data Grading are Complete		
Volume from Own Sources (VOS) (corrected for known errors)	System Input Volume	Water Exported (WE) (corrected for known errors)	Billed Water Exported			Revenue Water (Exported)	
		0,000				0,000	
238 330,800	238 330,800	Water Supplied	Authorized Consumption	Billed Authorized Consumption	Billed Metered Consumption (BMAC) (water exported is removed)	Revenue Water	
				176 623,700	134 777,500		176 623,700
			185 151,909	Billed Unmetered Consumption (BUAC)	41 846,200	Non-Revenue Water (NRW)	
				Unbilled Authorized Consumption	Unbilled Metered Consumption (UMAC)		8 086,650
8 528,209	Unbilled Unmetered Consumption (UUAC)	441,559					
Water Losses	Apparent Losses	Systematic Data Handling Errors (SDHE)	61 707,100				
53 178,891	238 330,800	Water Supplied	Water Losses	883,119	Customer Metering Inaccuracies (CMI)	61 707,100	
				441,559	0,000		
				Unauthorized Consumption (UC)	441,559		
				Real Losses	Leakage on Transmission and/or Distribution Mains		Not broken down
0,000	0,000	Water Imported (WI) (corrected for known errors)	0,000	52 295,772	Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks	Not broken down	
					Leakage on Service Connections		Not broken down
					Not broken down		Not broken down

Figure 5.4 : Bilan 2022

AWWA Free Water Audit Software		Water Audit Report for: BENDJERRAH			FWAS v6.0		
Water Balance		Audit Year: 2023			American Water Works Association, Copyright © 2020, All Rights Reserved.		
		Data Validity Tier: N/A*			* Confirm Units and Data Grading are Complete		
Volume from Own Sources (VOS) (corrected for known errors)	System Input Volume	Water Exported (WE) (corrected for known errors)	Billed Water Exported			Revenue Water (Exported)	
		0,000				0,000	
252 072,000	252 072,000	Water Supplied	Authorized Consumption	Billed Authorized Consumption	Billed Metered Consumption (BMAC) (water exported is removed)	Revenue Water	
				183 038,900	135 011,800		183 038,900
			191 597,205	Billed Unmetered Consumption (BUAC)	48 027,100	Non-Revenue Water (NRW)	
				Unbilled Authorized Consumption	Unbilled Metered Consumption (UMAC)		8 100,708
8 558,305	Unbilled Unmetered Consumption (UUAC)	457,597					
Water Losses	Apparent Losses	Systematic Data Handling Errors (SDHE)	69 033,100				
60 474,795	252 072,000	Water Supplied	Water Losses	915,195	Customer Metering Inaccuracies (CMI)	69 033,100	
				457,597	0,000		
				Unauthorized Consumption (UC)	457,597		
				Real Losses	Leakage on Transmission and/or Distribution Mains		Not broken down
0,000	0,000	Water Imported (WI) (corrected for known errors)	60 474,795	59 559,600	Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks	Not broken down	
					Leakage on Service Connections		Not broken down
					Not broken down		Not broken down

Figure 5.5 : Bilan 2023

Le tableau suivant récapitule et regroupe les résultats obtenus par le logiciel WAS v6.0

Tableau 5.10 : récapitulatif des calculs obtenus à partir du logiciel WAS v6.0

Année	2021	2022	2023
Eau distribuée	217 426,800	238 330,800	252 072,00
Consommation autorisée	182 439,331	185 151,909	191 597,205
Consommation autorisée et facturée	173 182,900	176 623,700	183 038,900
Consommation autorisée et non facturée	9 256,431	8 528,209	8 558,305
Consommation mesurée et facturée	147 057,900	134 777,500	135 011,800
Consommation non mesurée et facturée	26 125,000	41 846,200	48 027,100
Eau facturée	173 182,900	176 623,700	183 038,900
Consommation non mesurée et non facturée	432,957	441,559	457,597
Eau non facturée	44 243,900	61 707,100	69 033,100
Consommation non autorisée	432,957	441,559	457,597
<b>Pertes apparentes</b>	<b>865,915</b>	<b>883,119</b>	<b>915,195</b>
<b>Pertes réelles (physiques)</b>	<b>34 121,554</b>	<b>52 295,772</b>	<b>59 559,600</b>
<b>Pertes totales d'eau</b>	<b>34 987,469</b>	<b>53 178,891</b>	<b>60 474,795</b>
<b>Rapport (pertes réelles/pertes totales)</b>	<b>0,97525071</b>	<b>0,98339343</b>	<b>0,984866505</b>

### 5.2.2 Calcul des indicateurs de performance

En général, trois indicateurs sont communément utilisés pour définir le caractère du réseau d'A.E.P d'une agglomération :

- **Le rendement du réseau ;**
- **La densité d'abonnés ;**
- **L'indice linéaire de consommation.**

Le rendement est calculé à partir de volumes comptés sur une année civile de janvier à décembre. Pour obtenir des données sur une année civile, les volumes facturés seront extrapolés à partir des volumes relevés. Le rendement sera donc calculé à partir d'informations réelles, comptabilisées sur une période ramenée à 365 jours. Ce principe de calcul permet de fiabiliser les résultats et minimise les variations liées aux erreurs d'estimations. Par contre, les volumes produits seront ramenés à la production moyenne annuelle sur les heures de pompage ; Ils seront donc établis sur l'année civile.

Sur la base des données d'activités des services gestionnaires de l'A.E.P au niveau de la ville, la population desservie est estimée à plus de 7 habitants (2014) pour environ 1500 abonnés. La densité d'abonnés est égale au nombre d'abonnés par kilomètre de réseau (hors linéaire de branchements). Elle est exprimée en (abonnés/km).

$$D = \frac{N}{L} = \frac{1500}{19,6} = 77$$

Plusieurs référentiels existent pour caractériser un service à partir de ce paramètre. Le référentiel du laboratoire GEA, par exemple, utilise les critères suivants :

- ◆  $D < 20$  : réseau de type rural ;
- ◆  $20 < D < 40$  : réseau de type intermédiaire ;
- ◆  $D > 40$  : réseau de type urbain.

D'après cette typologie, le réseau de Bendjerrah est classé de type urbain ( $D = 77$ )

Les trois indicateurs calculés sont :

- ▶ Le rendement net ( $R_{net}$ )
- ▶ L'indice des pertes linéaires (ILP=
- ▶ L'Indice linéaire des consommations (ILC)

Conformément aux équations précitées dans le chapitre 4, le tableau ci-dessous regroupe les résultats obtenus quant à ces indicateurs.

Tableau 5.11 : Calcul des indicateurs de performance

Année	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>R net</b>	<b>0,61</b>	<b>0,65</b>	<b>0,71</b>	<b>0,69</b>	<b>0,80</b>	<b>0,74</b>	<b>0,73</b>
<b>ILP</b>	<b>9,92</b>	<b>9,81</b>	<b>8,43</b>	<b>13,00</b>	<b>6,18</b>	<b>8,63</b>	<b>9,65</b>
<b>ILC</b>	<b>15,40</b>	<b>17,96</b>	<b>20,93</b>	<b>29,15</b>	<b>24,21</b>	<b>24,69</b>	<b>25,59</b>

D'après le référentiel Tableau (2.3) on peut conclure que le rendement de certaines années affiche l'état médiocre, dans certaines autres on constate qu'il passe à l'état moyen. Le rendement du réseau est faible et instable au fur et à mesure. Un rendement moyen de 85 % est loin d'être atteint, si on ne remédie dès maintenant.

L'indice linéaire de consommation est égal au volume journalier comptabilisé (facturé) par kilomètre de réseau (hors linéaire de branchements). L'indice est exprimé en ( $m^3$  /jour/km) : Le référentiel décrit ci-après correspond à la nomenclature utilisée par les principaux distributeurs d'eau :

- ▶  $ILC < 10$  : réseau de type rural ;
- ▶  $10 < ILC < 30$  : réseau de type intermédiaire ;
- ▶  $ILC > 30$  : réseau de type urbain.

L'Indice linéaire des consommations à Bendjerrah **ILC se situ entre** 15,4049 et 25,5855 par voie de conséquence on peut le considérer du type intermédiaire

L'indice linéaire de pertes **ILP** peut être rapporté à des valeurs de référence proposées dans le **Tableau (2.5)**. Etant donné que la densité d'abonnés calculée précédemment est de l'ordre de 77. Dans le référentiel ceci implique un réseau type urbain. Les résultats de calcul affichés dans le tableau (5.11) montrent que les valeurs de l'ILP sont fluctuantes, néanmoins on peut conclure que le réseau se trouve dans l'état médiocre.

Le **Pourcentage de Perte (PP)** est défini comme étant le rapport entre deux volumes, volume des pertes et le volume mis en distribution selon la formule suivante :

$$PP = \frac{\text{Volume des pertes}}{\text{Volume mis en distribution}} \times 100 \text{ en } \%$$

Tableau 5.12 : pourcentage des pertes PP

Année	Eau distribuée	Pertes totales d'eau	Pourcentage de Perte (PP)
2021	217 426,80	34 987,47	16%
2022	238 330,80	53 178,89	22%
2023	252 072,00	60 474,80	24%

D'après le référentiel (chapitre 4) le réseau nécessite impérativement une intervention en urgence.

### 5.2.3 Evaluation financières

Selon le journal officiel de la république algérienne n° 05 chapitre ii tarifs de l'eau potable, l'article 8 stipule que Les tarifs de l'eau potable font l'objet de barèmes spécifiques à chaque zone tarifaire territoriale. Ils sont calculés sur la base du coût du service public d'alimentation en eau potable et de sa répartition entre les différentes catégories d'usagers et tranches de consommation d'eau. Les catégories d'usagers comprennent :

- les ménages (catégorie I) ;
- les administrations, les artisans et les services du secteur tertiaire (catégorie II) ;
- les unités industrielles et touristiques (catégorie III)

Dans l'article 9, on trouve que Les volumes d'eau consommés par les usagers selon les catégories définies à l'article 8 ci-dessus sont répartis en tranches de consommation trimestrielle déterminées en mètres cubes. Pour les usagers de la catégorie I, les volumes consommés sont répartis en quatre (tableau 5.13) tranches de consommation trimestrielle. Le barème de tarifs applicables aux différentes catégories d'usagers et tranches de consommation trimestrielle, est déterminé en multipliant le tarif de base par les coefficients tarifaires figurant au tableau ci-dessus :

Tableau 5.12 : Coefficients multiplicateurs selon les tranches

Tranches de consommation		Coefficients multiplicateurs	Tarifs applicables (unité : tarif de base DA/m3)
1ère tranche	Jusqu'à 25 m3/trim	1.0	1.0 unité
2ème tranche	De 26 à 55 m3/trim	3.25	3.25 unités
3ème tranche	De 56 à 82 m3/trim	5.5	5.5 unités
4ème tranche	Supérieur à 82m3/trim	6.5	6.5 unités

Ainsi, le tableau ci-dessous donne le barème des tarifs applicables pour les différentes catégories d'usagers

Tableau 5.13 : barème des tarifs applicables

Catégories	Tranche de Consommations	Eau Potable Prix Unitaire DA
Catégorie 01 : Particuliers	T-1 : 0 à 25 m3	6,3
	T-2 : 26 à 55 m3	20,48
	T-3 : 56 à 82 m3	34,65
	T-4 : Sup à 82 m3	40,95
Catégorie02 : Administrations – Artisans et Service du secteur tertiaire	Tranche Unique	34,65
Catégorie 03 : Unités Industrielles et Touristiques	Tranche Unique	40,95
	<b>La moyenne</b>	<b>30</b>

Le tableau suivant regroupe les résultats du calcul relatifs aux cours associés aux pertes d'eau sur la base d'un prix moyen de 30 DA.

Tableau 5.14 : Coûts des pertes pour un prix de 30 DA

Année	2021	2022	2023
Pertes totales d'eau	34 987,469	53 178,891	60 474,795
Prix (DA)	1049624,07	1595366,73	1814243,85

Pour avoir une idée plus précise sur les coûts des pertes produites le tableau ci-dessous illustre le détail des coûts en se basant sur les coûts par tranche de consommation.

Tableau 5.15 : coûts par tranche

Tranches	2021	2022	2023
T-1 : 0 à 25 m3	220421,05	335027,01	380991,21
T-2 : 26 à 55 m3	716543,37	1089103,69	1238523,80
T-3 : 56 à 82 m3	1212315,80	1842648,57	2095451,65
T-4 : Sup à 82 m3	1432736,86	2177675,59	2476442,86
Tranche Unique	1212315,80	1842648,57	2095451,65
Tranche Unique	1432736,86	2177675,59	2476442,86

On estime le coût du mètre cube d'eau obtenu par le dessalement d'eau de mer à **0,65-0,85 dollar (91 à 120 dinars)** le mètre cube. En plus des énormes investissements nécessaires pour mettre en place ces usines, l'État algérien subventionne le prix de l'eau potable. **Le citoyen algérien ne paye que 6 Da environ** pour le mètre cube en ce qui concerne la première tranche trimestrielle.

La tarification actuelle appliquée pour un mètre cube d'eau en Algérie ne reflète pas le coût réel de production et d'approvisionnement. Les tarifs à la consommation qui sont inférieurs au prix de revient de l'eau encouragent le gaspillage de la ressource, et sa dissipation. L'entreprise de mesures en vue de réduire les pertes, est donc, par conséquent, plus qu'une nécessité.

#### 5.2.4 Mesures pour réduire les pertes d'eau et l'eau non génératrice de revenus

### 5.2.4.1 Les mesures préconisées par, l'IWA et l'AWWA

En fonction des indicateurs de performance du bilan d'eau, le Service des eaux est en mesure d'évaluer si des interventions sont nécessaires pour réduire les pertes d'eau réelles. Si c'est le cas, l'IWA Water Loss Task Force et l'AWWA Water Loss Control Committee recommandent l'utilisation d'une ou plusieurs des quatre principales méthodes d'intervention présentées dans les flèches de la Figure( 5.6). Ces méthodes sont la gestion de la pression, le contrôle actif des fuites, la gestion des actifs du réseau ainsi que la rapidité et qualité des réparations

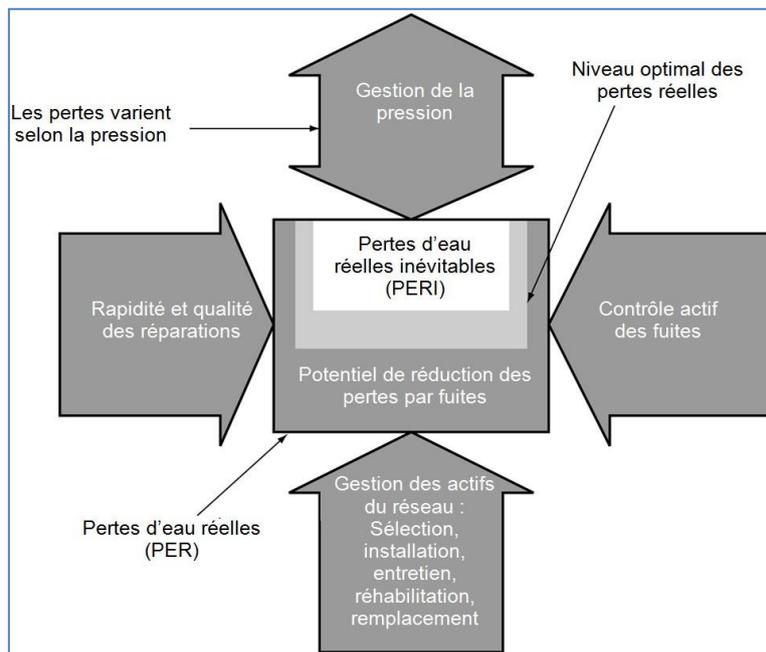


Figure 5.6 : Quatre principales méthodes d'intervention pour réduire les pertes d'eau réelles Lambert et al. (1999) citée dans AWWA (2009)

Comme l'indique la Figure (5.6), tout en sachant qu'il y a des pertes d'eau réelles inévitables (rectangle blanc), l'objectif des méthodes d'intervention (quatre flèches) est de réduire les pertes d'eau réelles (rectangle gris foncé) à un niveau optimal (rectangle gris pâle).

### 5.2.4.2 Méthodes d'intervention pour réduire les pertes d'eau réelles

Pour réduire les pertes d'eau, nous devons veiller à ce qu'il reste autant d'eau que possible dans le réseau. Mais pourquoi l'eau potable est-elle perdue et quelles sont les possibilités pour résoudre ce problème ?

Il existe une panoplie de mesures pour réduire les pertes d'eau et l'eau non génératrice de revenus :

➡ **Lutter pour une récupération efficace des fuites**

Les fuites de tuyaux et d'accessoires, dues à des fissures ou des casses, sont l'une des principales causes de perte d'eau. Lorsqu'une fuite se produit, il peut s'écouler des jours,

des semaines, voire des années avant qu'elle ne soit remarquée, et il n'est pas facile de localiser la zone exacte dans un grand réseau ramifié.

#### ➡ **Diviser le réseau d'eau en sections**

Afin d'absorber d'un seul coup la perte d'eau dans l'ensemble du réseau de distribution, il faudrait travailler à la fois de manière réactive et passive. Les actions ne sont engagées que lorsque la perte est visible ou signalée. Souvent, beaucoup de mètres cubes d'eau et donc de revenus pour la société d'eau potable sont déjà perdus. C'est pourquoi le découpage du réseau en sections distinctes, également appelé "district metered areas" (DMA), est une technique efficace qui permet d'obtenir une vue d'ensemble précieuse de ce qui se passe sous terre. Les pertes d'eau peuvent alors être calculées dans des sections distinctes et les gestionnaires sont en mesure de mieux planifier et hiérarchiser leurs efforts.

#### ➡ **Evaluation et récupération rapides**

En scindant le réseau, les opérateurs peuvent agir plus efficacement et résoudre les problèmes immédiatement. Les matières premières vitales sont sauvées grâce à une évaluation rapide. Les activités du réseau peuvent être lancées et réalisées plus rapidement. Ainsi, tous les clients du réseau subissent moins de désagréments et un approvisionnement continu en eau est assuré.

En investissant dans un programme ciblé de détection des fuites, il est possible, dans la plupart des endroits, de réduire d'au moins 40 à 50 % le total des fuites dans le système de distribution.

#### ➡ **Monitoring des activités du réseau**

En utilisant les DMA, il est possible de mesurer et de gérer la pression de l'eau dans les différentes zones du réseau. Les fuites peuvent être facilement détectées à l'aide d'enregistreurs de sons intégrés, par exemple, dans les bouches à clé. Les capteurs réagissent au bruit de l'eau qui fuit et donnent un signal indiquant quand et où la maintenance est nécessaire.

En plus des enregistreurs de sons, les capteurs intelligents jouent également un rôle de plus en plus important. Ces capteurs fournissent des vannes et des bouches d'incendie "intelligentes" qui transmettent des informations sur la pression, le débit et la position à la compagnie des eaux à distance. Ainsi, les vannes font également partie de la gestion intelligente de l'eau dans une ville intelligente.

#### ➡ **Contrôle de la pression du réseau**

La gestion de la pression est considérée comme l'activité de gestion des fuites la plus bénéfique, la plus importante et la plus rentable. Plus la pression est élevée, plus l'eau est perdue par des fissures ou des ruptures. De plus, la plupart des ruptures de conduites ne sont pas seulement causées par une pression élevée, mais plutôt par des fluctuations de pression constantes qui forcent les conduites à se dilater et à se contracter continuellement, ce qui entraîne des fractures de contrainte.

Les vannes de régulation sont essentielles pour la gestion de la pression. Les vannes de régulation sont des vannes qui sont capables de maintenir une certaine pression, un certain débit ou un certain niveau indépendamment des changements dans le réseau d'approvisionnement. Ils peuvent donc contribuer à réduire les pertes d'eau tout en

maintenant des conditions optimales pour tous les appareils du réseau. La gestion de la pression est également un moyen efficace de réduire la consommation inutile d'énergie. En tenant compte d'une pression plus basse en général, surtout pendant les heures creuses, la consommation d'énergie pour le pompage peut être réduite. La pression peut être ajustée au point critique d'un consommateur stratégique dans la DMA, ce qui signifie qu'aucune énergie n'est utilisée pour pomper l'eau à un niveau plus élevé que nécessaire.

Concrètement, la pression est ajustée selon le scénario le plus défavorable ; c'est-à-dire de façon à ce que la pression minimale adéquate soit assurée au point critique (point où la pression est la plus faible) lorsque la demande en eau est maximale (moment où la pression est la plus faible). Comme le montre la Figure (5.7), sans gestion proactive de la pression, les périodes de demande hors pointes (où le débit est faible) introduisent une augmentation excessive de la pression.

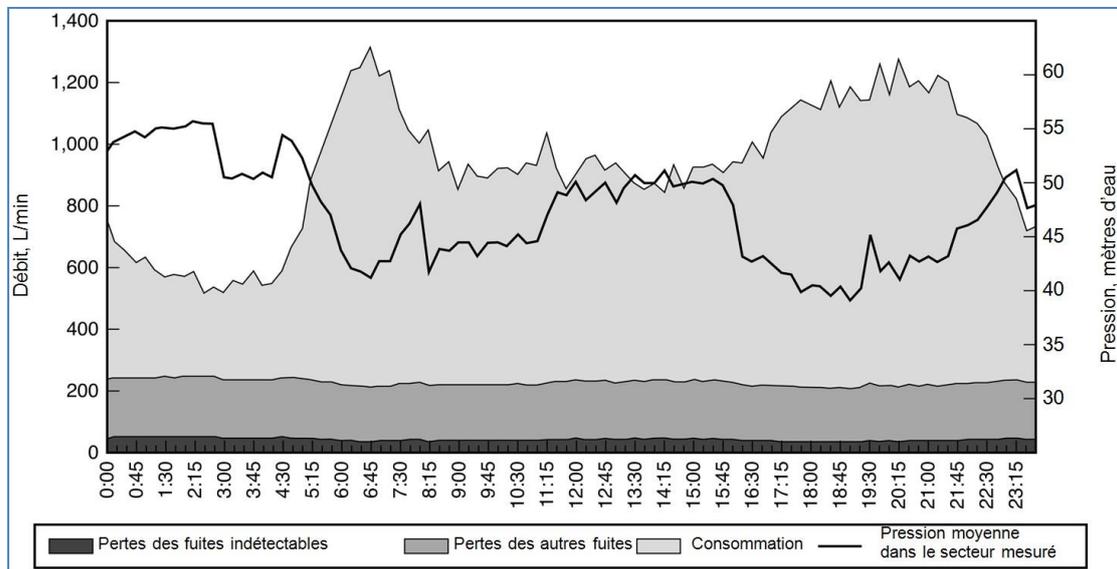


Figure 5.7 : Variation de la pression en fonction du débit sans gestion proactive de la pression Thornton (2005) citée dans AWWA (2009)

Cette augmentation inutile de la pression augmente le volume de pertes d'eau par les fuites et la fréquence d'apparition de nouveaux bris. D'ailleurs, les bris apparaissent souvent la nuit, lorsque la demande en eau est minimale et que la pression est maximale. L'objectif de la gestion proactive de la pression est donc de stabiliser la pression lorsque la demande en eau est faible, de la réduire si des pressions élevées ne sont pas justifiées et de corriger, au besoin, les problèmes de faible pression.

Évidemment, la gestion proactive n'est pas applicable ou rentable pour toutes les situations. Par exemple, lorsque la topographie est variable, l'installation de vannes de régulation de pression peut s'avérer difficile dû aux basses et hautes pressions (AWWA, 2009, p. 175). Tel qu'indiqué au Tableau (5.16), les bénéfices d'une gestion proactive

de la pression sont intéressants autant pour la conservation de la ressource, que pour le Service des eaux et que pour l'utilisateur

Tableau 5.16 : Bénéfices multiples de la gestion de la pression Notre traduction de Lambert et Fantozzi (2010)

Gestion de la pression: réduction des pressions moyennes et maximales excessives						
Bénéfices pour la conservation		Bénéfices pour le Service des eaux			Bénéfices pour l'utilisateur	
Réduction des débits		Réduction de la fréquence d'apparition des bris et fuites				
Réduction de la consommation	Réduction des débits de fuites	Réduction des coûts de réparation sur les conduites et branchements de service	Report du renouvellement et prolongement de la durée de vie des actifs	Réduction des coûts du contrôle actif des fuites	Moins de plaintes des usagers	Moins de problèmes sur la plomberie et appareils des usagers

En conciliant la performance environnementale, économique et sociale, la gestion proactive de la pression s'inscrit dans une démarche de développement durable. Par exemple, en reportant ou en évitant la construction d'installation de production d'eau potable, en prolongeant la durée de vie des conduites d'eau potable et de leurs accessoires ainsi qu'en diminuant le nombre d'interventions pour réparer ou remplacer des conduites et accessoires, des économies monétaires sont engendrées et l'impact environnemental est diminué. Les bénéfices de la gestion proactive de la pression amoindrissent les impacts des pertes d'eau par les fuites, mais ne les éliminent pas. Il importe donc de concilier cette solution avec d'autres méthodes d'intervention.

#### ➡ Utiliser toutes les données disponibles et réfléchir intelligemment

La collecte et l'utilisation des données sont très importantes pour assurer une gestion efficace d'un réseau. De précieuses données en temps réel peuvent être collectées de différentes manières à partir des produits installés sur l'ensemble du réseau d'eau, ce qui permet d'obtenir une gestion axée sur la demande. Par exemple, une vanne de régulation avec un contrôleur supplémentaire a la capacité de recevoir des données provenant d'une série de données et peut elle-même fonctionner sur la base de données sur le débit, la pression, les pertes de réseau, la température, la position ouverte/fermée et le temps de maintenance.

En savoir plus sur la gestion intelligente de l'eau et sur la façon dont vous pouvez appliquer l'intelligence à la gestion de l'eau.

#### ➡ Fixer une limite de NRW et assurer le suivi

Dès que la NRW a été réduite à un niveau acceptable, il est important de mettre en place un régime de surveillance du bilan hydrique de chaque DMA. Il est logique de fixer une limite d'intervention, qui détermine à quel niveau la NRW devient inacceptable.

La législation **doit** imposer aux collectivités locales d'avoir un seuil minimum de rendement en réduisant les fuites dans les réseaux d'eau potable et en améliorant leur connaissance de ces réseaux. En 2017, en France, le rendement moyen du réseau de distribution d'eau potable est d'environ 79,8 %.

**➡ Rechercher des moyens de lutter contre l'utilisation illégale**

Le vol d'eau, les branchements illégaux et l'utilisation non autorisée constituent un problème majeur dans de nombreuses régions du monde. L'application de la structure DMA est un moyen efficace d'obtenir une vue d'ensemble des endroits où l'utilisation illégale a lieu sur le réseau. Il existe également des moyens pratiques pour sécuriser des cibles simples comme les bouches d'incendie. Une surveillance constante permet à la bouche d'incendie de déclencher un message d'alarme lorsque le couvercle est ouvert.

**➡ Des produits et des solutions de qualité**

Compte tenu de tout ce qui précède, il est logique de souligner que des produits et des solutions de haute qualité constituent la base de tout système d'eau efficace. Les coûts et les complications liés au choix de solutions simples et de mauvaise qualité dépassent de loin ceux d'un investissement dans une solution solide et bien planifiée.

**➡ Formation et éducation**

Bien que ces questions soient cruciales dans de nombreuses régions du monde, et pas seulement dans les pays en développement, nous devons sensibiliser aux nombreuses techniques éprouvées pour gérer l'eau de la manière la plus efficace possible. Pour garantir un secteur de l'eau bien équipé et prêt à répondre aux besoins de demain, nous devons créer de bonnes conditions pour le partage des connaissances. Cela comprend non seulement des solutions techniques, mais aussi l'introduction de cette vision plus large et holistique de l'eau pour les personnes qui deviendront les décideurs politiques, les ingénieurs, les constructeurs et les travailleurs de terrain, etc. dans les futurs projets relatifs à l'eau.

# **Conclusion et recommandations**

## **Conclusion et recommandations**

Le but principal de cette étude est d'évaluer l'impact des fuites sur la performance du réseau de distribution La commune de Bendjerrah.

Après l'illustration de la problématique en chapitre 1, nous avons exposé les objectifs de ce travail. En chapitre 2 une présentation de la structure et du réseau de distribution a été effectuée. Dans le chapitre 3, nous avons abordé quelques généralités sur les fuites, et nous avons identifié les zones fortement touchées par les fuites sur le réseau de distribution. Dans le chapitre 4 on a présenté les moyens et les outils servant pour l'évaluation de la performance des réseaux. Le chapitre 5 a été consacré d'une part à la présentation de la zone Bendjerrah faisant l'objet de l'étude de cas, et d'autre part à la réalisation d'une application numérique, dans laquelle les indicateurs de performance ont été calculés, le bilan établi, et enfin des pistes d'amélioration de la gestion des fuites ont été énumérés.

Le réseau de Bendjerrah est un réseau relativement ancien qui a toujours souffert d'un manque d'entretien ces dernières années. Le gestionnaire (ADE) ne possède pas d'indicateurs de performance (rendement, l'indice linéaire de pertes,...) concernant le réseau.

Dès lors, l'ADE dispose de données sur les volumes produits et facturés, ainsi que sur la tranche horaire de distribution pour les différents quartiers. Néanmoins, aucune indication sur la cadence des relevés débitométriques (journaliers, hebdomadaires, mensuels ou trimestriels..) n'est perceptible. A tout cela, s'ajoute le fait que notre réseau possède également d'autres dysfonctionnements majeures dont nous ne connaissons pas beaucoup d'éléments. La typologie du réseau permet de se rendre compte de l'absence d'un maillage conséquent et approprié dans le réseau car il devrait permettre certes de proposer plusieurs alternatives d'alimentation en cas de problème de fuite ou autre. Il permet également de faire en sorte que l'eau ne stagne pas dans les parties basses du réseau et diminue ainsi les risques de mauvaise qualité d'eau. Cependant, les ramifications aléatoires (que ce soit à partir de la conduite de refoulement DN250 à partir de la station de pompage SP1, est la source d'un manque de clarté qui nuit à la compréhension du réseau et à sa gestion. En effet, il est difficile d'appréhender les sens d'écoulement dans les canalisations et de repérer les zones fuyardes. Du coup, il est difficile de réaliser des ouvertures et fermeture de maillage et d'en mesurer leurs impacts sur le réseau. Enfin, le fait que le réseau ne soit pas sectorisé conduit à des disparités de pression mais également à une gestion ardue pour les fontainiers en place.

Nous recommandons par conséquent d'équilibrer et rationaliser la distribution sur l'ensemble du réseau en période estivale et hivernale tout en assurant une homogénéisation des pressions en tout point du réseau. Si l'on devait chiffrer ces propos, il faudrait faire en sorte qu'à n'importe quel moment de l'année et quelque soit l'endroit où on se situe, les pressions de service soient comprises entre 2 et 8 bars.

Il convient que les objectifs de l'investigation des pertes d'eau soient alignés avec les objectifs stratégiques du service public d'eau potable. Pour ces raisons on a essayé de quantifier les volumes d'eau entrant dans le système, l'utilisation autorisée (facturée et non facturée, comptée et non comptée) et les pertes d'eau (pertes d'eau apparentes et pertes d'eau réelles) par un bilan hydrique, et un calcul d'indicateurs de performance des pertes d'eau. On recommande ainsi que l'investigation des pertes d'eau ait également pour objectif de créer un plan de gestion des pertes d'eau.

L'intérêt doit être donc de pouvoir atteindre :

- ▶ Le minima du rendement du réseau d'eau potable fixé à 85 % ;
- ▶ La mise en place d'un comptage de la production et des consommations ;
- ▶ La mise en place d'une politique de contrôle permanent de la ressource et de la distribution d'eau de la commune

Pour ce faire, la principale problématique pour l'étude du réseau d'A.E.P de BENDJERRAH est d'établir un diagnostic viable de son fonctionnement. En effet, l'objectif d'un diagnostic de réseau d'alimentation en eau potable est de proposer, compte- tenu des éléments techniques et économiques mis en évidence, une politique d'intervention pour une bonne gestion du patrimoine collectif ; qu'il s'agisse des infrastructures existantes ou de la ressource en eau.

Les principaux leviers à actionner pour le rétablissement d'un service d'eau potable satisfaisant sont :

- La réduction des pertes physiques (réelles) du réseau public
- L'optimisation du fonctionnement hydraulique des réseaux (pressions, stockages)
- La réduction des pertes apparentes (comptage fiable et exhaustif des volumes consommés)
- La lutte contre le gaspillage et les fuites après compteur (facturation et mesures incitatives)
- La rationalisation des consommations (réducteurs de pressions,

Outre des investissements et des moyens d'exploitation, leur mise en œuvre nécessite une gouvernance, des études et une ingénierie à différentes échelles.

# **Références Bibliographiques**

## Références Bibliographiques

- Adour-Garone (2005)** : « Connaissance et maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable ». Agence de l'eau 89 p. 2005
- Alegre H., Baptista J.M., Cabrera J.E., Cubillo F., Duarte P., Hirner W. et al.,** Performance Indicators for Water Supply Services. 3<sup>e</sup> édition, 2016
- Alegre H, Hirner W, Baptista J.M, Parena R (2000)** : « Indicateurs de performance pour les services d'approvisionnement en eau ». Manuel d'IWA des pratiques meilleures, juillet 2000. ISBN 900222272.
- Alegre H., Melo Baptista J., Cabrera E., Cubillo F., Duarte P., Hirne W...**
- AWWA, (2009)** : Audits, bilans d'eau et programmes de réduction des pertes - Manuel M36. American Water Works Association (AWWA), Réseau Environnement
- Carravetta, A., Del Giudice, G., Fecarotta, O., & Ramos, H. M., PAT (2013):** « Design Strategy for Energy Recovery in Water Distribution Networks by Electrical Regulation ». *Energies*, 6(1), (2013), 411-424.
- Eisenbeis, P., Werey, C. et Laplaud, C. (2002).** L'enregistrement des défaillances pour améliorer la connaissance des réseaux d'eau potable. *Techniques Sciences et Méthodes* - (6): 42-53.
- Eisenbeis (1996)** : « L'analyse statistique des défaillances appliquée au renouvellement des réseaux d'eau potable ». (Séminaire organisé par la Ful.Tribune de l'Eau): 13-24,23.
- Jaumouille E. (2009).** Contrôle de l'état hydraulique dans un réseau d'eau potable pour limiter les pertes. Thèse de Doctorat, Mathématiques et Informatique. Université de Bordeaux I, 2009. 136p
- Lambert A, Brown T.G, Takizawam M, Weimer D., (1999)** : « Un examen des indicateurs de performance de pertes vraies des systèmes d'approvisionnement en eau ». *AQAU*, vol. 48 No6, décembre 1999. ISSN 0003-7214 (A review of performance indicators for real losses from water supply systems).
- Liemberger, R.(2008):** « Analyse und Reduktion von Wasserverlusten ». PowerPoint Presentation, 2008.
- Liemberger, R. & wyatt, A. (2018):** Quantifying the global non-revenue water problem.. In: *Water Sci. Technol. Water Supply: Volume 19 Issue 3*, 831-837. URL [Accessed: 25.04.2024]
- Liemberger, R, Wyatt, A. (2019):** Quantifying the global non-revenue water problem. *Water Supply* 19 (3), 831-837)
- ONEMA (2012),** «Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement, Panorama des services et de leur performance.»
- Parena R., (2006=** : « Performance Indicators for Water Supply Services ». London IWA publishing, Second Edition,
- Renaud E. 2009** : « Valeurs de référence de l'indice linéaire de pertes des réseaux d'alimentation en eau potable ». SMEGREG. 63 p.
- Renaud E., Clauzier M., Nafir A., Werey C., Witner C. (2009)** : « Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable ». Rapport d'étape 2009. 93 p.

**Renaud E., Khedhaouiria D, Clauzier M. (2011) :** « Réduction des pertes dans les réseaux d'alimentation en eau potable du département de la Gironde, Valorisation de la sectorisation dans la lutte contre les fuites. Rapport final. 84 p.

**Renaud E., Khedhaouiria D., Clauzier M., Nafi A., Wittner Ch.et 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 ». Irstea Bordeaux , UMR Geste ENGEES/Irstea

**Renaud Eddy, Pilot Julie, Auckenthaler Aline, Aubrun Claire (2014):** « Réduction des pertes d'eau des réseaux de distribution d'eau potable ». Guide pour l'élaboration du plan d'actions décret 2012-97 du 27 janvier 2012. Novembre 2014

Singh M., Mittal A.K., V. Upadhyay (2014): Efficient water utilities: use of performance indicator system and data envelopment analysis *Water Supply*, 14(5) (2014), pp. 787-794, 10.2166/ws.2014.036

**Thornton, Julian.(2005):** « Managing leakage by managing pressure: a practical approach ». *Water* 21, p. 43-45.