



Laboratoire  
LRS/EAU



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique  
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
D'ALGER



سيال  
Société des Eaux et  
de l'Assainissement  
d'Alger

DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE

**Projet de Fin d'Etude**

*Pour obtention du titre  
d'ingénieur d'état en Hydraulique*

Présenté par

**RICHA Boualem**

---

---

**IMPACT DE LA MODULATION DE LA  
PRESSION D'UN RESEAUX DE DISTRIBUTION  
D'EAU POTABLE SUR LES RESSOURCES EN  
EAUX  
(Application à l'étage Kouba 97-Hussein Dey)**

---

---

Proposé par :

M. David. DUCCINI.

Directeur de la distribution SEEAL

Dirigé par :

Dr S. BENMAMAR  
M David. DUCCINI

Maître de conférences ENP  
Directeur de la distribution SEEAL

Promotion Juin 2008  
ENP 10, Avenue Hassen Badi, BP.186 EL HARRACH, ALGER

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail d'abord à mes très chers parents pour tout leurs sacrifices corps et âme afin de m'offrir le repos et le bonheur. Pour l'éducation qu'ils m'ont inculquée, pour leur soutien moral et matériel dont j'ai bénéficié à chaque fois que j'en ai en besoin, pour l'amour et la tendresse qu'ils m'ont réservé et la patience et le dévouement qu'ils m'ont insufflés. Très chers parents, je ne vous remercierai jamais assez pour vos actes.

Ensuite à mes très chers frères Amine, Zakaria, mes adorables sœurs, mes affectueux oncles et tantes.

Puis à ma fiancée qui m'a énormément soutenue durant l'élaboration de ce travail ainsi que sa merveilleuse famille.

Sans oublier mes amis Ayoub, Amine, Akram, de toute la promotion 2006-2007, Omar, Hammou, et Tarif, Waheb ceux de la promotion cinquième année 2007-2008.

**Boualem**

# Remerciements

**Je remercie Allah de m'avoir prêté vie, santé et volonté pour achever ce modeste travail.**

Je remercie mes parents de m'avoir élevé, instruit, pour leurs sacrifices, pour leur amour, pour leur patience,... Les mots s'épuisent sans doute, mais vous comprendrez que tout un univers de paroles ne saurait suffire pour leur exprimer ma reconnaissance et mes remerciements.

Je tiens à exprimer mes remerciements les plus sincères à ma fiancée pour son soutien moral afin de terminer ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi aux membres du jury qui ont bien voulu évaluer ce travail.

J'exprime ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à ma promotrice Docteur S. BENMAMAR, pour son aide et de m'avoir suivi avec beaucoup de rigueur durant la réalisation de ce travail, pour sa constante disponibilité et pour ses judicieux conseils.

Je remercie Monsieur David DUCCINI, Ex Directeur de la distribution d'eau "SEAAL", pour m'avoir confié ce sujet et de l'aide précieuse qu'il m'a toujours apportée jusqu'à son achèvement. Leurs insignes observations et suggestions m'ont été d'un grand apport pour son aboutissement. Qu'ils trouvent ici l'expression de mes sincères et profondes reconnaissances.

J'adresse mes vifs remerciements à Monsieur Fodil TOUAZI, le chef de centre de la distribution d'eau d'Alger centre SEAAL, pour avoir accepté, de me prendre en charge pendant la durée de notre stage au sien de la SEAAL.

Je tiens aussi à remercier Monsieur Noufel DJIHICHE et Samir de la direction de l'investissement, Monsieur LAZARGUI le responsable de la télé-contrôle, Monsieur KHELIFA du macro comptage, Monsieur MERRI de l'agence clientèle de Hussein dey.

Enfin, tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, que ce soit par leur amitié, leur conseils ou leurs soutien moral, trouveront dans ces quelques lignes l'expression de mes remerciements les plus vifs.

## ملخص

الضغط العالي له الكثير من النتائج السلبية على شبكة توزيع المياه و أحد هذه النتائج إتلاف الأنابيب وهذا يعني حدوث تشققات وخسارة في كمية المياه الموزعة و المال احد الحلول التي اتخذناها للقضاء على هذا المشكل ألا و هي تعديل الضغط حسب الطلب في هذا الصدد يدور موضوعنا لمشروع نهاية الدراسة و هدفنا الرئيسي يتضمن أثار تعديل الضغط على الموارد المائية اهتمام بالطابق القبة 97. للقيام بهذا قمنا بحسابات لتشخيص الخسارة و كذلك مردود الشبكة في كمية المياه و المال قبل و بعد تعديل الضغط و استخراج الربح في كمية المياه و المال.

**الكلمات المفتاحية :** التوزيع - خسارة المياه - الضغط - تعديل الضغط - القبة 97 - الربح في الكمية.

## Résumé

La forte pression a plusieurs effets négatifs sur les réseaux de distribution d'eau potable. L'un de ces effets est la détérioration des conduites ce qui entraînera des cassures. Ces provoquent des pertes en volume d'eau et en argent. Il faut réagir à ce grave problème en adoptant une solution qui est la technique de la modulation de la pression d'eau en fonction de la demande grâce des vannes régulatrices. C'est dans cette optique que s'inscrit mon projet de fin d'étude dont le principal objectif est de prendre conscience de l'impact de la modulation de la pression sur les ressources en eaux "Application sur l'étage Kouba 97".

Pour ce faire, des calculs ont été entamés pour évaluer les pertes en eau, en argent et aussi sur le rendement du réseau, avant et après la modulation, tout en faisant apparaître le gain en volume d'eau et en argent.

**Mots clés :** Distribution - pertes d'eau - Pression - modulation de la pression - vanne de régulation - Kouba 97 - gain en volume.

## Summary

The strong pressure, has several negative effects on the distribution networks of drinking water, one of these effects, the deterioration of conduits, therefore breaks and losses in volume of water, and silver, one of the solutions that one taken to face this problem, is the modulation of the pressure according to the request, with regulating valve they are accordingly which is registered our project of end of study, whose main goal is of even the impact of the modulation of the pressure, on the water resources, Application on the stage "Kouba 97".

With this intention, one started calculate, for evaluated the water losses, and silver, and also output of the network, before and after the modulation. And to arise the profit in volume of water, and silver.

**Key words:** Distribution - water losses - Pressure - modulation of the pressure - valve of regulation - Kouba 97 - profit in volume

## Liste des tableaux

Numéro du tableau	Titre	Pages
<i>Tableau II-1 :</i>	<i>Eaux non facturées (IWA)</i>	30
<i>Tableau II-2 :</i>	<i>Valeurs de référence de l'ILP primaire (calculé hors branchements)</i>	33
<i>Tableau III-1</i>	<i>résultat obtenue par l'enregistreur de bruit</i>	51
<i>Tableau III-2</i>	<i>impact de la modulation de la pression sur l'apparition des fuites dans le monde</i>	59
<i>Tableau III-3</i>	<i>Relation pression débit de nuit</i>	62
<i>Tableau : IV.1</i>	<i>variation de la pression au point critique par rapport au débit d'entrée</i>	68
<i>Tableau V.1 :</i>	<i>Production mensuel par ressources du 1er trimestre 2008</i>	78
<i>Tableau V.2 :</i>	<i>Evolution des volumes d'eau dans les barrages</i>	81
<i>Tableau V.3 :</i>	<i>Evolution de la production d'eau au niveau des deux stations de traitement plus les eaux de TAKSEBT</i>	82
<i>Tableau V.4 :</i>	<i>Evolution du nombre de forages</i>	83
<i>Tableau V.5 :</i>	<i>Evolution de la production en eau des forages par centre</i>	84
<i>Tableau V.6 :</i>	<i>Evolution de la production de ces stations l'évolution de la production de ces stations</i>	86
<i>Tableau V.7 :</i>	<i>Variation de la consommation trimestriel d'Alger</i>	87
<i>Tableau V.8 :</i>	<i>Variation du rendement du réseau d'Alger</i>	89
<i>Tableau V.9 :</i>	<i>Distribution trimestrielle calculée de la zone à moduler</i>	97
<i>Tableau V.10 :</i>	<i>Volume distribué à la zone modulée</i>	97
<i>Tableau V.11 :</i>	<i>Consommation années 2006 et 2007</i>	99
<i>Tableau V.12 :</i>	<i>Consommation après modulation</i>	99
<i>Tableau V.13 :</i>	<i>Variation trimestrielle des pertes dans la zone à moduler avant modulation</i>	100
<i>Tableau V.14 :</i>	<i>Variation trimestrielles des pertes dans la zone à moduler après modulation</i>	101
<i>Tableau V.15 :</i>	<i>Nombres de fuites avant modulation</i>	101
<i>Tableau V.17 :</i>	<i>Rendement avant modulation</i>	102
<i>Tableau V.18 :</i>	<i>Rendement après modulation</i>	102
<i>Tableau V.19 :</i>	<i>Variation des pertes avant et après modulation</i>	104
<i>Tableau V.20 :</i>	<i>Débit de pertes avant et après la modulation</i>	105
<i>Tableau V.21 :</i>	<i>Variation du volume perdu avant et après la modulation avec une distribution continue</i>	106

## Liste des Figures

Numéro de figure	Titre	Page
Figure I.1 :	Schémas générale d'alimentation en eau potable	6
Figure I.2 :	Les prises d'eau	7
Figure I.3 :	Captage des eaux souterraines	7
Figure I.4 :	Station de pompage	9
Figure I.5 :	Schéma du traitement des eaux de surface	12
Figure I.6 :	Les types de réservoir	14
Figure I.7 :	1. Réseau ramifié 2. Réseau maillé	16
Figure I.8 :	Les réseaux étagés	17
Figure II.1 :	Données nécessaire aux calcules du rendement	29
Figure II.2 :	Exemple de variation saisonnière de la production en zone touristique	38
Figure II.3 :	Consommation annuelle par abonné (en m3)	39
Figure II.4 :	Sectorisation du réseau	43
Figure II.5 :	Exemple d'enregistrement débit pression	45
Figure III.1 :	Schémas représentatif des pertes physiques	49
Figure III.2 :	Fonctionnement d'un enregistreur de bruit	51
Figure III.3 :	Amplificateur électronique	51
Figure III.4 :	Principe de fonctionnement d'un amplificateur électronique	52
Figure III.5 :	Principe de fonctionnement d'un corrélateur acoustique	52
Figure III.6 :	Principe de fonctionnement du gaz traceur	53
Figure III.7 :	Relation entre débit de nuit et pression de service (pour 125 secteurs de la Bristol Water)	56
Figure III.8 :	Relation entre débit de nuit et pression de service (pour 805 secteurs de la Yorkshire Water)	57
Figure III.9 :	Relation entre la pression et le nombre de fuites réparées	58
Figure III.10 :	Fréquence de cassure en fonction de la pression de nuit	58
Figure III.11 :	Nombre de cassures avant et après la réduction de pression	59
Figure III.12 :	Variation de la pression due à une manœuvre rapide d'une vanne	61
Figure III.13 :	Variation de la pression due au tirage d'un consommateur industriel	61
Figure III.14 :	Stratégie combinée	64
Figure IV.1 :	Demande de Westminster en fonction du temps	66
Figure IV.2 :	Histogramme des débits	66
Figure IV.3 :	Point critique de Westminster (pression en fonction du temps)	67
Figure IV.4 :	Histogramme des pressions	67
Figure IV.5 :	Pression de sortie du réducteur	69

<b>Figure IV.6 :</b>	<i>Pression au point critique</i>	69
<b>Figure IV.7 :</b>	<i>Débit d'alimentation du secteur</i>	70
<b>Figure IV.8 :</b>	<i>Secteur de Bickley Oak, Londres (sans modulation)</i>	70
<b>Figure IV.9 :</b>	<i>Secteur de Bickley Oak, Londres (avec modulation)</i>	71
<b>Figure IV.10 :</b>	<i>Système du Sud de Londres</i>	72
<b>Figure IV.11 :</b>	<i>Emplacement des vannes de régulation</i>	73
<b>Figure IV.12 :</b>	<i>Pression amont, aval et débit à la vanne esclave</i>	73
<b>Figure IV.13 :</b>	<i>Pression amont, aval et débit à la vanne maitresse</i>	74
<b>Figure IV.14 :</b>	<i>Pression au point critique</i>	74
<b>Figure IV.15 :</b>	<i>Débit d'alimentation</i>	75
<b>Figure V.1 :</b>	<i>Les ressources d'Alger</i>	79
<b>Figure V.2 :</b>	<i>Production mensuelle par ressource</i>	79
<b>Figure V.3 :</b>	<i>La production mensuelle d'Alger</i>	80
<b>Figure V.4 :</b>	<i>Variation des volumes stockés des barrages</i>	81
<b>Figure V.5 :</b>	<i>Production mensuelle des eaux de surface par station</i>	82
<b>Figure V.6 :</b>	<i>Production mensuelle totale des eaux de surface</i>	83
<b>Figure V.8 :</b>	<i>La production mensuelle des eaux souterraines par centre</i>	85
<b>Figure V.9 :</b>	<i>La production mensuelle totale des eaux souterraine</i>	85
<b>Figure V.10 :</b>	<i>La production mensuelle des eaux dessalées par stations</i>	86
<b>Figure V.11 :</b>	<i>La production mensuelle total des eaux de dessalements</i>	87
<b>Figure V.12 :</b>	<i>La consommation journalière par trimestre</i>	88
<b>Figure V.14 :</b>	<i>Position de la commune de Hussein Dey</i>	90
<b>Figure V.15 :</b>	<i>Répartition des ressources pour le réservoir Kouba 97</i>	91
<b>Figure V.16 :</b>	<i>Distribution du réservoir Kouba 97</i>	93
<b>Figure V.17 :</b>	<i>Position de la zone à moduler</i>	94
<b>Figure V.18 :</b>	<i>Délimitation de la zone modulée</i>	95
<b>Figure V.19 :</b>	<i>Présentation des quartiers de relève</i>	98
<b>Figure V.20 :</b>	<i>Nombre de réparations de fuites par type</i>	103
<b>Figure V.21 :</b>	<i>Nombre de réparation total de fuites</i>	103
<b>Figure V.22:</b>	<i>Evolution du volume perdue et rendement</i>	104
<b>Figure V.23 :</b>	<i>Variation du débit de pertes avant et après modulation</i>	105
<b>Figure V.24 :</b>	<i>Variation du débit de pertes avant et après modulation avec une alimentation continue</i>	106
<b>Figure V.25 :</b>	<i>Variation du coût total de réparation des fuites</i>	108

# Sommaire

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I: Problématique</b>	<b>3</b>
<i>Introduction</i>	3
<b>1. Les objectifs de la distribution d'eau</b>	<b>4</b>
<b>2. L'alimentation en eau potable</b>	<b>5</b>
2.1 Captage d'eau de surface et souterraine	6
2.2 Installations de pompage	8
2.3. Les conduites d'adduction d'eau	9
2.4 Usine de traitement	11
2.5 Les réservoirs	13
2.6 Le réseau de distribution d'eau potable	14
2.7 Abonnés	17
<b>3. L'exploitation des réseaux</b>	<b>18</b>
3.1 Les tâches d'exploitation	18
3.2 L'entretien des poteaux et bouches d'incendie	19
3.3 Les exigences pour les réseaux extérieurs aux bâtiments et leurs composants	19
3.4 La lutte contre le gaspillage	21
<b>Chapitre II : Diagnostic d'un réseau de distribution d'eau potable</b>	<b>24</b>
<i>Introduction</i>	24
<i>1Le diagnostic des réseaux</i>	24
<i>La démarche générale de diagnostic d'un réseau</i>	24
<b>2.Les termes fondamentaux</b>	<b>25</b>
2.1 Volume prélevé (VPrél)	25
2.2 Volume mis en distribution (VMD)	25
2.3 Volume consommé ou utilisé	26
2.4 Le rendement	27
2.4 Les pertes d'eau	30
<b>3.Le comptage de l'eau</b>	<b>33</b>
3.1 Les appareils de comptage	33
3.2 Les contraintes techniques	34
<b>4.La connaissance du patrimoine</b>	<b>35</b>
4.1Les plans et le fonctionnement du réseau	36
<b>5.La production et la consommation</b>	<b>38</b>
5.1La ressource	38
5.2La qualité de l'eau	38
5.3L'analyse des volumes mis en distribution	38
5.4Les abonnés	39



5.5L'analyse des volumes consommés comptabilisés	39
5.6La validation des données du comptage	39
5.7Les volumes consommés non comptés	40
5.8Les ratios et les indices	40
6.La sectorisation du réseau	41
6.1Le principe	41
6.2La délimitation des secteurs	41
6.3Les intervenants de la sectorisation	43
6.4Les points de mesure	43
6.5L'acquisition et l'interprétation des données	44
<i>Conclusion</i>	46
Chapitre III : Actions sur les pertes	48
Introduction	48
1.Les fuites (pertes physiques)	48
2.La localisation des fuites	49
2.1La prélocalisation des fuites	50
2.2La localisation précise des fuites	51
3.La réparation des fuites	54
4.Le suivi du réseau	54
4.1L'exploitation courante	54
4.2Les actions ponctuelles	55
5.Pourquoi la modulation de la pression	56
5.1Effets des fortes pressions	56
5.2Le débit de nuit	64
5.3Bénéfices de la régulation de pression	64
<b>Chapitre IV : Méthode de réduction des pertes</b>	<b>65</b>
1.Modulation de la pression d'entrée de réseau suivant la demande	65
2.Procédure de modulation d'un étage de distribution	75
· Investigation	75
· Délimitation de la zone	75
· Identification des travaux	76
· L'informaton	76
3.Recours à la modulation	76
<b>Chapitre V : Impact de la modulation</b>	<b>78</b>
1.Présentation de la ville d'Alger	78
2.Présentation des ressources d'Alger	78
a.Eaux de surface	80
b.Eaux souterraines	83
c.Eaux de dessalement	85

3.La consommation d'Alger	87
4.Rendement du réseau d'Alger	88
5.Présentation de l'étage K 97	90
6.Ressources de l'étage Kouba 97	90
7.Pompage vers Kouba 97	91
8.Réservoir Kouba 97	92
9.Distribution	92
<i>La distribution dans la zone à moduler</i>	93
10.La consommation	98
a.La consommation avant modulation	99
b.La consommation après modulation	99
11.Les pertes	100
a.Les pertes avant modulation	100
b.Les pertes après modulation	100
12.Les fuites	101
a. Fuites avant modulation	101
b. Fuites après modulation	101
13.Rendement du réseau	102
a. Rendement avant modulation	102
b. Rendement après modulation	102
14.Impact de la modulation	103
a.Impact sur les fuites	103
b.Impact sur les pertes	104
c.Impact de point de vue économique	106
Conclusion	108
<b>Conclusion générale</b>	<b>109</b>
<i>Bibliographie</i>	110
<i>Annexes</i>	111

### **Introduction générale**

Le réseau d'eau potable constitue un élément important dans la vie des sociétés. La fonction de base d'un réseau de distribution d'eau est de satisfaire les besoins des usagers en eau. Cette eau doit être de bonne qualité respectant les normes de potabilité avec une pression et quantité suffisante.

L'eau potable est transportée dans des canalisations, généralement enterrées. Elles sont en fonte grise ou ductile, en amiante-ciment, en PVC, etc.... Avec le temps, les canalisations commencent à vieillir alors les performances hydrauliques diminuent et la qualité de l'eau se dégrade donc les pertes d'eau et les casses augmentent. Les casses peuvent provoquer des dégâts spectaculaires et sont généralement enregistrées dans des bases de données. Leur augmentation est un bon critère de vieillissement lié aux caractéristiques des canalisations et de leur environnement.

Alger est une grande ville qui malgré les efforts fournis par l'EPEAL et par la suite l'ADE, souffre d'un mauvais service d'alimentation en eau potable et surtout pendant les périodes de sécheresse.

Issue de l'initiative des pouvoirs publics, relayée par les apports constitutifs et exclusifs de l'ADE (Algérienne Des Eaux) et de l'ONA (Office National d'Assainissement), la création de la filiale SEAAL, qui a eu lieu le premier mars 2006, en la forme d'une société par action, est, sans conteste, un évènement majeur pour l'assainissement, la production et la distribution de l'eau dans la wilaya d'Alger et indirectement pour toute l'Algérie. En effet, depuis avril 2006, le produit d'un partenariat entre ADE/ONA et Suez Environnement est opérationnel. Ce produit-instrument, en l'occurrence SEAAL, bénéficie d'une contribution significative du trésor algérien par l'allocation d'un budget d'exploitation et d'investissement de l'ordre de 60 milliards de dinars. Il bénéficie également d'une capitalisation projetée en faveur des personnels de l'ONA et de l'ADE mis à disposition, d'un transfert de savoir - faire de Suez Environnement. C'est à dire que SEAAL - SPA est déjà inscrite dans un processus « d'urgence » qui réunit toutes les conditions de succès de la première expérience de la gestion déléguée des services publics de l'eau et de l'assainissement.

Parmi les objectifs pour lesquels l'entreprise SEAAL (Société de l'Eau et d'Assainissement d'Alger) a été créée, est d'assurer un bon service de l'eau répondant aux normes internationales en termes de qualité et quantité donc d'assurer une alimentation continue (h 24).

Sachant que le réseau d'Alger date depuis longtemps, les conduites et d'autres accessoires sont anciens et ont perdus leurs caractéristiques initiales; ce qui fait que le réseau

est à un niveau de pertes (fuites) très important donc une alimentation continue contrairement de ce qui a été conduit a des volumes perdus inacceptable en terme de gestion et d'économie et surtout pendant les heures creuses quand la pression augmente.

En essayant de passer à une alimentation continue, SEAAL a été confrontée par ce type de problème sur toute la chaîne côtière d'Alger. Parmi les solutions et d'ailleurs la plus stratégique était de diminuer la pression sur le réseau lorsqu'on en a pas besoin afin d'éviter, d'une part, des cassures de conduites et, d'autre part, l'augmentation du débit de fuites donc une régulation de la pression en fonction de la demande; c'est donc la modulation de la pression.

Le but du présent travail intitulé « *L'impact de la modulation de la pression dans un réseau de distribution d'eau potable sur les ressources en eaux* », est de faire une analyse donnée sur les volumes produits et perdus dans la zone modulée de la commune d'HUSSEIN DEY, avant et après la mise en service de la modulation de pression afin de pouvoir faire des analyses en terme technique sur les résultats obtenues. Pour ce faire, une démarche a été conduite en cinq chapitres.

Dans un premier temps, **Chapitre I**, il est nécessaire d'appréhender le métier de la distribution de l'eau potable et tout particulièrement les éléments concernant l'infrastructure et l'exploitation de tels réseaux.

Le **Chapitre II** décrira les étapes à suivre pour le diagnostic d'un réseau d'alimentation en eau potable en passant par les termes fondamentaux sur les volumes et rendement du réseau et perte d'eau.

Le **Chapitre III** citera les actions sur les pertes et précisement les pertes physiques tout en abordant les techniques sur la recherche des fuites et leurs prélocalisations, le suivi du réseau. Le chapitre sera terminé par les actions ponctuelles et la modulation de la pression.

Le **Chapitre IV** traite de la technique de modulation de la pression et illustre à travers des exemples, les résultats obtenues par la modulation dans le monde. Et enfin, la méthodologie ou la procédure pour moduler un étage de distribution.

Le **Chapitre V** présentera l'impact de la modulation sur du réseau de Hussein Dey qui est déjà modulé en faisant une analyse comparative des pertes et cassures avant et après la modulation.

Ce modeste mémoire sera terminé par une **conclusion**.

## Chapitre I

# PROBLEMATIQUE

### Introduction

Avec le temps les canalisations vieillissent, elles s'entartrent ou au contraire se corrodent. Leurs diamètres deviennent insuffisants, leurs matériaux évoluent dans le temps et se fragilisent, et surtout ce qui affaiblit les canalisations et, réduit leur durée de vie, est bien le facteur des fortes pressions, ce qui augmente le taux d'apparition des cassures sur le réseau, dans lequel il y aura plus de fuites et, qui veut dire plus de pertes en volume d'eau distribuée. Il arrive un moment, à plus ou moins long terme, où elles devront être remplacées.

Les questions récurrentes que le gestionnaire d'un réseau d'alimentation d'eau potable (d'AEP) se pose, concernant le renouvellement du réseau, sont les suivantes : dois-je renouveler les canalisations ?, Est ce que c'est la bonne solution ? Est ce que je peux rénover, un réseau d'un linéaire de 4000 km environ sur un territoire de 750 km<sup>2</sup> ?, Est ce que je peux entamer des travaux et, des terrassement, au milieu d'une capitale, dont la population avoisine 3 millions d'habitants ?, Est ce que c'est faisable du point de vue économique ? Qu'est ce qu'il faut faire, pour réduire les pertes d'eau, dans un réseau de distribution d'eau potable ?

C'est le cas de la capitale Alger.

La ville d'Alger est divisée en quatre secteurs ; centre, ouest, nord et sud. Les quatre secteurs reçoivent environ 273 000 m<sup>3</sup>/j, soit environ 40% de la ressource disponible.

SEAAL est en train de réaliser l'actualisation du schéma directeur lancé par la direction de l'hydraulique dans les années 2000. Le plan d'action d'actualisation est organisé selon un phasage et des priorités déterminer par rapport à les actions à grands l'impact:

- fiabilisation dans la disponibilité de la ressource (telecontrôle et réhabilitation plan captages etc),
- optimisation et renforcement du transfert pour garantir la continuation de la distribution (modélisation du grand réseau d'Alger pour identification points faible par rapport au développement de l'urbanisme...),

- étude détaillée de l'organisation et zoning du réseau de distribution avec priorité d'action dans les zones avec ressources déjà stabilisées (le centre ville) et forte pression d'exploitation.

Pour l'ensemble des quatre secteurs cités, la pression de nuit moyenne, au point de cote moyenne, est de l'ordre de 80m. Ce chiffre est inexact, puisqu'il a été calculé sans tenir compte de l'importance relative des secteurs, ni des éventuelles pertes de charge de nuit ; mais l'excès de pression est évident.

Il semble que les réseaux historiques d'Alger aient été peu rénovés. D'après l'étude de la Société des Eaux de Marseille, les conduites y sont encore à 90% en fonte grise à joint plomb, et les branchements en plomb. Ces réseaux ont bien sûr été fragilisés par l'intermittence de l'alimentation (il y a trois ou quatre ans, le Centre d'Alger recevait l'eau un jour sur trois).

Des pressions aussi élevées entraînent sur des réseaux fragiles une augmentation importante de la fréquence des casses et du débit des fuites, tant sur le réseau de la ville que dans les installations intérieures.

Les responsables de la distribution d'Alger ont expérimenté l'effet négatif de l'excès de pression quand ils ont tenté d'alimenter en permanence certains quartiers du Centre Ville ; il leur a fallu sept mois pour résorber les fuites créées pendant leurs essais.

Dans cette partie de notre travail, nous allons essayer d'apporter des éléments de réponse à ces questions. Avant toute analyse, il est nécessaire d'appréhender le métier de la distribution de l'eau potable, et tout particulièrement les éléments concernant l'infrastructure et les termes fondamentaux mais surtout, prérogatives de l'exploitation d'un tel réseau.

En premier lieu, ce chapitre rappelle les objectifs de la distribution d'eau potable.

La description du système d'alimentation en eau ainsi que le rôle et les missions de l'exploitant du réseau sont précisés par la suite.

## **1. Les objectifs de la distribution d'eau**

Ouvrir un robinet d'eau potable à domicile est aujourd'hui, un geste simple et tout naturel pour près de 100% de la population, aussi bien en zone rurale qu'en agglomération.

La disponibilité de cet élément vital demande la mise en œuvre de moyens techniques et humains considérables. C'est le rôle des services de distribution d'eau potable.

En matière d'eau potable, la mission essentielle de la collectivité est de garantir une desserte satisfaisante de tous les usagers, avec les quatre objectifs suivants :

- **Qualité**

La qualité de l'eau ne doit pas nuire à la santé du consommateur. Elle doit être conforme à la réglementation sanitaire.

- **Quantité**

L'utilisateur doit disposer d'une quantité d'eau suffisante pour couvrir ses besoins, dans un souci permanent de maîtrise de la consommation et de lutte contre le gaspillage.

- **Continuité du service**

Le service de distribution doit être assuré 24 heures sur 24 avec le minimum d'interruptions.

- **Pression**

La pression, ni trop forte, ni trop faible, doit garantir un confort d'utilisation à l'utilisateur.

L'atteinte de ces objectifs doit impérativement respecter deux contraintes majeures :

- La préservation de la ressource,
- Le coût raisonnable du service de distribution tant pour l'utilisateur que pour la collectivité.

Pour la gestion des services de distribution d'eau potable, la collectivité maître d'ouvrage est le personnage central. En ce sens, il lui incombe des responsabilités morales, techniques et financières.

## **2. L'alimentation en eau potable**

Un système d'alimentation en eau potable (AEP) est composé d'un ensemble d'infrastructures et d'installations nécessaires à satisfaire tous les besoins en eau potable d'une zone urbaine et industrielle.

Le système d'AEP comporte différents composants dont les constructions et les installations affectées au captage (1, 3), au traitement (5), au transport (2, 6, 8), au stockage (7) et à la distribution de l'eau potable (9) chez les différents consommateurs (figure I.1).

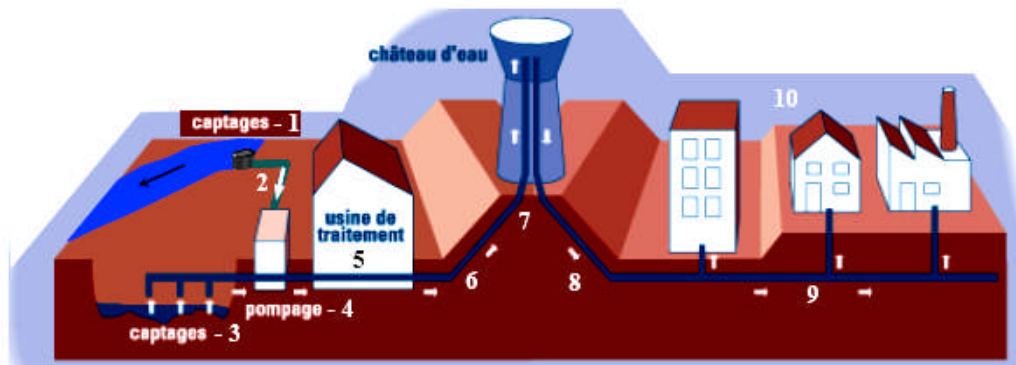


Figure I.1 : Schémas générale d'alimentation en eau potable

## 2.1 Captage d'eau de surface et souterraine

L'eau destinée à être traitée puis distribuée dans les réseaux publics peut être prélevée, soit par captage de sources, soit par des puits ou des forages dans de vastes nappes d'eau souterraine (3) (qui sont alimentées par l'infiltration directe des eaux de pluie ou par celle de l'eau de ruissellement ou d'accompagnement de rivières), soit par prise d'eau dans les rivières (1), dans des retenues, ou dans des lacs. Dans les deux premiers cas, nous sommes en présence d'eaux souterraines, dans le troisième cas, ce sont des eaux superficielles.

Lorsque la source d'eau est une rivière, la prise d'eau ne doit être installée qu'après avoir pris connaissance du maximum d'informations relatives aux régimes d'écoulements des eaux et aux débits, y compris les débits de crue et les débits d'étiage. Une prise d'eau de surface (figure I.2) représente une structure permettant de capter l'eau naturelle (l'eau dite brute) du lac ou de la rivière dans lesquelles on l'a immergée, dispositif de captage (pompe). On doit l'installer là où l'eau brute est de la meilleure qualité possible, c'est-à-dire aussi loin que faire se peut de toute source de pollution; on doit ainsi éviter de la placer en aval d'un émissaire d'égout, même si celui-ci déverse l'effluent d'une station d'épuration.

La prise d'eau peut être effectuée :

- Soit dans le fond du lit (figure I.2, « a ») après dragage et remplissage avec de gros graviers autour de la crépine d'aspiration.
- Soit sur la berge, à une profondeur convenable, dans le but d'éviter d'une part, l'influence de la sédimentation du fond du lit, et d'autre part, la présence éventuelle d'hydrocarbures ou de mousses à la surface de l'eau (figure I.2, « b »).



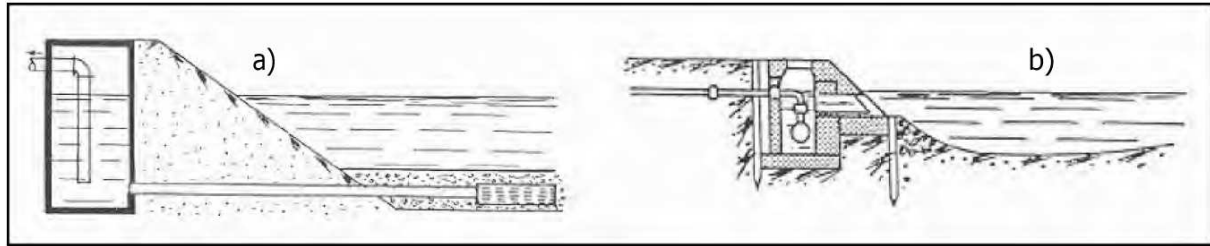
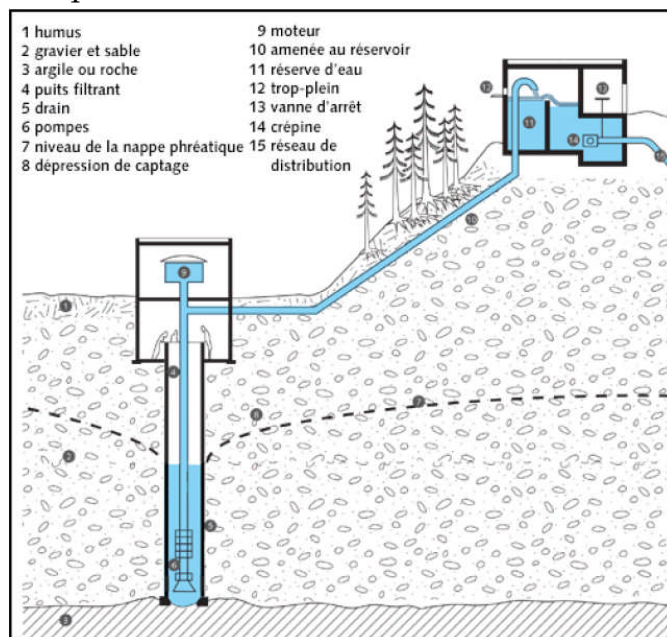


Figure I.2 : Les prises d'eau

Les débits des cours d'eau – y compris les débits de crue (débits maximaux) et, surtout, les débits d'étiage (débits minimaux) – permettent d'évaluer si la quantité d'eau dont on dispose est suffisante et de calculer le volume de l'éventuel bassin de régularisation des débits nécessaire après les études hydrologiques. Les caractéristiques de l'eau varient souvent considérablement lorsque le débit varie de façon importante, par exemple lors de précipitations importantes ou à la fonte des neiges ; une bonne connaissance des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes au cours des diverses périodes de l'année permet alors de déterminer les traitements à prévoir à la station de purification ; il faut en outre connaître les niveaux de l'eau correspondant aux divers débits d'un cours d'eau afin de déterminer à quel niveau installer la prise d'eau.

En l'absence d'eau de surface en quantité suffisante et de qualité acceptable, on doit tenter d'utiliser les eaux souterraines (figure I.3). Ces eaux



sont captées :

- Soit à leurs sources ;
- Soit au cœur même de la nappe;
- Soit dans le gisement pour les eaux circulant en terrains fissurés.

Parfois, on sera amené, à capter les eaux circulant à grande profondeur. Les procédés de captage varient selon la configuration du site. Toutefois,

Figure I.3 : Captage des eaux souterraines

nous observons toujours le principe d'aller rechercher l'eau assez loin dans son gîte géologique et de conduire les travaux de captage de façon que l'eau au cours de sa remontée

au jour, soit maintenue à l'abri des contaminations notamment à l'approche de la surface du sol. On évalue les quantités d'eau en présence à l'aide de forages permettant d'attribuer les débits équivalents à ceux requis par le projet d'alimentation en eau potable (AEP).

Les eaux souterraines sont en général limpides, mais leurs caractéristiques physico-chimiques varient en fonction du site. On doit, dans chaque cas, faire une étude pour déterminer quel traitement sera nécessaire pour rendre l'eau potable.

## 2.2 Installations de pompage

L'emplacement de l'usine élévatoire dépend du type de captage :

### a. Captage d'une source

Si le point d'eau est proche du réservoir, la station de pompage est implantée à proximité du point d'eau.

Si le point d'eau est éloigné du réservoir, une étude spécifique doit être menée, tenant compte de la topographie des lieux.

### b. Captage d'un puits

Dans le cas d'un puits unique, l'usine élévatoire est édifiée au-dessus de l'ouvrage.

### c. Captage d'eau de surface

L'usine élévatoire fait alors partie des installations générales de captage et de traitement.

L'emplacement de l'usine une fois déterminée, se pose le problème de son aménagement. L'usine élévatoire, ou station de pompage, regroupée dans un même bâtiment :

i. La salle d'arrivée d'eau, encore appelé bêche d'arrivée ou bêche d'aspiration (position 1, figure I.4).

Cette bêche recevra l'eau en provenance d'une source, d'une installation de filtres ou d'un réseau de puits.

ii. La salle des machines (position 2, figure I.4)

Cette salle commandera toute l'organisation. Son dimensionnement est donné par l'encombrement des groupes moto-pompes ainsi que par celui des canalisations et de leurs pièces de raccord.

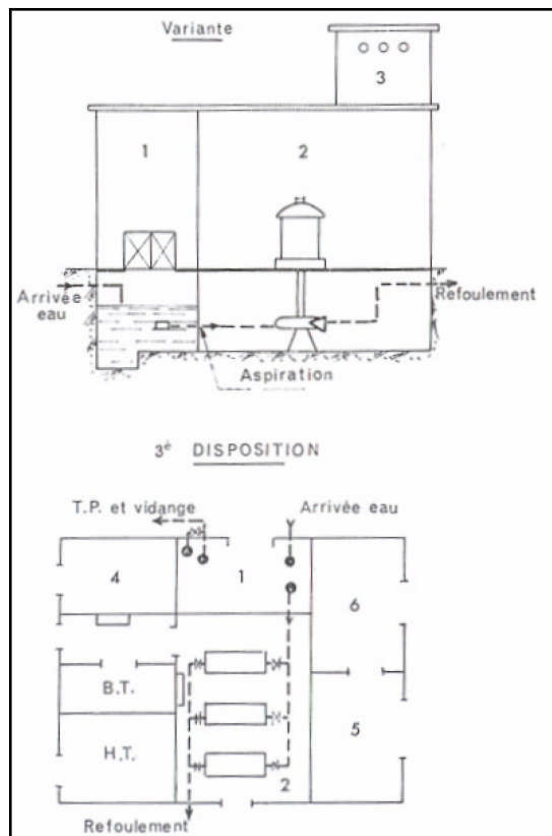


Figure I.4 : Station de pompage

Le groupe électropompe est défini par le débit qu'il doit élever et par la hauteur manométrique totale (la somme hauteur géométrique d'aspiration + hauteur de refoulement + pertes de charges). En ce qui concerne les groupes de pompage, les pompes centrifuges sont les plus utilisées. Accouplées à des moteurs électriques, elles constituent des groupes légers et peu encombrants. Leur couplage peut s'effectuer en série ou en parallèle.

iii. La salle réservée aux installations électriques

Cette salle sera accolée à la salle des machines, mais restera distincte de celui-ci. Elle comportera une salle des transformateurs et une salle des commandes (3).

iv. La stérilisation et le comptage (4)

Cette salle n'aura aucune communication avec la salle des machines en raison des corrosions possibles par les agents stérilisants. L'accès s'effectuera donc, aussi par l'extérieur.

Le comptage s'effectuera, soit au moyen d'un compteur, soit, de préférence, à l'aide d'un venturi ou d'un diaphragme, montés sur la conduite de refoulement.

v. Les annexes (magasin (6), atelier, installations sociales, bureau, etc...)

### 2.3. Les conduites d'adduction d'eau

En fonction de la position de la source d'eau, on distingue deux types d'adduction [Dupont, 1979].

#### a. Adduction gravitaire

Dans une adduction gravitaire, le point de captage se situe à une altitude supérieure à celle du réservoir de desserte de l'agglomération.

L'adduction gravitaire se présente également lorsqu'un bassin d'accumulation intermédiaire reçoit, dans un premier temps, l'eau refoulée par

une usine et que, dans un deuxième temps, l'eau se trouve évacuée par gravité jusqu'au réservoir de la ville, situé à un niveau plus bas. Cette disposition, commandée par la configuration des lieux ou par la conception même de l'installation, constitue une adduction mixte refoulement-gravitaire.

L'adduction gravitaire s'effectue, soit par aqueduc, soit par conduite forcée. Avec les aqueducs, il est fait appel à l'écoulement libre de l'eau, c'est-à-dire sans pression, grâce à la pente, ordinairement uniforme sur tout le parcours, que l'on aura étudié pour pouvoir faire transiter le débit voulu.

Dans les conduites forcées, l'écoulement se fait sous pression. Dans ce cas les pertes de charges seront plus importantes que dans un aqueduc à faible pente présentant le même diamètre, quand le plan d'eau correspond au passage du débit maximal.

En conséquence, si la pente disponible est très faible et, si le débit à transiter est important, l'aqueduc apparaîtra, à priori comme étant la solution la plus indiquée.

Il est à remarquer, d'ailleurs, que ce mode d'adduction est ordinairement mixte. L'aqueduc convient, lorsque le tracé du réseau se développe sur le plateau, il est nécessaire, pour la traversée de vallées, de faire appel aux conduites forcées.

Interdits à ciel ouvert, les aqueducs sont du type fermé.

Quant aux conduites forcées, elles sont constituées par des assemblages de tuyaux fabriqués en usine et à l'aide de matériaux très divers : fonte, acier, béton, matière plastique, etc...

### ***b. Adduction par refoulement***

Dans une adduction par refoulement, le captage se situe à un niveau inférieur de celui du réservoir d'accumulation.

Les eaux du captage sont relevées par une station de pompage dans cette conduite de refoulement.

Lors de l'établissement de la conduite de refoulement certaines conditions techniques et économiques doivent être respectées.

Tout d'abord, il importe de chercher un profil en long aussi régulier que possible, établir, de préférence, avec une rampe toujours dans le même sens vers le réservoir d'accumulation.

Il y a lieu d'éviter, en effet, les contre-pentes qui, au droit du point haut ainsi formé, peuvent donner lieu, en exploitation, à des cantonnements d'air plus

ou moins difficiles à évacuer.

Le tracé en plan sera conçu compte tenu de la possibilité de réaliser le profil en long idéal, avec des coudes largement ouverts afin d'éviter les butées importantes. A cet effet, on sera peut-être amené à emprunter un parcours qui ne suivra pas forcément les accotements de routes et il sera parfois nécessaire d'acquérir des terrains particuliers.

Par ailleurs, dans le but d'économie du projet, il sera tenté de combiner au meilleur profil en long le tracé en plan le plus court. On y gagnera en investissement mais, aussi, en exploitation de la station, car les pertes de charge, la hauteur d'élévation et, par conséquent l'énergie consommée, croissent avec la longueur.

D'un point de vue économique, la conduite de refoulement et la station de pompage sont liées. En effet, plus le diamètre de la conduite est petit pour un même débit à relever, plus la perte de charge sera grande, plus le moteur d'entraînement devra être puissant, donc, plus l'énergie dépensée sera importante.

Le diamètre économique va résulter d'un compromis entre les frais d'amortissement de la conduite, qui augmente avec son diamètre et les frais d'exploitation de l'usine élévatoire, qui diminuent lorsque le diamètre de la conduite augmente (pertes de charges faibles).

Le coût d'installation de la conduite et le coût d'exploitation de l'usine élévatoire présente une valeur minimale pour un certain diamètre économique.

Une fonction mathématique permet de déterminer les diamètres compatibles avec les réalités économiques [Dupont, 1979]. Elles tiennent compte, en général, du prix de l'énergie électrique qui représente un facteur important des frais d'exploitation. L'utilisation d'un diagramme permet une détermination rapide du diamètre économique, à partir de ces formules.

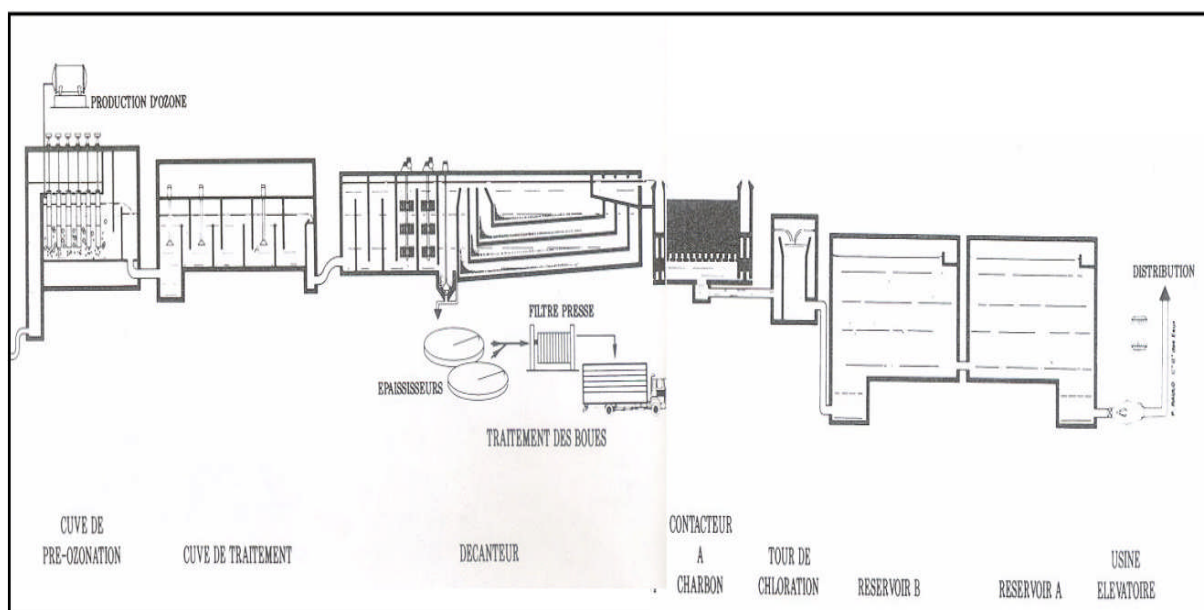
## 2.4 Usine de traitement

Selon la qualité de la source d'approvisionnement en eau, on peut devoir soumettre l'eau à un traitement plus ou moins élaboré. Ainsi, par exemple, dans le cas d'une eau souterraine de bonne qualité, une désinfection seule peut produire une eau de consommation qui satisfasse aux normes en vigueur; en revanche, une eau de lac ou de rivière exige un traitement plus complet.

Tout d'abord, toute utilisation d'eau de surface nécessite, avant son captage, une étude aussi complète que possible et, cela, aux différentes époques de l'année. La composition de l'eau sera, surtout, examinée du point de vue turbidité, pouvoir

colmatant, degré hydrotimétrique, pH, teneur en matières organiques et en Escheria Coli. L'étude portera également sur les affluents amont qui alimentent la rivière, le barrage ou le lac. Elle sera effectuée au minimum sur un cycle climatique complet et, même, sur plusieurs années [Dupont, 1979]. Ces observations sont indispensables pour définir correctement le mode de traitement à préconiser.

Enfin, il faudra compléter l'étude par des observations sur les débits, les hauteurs maximales atteintes pendant les crues, la nature des exploitations industrielles d'amont ainsi que les dangers de pollution pouvant provenir du rejet de leurs déchets à la rivière, etc. Les pollutions éventuelles d'agglomérations ou d'industries riveraines seront recherchées jusqu'à 10 km en amont de la prise envisagée.



*Figure I.5 : Schéma du traitement des eaux de surface*

La figure I.5 montre les étapes de traitement des eaux de surface. Le traitement à effectuer sur l'eau brute aura pour but :

#### *a. De la clarifier*

Dans la clarification, on s'efforce de débarrasser l'eau brute de ces particules colloïdales et en suspension en les retenant à leur passage dans une masse filtrante, après, éventuellement, un traitement approprié :

- Une réduction des matières en suspension par décantation;
- Une élimination de la fraction fine en trois étapes successives :
  - Coagulation (par ajout de réactif adapté)
  - Flocculation (agitation favorisant le grossissement des particules)

- Décantation (dépôt sur le fond de « boues ») ou flottation (entraînement en surface par des bulles d'air)
- Une filtration à travers une ou plusieurs couches de sable calibré retenant les matières en suspension. Les filtres doivent être périodiquement « lavés » en contre-courant.

### ***b. De la rendre bactériologiquement pure et exempte de micropolluants***

Dans le but de rendre l'eau bactériologiquement pure, on la stérilise par des oxydants tels que le chlore, l'ozone, grâce à des installations adaptées. La stérilisation s'applique aussi aux eaux de surface qu'aux eaux souterraines. Cette opération, dans le cas des eaux de surface, parachève la suite des opérations de coagulation, décantation, filtration citées précédemment et qui ne sont pas suffisamment efficaces pour la destruction de germes pathogènes.

### ***c. Eventuellement, un affinage et amélioration des eaux***

Les procédés de traitement permettent d'obtenir, à la sortie de l'usine de production une eau d'excellente qualité. Mais l'objectif de la distribution publique de l'eau est de l'amener à domicile (soit au robinet de consommateur). Le voyage de l'eau dans le réseau va avoir une durée très variable, de quelques heures à plusieurs jours : en moyenne deux jours environ. Pendant ce voyage, l'eau sera en contact avec les matériaux constituant le réseau public et les canalisations à l'intérieur des habitations.

Une ou plusieurs étapes particulières de traitement sont destinées à préparer l'eau à ce voyage. Il s'agit des traitements nécessaires pour neutraliser les eaux avec une teneur en CO<sub>2</sub> agressif, des procédés permettant d'obtenir la déferrisation de l'eau, adoucissement de l'eau, ainsi que des traitements préventifs contre l'entartrage.

Enfin, pour éliminer les micropolluants, classés parmi les corps dissous, on effectue un traitement dit d'affinage. Dans ce cas, on fait appel, soit au charbon actif seul, en poudre ou sur lit, en granulés, soit, ce qui est préférable, aux actions associées au charbon actif et à l'ozone.

## **2.5 Les réservoirs**

Pour pouvoir satisfaire à tout moment, la demande en eau potable des abonnés, on crée des réservoirs qui permettent de gérer les pointes de consommation.

Lors de la conception des réservoirs, on est amené à faire plusieurs choix concernant le type de réservoir, son emplacement, sa capacité, son altitude son équipement.

On peut classer les types de réservoirs selon :

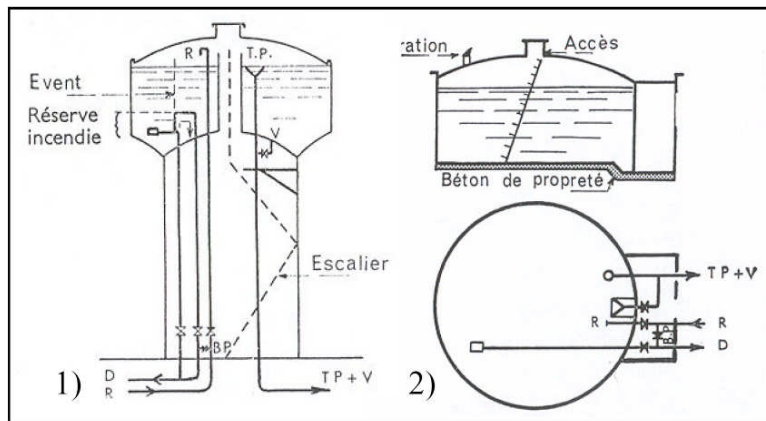


Figure I.6 : Les types de réservoir

- La technique de construction (métal, maçonnerie, béton armé ou précontraint) ;
- L'intégration au site (surélevés (figure I.6.1), enterrés ou semi-enterrés (figure I.1.2), etc...) ;
- Les considérations esthétiques.

Les caractéristiques topographiques de la région ainsi que les conditions hydrauliques de la distribution seront des facteurs importants pour le choix de l'ouvrage.

D'un point de vue purement hydraulique et économique, il y a tout intérêt à implanter un réservoir au centre de gravité de l'agglomération qu'il doit desservir. Mais certaines autres considérations, notamment esthétiques, font que ce choix n'est pas toujours possible.

En pratique, et pour tenir compte des différences dans la répartition des débits que l'on peut rencontrer d'un site à l'autre, il est prudent de retenir, en zone urbaine comme en zone rurale, une capacité égale à une journée de consommation.

Aux volumes ainsi obtenus, il y a lieu d'ajouter, éventuellement, la réserve d'incendie ainsi que le volume nécessaire de manière à conserver une charge minimum de 0.50 m (1.00 m si possible) au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite de distribution pour éviter des entrées d'air dans la canalisation.

## 2.6 Le réseau de distribution d'eau potable

A partir du ou des réservoirs, l'eau est distribuée dans un réseau de canalisations sur lesquelles les branchements seront piqués en vue de l'alimentation des abonnés.

Pour que les performances d'un réseau de distribution soient satisfaisantes, ce réseau doit être en mesure de fournir, à des pressions compatibles avec les hauteurs des immeubles, les débits et les volumes d'eau requis, et ce en tout temps lors de la durée de sa vie utile. C'est pourquoi lors de la conception d'un réseau, il est important d'identifier et prendre en compte les situations les plus critiques afin que le réseau dans de telles situations se comporte de façon satisfaisante. On peut citer les situations suivantes :



- Consommation de pointe horaire ;
- Consommation journalière maximale durant un ou plusieurs incendies ;
- Consommation journalière maximale en cas de casse d'une conduite secondaire ou principale ;
- Situations particulières.

On s'assure ainsi qu'un réservoir d'équilibre peut être rempli durant la période prévue à cette fin, notamment la nuit, lorsque la consommation est minimale, etc...

En fonction de la situation urbaine et l'importance du quartier on distingue trois types de conduites :

- ✓ *Les artères*, représentent les conduites qui partent du réservoir soit de la station du pompage (SP) afin de distribuer l'eau dans tous les points du réseau par le plus court chemin. Les artères doivent être posées de telle façon qu'elles puissent alimenter le secteur et disposer si c'est possible des diamètres économiques et d'obtenir des pressions uniformément distribuées ;
- ✓ *Les conduites de services*, dont le diamètre varie entre 250-150 mm, sont alimentées par des artères et distribuent l'eau vers les branchements,
- ✓ *Les branchements*. C'est la partie de l'installation située entre les conduites de service et le compteur ou robinet vanne d'arrêt lorsque le branchement ne comporte pas de compteur (service incendie notamment). Le diamètre du branchement est déterminé en fonction des débits de pointe et des consommations journalières prévisibles.

Une canalisation se compose d'éléments droit (tuyaux), d'éléments de raccords (raccords) et de pièces spéciales (coudes, cônes, tés, etc...).

La construction d'un réseau de distribution d'eau n'est pas uniforme d'une agglomération à une autre et dépend des particularités de celle-ci.

Les réseaux peuvent être classés comme suit:

- Les réseaux ramifiés,
- Les réseaux maillés,
- Les réseaux étagés,
- Les réseaux à alimentations distinctes.

Le réseau ramifié, dans lequel les conduites ne comportent aucune alimentation en retour, présente l'avantage d'être économique, mais il manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture : un accident sur la conduite principale prive d'eau tous les abonnés à l'aval (position 1, figure I.7).

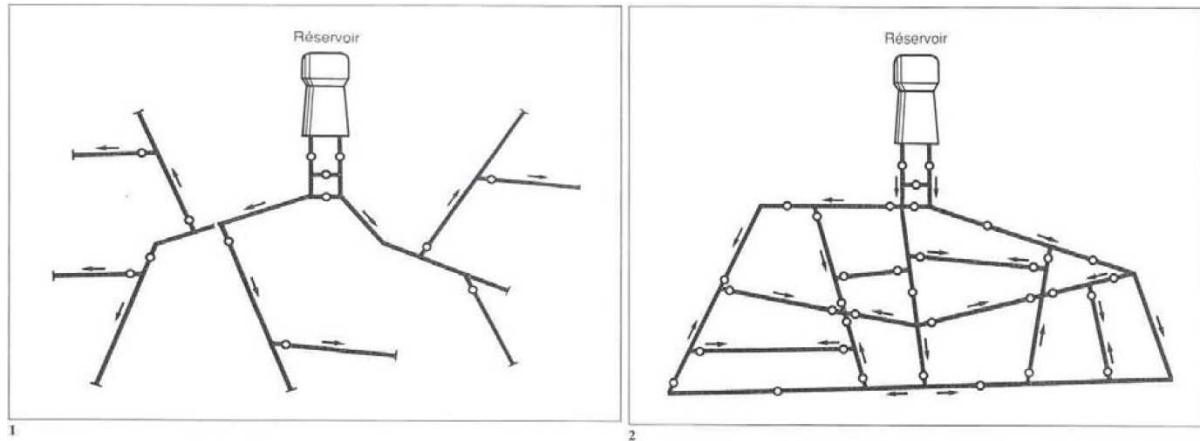


Figure I.7 1. Réseau ramifié

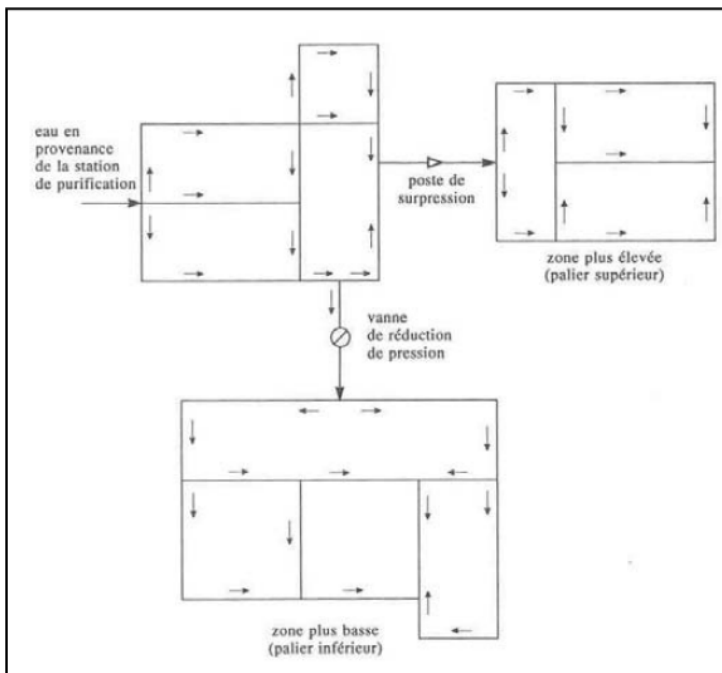
2. Réseau maillé

Le réseau maillé permet, au contraire, une alimentation en retour (position 2, figure I.7), pour pallier à l'inconvénient signalé ci-dessus. Une simple manœuvre de robinets permet d'isoler le tronçon accidenté et de poursuivre néanmoins l'alimentation des abonnés à l'aval. Il est, bien entendu, plus coûteux à l'installation, mais, en raison de la sécurité qu'il procure, il doit être toujours préféré au réseau ramifié.

Le plus souvent, un réseau est composé d'une partie maillée et d'une partie ramifiée : les centres des villes et les quartiers à forte densité de population sont ainsi desservis par les parties maillées, alors que les quartiers périphériques le sont par les parties ramifiées.

Si la topographie du territoire desservi par un réseau de distribution accuse de trop fortes dénivellations, on peut devoir créer diverses zones indépendantes les unes des autres en ce qui concerne le niveau de la pression. Pour se faire, on installe entre ces zones soit des vannes de réduction de pression, s'il faut réduire la pression (l'eau provenant d'une zone plus élevée), soit des postes de surpression, s'il faut augmenter la pression (l'eau provenant d'une zone plus basse).

Avec le réseau étagé (figure I.8), il est possible, ainsi que nous l'avons vu, de constituer des réseaux indépendants avec une pression limitée autour de 40 m d'eau.



**Figure I.8:** Les réseaux étagés

Les réseaux à alimentations distinctes distribuent, d'une part, l'eau potable destinée à tous les besoins domestiques, et d'autre part, l'eau non potable réservée aux usages industriels et aux lavage et arrosage des rues et plantations. Ces réseaux ne se justifient que dans les installations extrêmement importantes.

Pour que l'eau soit distribuée en quantité suffisante et à une pression appropriée conformément aux exigences locales, on peut l'acheminer soit

par gravité, à l'aide d'un ou plusieurs postes de surpression couplés à un ou plusieurs réservoirs soit à l'aide de postes de surpression seulement.

## 2.7 Abonnés

Les abonnés représentent chacun des foyers et chacune des entreprises utilisant l'eau du réseau.

Les droits et obligations des abonnés vis-à-vis du distributeur d'eau sont définis dans le règlement du service des eaux.

### Consommation

Une famille de 4 personnes consomme environ 150 m<sup>3</sup> d'eau par an :

- 67 m<sup>3</sup> pour l'hygiène (douches, bains, lavabos),
- 30 m<sup>3</sup> pour la chasse d'eau des toilettes,
- 18 m<sup>3</sup> pour la lessive,
- 15 m<sup>3</sup> pour la vaisselle,
- 9 m<sup>3</sup> pour le jardin et la voiture,
- 11 m<sup>3</sup> pour la boisson et la cuisine.

### 3. L'exploitation des réseaux

Les tâches d'exploitation courante font partie intégrante de la mission du gestionnaire de réseau et de la lutte contre le gaspillage. Elles doivent permettre de satisfaire les exigences des usagers, aussi bien en termes de quantité que de qualité d'eau distribuée. Elles doivent également contribuer à la préservation durable de la qualité de l'eau. Les travaux d'exploitation visent donc, à la fois à pérenniser la durée de vie des ouvrages mais également à optimiser leur fonctionnement.

Ils se déclinent le plus souvent sous la forme de procédures permettant de définir les moyens matériels à mobiliser, les périodes les plus favorables ainsi que le temps nécessaire à leur exécution. A l'issue de leur réalisation, il est recommandé de rédiger des rapports d'intervention permettant de répertorier toutes les informations susceptibles d'être exploitées :

- Pour améliorer les pratiques ;
- Pour avoir une plus grande lisibilité sur le travail accompli ;
- Pour la mise au point d'outils de décision (renouvellement) ou de suivi (indicateurs) ;
- Dans le cadre d'études statistiques ;
- Dans le cadre de la modélisation d'un réseau ou d'un service... ;
- Dans le cadre d'une démarche qualité.

En résumé, l'exploitant doit posséder une vision dépassant le cadre strict de ses attributions.

Il est aussi le garant de l'utilisation raisonnée de la ressource en eau.

#### 3.1 Les tâches d'exploitation

##### a. Les interventions curatives

Elles représentent souvent une part prépondérante de l'activité de l'exploitant. Le nombre de ces travaux peut traduire simultanément une vétusté prononcée des ouvrages mais aussi une certaine carence de l'entretien préventif.

Organisées dans l'urgence, ces interventions sont souvent à l'origine de dégradations de la qualité du service tant en termes de qualité que de quantité.

##### b. L'entretien programmé

Il contribue à maintenir une certaine qualité de service sans occasionner de gêne ou de désordres dans la desserte en eau. Ces travaux font l'objet d'une planification et d'une préparation soignée permettant de mobiliser tous les moyens nécessaires et d'accomplir les différentes tâches en toute sérénité.

Parmi les principales tâches à réaliser dans le cadre de l'entretien programmé, on peut énumérer les opérations suivantes :

- Contrôle et entretien des captages ;
- Suivi des installations de traitement ;
- Suivi des stations de pompage ;
- Nettoyage et désinfection des réservoirs ;
- Suivi des rechlorations en réseau ;
- Suivi des appareils de comptage ;
- Contrôle et remplacement des compteurs ;
- Contrôle et entretien des appareils de robinetterie et de fontainerie ;
- Surveillance de la qualité de l'eau ;
- Réalisation de purges ;
- Recherche de fuites ;
- Réparation de fuites ;
- Suivi des travaux.

### **3.2 L'entretien des poteaux et bouches d'incendie**

Il n'est pas à la charge du service des eaux. C'est une charge du budget général des communes.

Cependant, ces appareils doivent faire l'objet de contrôles réguliers portant sur leur capacité hydraulique à fournir un débit et une pression suffisante. En général, ces contrôles sont effectués par les sapeurs pompiers accompagnés du service des eaux pour limiter les désordres que ces essais peuvent engendrer sur le réseau.

Au delà de la vérification réglementaire des poteaux et bouches d'incendie, tous les hydrants au sol ou en élévation doivent faire l'objet d'une surveillance.

### **3.3 Les exigences pour les réseaux extérieurs aux bâtiments et leurs composants**

#### ***a. Stagnation de l'eau***

Les réseaux d'alimentation en eau potable doivent être conçus, réalisés et exploités de façon à minimiser la stagnation de l'eau, qui pourrait entraîner une détérioration inacceptable de la qualité de l'eau.

Les configurations suivantes conduisant à des stagnations doivent être étudiées soigneusement :

- Conduites d'adduction, principales ou secondaires avec bouts morts ;
- Raccordement aux poteaux et bouches ;
- Tuyaux raccordés posés en attente ;
- Tronçons avec de faibles débits permanents ;
- Augmentation de diamètres de tuyaux requise à des fins de lutte contre l'incendie ou pour d'autres raisons à caractère non permanent.

Si nécessaire, des dispositifs de rinçage des conduites doivent être prévus.

*b. Contrôle et surveillance*

Afin de minimiser l'interruption d'alimentation en eau et les effets néfastes à la santé publique et à l'environnement, les réseaux de distribution doivent être surveillés et contrôlés.

La surveillance doit porter sur les mesures de débit et de pression, les niveaux de service et autres informations sur l'exploitation. En fonction des conditions locales, des méthodes ou des systèmes manuels ou automatisés peuvent être utilisés.

Le contrôle des réseaux de distribution doit comprendre :

- L'identification des perturbations et des fuites ;
- Les conditions fonctionnelles et d'hygiène pour assurer la manœuvre correcte des appareils de robinetterie y compris les poteaux, bouches et autres équipements.

La fréquence ainsi que le type de contrôle et de surveillance dépendront pour beaucoup des circonstances locales. Dans tous les cas, il faut prendre en considération :

- La fonction et l'importance des tuyaux et des autres composants,
- Les pertes totales d'eau,
- La qualité de l'eau, sa pression, son débit,
- Les charges roulantes, les conditions de pose, la qualité du sol, les forces extérieures,
- Le matériau constitutif des tuyaux, des joints et autres composants.

*c. Entretien*

Les programmes d'entretien courant ou préventif doivent être pris en considération pour les composants tels que les pompes, les appareils de robinetterie et l'équipement électrique.

*d. Mise à jour de la documentation*

Tous les relevés relatifs à l'implantation des conduites, avec le détail des principaux composants doivent être effectués et régulièrement mis à jour.

### **3.4 La lutte contre le gaspillage**

*a. Le suivi des appareils de comptage*

C'est le contrôle des débits qui transite dans le réseau.

Pour ce faire, il est indispensable d'instrumenter le réseau en plaçant des appareils de comptage aux endroits stratégiques :

- Prélèvement dans le milieu naturel ;
- Entrée et sortie des stations de production ;
- Réservoirs ;
- Secteurs du réseau de distribution.

Le suivi de ces instruments permet à l'exploitant d'inventorier les différents volumes qui transitent dans le système de distribution et d'obtenir des valeurs de référence. Ces valeurs, calées, vont ensuite lui permettre de détecter des anomalies sur le réseau.

Le suivi peut s'effectuer par des relevés réguliers des compteurs ou à l'aide d'un dispositif de lecture à distance. L'exploitant pourra donc détecter les anomalies de consommation d'eau et organiser des interventions rapides sur les zones défaillantes.

L'exploitant devra régulièrement vérifier, si besoin par étalonnage, les dispositifs de comptage et les renouveler le cas échéant.

Dans le cadre de l'installation de gros compteurs, aussi bien en sortie d'usine de production, qu'à l'entrée de secteurs de réseau, il faut prévoir une longueur droite placée en amont ou en aval du compteur et autorisant l'installation d'un appareil de mesure (débitmètre à ultrasons, débitmètre à insertion). Il sera dès lors facile de procéder à l'étalonnage du compteur sans avoir à le démonter.

*b. Le contrôle et l'entretien des appareils de robinetterie et de fontainerie*

Etant donné le très grand nombre d'appareils installés sur les réseaux, il est opportun de programmer leurs contrôles. Une vanne de vidange, un poteau d'incendie en situation de débit permanent peuvent sérieusement affecter le rendement d'un réseau.

Au-delà des pertes dues à des actes irresponsables, ces dispositifs peuvent au fil du temps présenter des signes d'obsolescence se traduisant à terme par des fuites plus ou moins importantes.

- ✓ *Les appareils de fontainerie* (bouches de lavage ou d'arrosage, poteaux et bouches d'incendie, bornes de puisage) Disposés sur l'espace public, ces dispositifs sont très accessibles et peuvent être utilisés à d'autres fins que celles pour lesquelles ils ont été installés. Tous ces postes devraient pouvoir être équipés de comptage afin de permettre à l'exploitant de mieux connaître les volumes d'eau prélevés.
- ✓ *Les ventouses* Elles servent à évacuer l'air présent dans le réseau. Elles doivent être vérifiées régulièrement pour contrôler leur bon fonctionnement et éviter des pertes d'eau en cas de défaillance du flotteur.
- ✓ *Les vannes de régulation* Elles permettent de contrôler les paramètres de la distribution d'eau sur le réseau : débit, pression, et niveau des réservoirs. Ces vannes nécessitent un contrôle annuel et un entretien.

### c. La réalisation de purges

La stagnation de l'eau dans les conduites est un facteur important de dégradation de la qualité de l'eau, surtout dans les grands réseaux ruraux. Les purges consistent à ouvrir périodiquement des robinets vannes installés sur les réseaux afin d'éliminer les eaux stagnantes, notamment sur les antennes isolées. Les purges peuvent se réaliser manuellement ou au moyen d'électrovannes programmées de manière cyclique. Le contrôle de certains paramètres indicateurs (turbidité, chlore résiduel,...) peut permettre à l'exploitant de juger de l'efficacité de ses manœuvres.

Afin de maîtriser les volumes d'eau utilisés pour ces opérations, il est important d'équiper les purges de dispositifs de comptage ou d'estimer les volumes utilisés.

### d. La réparation des fuites

Cela suppose d'avoir localisé précisément la fuite et la position de la conduite, d'où l'importance d'avoir des plans à jour.

Les exploitants consacrent beaucoup de temps à cette activité car les réseaux présentent un nombre important de fuites. Il s'agit d'opérations délicates car réalisées dans des conditions difficiles (terrains gorgés d'eau, proximité des réseaux électriques, de gaz...) et, par voie de conséquence, assez fréquemment à l'origine de dégradations de la qualité de l'eau.

Ces opérations doivent être menées avec la plus grande rigueur et le plus grand soin :



- Les phases de coupure d'eau peuvent provoquer des pollutions par le phénomène de retour d'eau ;
- Les opérations sont réalisées selon des procédures bien établies et accompagnées à chaque fois d'une désinfection.

*e. Le contrôle des travaux (pose de conduites, réalisation de branchements)*

Les "travaux neufs" ne sont pas de la responsabilité directe de l'exploitant. Il doit cependant veiller à la réalisation des travaux dans les règles de l'art : garantie de l'étanchéité et de la pérennité des assemblages réalisés et respect des règles sanitaires.

Les matériaux en contact avec l'eau potable ne doivent pas être susceptibles d'être à l'origine d'une quelconque dégradation de la qualité de l'eau.

Les matériaux en contact avec l'eau potable doivent posséder une attestation de conformité sanitaire délivrée par un laboratoire agréé par le ministère de la santé.

*Note*

Les autres tâches d'exploitation, en particulier le suivi de la qualité de l'eau, ne doivent pas être négligées !

## Chapitre II

# DIAGNOSTIC D'UN RESEAU DE DISTRIBUTION D'EAU POTABLE

## Introduction

Dans cette partie de notre travail, nous allons voir, les termes fondamentaux mais surtout, prérogatives de diagnostic d'un tel réseau.

Aussi, décrit la méthodologie pour mettre en œuvre, dans les meilleures conditions, l'étape essentielle que constitue un diagnostic de réseau. Celui-ci permet de mettre en évidence les dysfonctionnements du réseau d'eau potable.

Un diagnostic n'est pas envisageable sans une connaissance précise et détaillée du patrimoine "eau" et de son fonctionnement.

### **1. Le diagnostic des réseaux**

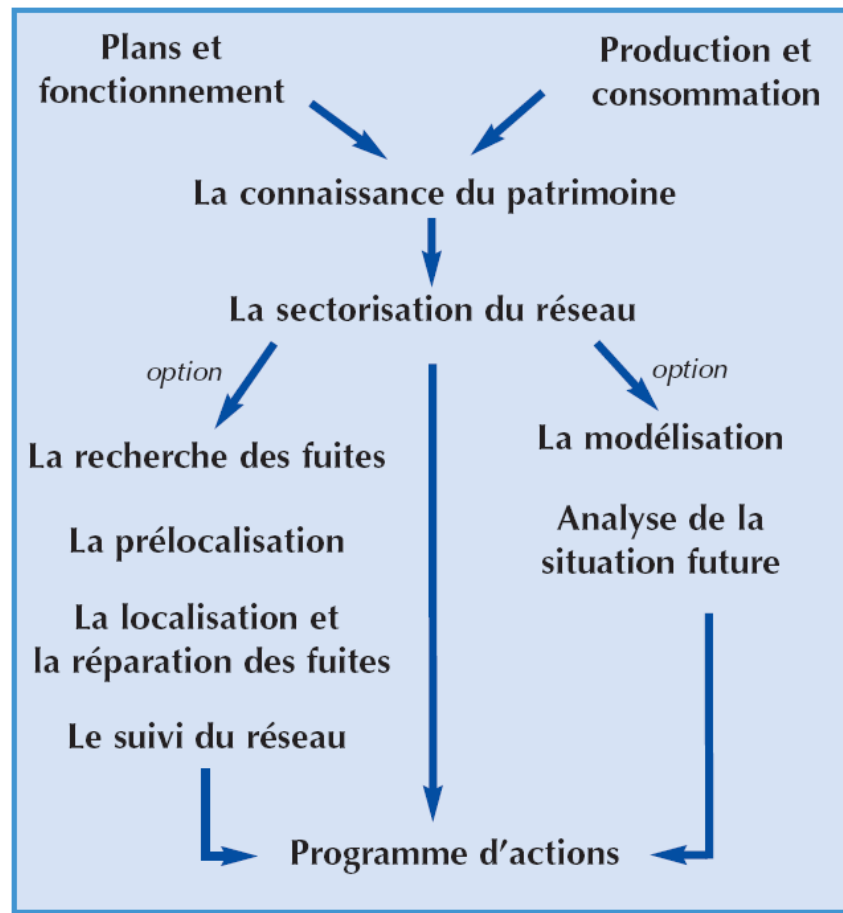
Les responsabilités morales, techniques et financières des collectivités en matière d'eau potable nécessitent une gestion rigoureuse des services. Une connaissance détaillée du patrimoine et de son fonctionnement sont les éléments indispensables pour mener à bien cette mission. C'est l'objectif du diagnostic d'un réseau.

#### **La démarche générale de diagnostic d'un réseau**

La réalisation d'un diagnostic de réseau nécessite la mise en place d'une démarche progressive et organisée.

Ce diagnostic de réseau peut s'inscrire dans un contexte plus global d'étude du système d'alimentation en eau potable incluant, par exemple, la modélisation, le schéma directeur ou l'amélioration de la gestion des installations.

Quel que soit le contexte, la réalisation du diagnostic comprend un certain nombre d'étapes incontournables indiquées dans le synoptique ci-après :



## 2. Les termes fondamentaux

Nous rappelons ici les termes usuels qui permettent d'évaluer l'importance des pertes d'eau sur un réseau.

### 2.1 Volume prélevé ( $V_{Prél}$ )

C'est le volume emprunté au milieu naturel par les ouvrages du service prévus à cet effet.

### 2.2 Volume mis en distribution ( $V_{MD}$ )

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 :

$$V_{MD} = V_{Prod} + V_{Imp} - V_{Exp} \quad (2.1)$$

- Volume produit ( $V_{Prod}$ ) : Volume issu des ouvrages de production d'eau potable de la collectivité,
- Volume importé ( $V_{Imp}$ ) (ou acheté en gros) : volume d'eau potable provenant d'un service extérieur,
- Volume exporté ( $V_{Exp}$ ) (ou vendu en gros) : volume d'eau potable livré à un autre service extérieur.

### 2.3 Volume consommé ou utilisé

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 :

#### a. Volume consommé comptabilisé ( $V_{Conso\ Compt}$ )

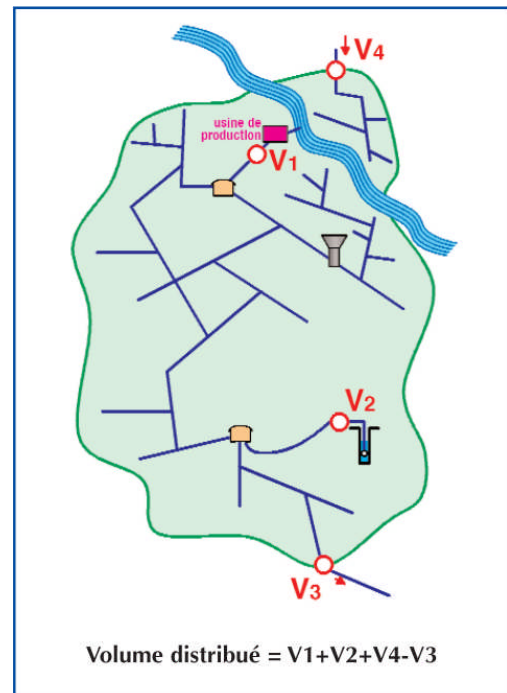
Ce volume résulte de la lecture des appareils de comptage installés sur les branchements des usagers :

- Abonnés domestiques : la relève des compteurs est réalisée en général une ou quatre fois par an,
- Gros consommateurs (industriels, agriculteurs, services municipaux,...) : la relève est effectuée quatre ou douze fois par an.

#### b. Volume consommé non compté ( $V_{Conso\ Non\ Compt}$ )

Ces volumes sont en général estimés :

- Usages collectifs publics : arrosage, nettoyage des rues, services techniques, bâtiments communaux,...
- Besoins du service des eaux : purge sur les réseaux, nettoyage des réservoirs, lutte contre le gel,...
- Défense incendie : incendie et essai des poteaux ou bouches d'incendie.



## 2.4 Le rendement

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.

Pour un service de distribution, l'essentiel est de définir précisément les termes utilisés et d'en suivre l'évolution d'une année sur l'autre.

### a. Rendement primaire ( $R_p$ )

C'est le rendement le plus simple à calculer, il ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés.

$$R_p = \frac{V_{\text{conso compt}}}{V_{\text{conso mis en dist}}} \times 100 \quad (2.1)$$

### b. Rendement net ( $R_n$ )

Ce 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.

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

$$R_n = \frac{V_{\text{conso}}}{V_{\text{mis en dist}}} \times 100 \quad (2.2)$$

### c. Calcul et interprétation du rendement

Ils nécessitent quelques précautions :

**Période :** Tous les volumes utiles à l'établissement du rendement doivent couvrir une même période de référence correspondant à la durée entre deux relèves de consommation des usagers (en général 1 an). Si la relève des compteurs est étalée sur plus d'un mois, la date de référence est fixée au milieu de la période de relève.

**Gros consommateurs :** La prise en compte des gros consommateurs peut gonfler artificiellement la valeur du rendement (Cf. exemple ci-après). Dans ce cas, il est souhaitable de calculer deux valeurs, avec et sans les gros consommateurs.

**Estimation :** Il est parfois difficile d'estimer certains volumes non comptabilisés (protection incendie, lavage des rues, arrosage, purges,...) ce qui peut fausser notablement le calcul du rendement net.

On s'efforcera donc d'équiper tous les usages de l'eau de dispositifs de comptage ou de procédures simples permettant d'estimer les volumes.

*Exemple d'un réseau urbain comportant en amont un industriel important.*

Attention à l'interprétation des chiffres....

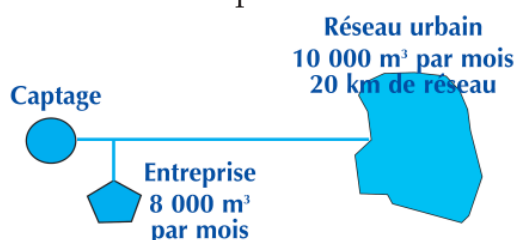
Deux situations peuvent se présenter :

1 - L'entreprise est ouverte volume total produit : 25 000 m<sup>3</sup> par mois

Volume consommé comptabilisé :

8000 m<sup>3</sup> + 10000 m<sup>3</sup> = 18000 m<sup>3</sup> par mois

$$R = \frac{18000}{25000} \times 100 = 72\%$$



2 - En août, l'entreprise est fermée volume total produit :

25000 - 8000 = 17000 m<sup>3</sup>

Volume consommé comptabilisé :

10000 m<sup>3</sup>

$$R = \frac{10000}{17000} \times 100 = 58\%$$

Le rendement primaire du réseau n'est pas le meilleur indicateur de l'état du réseau.

A partir de ces constats, on peut faire deux remarques concernant le rendement :

- Pour un même réseau, le calcul du ou des rendements doit s'effectuer de façon identique d'une année sur l'autre, en particulier en ce qui concerne les estimations,
- Pour un réseau donné, l'évolution du rendement est plus significative que sa valeur brute calculée.

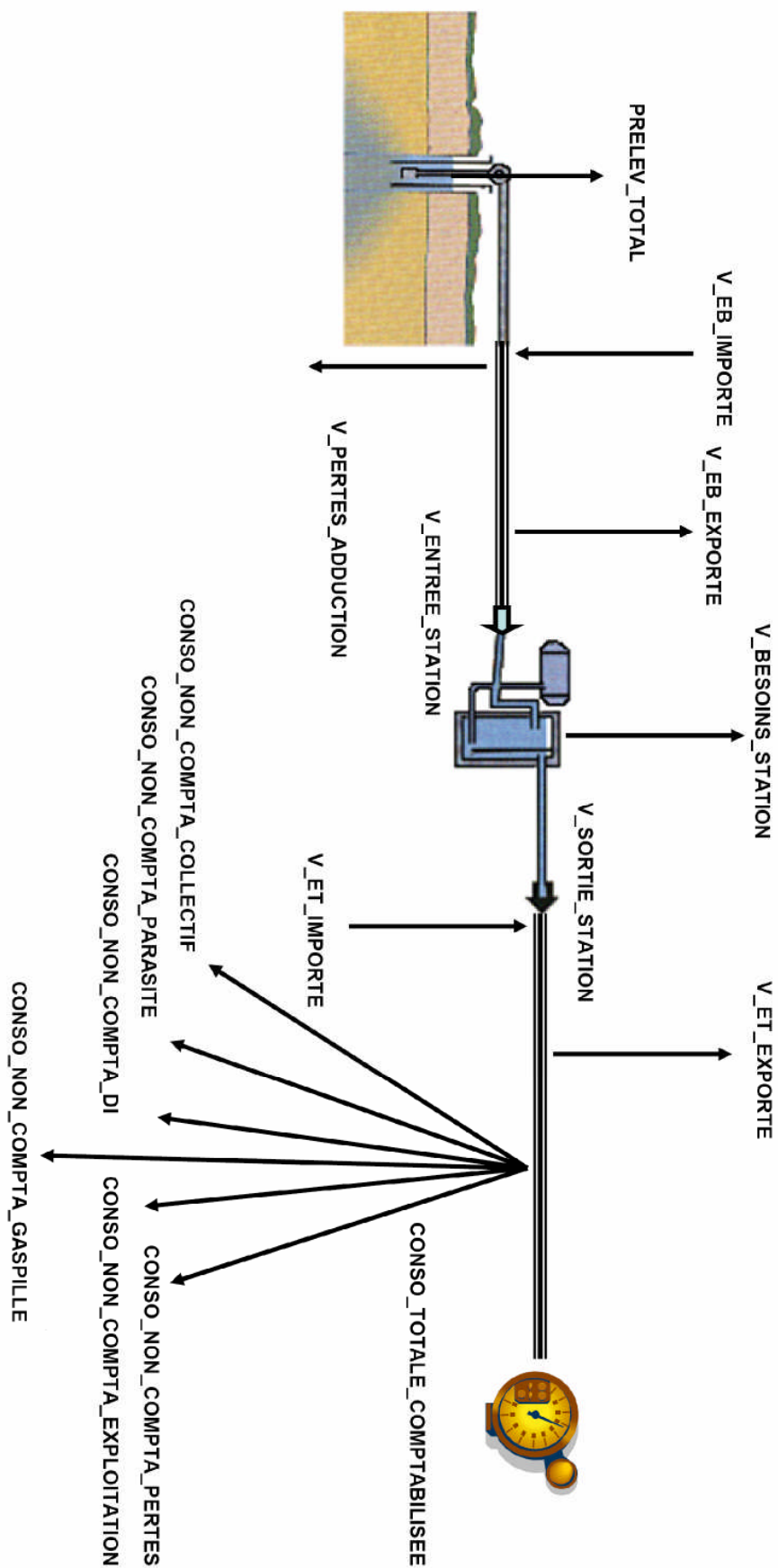


Figure II.1 : Données nécessaire aux calculs du rendement

## 2.4 Les pertes d'eau

Les pertes d'eau correspondent à la différence entre le volume mis en distribution et le volume utilisé sur le réseau :

$$\boxed{\text{Pertes d'eau} = V_{MD} - V_{conso}} \quad (2.3)$$

La notion de pertes d'eau varie selon les valeurs prises en compte dans l'estimation des volumes utilisés : volumes consommés comptabilisés ou volumes consommés non comptés.

volume produit	Usages autorisée	Consommations autorisées facturées	Consommation mesurées et facturées	Vente en gros	Eaux Facturées
				Clients domestiques commerciaux industriels	
			Consommation Non mesurés et facturées		
		Consommation autorisée non facturée	Consommations mesurées non facturées		Eaux Non Facturées
			Consommations Non mesurées non facturées		
	Pertes	Pertes apparentes	Erreurs de données de facturation		
			Fraudes		
			Compteurs bloqués		
			Mal calibrés		
			Sous comptage		
		Vraies pertes	Fuites sur réseau primaire		
			Fuites ou trop-pleins des réservoirs		
	Fuites		Invisibles		
		Visibles			



### *a. Principales composantes de ces pertes*

#### *☞ Les défauts de comptage*

Ce sont les erreurs entre le volume relevé et le volume qui a réellement transité par l'appareil de comptage. On distingue :

- La dérive des compteurs : on observe en général un sous-comptage des compteurs avec le temps,
- Les compteurs bloqués ou faussés,
- Les appareils surdimensionnés ou mal installés : dans ces circonstances, l'insensibilité aux petits débits peut entraîner une sous-estimation des volumes consommés, surtout sur les « gros compteurs »,
- Les erreurs de lecture.

#### *☞ Les gaspillages*

Il s'agit de volumes perdus suite à un dysfonctionnement du service ou à une erreur d'exploitation:

- Débordements de réservoirs,
- Vidanges pas ou mal fermées,
- Chasses d'égouts déficients.

#### *☞ Les volumes détournés*

Il s'agit de volumes d'eau utilisés à partir de branchements inconnus du service des eaux :

- Oubli ou erreur du service des eaux,
- Branchements illicites,
- Piquages avant compteur.

#### *☞ Les consommations sans comptage*

- Défense incendie,
- Bouches d'arrosage et de lavage,
- Sanitaires et fontaines publics,
- Bornes de puisage.

Les consommations sans comptage doivent être estimées au mieux afin d'être intégrées dans les volumes utilisés. Les oublis ou les erreurs d'estimation font partie des pertes d'eau. L'installation de dispositifs de comptage sur tous les postes utilisateurs d'eau permet, bien sûr, de réduire l'impact de ce type d'usage.

#### *☞ Les besoins du service des eaux*

- Purges de réseau,

- Nettoyage des réservoirs et des canalisations,
- Lutte contre le gel (écoulement permanent volontaire).

Ces volumes sont également considérés comme des consommations sans comptage.

L'exploitant devra mettre en place des techniques de comptage (mesure, jaugeage, estimation,..) afin d'appréhender au plus juste ces volumes.

#### ☞ *Les fuites*

Il s'agit des pertes physiques qui proviennent d'une mauvaise étanchéité des canalisations et des accessoires.

#### **b. L'indice linéaire de pertes (ILP)**

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.

Ce paramètre permet de comparer des réseaux différents par leur longueur et leur configuration.

#### ☞ *L'indice linéaire de perte primaire (ILP<sub>Prim</sub>)*

On ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés.

$$ILP_{prim} = \frac{V_{MD \text{ annuel}} - V_{Conso \text{ Compt annuel}}}{\text{linéaire de réseau} \times 356} \quad m^3 / \text{jour} / km \quad (2.4)$$

#### ☞ *L'indice linéaire de perte net (ILP<sub>Net</sub>)*

$$ILP_{net} = \frac{V_{MD \text{ annuel}} - V_{Conso \text{ annuel}}}{\text{linéaire de réseau} \times 356} \quad m^3 / \text{jour} / km \quad (2.5)$$

Le linéaire de réseau ne comprend pas la longueur des branchements.

Cet indice traduit bien la notion d'efficacité du réseau, puisqu'il compare la totalité de l'eau utilisée avec celle introduite dans le réseau.

Tableau II-2 : Valeurs de référence de l'ILP primaire (calculé hors branchements)

Indice de perte	Rural	Intermédiaire	Urbain
(m <sup>3</sup> /j/km)	< 25 Abonnés/km	< 50 Abonnés/km	≥ 50 Abonnés/km
Bon	< 1,5	< 3	< 7
Acceptable	1,5 à 2,5	3 à 5	7 à 10
Médiocre	2,5 à 4	5 à 8	10 à 15
Mauvais	> 4	> 8	> 15

Remarque :

L'indice linéaire de pertes devient indice linéaire de fuites si l'on ne considère que les fuites et le gaspillage. On obtient une bonne indication de cet indice par la mesure du débit minimum nocturne, en général entre 2h et 4h, déduction faite des consommations nocturnes permanentes.

### 3. Le comptage de l'eau

Les termes décrits dans le chapitre précédent sont les données minimales pour apprécier les performances du réseau de distribution et son évolution.

Le calcul des différents indices nécessite une connaissance la plus exacte possible des volumes mis en jeu dans le réseau : c'est le rôle des appareils de comptage.

#### 3.1 Les appareils de comptage

##### a. Les "petits" compteurs (Diamètre de canalisation 15 à 50 mm)

Ils sont utilisés pour enregistrer la consommation des abonnés domestiques.

Il existe différentes technologies : les compteurs volumétriques et les compteurs de vitesse à turbine (jet unique ou jet multiple).

##### b. Les "gros" compteurs (Diamètre de canalisation 50 à 800 mm)

Ils sont installés sur les points de prélèvement, en sortie de station de pompage, sur la distribution des réservoirs, sur le réseau de distribution ou encore sur les branchements des gros consommateurs.

On distingue différentes technologies : volumétrique, vitesse jet multiple et vitesse jet unique.

*c. Les débitmètres électromagnétiques (Diamètre de canalisation 50 à 5000 mm)*

Leur domaine d'utilisation est le même que celui des "gros" compteurs. Ils sont de plus en plus utilisés par les gestionnaires de réseau en remplacement des compteurs traditionnels pour les diamètres importants.

*d. Les débitmètres à insertion (Diamètre de canalisation 50 à 8000 mm).*

*e. Les débitmètres à ultrasons (Diamètre de canalisation 50 à 8000 mm)*

Ils peuvent être installés sans interruption du débit. Ils sont donc souvent utilisés dans le cadre de mesures ponctuelles (campagne de mesures, validation d'appareils en place,..).

Pour garantir la fiabilité des grandeurs mesurées, ces appareils de comptage doivent être choisis, installés et contrôlés avec rigueur.

### **3.2 Les contraintes techniques**

Un compteur ou un débitmètre doit :

- Indiquer avec précision le volume d'eau qui le traverse (erreur de mesure minimum),
- Etre fiable dans le temps avec un entretien restreint,
- Créer le moins possible de perte de pression,
- Résister aux pressions du réseau,
- Etre facile à relever.

*a. Le choix et le dimensionnement*

Pour choisir un appareil, il faut tenir compte :

- De la nature et de la qualité de l'eau ;
- Des conditions de pression ;
- Des conditions d'installation (accès, positionnement, encombrement, accessoires,...) ;
- Des conditions de lecture (directe, à distance,...) ;
- De la précision souhaitée ;
- Et surtout des débits d'utilisation (permanent, minimum, maximum, exceptionnel).

Le diamètre de l'appareil de comptage est très souvent inférieur à celui de la canalisation sur laquelle il est installé.

*b. Les conditions de pose*

Il est impératif de respecter les conditions d'installation préconisées par les fabricants.

Il faut être particulièrement vigilant sur les points suivants :

- Position de l'appareil (horizontale, verticale, toutes positions) ;
- Perturbation de la mesure (longueur droite amont ou aval, stabilisateur d'écoulement, présence d'air) ;
- Protection de l'appareil (filtre) ;
- Exploitation (vannes de garde amont, aval, accessibilité, regard, démontage,...).

### *c. La relève*

La relève des index peut s'effectuer manuellement (fiches papier ou terminal de relève) ou à distance (communication par radio, réseau téléphonique ou GSM). Pour la surveillance ponctuelle, par exemple pendant une campagne de mesure, on utilise des enregistreurs de données (loggers) qui permettent de mémoriser sur plusieurs jours le débit traversant l'appareil.

### *d. La gestion des appareils de comptage*

Les caractéristiques métrologiques des appareils de comptage ne sont malheureusement pas stables dans le temps. Un contrôle et un renouvellement régulier des appareils est donc indispensable pour éviter les dérives, en général des sous-comptages (surtout pour les compteurs) :

- Pour les petits compteurs, un renouvellement tous les 12 à 15 ans, voire moins selon les caractéristiques de l'eau,
- Pour les gros compteurs une vérification et/ou un renouvellement tous les 3 à 7 ans,
- Pour les débitmètres électromagnétiques, un étalonnage tous les 3 à 5 ans.

L'exploitant d'un réseau d'eau constate, après calcul, un rendement net de son réseau de 82%.

Mais, il s'avère, après vérification par étalonnage que le compteur de l'unique captage sur compte de 19%.

En réalité, le rendement n'est que de 70%...

## **4. La connaissance du patrimoine**

Cette phase préliminaire de recueil des données est essentielle pour l'étude diagnostic, et plus généralement pour la gestion du réseau.

Pour recueillir les informations nécessaires, il convient de se rapprocher de l'ensemble des intervenants : collectivité, pilote de l'étude, maître d'œuvre des travaux, entreprises, administrations et bien sûr l'exploitant dont la collaboration est indispensable.

Nous présentons ici l'ensemble des tâches qui peuvent être réalisées dans cette phase de diagnostic.

En fonction des situations rencontrées, certaines pourront être occultées ou traitées de façon plus succincte.

#### **4.1 Les plans et le fonctionnement du réseau**

##### ***a. Les plans du réseau***

C'est l'outil de base pour l'exploitation et la connaissance d'un réseau.

- Le plan d'ensemble permet d'avoir une vue générale du réseau et de repérer les ouvrages importants et les principales canalisations (avec leurs diamètres). On utilise fréquemment les fonds de plan IGN, (échelle 1/25 000 ou 1/10 000).
- Les plans détaillés ou plans de masse, en général sur fond de plan cadastral, indiquent la nature, le diamètre des canalisations, et repèrent les principaux accessoires du réseau : vannes, ventouses, vidanges, branchements... (Échelle 1/2 000 ou 1/2 500).
- Les plans de récolement restituent sur plan le relevé précis des travaux réalisés. Fournis après chaque tranche de travaux, ils servent de base à la mise à jour des plans du réseau.
- Les carnets de vannage où les accessoires hydrauliques et les branchements du réseau sont repérés par rapport à des points fixes (triangulation).

Aujourd'hui, les plans papier sont de plus en plus remplacés par l'informatique avec les systèmes d'information géographiques (SIG). Ces outils permettent d'améliorer le stockage et la gestion de ces plans. Les bases de données associées peuvent être utilisées pour récolter des renseignements supplémentaires utiles dans la gestion du patrimoine : âge (même approximatif) des conduites, archivage des interventions, abonnés sensibles,...

Une fois réalisés, les plans seront utilisés dans chacune des étapes du diagnostic. Ils constitueront un outil indispensable pour l'exploitation du réseau.

Il convient donc d'attacher une attention particulière à leur actualisation lors de la modification du réseau ou des branchements.

##### ***b. Les ouvrages***

Chaque ouvrage spécifique du réseau doit faire l'objet d'un dossier technique comprenant les photos de l'ouvrage, les plans d'exécution, le schéma de principe du fonctionnement hydraulique et de l'emplacement des accessoires, les fiches techniques des appareillages et les notices techniques.

*☞ Pour les ouvrages de stockage*

L'emplacement, le type, la contenance, les caractéristiques géométriques, les cotes altimétriques, le mode d'alimentation et de vidange, les équipements hydrauliques (robinet à flotteur, vannes de régulation).

*☞ Pour les stations de production, de reprise ou de surpression*

L'emplacement, le type, les caractéristiques des appareillages et des pompes (l'établissement de courbes réelles de pompage pourra être réalisé pour les stations importantes).

*☞ Pour les équipements hydrauliques du réseau (vannes, régulateurs de pression et de débits, compteurs généraux,...) :*

L'emplacement, le type, les caractéristiques, le mode ou la courbe de fonctionnement.

La visite des ouvrages est l'occasion de noter les dysfonctionnements et de dresser un bilan de leur état (génie civil et équipements) ainsi qu'un premier inventaire des travaux de réfection à prévoir.

***c. Le fonctionnement du réseau***

Le recueil des données physiques du réseau, tel qu'il est décrit ci-dessus, doit être complété par des données représentatives du fonctionnement du réseau.

En particulier :

- La définition des différents étages de pression et notamment la position des vannes fermées,
- Les consignes d'asservissement des appareils de régulation,
- Les plages horaires de fonctionnement des pompes,
- Le marnage des réservoirs.

Sur beaucoup de réseaux, en particulier en milieu rural, ces données peuvent évoluer en fonction de certains paramètres : qualité de l'eau d'un point de production, période de sécheresse, saison estivale, interconnexion avec un réseau voisin, ...

Dans chaque cas, il convient de connaître avec précision le mode de fonctionnement utilisé.

## 5. La production et la consommation

### 5.1 La ressource

Il s'agit de recenser l'ensemble des ressources disponibles (captages, forages, eau de surface, interconnexions,...) avec leurs caractéristiques.

- Capacité de production journalière (estimation du débit d'étiage à partir des relevés existants ou d'essais de débit),
- Qualité de l'eau : évolution, adaptation du traitement, périmètres de protection réglementaires,
- Vulnérabilité : risque de pollution et solutions alternatives.

### 5.2 La qualité de l'eau

A partir des analyses réalisées, on pourra étudier l'évolution de la qualité de l'eau (eau brute, eau traitée et eau distribuée), en particulier sur certains paramètres sensibles : microbiologie, agressivité, fer, manganèse, nitrates,...

" La potabilité de l'eau doit être garantie jusqu'aux robinets des usagers ".

La personne publique ou privée responsable de la distribution d'eau tient les résultats de la surveillance de la qualité des eaux ainsi que toute information en relation avec cette qualité. Elle porte à la connaissance de tout incident pouvant avoir des conséquences pour la santé publique.

Chaque année, pour les unités de distribution de plus de 3500 habitants, la personne publique ou privée responsable de la distribution d'eau adresse un bilan de fonctionnement du système de distribution (surveillance et travaux) et indique le plan de surveillance défini pour l'année suivante.

### 5.3 L'analyse des volumes mis en distribution

Cette analyse se fera à partir des relevés périodiques et des enregistrements effectués par l'exploitant sur les comptages des unités de production et des interconnexions (achats ou ventes d'eau). La période couverte par ces investigations est variable selon l'importance du réseau, en général entre 5 et 10 ans.

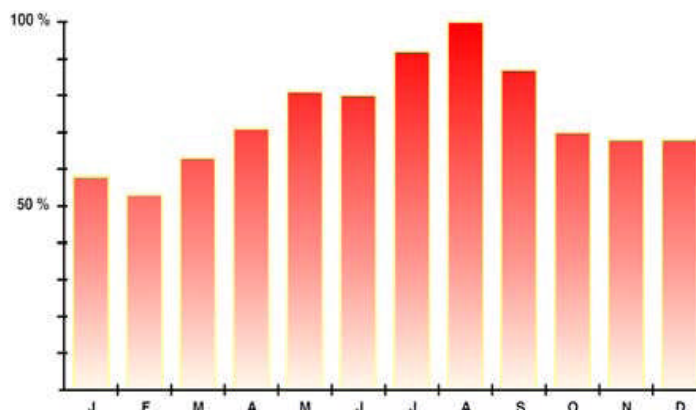


Figure II.2 : Exemple de variation saisonnière de la production en zone touristique



Ces données vont permettre de connaître l'évolution des volumes mis en distribution, les variations saisonnières et les périodes de pointes de consommation (mois de pointe, jour de pointe).

La validité des données de comptage sera soigneusement vérifiée, en particulier le type d'appareil, le dimensionnement, les conditions de pose, l'âge, ... Une vérification périodique est fortement recommandée : contrôle par empotage dans une bêche ou un réservoir, étalonnage sur site avec un compteur étalon, contrôle sur banc d'essai, ...

#### 5.4 Les abonnés

Il s'agit d'étudier la structure des usagers du service :

- Répartition géographique des abonnés par commune ou par quartier (un découpage plus fin sera en général nécessaire s'il est prévu une modélisation du réseau) ;
- Localisation et caractéristiques des gros consommateurs et des consommateurs saisonniers (industrie, agriculteurs, hôtellerie, camping, usages publics, ...) ; en fonction du contexte local, on considère comme «gros consommateurs », un usager qui utilise plus de 1000 à 2000 m<sup>3</sup> par an.

Cet inventaire sera l'occasion de repérer tous les usagers dépourvus de dispositif de comptage.

#### 5.5 L'analyse des volumes consommés comptabilisés

L'évolution annuelle des volumes consommés sera étudiée sur la base des relèves effectuées par l'exploitant, en apportant les corrections éventuelles liées à la modification des durées et des périodes de relève. Ces investigations porteront en général sur les 5 ou 10 dernières années, selon le contexte local.

L'évolution de la consommation sera, en première analyse, comparée avec celle des volumes mis en distribution.

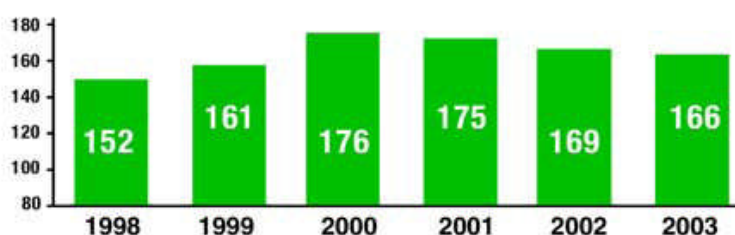


Figure II.3 : Consommation annuelle par abonné (en m<sup>3</sup>)

#### 5.6 La validation des données du comptage

L'objectif de l'étude des données du comptage est double :

- Estimer les erreurs réalisées sur les volumes consommés ;
- Aider à la gestion du parc de compteurs.

De façon pratique, on distinguera les petits compteurs (abonnés domestiques) et les gros compteurs ou débitmètres qui équipent en général les gros consommateurs.

### **5.7 Les volumes consommés non comptés**

Les consommations dépourvues de dispositifs de comptage (usages collectifs publics, service des eaux, défense incendie) seront estimées par référence à des ratios ou des mesures réalisées sur site. Bien entendu, on préconisera des systèmes de comptage sur tous les points équipables.

*Attention* : Les ratios ou les valeurs moyennes sont d'un emploi délicat et souvent source d'erreurs.

Les mesures ou les estimations réalisées sur le terrain valent toujours mieux que les valeurs générales de la littérature. Les volumes utilisés dépendent, en effet, beaucoup du contexte local. Par exemple :

- Les urinoirs publics : type d'appareil (écoulement continu, chasse intermittente), fréquentation,...
- Bâtiments communaux : type, équipements, personnel,...
- Lavage des rues ou des marchés : fréquence, matériel utilisé, pression du réseau,...
- Arrosage des espaces verts, terrains de sport : méthode employée, fréquence,...
- Nettoyage des réservoirs : fréquence, matériel utilisé, procédure,...
- Purges : nombre, fréquence, durée ;
- Défense incendie : fréquence du contrôle, protocole.

Cette étape du diagnostic pourra être l'occasion de quelques recommandations destinées à limiter ces postes de consommation.

### **5.8 Les ratios et les indices**

Les données collectées lors des phases d'analyse de la production et de la consommation, permettent de dresser les premiers bilans et d'estimer les différents indicateurs descriptifs du réseau, ainsi que leur évolution.

#### ***a. Bilan besoins-ressources***

Pour l'estimation des besoins futurs (échéance 5 à 15 ans), on prendra en compte des hypothèses réalistes basées sur l'évolution de la démographie et de l'activité économique, mais aussi sur les économies d'eau potentiellement réalisables sur le territoire.

### ***b. Ratios de fonctionnement du réseau***

On s'attachera particulièrement à l'évolution de ces ratios : rendement et indices de pertes.

## **6. La sectorisation du réseau**

### **6.1 Le principe**

La sectorisation d'un réseau consiste à le décomposer en plusieurs zones distinctes sur lesquelles les volumes mis en distribution sont mesurés.

Dans le cadre d'un diagnostic, les débits sont analysés de façon temporaire sur quelques jours ou quelques semaines. Pour le suivi du réseau, l'analyse est permanente et s'inscrit dans les tâches d'exploitation : suivi quotidien, étude des évolutions, calcul des indices.

La phase précédente du diagnostic revêt ici une importance primordiale. L'exactitude des plans du réseau et la connaissance de son fonctionnement (schéma fonctionnel des ouvrages, vannes d'isolement,...) sont les éléments clés pour réaliser dans de bonnes conditions la sectorisation du réseau.

### **6.2 La délimitation des secteurs**

La subdivision du réseau en zones distinctes ne répond pas à une méthodologie précise et doit être réalisée au cas par cas en fonction du contexte local.

On peut cependant donner quelques consignes générales :

- On cherchera à définir des secteurs hydrauliquement séparés les uns des autres et les plus homogènes possible vis-à-vis des critères suivants : urbanisation, usages de l'eau, type de réseau,...
- Les volumes mis en distribution dans chaque secteur sont calculés à partir d'un ou plusieurs points de mesure. On s'efforcera de limiter le nombre de points d'acquisition de données à 3 ou 4 par zone et on mettra en place des dispositifs de validation pour les points clés (double comptage, étalonnage,...).
- Le réseau d'alimentation en eau potable évolue dans le temps. La sectorisation devra donc être modifiable pour tenir compte des nouvelles configurations : extension de l'urbanisation, interconnexion, nouvelle ressource.

Un réseau de distribution peut être divisé en plusieurs niveaux de sectorisation en fonction de sa taille.

1<sup>er</sup> échelon (impératif) : Suivi annuel des volumes mis en distribution et des incidents sur réseau, les indicateurs techniques sont calculés à ce niveau.

Pour les réseaux moyens, ce 1er niveau de sectorisation est usuellement organisé sur la base des zones d'influences des différentes ressources et des étages de pression.

- Les secteurs sont isolés de façon permanente (sauf situation exceptionnelle),
- Les points de mesure sont situés généralement sur les principaux ouvrages,
- Le suivi des points de mesure permet le calcul des indicateurs techniques (rendement et indices de pertes) sur chaque secteur.

2<sup>ème</sup> échelon (préconisé) : Quantification des résultats d'une campagne de recherche de fuites, suivi permanent des volumes mis en distribution et débits nocturnes (s'ils sont pertinents) à l'aide de la télégestion, mise en évidence de l'apparition de nouvelles fuites.

Ce 2<sup>ème</sup> niveau de sectorisation sera appliqué sur tout ou partie du réseau en fonction des possibilités hydrauliques d'isoler un secteur, des possibilités de comptage et des conclusions déduites de l'analyse du 1<sup>er</sup> niveau de sectorisation.

En fonction de l'équipement (permanent ou ponctuel) des points de mesure, l'exploitant pourra suivre :

- Les volumes journaliers mis en distribution ;
- Les volumes nocturnes sur une plage horaire ;
- Les débits minima ;
- Les indices linéaires de pertes.

3<sup>ème</sup> échelon (cité pour mémoire) : Aide à la pré-localisation des fuites par manœuvre des vannes et observation de la variation du débit.

Ce 3<sup>ème</sup> niveau de sectorisation d'aide à la prélocalisation de fuites par manœuvre de vannes, autrefois fréquent (compteurs en by-pass de vanne en regard) apparaît aujourd'hui moins nécessaire du fait du développement des pré-localisateurs acoustiques de fuites.

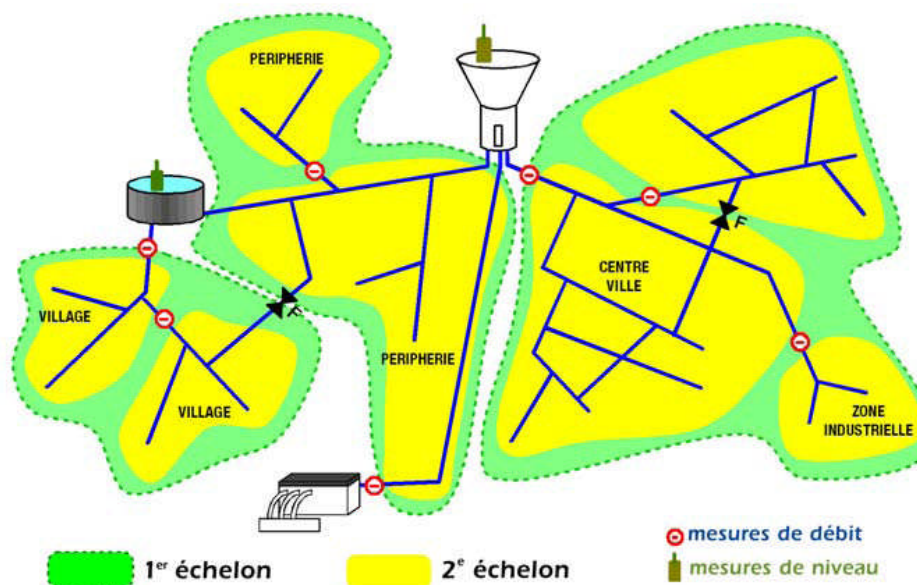


Figure II.4 : Sectorisation du réseau

**Attention à l'étanchéité des vannes** : Il est impératif de vérifier la fermeture et l'étanchéité des vannes qui isolent les secteurs les uns des autres ; en cas d'incertitude, ne pas hésiter à changer les robinets vannes.

### 6.3 Les intervenants de la sectorisation

En général, on trouve ce type de répartition :

- La délimitation des secteurs est une prestation qui incombe au bureau d'études ;
- La mise en place des dispositifs de comptage est réalisée par un prestataire, après consultation ;
- La campagne de mesure initiale est réalisée par le bureau d'études ;
- Le suivi permanent des comptages est une mission de l'exploitant.

La concertation entre tous les intervenants est, bien sûr, toujours indispensable.

### 6.4 Les points de mesure

La sectorisation d'un réseau d'eau potable est basée sur la mesure des volumes mis en distribution sur chacune des zones définies. On utilise essentiellement des mesures de débit et des mesures de niveau.

#### a. Les mesures de débit

Elles seront implantées sur tous les points d'entrée ou de sortie de débit de chaque secteur : production, traitement, remplissage ou distribution de réservoirs, achat ou vente d'eau aux collectivités voisines, interconnexion avec d'autres secteurs.

Les mesures de débit sont réalisées avec des compteurs, des débitmètres électromagnétiques ou encore des débitmètres à insertion et ultrasons.

Un soin particulier doit être apporté à la validation des points de mesure :

- Pour les appareils existants : contrôle du type, du calibre, des conditions d'installation et vérification par étalonnage (empotage, appareil étalon, banc d'essai,...) ;
- Pour les nouveaux points de mesure, choix judicieux de l'appareil (type, dimensionnement) et qualité de l'installation (longueurs droites, filtre, regards,...).

Dans certains cas, les points de mesure du débit pourront être recoupés avec le débit de refoulement des stations de pompage. Pour ce faire, il est nécessaire de valider les courbes caractéristiques des pompes.

### ***b. Les mesures de niveau***

Ces mesures permettent d'observer la variation du volume des réservoirs, et donc de compléter les données sur les débits. Elles sont généralement mises en place sur tous les réservoirs et les bâches de stockage. On utilise des sondes à ultrasons ou des capteurs de pression.

Ce type de mesure nécessite de connaître avec précision les dimensions des cuves et en particulier la variation du volume en fonction du niveau.

### ***c. Les mesures de pression***

Lorsque le diagnostic intègre la modélisation du réseau, des mesures de pression sont associées aux mesures de débit et de niveau pour le calage du modèle mathématique.

Les mesures de pression permettent toujours d'améliorer la connaissance du réseau.

## **6.5 L'acquisition et l'interprétation des données**

Les conditions d'acquisition et de suivi des mesures dépendent de l'importance du réseau, du type de sectorisation et des équipements utilisés :

### ***a. Le suivi annuel***

La relève annuelle des différents systèmes de comptage permet d'obtenir les volumes mis en distribution sur chaque secteur. La connaissance des volumes consommés permet ainsi de calculer par zone les indicateurs annuels de rendements et d'indices de pertes. Cette approche nécessite que chaque abonné soit rattaché à un secteur et que les tournées de relève soient réalisées en conséquence.

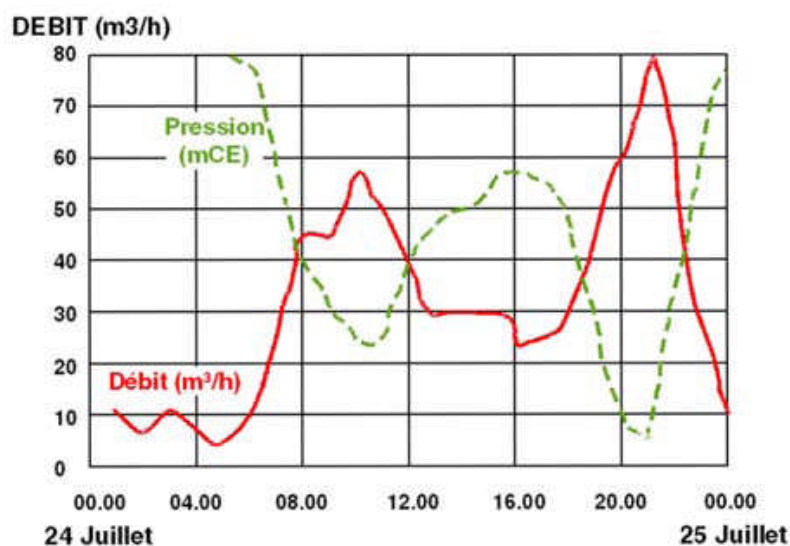
Par rapport aux indicateurs calculés pour l'ensemble du réseau, on pourra faire ressortir les disparités entre secteurs et identifier les plus fragiles sur lesquels porteront en priorité les efforts d'amélioration.

### ***b. Le suivi ponctuel***

Il s'inscrit généralement dans le cadre d'une campagne de mesure intégrée au diagnostic initial du réseau.

Sur chaque secteur, on mesurera les volumes mis en distribution et en particulier le débit minimum nocturne. Cette valeur, déduction faite des consommations nocturnes connues (industriels, gros consommateurs, artisans,...), peut être assimilée aux fuites et permet de calculer l'indice linéaire de fuites par secteur. La comparaison des valeurs orientera les priorités dans la recherche précise des fuites.

La mesure du débit nocturne de chaque zone est réalisée à partir d'enregistrements en continu et simultané des débits entrants et sortants ainsi que des niveaux des réservoirs. La durée minimale des mesures est d'une nuit. Il est cependant préférable de travailler sur plusieurs journées de mesures pour s'affranchir de certaines erreurs. Pour l'enregistrement des données, on utilise des enregistreurs autonomes (loggers) qui, après programmation, sont connectés sur site au dispositif de mesure (compteur, débitmètre, capteur de niveau).



*Figure II.5 : Exemple d'enregistrement débit pression*

Sur ce secteur, le débit minimum nocturne mesuré est de 4 m³/h soit pour un réseau de 10 km, un indice linéaire de fuites de :  $ILP = 4 \cdot 24 / 10 = 9,6 \text{ m}^3/\text{jour}/\text{km}$

### *Le suivi permanent*

Il fait partie intégrante de la gestion du réseau de distribution et permet en particulier de surveiller l'apparition de toutes nouvelles anomalies.

On enregistre en continu les débits des appareils de comptage et les niveaux des réservoirs.

Pour ce faire, on utilise des enregistreurs de données équipés de modems qui peuvent communiquer avec un poste central via le réseau téléphonique, la radio ou le GSM. Les données récoltées sont traitées sur micro-ordinateur ou intégrées au système central de télégestion si la collectivité en est équipée. On peut ainsi suivre quotidiennement, par secteur :

- L'évolution des volumes journaliers,
- Le marnage des réservoirs,
- Les débits de pointe,
- L'évolution des débits minima et des indices de fuites.

Rappelons que les données du suivi permanent d'un réseau sont la propriété de la collectivité.

### **Conclusion**

Il convient de rappeler que les rendements et indices de pertes permettent d'apprécier l'état du réseau et la qualité de la distribution.

Les actions (à court, moyen et long terme) à entreprendre après le diagnostic doivent prendre en compte les aspects économiques et les limites de la recherche de fuites :

- Il est plus intéressant d'améliorer le rendement médiocre d'un réseau plutôt que persévérer à améliorer un bon rendement.
- Il est rentable d'effectuer des campagnes de recherche de fuites, lorsqu'elles permettent de différer des investissements des ouvrages de production et de distribution.

Les pertes d'eau en distribution représentent non seulement les fuites mais aussi les consommations sans comptage, les défauts de comptage et les vols d'eau. Les limites de la recherche de fuites sont par conséquent fixes par :

- L'importance des pertes d'eau imputables aux fuites.
- Au gain financier qui résulte de l'amélioration du rendement et le coût que cela représente.

Le gestionnaire de réseau doit donc se donner en permanence les moyens de connaître l'origine et la quantification des différents types de pertes sur son réseau



pour éviter le risque d'erreur concernant (la ou) les pertes qui pénalisent le rendement. Surtout s'il envisage de modifier la stratégie et les moyens en matière de recherche de fuites.

## Chapitre III

# ACTIONS SUR LES PERTES

### Introduction

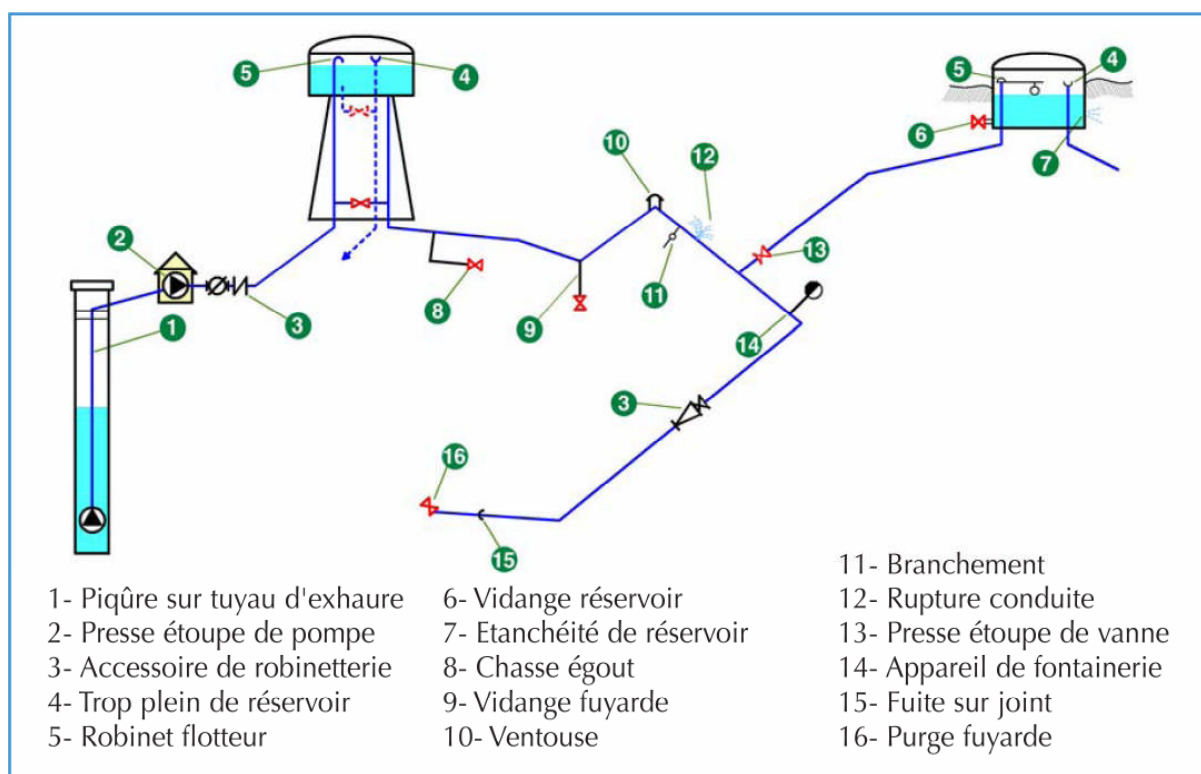
Les étapes précédentes du diagnostic permettent de mettre en évidence les dysfonctionnements du réseau, et, en particulier d'identifier les secteurs prioritaires pour la diminution des pertes d'eau. Il s'agit, maintenant, de localiser précisément les fuites, de les réparer et d'assurer le suivi du réseau pour conserver les acquis du diagnostic.

### 1. Les fuites (pertes physiques)

Les fuites proviennent essentiellement d'une mauvaise étanchéité des canalisations et de leurs accessoires. Les facteurs de risques sont multiples.

Parmi les principales causes de fuites, on retiendra :

- Les conditions de pose : choix des matériaux, techniques de raccordement, soin apporté à la réalisation des travaux ;
- La nature du terrain : remblai, acidité et stabilité des sols ;
- La qualité de l'eau : agressivité naturelle ;
- Les conditions hydrauliques : pression excessive, variation de pression, coup de bélier, air dans les conduites ;
- L'âge des conduites ;
- L'environnement du réseau : circulation automobile, chantiers, courants vagabonds,... ;
- La densité des accessoires de robinetterie, de fontainerie et de branchements ;
- Les variations de température : gel, dégel.



*Figure III.1 : Schémas représentatif des pertes physiques*

#### *Attention aux branchements*

La grande majorité des fuites provient des branchements, depuis le dispositif de prise en charge jusqu'au compteur de l'utilisateur.

## **2. La localisation des fuites**

Pour localiser précisément les fuites, on utilise différentes méthodes mises en œuvre, en général, par étapes successives. A partir d'un secteur jugé douteux (étape précédente du diagnostic), on essaye d'identifier le tronçon fuyard (prélocalisation) puis on détermine la position précise de la fuite (localisation).

Les outils et les méthodes mis en œuvre sur le terrain sont basés soit sur la quantification, soit sur des approches acoustiques.

L'eau sous pression qui s'échappe par une défectuosité de la conduite génère des vibrations acoustiques. Ces bruits, dont la fréquence varie de quelques hertz à quelques kilohertz selon les caractéristiques de la fuite et de la canalisation, se propagent à grande vitesse à la fois sur la conduite (sur de longues distances) et dans le sol (sur des distances de quelques mètres le long du tracé de la conduite). Il s'agit donc d'écouter, d'enregistrer et d'analyser ces bruits.

## 2.1 La prélocalisation des fuites

### a. Les mesures de nuit

On mesure de nuit, entre 1h et 4h du matin, les volumes enregistrés sur un compteur de zone après fermetures successives et à intervalles réguliers (15 à 30 minutes) des vannes de sectionnement du secteur analysé. En isolant ainsi chaque ramification du réseau, on quantifie les fuites par tronçons mettant en évidence les parties du réseau les plus affectées.

Cette méthode utilisable de nuit, est particulièrement appropriée aux réseaux de type rural à structure ramifiée.

### b. Le camion de quantification

Cette méthode mise en œuvre par des sociétés spécialisées, consiste à mesurer en continu les débits de consommation à l'intérieur d'une maille. Après avoir isolé du réseau quelques centaines de mètres de conduites et vérifié l'étanchéité des vannes, on réalimente le quartier par des tuyaux souples à partir d'un hydrant extérieur à la maille. L'alimentation s'effectue via un camion de quantification équipé d'appareils de mesures : débitmètre et manomètre enregistreurs. Le débit consommé dans la maille est analysé avec précision (5 mesures par seconde) et sa valeur minimum représente le "débit de perte" de la maille : fuite, consommation permanente, usage public, ...

Cette méthode s'utilise de jour, sans interruption de la distribution.

### c. Les enregistreurs de bruits

Cette technique met en œuvre des capteurs de bruit autonomes et sensibles qui enregistrent et analysent le niveau sonore de la conduite. On peut ainsi repérer le bruit généré par une fuite sur le réseau.

Ces capteurs sont programmés et installés sur le réseau pendant la journée. Ils sont placés sur les points d'accès du réseau (poteaux d'incendie, robinets de branchement, bouches à clé)... et espacés de 50 à 200 mètres. Ils enregistrent automatiquement le niveau de bruit minimum de la conduite. Ces appareils "travaillent" généralement la nuit qui est la période idéale pour déceler les bruits de fuites (pression maximum, bruits parasites minimum).

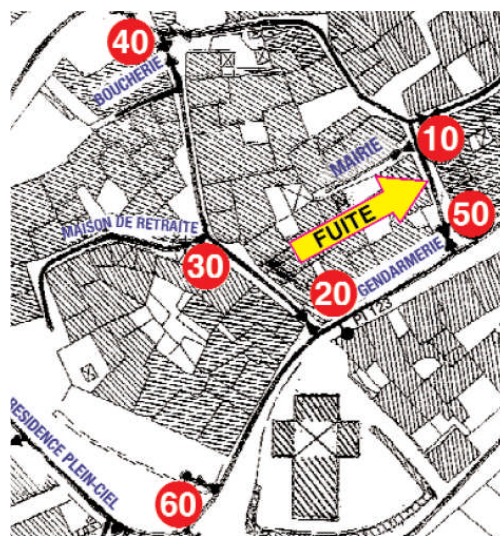
Après quelques heures ou une nuit de mesure, les données sont interprétées directement sur place ou à l'aide d'un logiciel associé aux capteurs et permettent de soupçonner la présence de fuites entre les deux enregistreurs.

Le déplacement des enregistreurs de bruit sur une zone permet d'affiner la prélocalisation.

Les évolutions sont nombreuses sur ce type de matériel : transmission des données par voie radio ou GSM, mémorisation du bruit, multi-corrélation,....

**Tableau III-1 résultat obtenue par l'enregistreur de bruit**

Appareil	Niveau	Lieu
10	540	Mairie
20	90	PI 123
30	35	Maison de retraite
40	9	Boucherie
50	185	Gendarmerie
60	3	Résidence Plein Ciel



**Figure III.2 :** Fonctionnement d'un enregistreur de bruit

L'analyse des enregistreurs permet de soupçonner une fuite ou un bruit permanent entre les capteurs 10 et 50.

## 2.2 La localisation précise des fuites

### a. Les amplificateurs mécaniques

De conception rudimentaire, ces appareils, aux performances limitées, requièrent une oreille exercée. Les détecteurs mécaniques sont généralement utilisés pour des écoutes directes sur le réseau où l'atténuation du bruit est beaucoup moins rapide qu'au sol.

L'amplification de type mécanique offre l'avantage de ne pas déformer ou modifier les bruits.

C'est aussi une entrave aux performances de l'appareil qui restent assez modestes.

### b. Les amplificateurs électroniques



**Figure III.3 :**

*Amplificateur électronique*

Ces détecteurs, beaucoup plus sensibles que les amplificateurs mécaniques sont composés de trois éléments principaux : un capteur (microphone), un récepteur (traitement du signal) et un signal de sortie.

Le capteur "microphone" transforme les vibrations mécaniques en courants électriques de faible intensité. Ces signaux sont amplifiés et traités électroniquement par le boîtier récepteur.

Deux sorties (galvanomètre ou barre graphe et casque) permettent à l'opérateur d'apprécier le bruit de fuite.

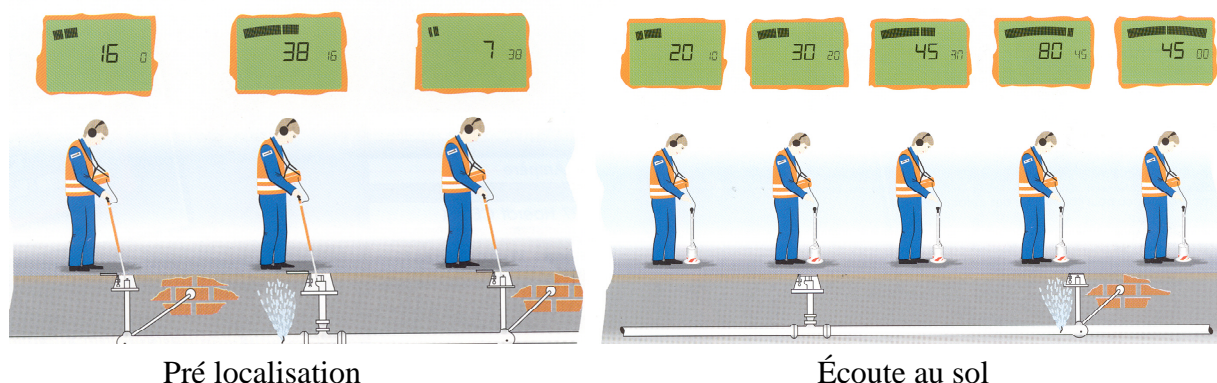


Figure III.4 : Principe de fonctionnement d'un amplificateur électronique

La plupart des appareils comporte différents capteurs adaptés aux points d'écoute :

- Ecoute directe sur les carrés de vannes ou les branchements ;
- Ecoute sur surfaces planes (chaussée, trottoirs, dalle béton,...) ;
- Ecoute sur surfaces irrégulières (graviers, cailloux,...) ; \*Ecoute sur sol mou (pelouse, terre,...).

La méthode d'utilisation de ce type d'appareil consiste à écouter et analyser les bruits captés par contact direct sur le réseau (carrés de robinet d'arrêt, compteurs, vannes,...). Dès l'amorce d'un bruit de fuites, il faudra rechercher le bruit maximal entre deux points d'accès au réseau puis finaliser la recherche par des écoutes au sol.

### c. La corrélation acoustique

La corrélation acoustique est apparue au début des années 1980. Depuis, les performances des corrélateurs n'ont cessé de s'améliorer : transmission radio, puissance calcul, sensibilité, ergonomie, encombrement, prix, multi corrélation...

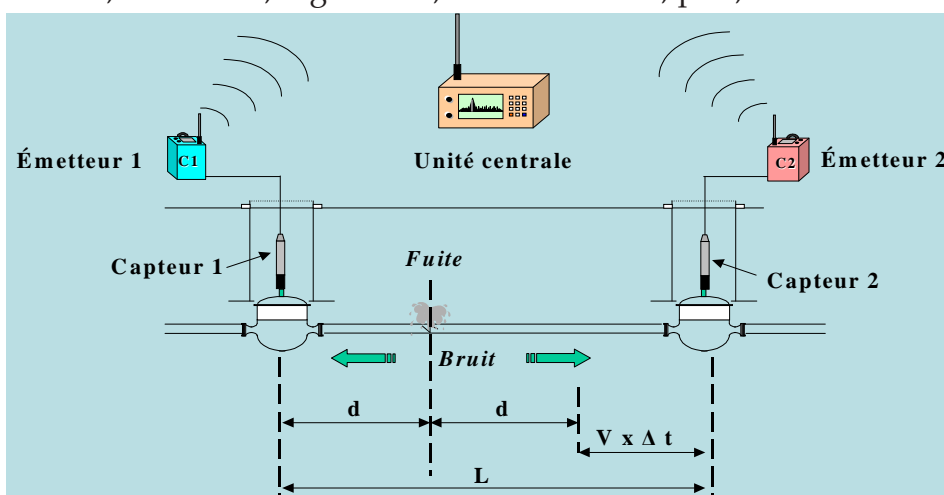


Figure III.5 : Principe de fonctionnement d'un corrélateur acoustique

Elle est basée sur trois propriétés fondamentales du "bruit de fuite" :

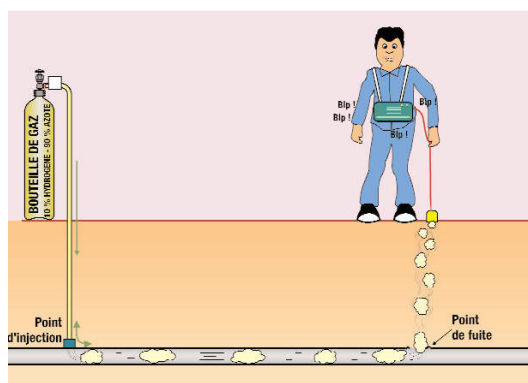
- Il est aléatoire, son évolution dans le temps ne répond à aucune règle ;
- Sa propagation dans la conduite se fait à vitesse égale de part et d'autre de la fuite ;
- Il est permanent dans le temps, contrairement à la plupart des autres bruits parasites.

La méthode consiste à capter en 2 points différents et accessibles de la conduite, le bruit émis par la fuite et à trouver une ressemblance entre les signaux reçus.

Le résultat du traitement, réalisé par le corrélateur ou un ordinateur, donne simultanément la détection de la fuite (ressemblance des signaux) et sa localisation (repérage du décalage qui a permis de retrouver cette ressemblance).

#### d. Le gaz traceur

Ce procédé permet de localiser les fuites sur un réseau d'eau sous pression grâce à l'utilisation d'un gaz traceur.



*Figure III.6 : Principe de fonctionnement du gaz traceur*

Le gaz employé est un mélange d'azote (90%) et d'hydrogène ou d'hélium (10%) conditionné en bouteille pressurisée. Ce gaz est incolore, inodore et ne présente aucun danger pour la consommation humaine. Le gaz, qui s'échappe par l'orifice de la fuite, est ensuite détecté à la surface du sol.

La mise en œuvre, plus délicate, de ce procédé demande un opérateur expérimenté.

#### e. La détection des canalisations : un outil complémentaire à la recherche de fuites

La localisation des fuites nécessite une connaissance précise de l'emplacement des conduites. Les plans ne sont pas toujours précis.

Les méthodes de détection des canalisations deviennent alors des outils précieux pour déterminer le tracé exact des conduites enterrées.

On distingue :

- La détection électromagnétique (conduites métalliques) : détection du signal électromagnétique créé autour de la conduite par le passage d'un courant électrique ;
- La détection électromagnétique d'une sonde introduite dans la canalisation ;

- Les méthodes acoustiques : détection d'une onde sonore transmise à la canalisation par un vibreur.

### **3. La réparation des fuites**

Après la localisation précise de la fuite, le service procède à sa réparation.

Il s'agit d'une opération délicate, réalisée en général dans des conditions difficiles ; elle demande le respect de certains principes :

- Sécurité des intervenants et du public (piétons, automobilistes),
- Maintien de la qualité sanitaire de l'eau potable,
- Pérennité de la réparation.

Les réparations des fuites doivent être réalisées immédiatement après leur localisation, si possible dans l'année qui suit, de façon à pouvoir mesurer l'efficacité de ces réparations.

### **4. Le suivi du réseau**

La réalisation, dans de bonnes conditions, des étapes précédentes du diagnostic doit conduire à réduire les pertes d'eau et donc à ramener les indicateurs (rendement, indice de perte,...) à un bon niveau.

Il s'agit désormais de conserver ces acquis et de surveiller l'évolution du réseau de façon à prévenir rapidement tout dérapage en matière de consommation d'eau.

Le suivi du réseau est donc l'étape indispensable pour assurer une gestion pérenne du système d'alimentation en eau potable.

L'implication de la collectivité et de l'exploitant est primordiale.

Pour assurer cette tâche, les outils et les moyens sont variés et vont dépendre, en particulier, des méthodes mises en place pour réaliser le diagnostic.

En cas de gestion déléguée, les modalités de suivi du réseau et de restitution des données doivent être précisées dans le contrat de délégation.

#### **4.1 L'exploitation courante**

##### ***a. La mise à jour des données***

Toutes les données descriptives du réseau et de son fonctionnement doivent être scrupuleusement actualisées lors de modifications ou d'interventions sur les conduites ou les branchements.

Selon l'organisation du service des eaux, des procédures adéquates seront mises en place de façon à garantir la transcription précise des modifications réalisées sur le terrain.



***b. La surveillance et la maintenance des comptages***

L'objectif est de réaliser un suivi permanent des points de comptage installés dans la phase de sectorisation du diagnostic.

En fonction des moyens mis en place et de la configuration du réseau, les secteurs surveillés seront d'importance variable. De façon pratique, on utilise des systèmes d'acquisition et de transmission de données des points de comptage vers les postes de traitement des données (micro-ordinateur, poste central, téléphone portable,...).

Par ailleurs, les appareils de comptage seront régulièrement vérifiés afin de garantir la validité de la mesure.

***c. Le calcul et le suivi des indicateurs***

Les données rapatriées au service des eaux permettent de calculer et de suivre régulièrement différents indicateurs susceptibles d'indiquer l'apparition de nouvelles anomalies : volumes journaliers, débit de pointe, débit minima, indice de pertes,....

**4.2 Les actions ponctuelles*****a. La réalisation de campagnes de mesure ponctuelles***

Le suivi des comptages et l'analyse des indices de perte peuvent conduire l'exploitant du réseau à réaliser des campagnes d'investigations temporaires sur un secteur donné.

Pour ce faire, on utilise les moyens habituels des campagnes de mesure : appareils de comptage (éventuellement provisoires), enregistreurs de données, ...

Certains gestionnaires de réseau emploient des enregistreurs de bruit en nombre important (30 à 50 capteurs au minimum) pour surveiller une zone jugée fragile de façon ponctuelle, voire de façon permanente.

***b. La modulation de pression***

L'objectif de cette approche est de diminuer la pression nocturne du réseau afin de réduire les contraintes dans les conduites. On limite ainsi le débit des fuites existantes, de même que l'on réduit le risque d'apparition de nouvelles fuites.

Cette méthode n'est pas une alternative à la recherche et à la réparation des fuites, mais un outil complémentaire pour maîtriser les pertes d'eau et prolonger la vie du réseau.

En pratique, on utilise une vanne de régulation de pression aval équipée d'un dispositif autorisant le changement de consigne de pression : pression haute en

période de fortes consommations et pression basse, la nuit, lors des faibles consommations.

## 5. Pourquoi la modulation de la pression

### 5.1 Effets des fortes pressions

#### a. Relation entre la pression et les pertes d'eau

De 1999 à 2003, l'UKWIR (organisme successeur du WRC) a étudié pour l'industrie de l'eau anglaise la relation entre pression et pertes d'eau.

L'étude a d'abord mis en évidence une relation nette entre le débit de nuit, dont les fuites sont la composante essentielle, et la pression de service. Les deux graphiques ci-dessous les comparent pour 125 secteurs de la Bristol Water et 805 de la Yorkshire Water.

Sur le premier graphique, le débit de nuit suit la pression de façon quasi linéaire: il passe de 3 l/h/branchement à 30 m de pression de nuit à 6,5 l/h/branchement à 70 m.

Sur le deuxième, la relation est plutôt à la racine carrée. Pour une augmentation de la pression d'un facteur 2 (de 27 m à 52 m), le débit de nuit augmente d'un facteur 1,5 (de 4,5 l/h/branchement à 7 l/h/branchement).

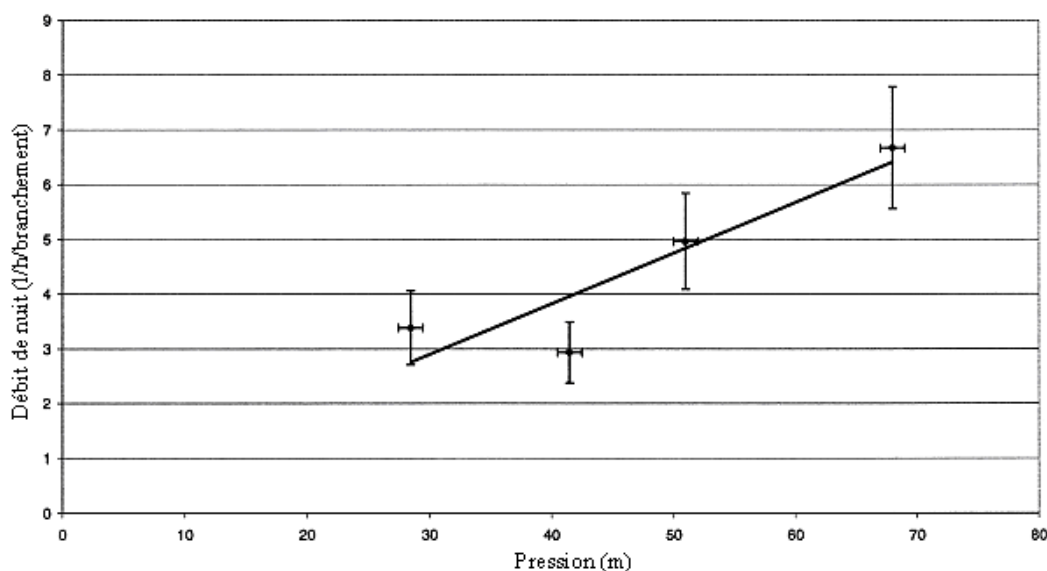
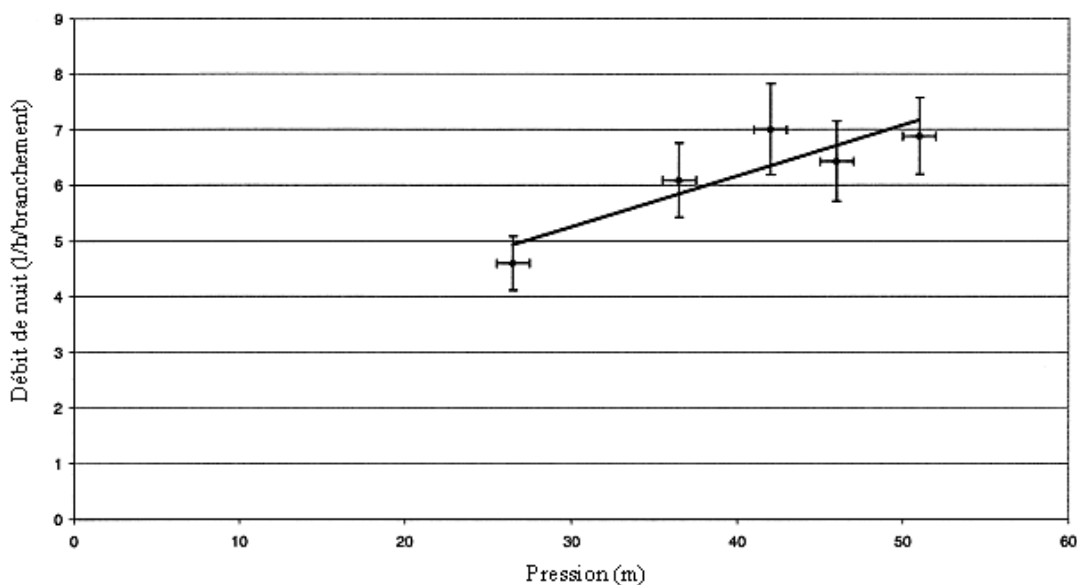


Figure III.7 : Relation entre débit de nuit et pression de service (pour 125 secteurs de la Bristol Water)



**Figure III.8 :** Relation entre débit de nuit et pression de service (pour 805 secteurs de la Yorkshire Water)

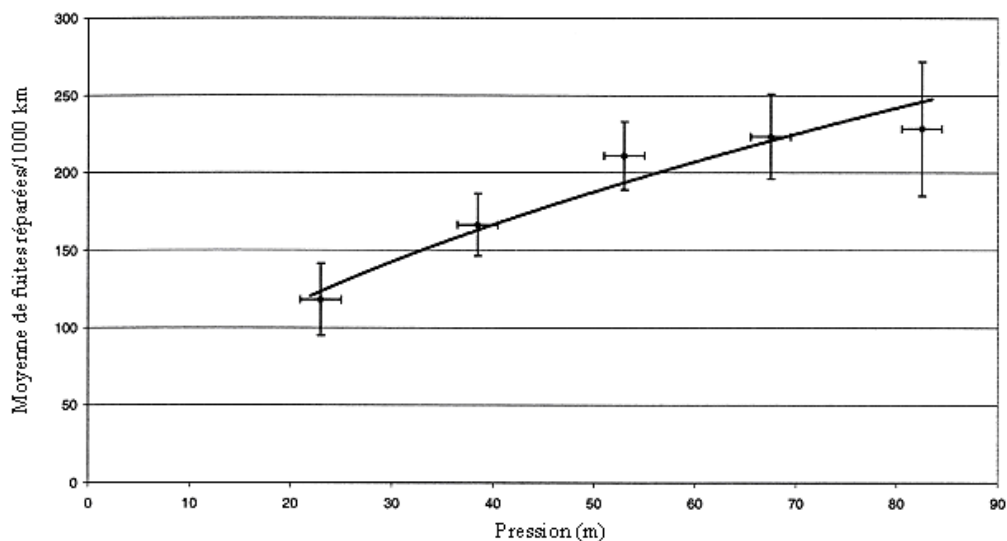
L'UKWIR a aussi étudié le rythme d'augmentation « naturelle » des pertes en l'absence d'une politique active de recherche des fuites (En dehors de la réparation de celles venues en surface et du suivi des réclamations des abonnés pour manque de pression). Sur la base des données relevées sur 129 secteurs, l'étude a conclu que cette augmentation est faible sur les réseaux alimentés à une pression de nuit inférieure à 50 m, mais qu'elle est de  $17 \text{ m}^3/\text{branchement}/\text{an}$  sur les réseaux alimentés à une pression supérieure.

La pression a clairement une incidence sur le débit des fuites et sur leur nombre, c'est-à-dire sur leur rythme d'apparition.

#### ***b. Relation entre pression et fréquence des casses***

Les études ont indiqué une forte corrélation entre la pression de service de nuit et la fréquence des fuites réparées.

Le graphique ci-après indique le nombre de fuites réparées par an en fonction de la pression moyenne de nuit sur 750 secteurs de la Yorkshire Water.

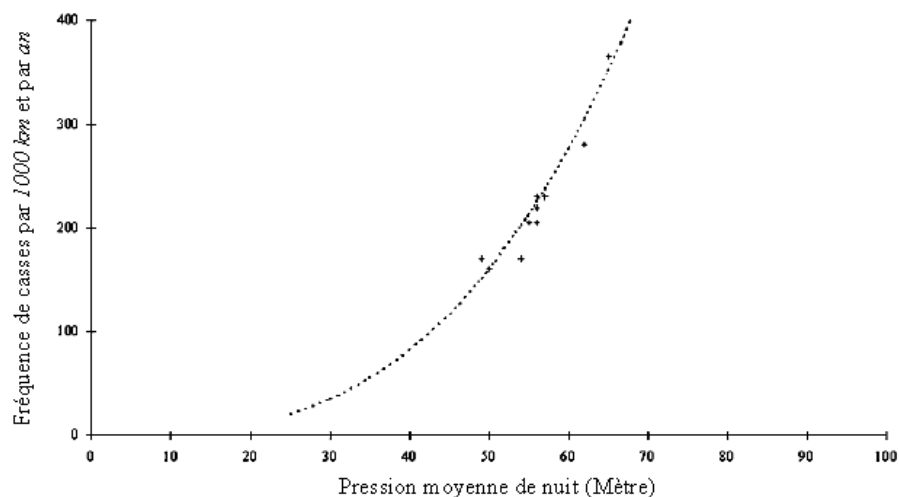


**Figure III.9 :** Relation entre la pression et le nombre de fuites réparées

Pour une augmentation de la pression d'un facteur 3.5 (de 24 à 84 m), le nombre de réparations a augmenté d'un facteur 2 (de 120 à 230).

L'étude de l'UKWIR a conclu : « Un rapport à la racine carrée entre la pression moyenne de nuit et la fréquence des casses peut être utilisé pour prédire, de façon pessimiste et à minima, les effets du contrôle de pression. Les résultats obtenus devraient être meilleurs, grâce à la stabilité apportée par la régulation de pression. »

Dans l'exemple ci-dessous issu d'une autre source (Alan Lamberts, l'ensemble de la Welsh Water), le nombre de fuites varie au cube du rapport des pressions de nuit.



**Figure III.10 :** Fréquence de cassure en fonction de la pression de nuit

Le graphique suivant présente le résultat d’une campagne de réduction de pression sur le réseau d’amiante-ciment de Palmira (Colombie). Des résultats similaires ont été obtenus sur celui de Bologne (Italie).

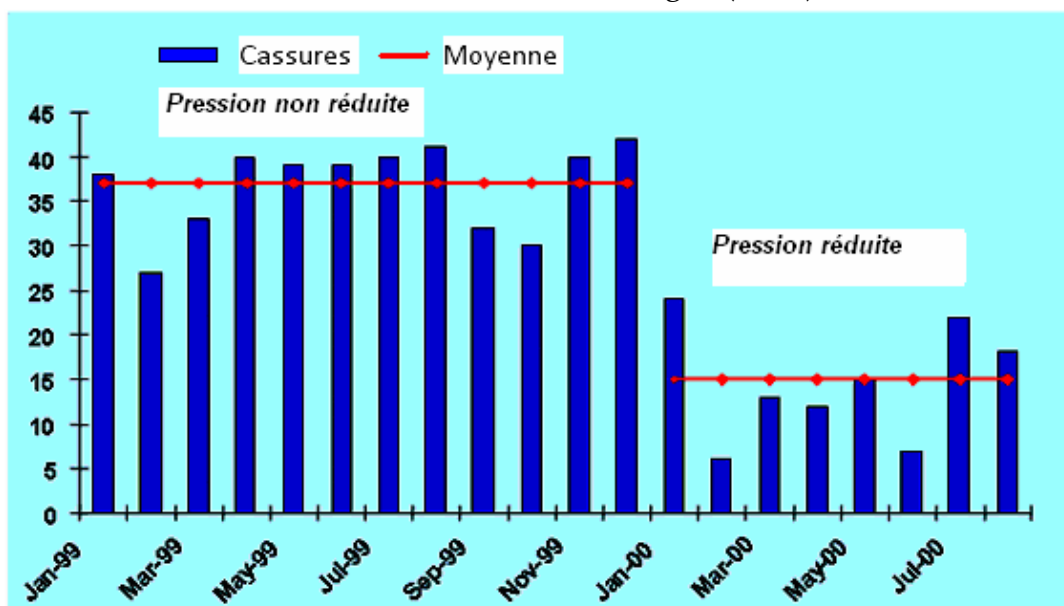


Figure III.11 : Nombre de cassures avant et après la réduction de pression

Le tableau ci-après présente les résultats de cents dix opérations de contrôle de pression, collectés par la Leakage Control Task Force de l’IWA.

Tableau III-2 impact de la modulation de la pression sur l’apparition des fuites dans le monde

Pays	Distributeur (ville, société)	Nombre de Zones Alimentées A pression régulée	Pression Maximale Initiale, (m)	Réduction de la pression maximale (%)	Réduction des réparation (%)	Conduites (C), Branchements (B)
Australie	Bribane	1	100	35%	28%	C .B
	Gold Coast	10	60-90	50%	60%	C
					70%	B
Yarra Valley	4	100	30%	28%	C	
Bahamas	New Providence	7	39	34%	40%	C.B
Bosnie Herzegovine	Garacanica	3	50	20%	59%	C
					72%	B
Brésil	Caesb	2	70	33%	58%	C
					24%	B
	Sabesp ROP	1	40	30%	38%	C
	Sabesp MO	1	58	65%	80%	C
29%					B	

	Sabesp MS	1	23	30%	64%	C
					64%	B
	SANASA	1	50	70%	50%	C
					50%	B
	Sanepar	7	45	30%	30%	C
					70%	B
<b>Canada</b>	Halifax	1	56	18%	23%	C
					23%	B
<b>Colombie</b>	Armenia	25	100	33%	50%	C
					50%	B
	Palmira	5	80	75%	94%	C.B
	Bogota	2	55	30%	31%	B
<b>Chypre</b>	Lemesos	7	52.5	32%	45%	C
					40%	B
<b>Angleterre</b>	Bristol Water	19	62	40%	40%	C
					55%	B
	United Utilities	10	47.6	32%	72%	C
					75%	B
<b>Italie</b>	Torino	1	69	10%	45%	C.B
	Umbra	1	130	39%	71%	C.B
<b>Etats-Unis</b>	<b>American Water</b>	<b>1</b>	<b>199</b>	<b>36%</b>	<b>50%</b>	<b>C</b>

(Source : A. Lambert)

Tous ces résultats prouvent une forte relation entre pression et rythme d'apparition des fuites, mais il est difficile de la préciser. De multiples facteurs (pression de service, corrosion, circulation automobile, déplacement saisonnière du sol) concourent dans le temps à baisser le seuil de résistance d'une conduite, et il est difficile d'identifier l'incidence d'un seul.

Nous venons de voir que les pressions statiques trop élevées créent des fuites. Une variation brusque de pression peut en créer aussi.

La trop grande rapidité de manœuvre d'une vanne en est la cause la plus fréquente. Le graphique ci-dessous montre les variations de pression dues à l'opération d'une vanne électrique à l'entrée du réservoir d'Indicatore, en Toscane (en rouge, la pression à l'entrée du réservoir, en bleu, celle mesurée sur sa conduite d'alimentation de 200 mm, à deux kilomètres à l'amont).

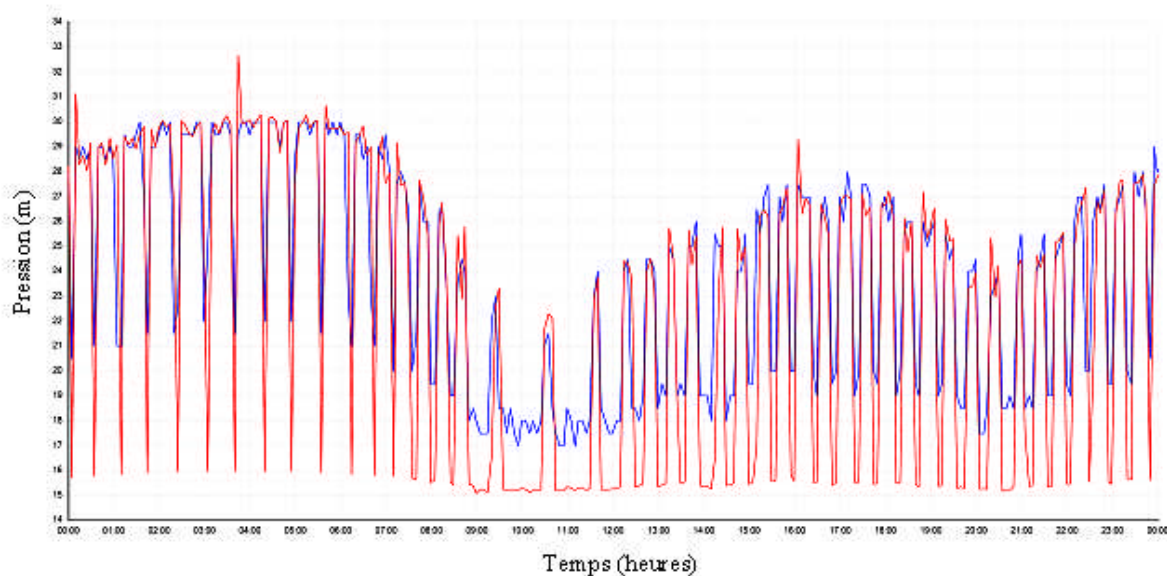


Figure III.12 : Variation de la pression due à une manœuvre rapide d'une vanne

La perturbation peut aussi être due aux tirages d'un abonné industriel. Le graphique ci-après superpose débit (rouge) et pression (bleu) enregistrés au branchement de 150 mm de la SOMADIR à Casablanca. L'intervalle d'enregistrement est de 2 mn pour le débit, 30 s pour la pression. Elle varie de 40 m à chaque tirage ; le phénomène se répète plus de vingt fois par jour.

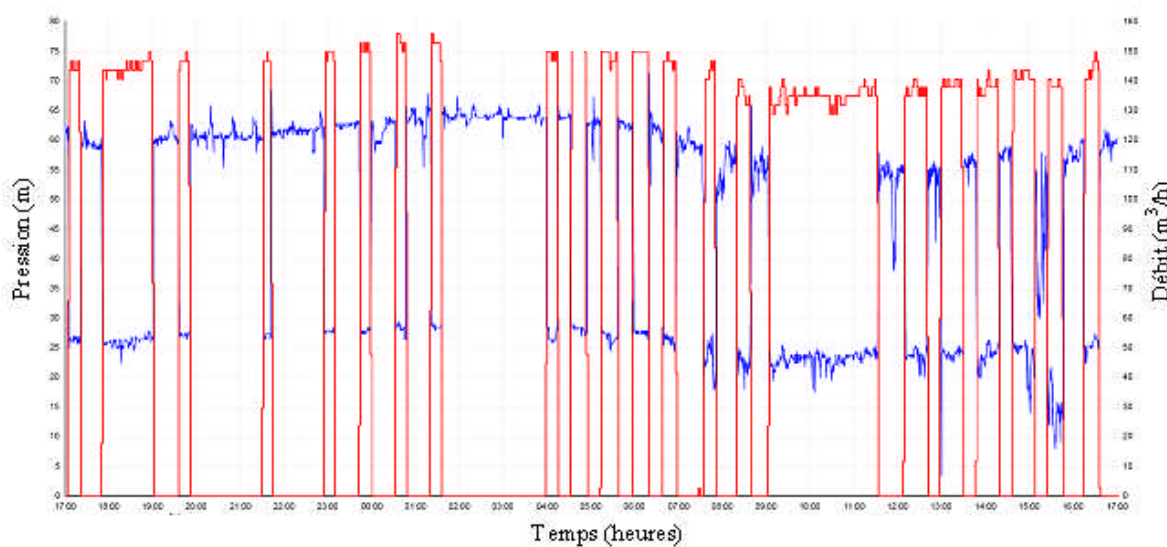


Figure III.13 : Variation de la pression due au tirage d'un consommateur industriel

c. Relation entre pression et débit des fuites

Pour évaluer le rapport entre la pression dans la conduite et le débit déchargé à l'atmosphère par une fuite, un technicien se réfère, en général, à la formule :

$$Q = k.S.\sqrt{2gh} \tag{3.1}$$

où,  $S$  représente la section de l'orifice,  $k$  un coefficient de décharge,  $g$  est égal à  $9,81 \text{ m/s}^2$  et  $h$  (en mètres) la pression nette à l'orifice.

Suite à une modification de la pression de  $h_1$  à  $h_2$ , le rapport des débits  $Q_1$  et  $Q_2$  est :

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} \quad (3.2)$$

G. Gergaut, de CGE-VEOLIA, a modifié, une nuit après l'autre, la pression de sortie d'un réducteur, et a enregistré les débits de nuit sur le réseau aval, en PVC, pour chaque valeur. Le tableau suivant représente les résultats obtenus (la pression est augmentée chaque nuit de 0,5 bar):

**Tableau III-3**

N° des Essais	1	2	3	4	5	6	1 bis
Pression aval (bars)	1,7	2,2	2,7	3,2	3,7	4,2	1,7
Débit de nuit ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	1,12	1,96	2,04	3,36	3,96	5,7	2

Nous pouvons faire les remarques suivantes :

- Le retour à la pression d'origine (1 bis) ne permet pas de revenir au débit d'origine : des fuites se sont agrandies, ou de nouvelles se sont créées ;
- L'augmentation de pression de 1,7 à 4,2 bars a théoriquement pour conséquence une augmentation du débit d'un facteur 1,6. Dans l'expérience, ce facteur est de 5,1.

Cette simple expérience, réalisée sur un petit réseau, a donné les mêmes résultats que de nombreuses mesures réalisées par l'UKWIR, dont l'étude a abouti aux constatations suivantes :

La vitesse de passage de l'eau à travers un orifice de section fixe varie bien suivant la théorie, à la racine carrée du rapport des pressions disponibles à l'orifice. Mais la section de l'orifice et le coefficient de décharge ne sont pas constants pour les fuites de petite dimension, celles qui constituent le « bruit de fond » du réseau.

En général, le débit des fuites à ces points faibles varie suivant :

- La racine carrée du rapport des pressions pour la vitesse de passage de l'eau ;
- Le rapport des pressions pour la section de l'orifice.

Pour une fuite de ce type, une baisse de pression d'un facteur 2 pourra réduire le débit par 2,9, soit deux fois la réduction de débit d'une fuite à section constante.



D'autre part, si le coefficient de décharge est constant en régime turbulent (0,75), il varie en régime laminaire. Le régime d'écoulement des fuites de petite section comme les points de corrosion est laminaire, et la variation de pression peut entraîner une variation du coefficient de décharge par un facteur 3 (de 0,25 à 0,75).

Un réseau neuf de bonne qualité réagira globalement à la racine carrée du rapport des pressions. Un réseau fragile ou ancien, ou le « bruit de fond » est important, sera beaucoup plus sensible à leur variation. Les fuites intérieures, très importantes dans les pays en voie de développement, le sont probablement bien plus aussi.

En conclusion, les équations générales les plus adaptées à l'analyse et la prédiction simple du rapport entre la pression (P) et le débit des fuites (L) sur les réseaux d'eau sont :

$$\frac{L_1}{L_0} = \left( \frac{P_1}{P_0} \right)^{N1} \quad (3.3)$$

Dans les équations ci-dessus, l'exposant N1 va de 0,5 jusqu'à 2,5, suivant le type de fuites et leur proportion sur le réseau :

- Le débit des petites fuites indétectables aux joints et aux raccords est très sensible à la pression, avec des valeurs typiques de N1 proche de 1,5.
- La valeur typique de N1 pour les fuites importantes sur les conduites en plastic est de 1,5 ou plus.
- La valeur typique de N1 pour les fuites importantes sur les conduites en métal est proche de 0,5.
- La valeur moyenne de N1 tirée d'échantillons anglais, japonais et brésiliens est de 1,15.

Sans connaissance particulière des matériaux des conduites et des niveaux de pertes, nous ferons l'hypothèse d'une relation linéaire entre la pression et le débit des pertes (N1 = 1). L'UKWIR conclut : « Pour évaluer l'intérêt de la réduction des pressions sur des zones importantes, on utilisera une relation pression/débit des pertes linéaire ».

Voici les résultats de quatre opérations importantes de réduction de pression :

- Manchester : installation de 118 réducteurs de pression - économie de 58.000 m<sup>3</sup>/j ;
- Johannesburg : installation de 14 réducteurs de pression - économie de 22.000 m<sup>3</sup>/j ;
- Londres : installation de 31 réducteurs de pression - économie de 29.000 m<sup>3</sup>/j ;
- Sao Paolo : installation de 66 réducteurs de pression - économie de 65.000 m<sup>3</sup>/j.

## 5.2 Le débit de nuit

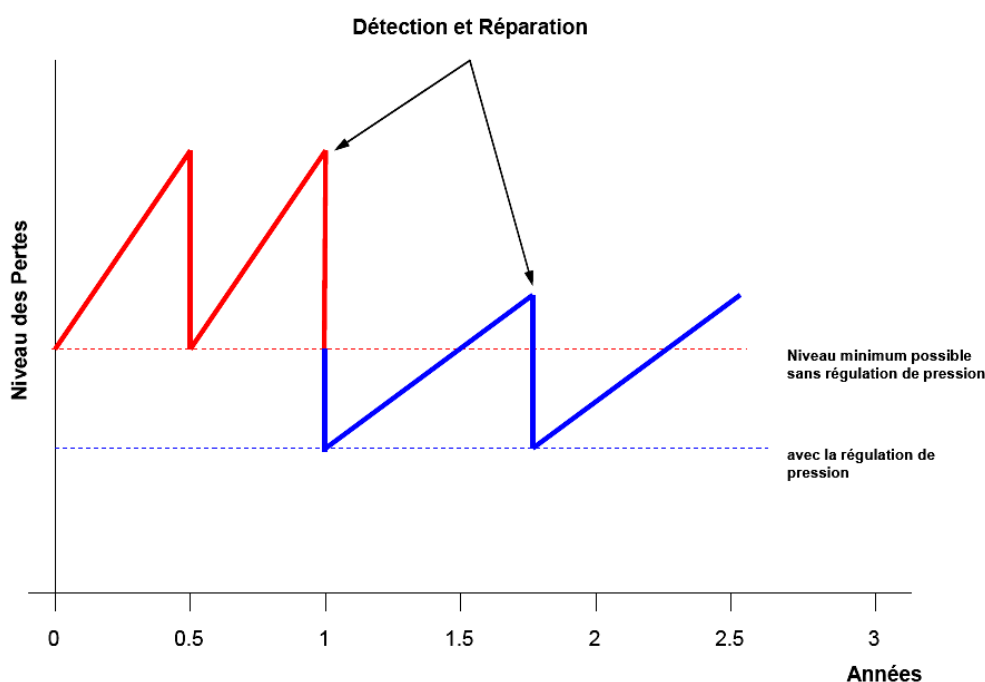
En alimentation stabilisée, la demande est minimale la nuit. Mesurer les débits de nuit, c'est donc mesurer les pertes sur le réseau et chez les abonnés.

La mesure régulière du débit de nuit de petits secteurs étanches permet donc de localiser les fuites importantes qui existent, mais aussi d'être informé rapidement de l'apparition de nouvelles fuites.

## 5.3 Bénéfices de la régulation de pression

Associer régulation de la pression et mesure du débit de nuit est très efficace: la régulation de la pression réduit le débit des fuites existantes et en ralentit l'apparition de nouvelles. La mesure du débit de nuit oriente la recherche des fuites importantes.

Le contrôle de la pression permet d'atteindre un niveau de pertes plus bas, et de réduire le rythme des interventions (step-test, détection acoustique) nécessaires pour s'y maintenir. Ce résultat est présenté ci-après sous forme graphique.



*Figure III.14 : Stratégie combinée*

Ralentir l'apparition des fuites réduit les frais de réparation, et permet souvent de différer le remplacement de conduites. Dans ce cas, l'économie de capital peut être considérable.

## Chapitre IV

# METHODE DE REDUCTION DES PERTES (MODULATION DE LA PRESSION)

La modulation permet d'adapter la pression d'entrée d'un réseau aux variations de la demande : nous évitons ainsi de le « surpresser » en permanence de la valeur de la charge perdue par friction pour alimenter le point critique à la pointe de la demande. Cela n'entraîne pas que la perte de charge ne soit plus nuisible pour le réseau ; elle contraint toujours à le « surcharger » en totalité, sauf sa partie la plus extrême ou la moins bien servie. La base de la modulation de pression est donc de la réduire au minimum. En plus, les pertes d'eau occasionnés par la forte pression sont, par conséquent, réduites.

### 1. Modulation de la pression d'entrée de réseau suivant la demande

La pression disponible à l'entrée d'un réseau à l'heure de pointe doit être égale à la somme de la pression nécessaire au point critique (Point du réseau où la pression est la plus basse) et de la perte de charge créée pour l'alimenter à ce moment de forte demande.

La pointe est un phénomène très aigu, mais presque transitoire, et la période de forte demande dure peu. Comme la perte de charge varie au carré de la vitesse de l'eau, la pression au point critique, souvent à peine suffisante à la pointe, est excessive dès après la pointe, et le réseau est surchargé 90 % du temps.

Les graphiques et histogrammes suivants présentent une illustration.

Le premier montre les débits d'alimentation du secteur « Westminster » dans la banlieue de Manchester.

L'histogramme qui suit en analyse les données : il indique le temps passé dans chaque tranche de débit. Nous voyons que la durée des tirages aux débits de pointe ne représente que 4,5 % du temps, soit une heure par jour.

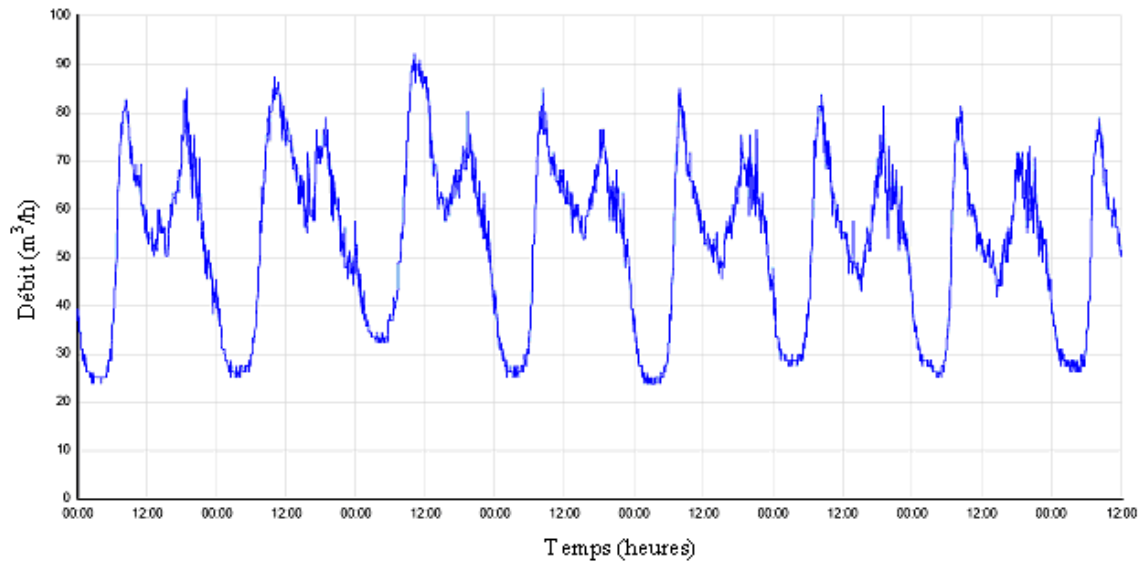


Figure IV.1 : Demande de Westminster en fonction du temps

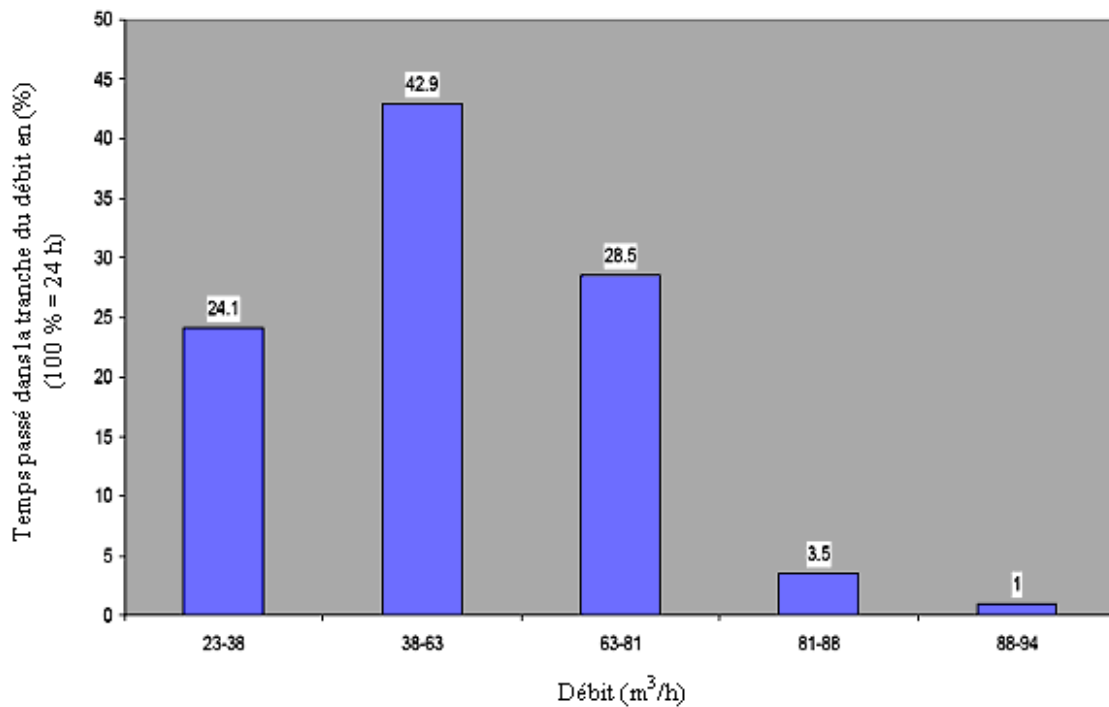


Figure IV.2 : Histogramme des débits

Le graphique ci-après présente les pressions au point critique pour la même semaine. L'histogramme qui suit en analyse les données, en reprenant les durées indiquées dans l'histogramme des débits ci-dessus. Nous voyons l'importance de la récupération de pression dès la pointe passée.

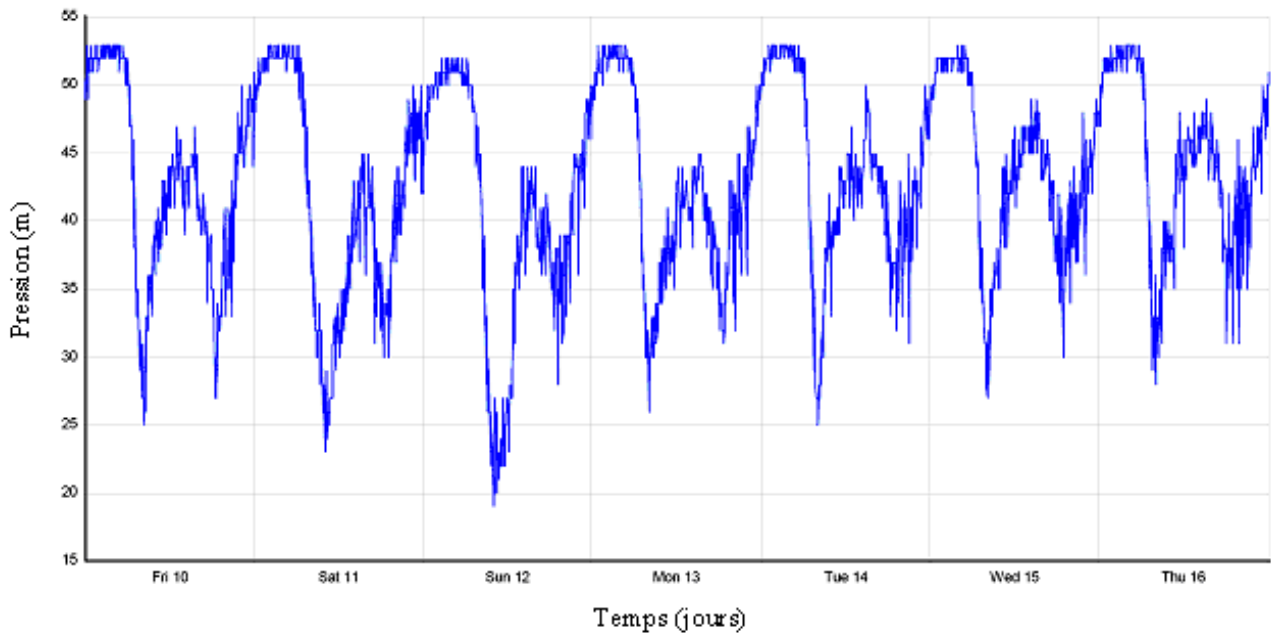


Figure IV.3 : Point critique de Westminster (pression en fonction du temps)

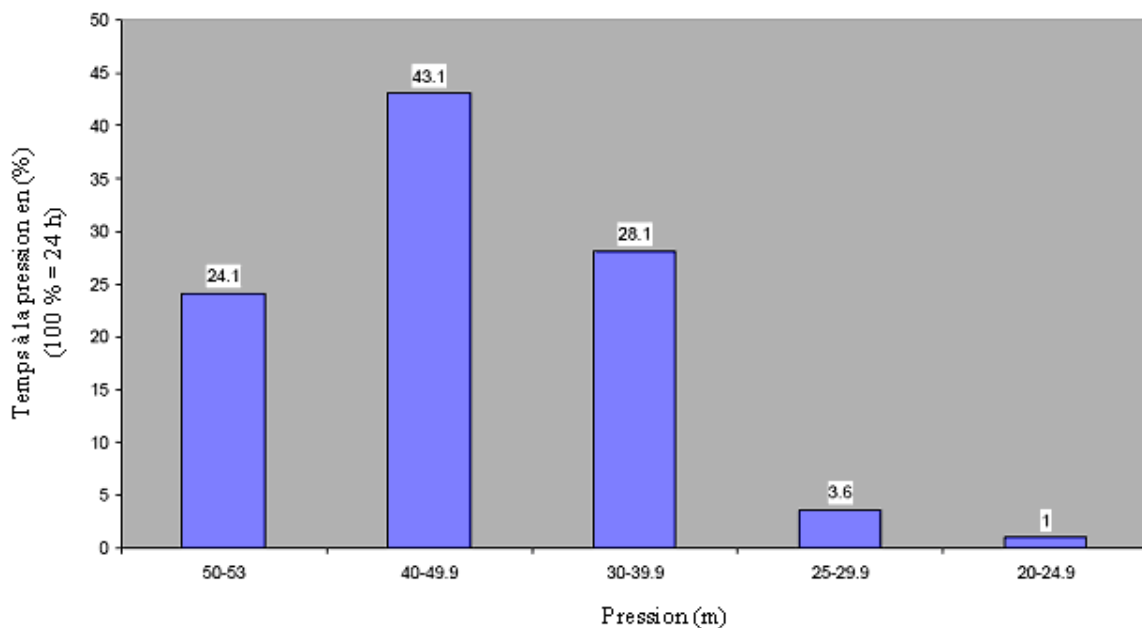


Figure IV.4 : Histogramme des pressions

Avec une pression nécessaire et suffisante au point critique de 20 m, il est possible de réduire la pression sur le réseau de 10 m dès après la pointe. La plus grande réduction est évidemment possible la nuit (30 m pendant 6 h) ; mais elle est très importante pendant encore 10h/j (25 m).

Il faut donc moduler la pression à l'entrée d'un réseau en fonction de la demande. Nous pouvons pour cela utiliser des vannes de régulation hydrauliques à

pilote (type Hydrobloc de Bayard ou Hytrol de Cla-Val), équipées d'un modulateur électronique (type Modulo de Technolog).

Il n'est pas nécessaire de faire communiquer le modulateur et le point critique: il suffit d'entrer dans sa mémoire une courbe de régulation (en fonction du temps ou de la demande). Le modulateur mesure en permanence la pression à réguler, et la compare avec la pression de consigne mémorisée pour le débit ou la période concerné.

Tracer cette courbe de régulation nécessite une série de mesures simultanées du débit et de la pression à l'entrée du réseau, et de la pression en différents points du réseau lui-même. Une fois le point critique identifié, nous comparons la pression à ce point et à l'entrée du réseau à différents débits, et nous en tirons la pression de consigne nécessaire pour chacun d'eux.

Exemple :

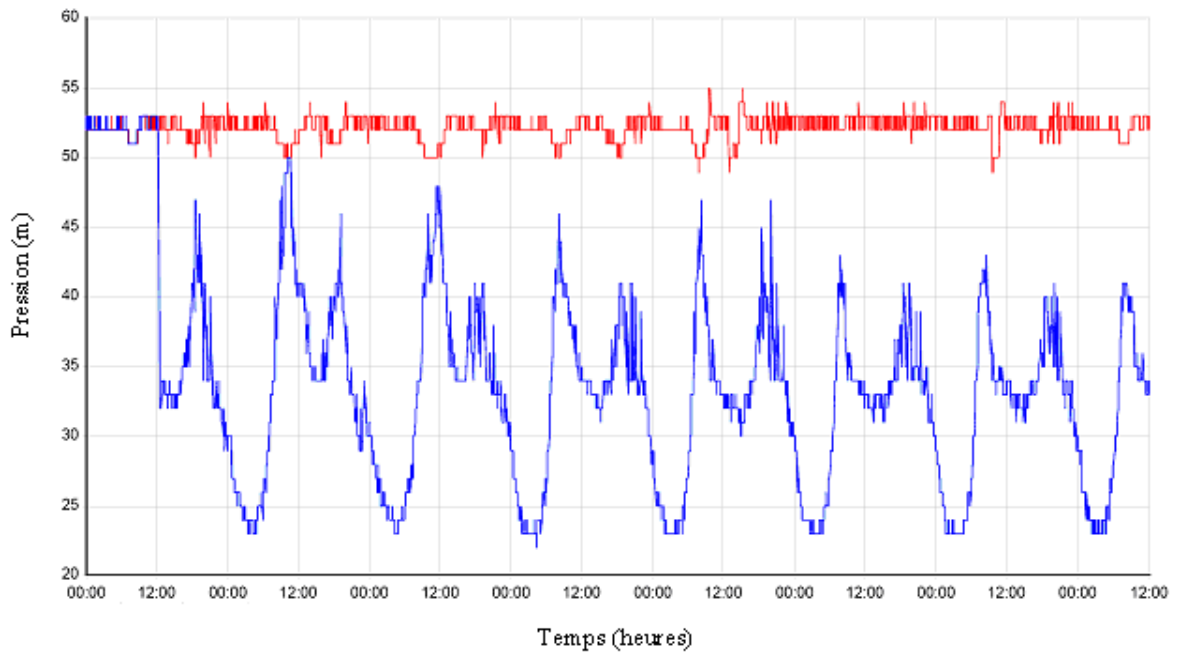
**Tableau : IV.1 variation de la pression au point critique par rapport au débit d'entrée**

Débit	Pression d'entrée	Au point critique
150 m <sup>3</sup> /h	60 m	30 m
40 m <sup>3</sup> /h	60 m	60 m

Si nous voulons 30 m constants au point critique, nous mémoriserons dans le modulateur une pression de consigne de 60 m à 150 m<sup>3</sup>/h et 30 m à 40 m<sup>3</sup>/h.

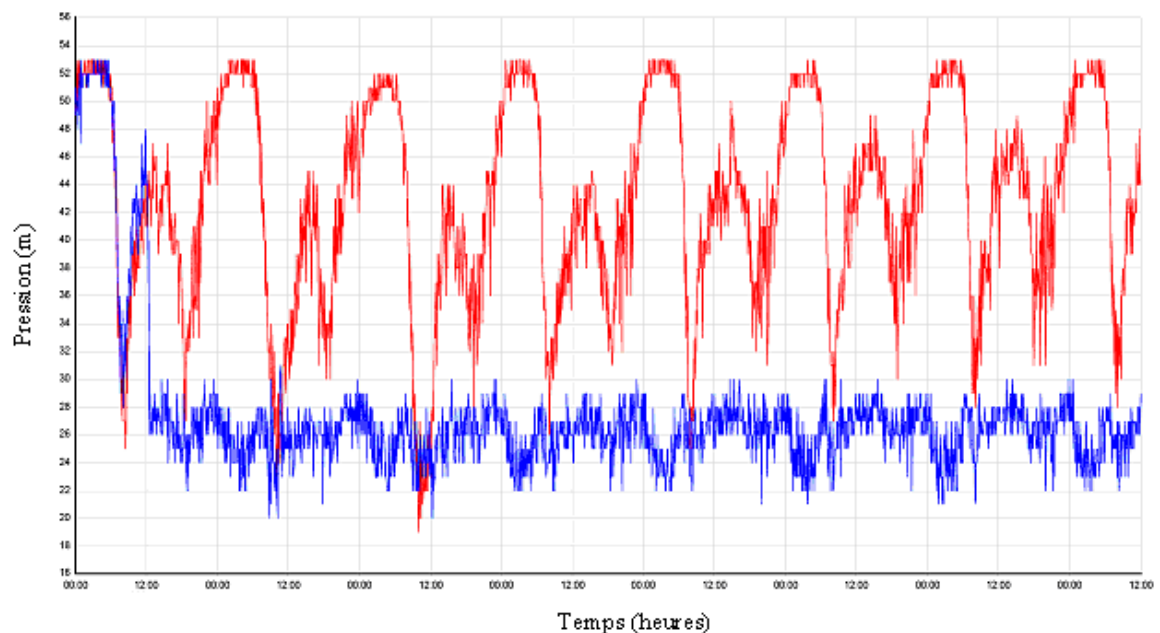
Les trois graphiques suivants présentent pour le même quartier de Westminster, et pour deux semaines consécutives, la pression à la sortie du réducteur de pression alimentant le réseau, celle au point critique, et le débit d'alimentation du secteur.

Chaque graphique présente la situation en alimentation à pression constante et à pression modulée. Du 10 au 17 mai, le secteur est alimenté à une pression constante de 52 m ; les données sont présentées en rouge. La semaine suivante, la pression de sortie du réducteur est modulée suivant la demande ; les données sont présentées en bleu. Le graphique ci-dessous présente la pression de sortie du réducteur. Nous pouvons noter que la pression de 52 m n'est nécessaire que deux fois par semaine, le matin des samedi 18 et dimanche 19 Mai.



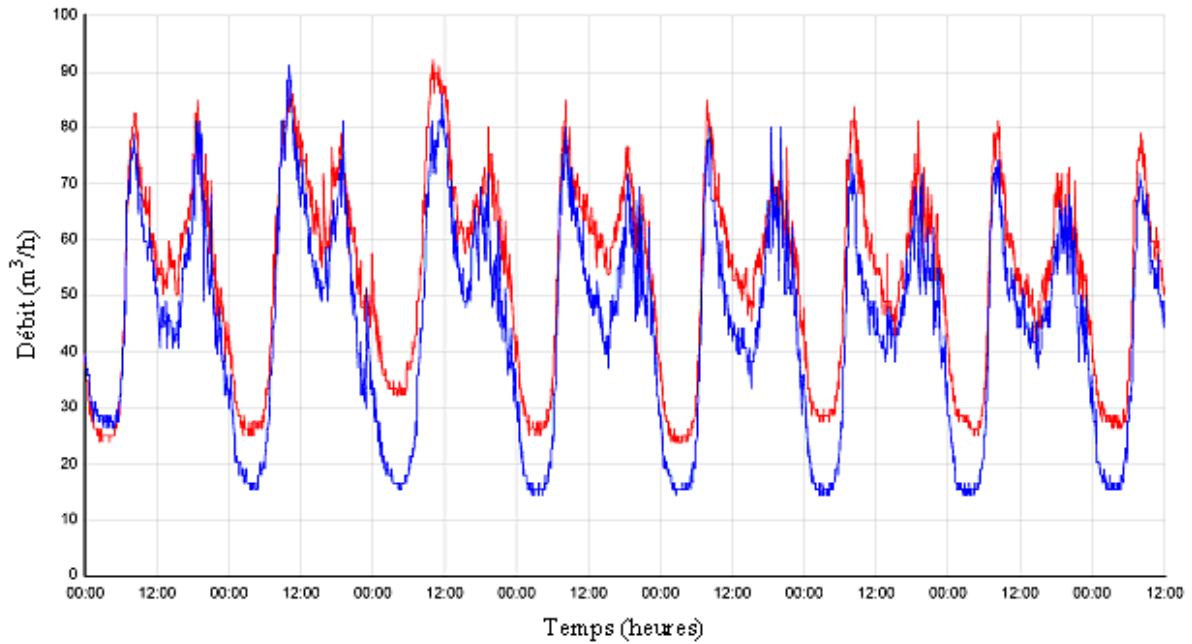
*Figure IV.5 : Pression de sortie du réducteur*

Le graphique suivant présente la pression au point critique. En modulation, elle est presque constante. Les pressions sur le réseau varient beaucoup moins qu'en alimentation à pression fixe.



*Figure IV.6 : Pression au point critique*

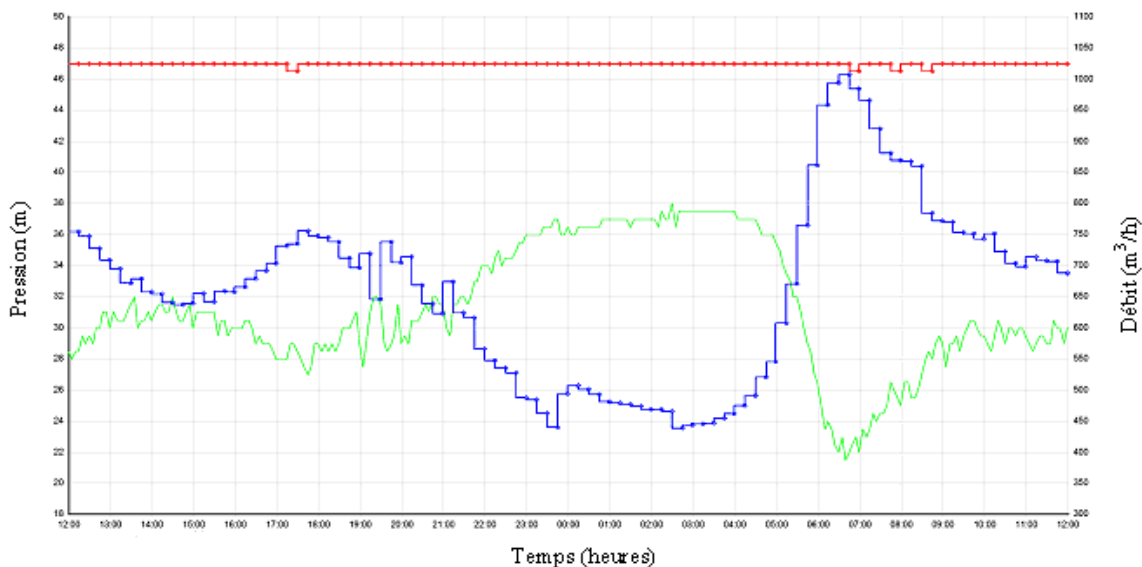
Le dernier graphique présente les débits d'alimentation du secteur; on économise l'eau de jour comme de nuit.



*Figure IV.7 : Débit d'alimentation du secteur*

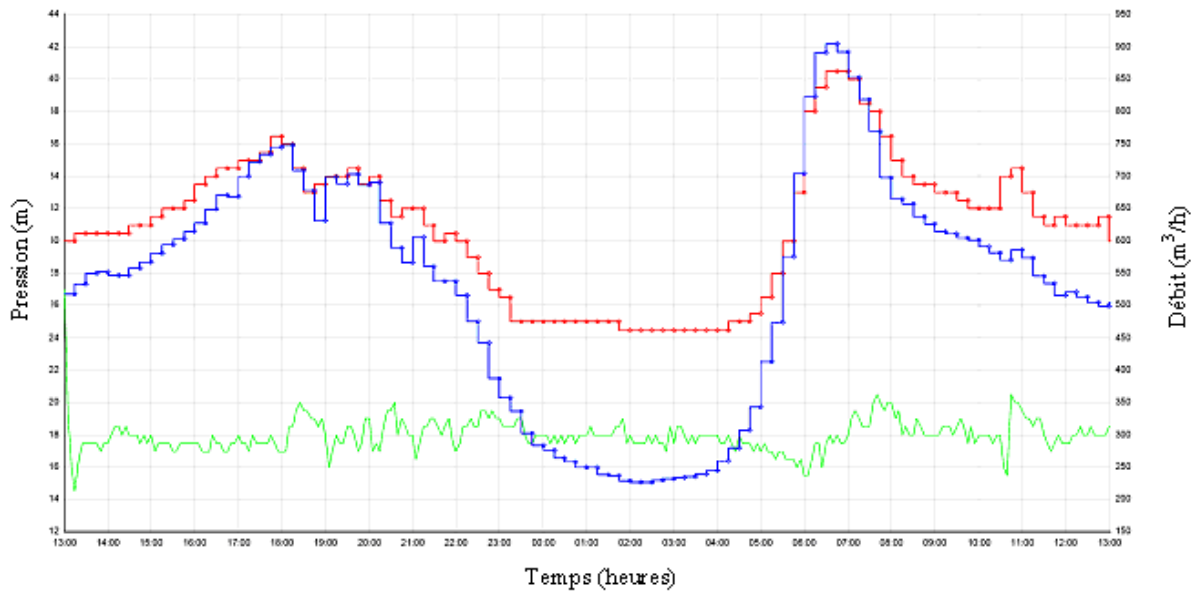
Moduler la pression de 30 m a permis de réduire la pression moyenne à l'entrée du réseau de Westminster de 18 m, ou 35%, et de 17% la consommation journalière du secteur. La moitié de ces économies a été réalisée de jour.

Voici un autre exemple de modulation de pression en fonction de la demande (Secteur de Bickley Oak, Londres). Les graphiques montrent le débit d'alimentation (en bleu), la pression à l'aval de la vanne de régulation (en rouge), et la pression au point critique (en vert) pour deux jours consécutifs (pression en sortie de vanne constante le premier jour, modulée en fonction du débit le second).



*Figure IV.8 : Secteur de Bickley Oak, Londres (sans modulation)*





*Figure IV.9 : Secteur de Bickley Oak, Londres (avec modulation)*

La pression en sortie de vanne a été réduite de 16 m en moyenne sur 24h (de 45 m à 29 m, soit 36 %). La consommation du secteur a baissé de 3.100 m<sup>3</sup>/j (de 15.900 à 12.800 m<sup>3</sup>/j, soit 19,5 %).

La régulation a pour objectif de satisfaire l'abonné, tout en gardant la pression du réseau la plus stable tout en étant admissible. Si nous ajoutons la différence entre les pressions nécessaires au confort de l'abonné de jour et de nuit à la charge perdue sur les réseaux pendant la pointe, il est presque toujours justifié de réguler la pression d'alimentation en fonction de la demande.

Il est recommandé de le faire sur les zones les plus grandes possible, avec le dénivelé pour seule limite de taille lors du dessein de leurs frontières (sur de grandes zones de distribution, il ne devrait pas excéder 15 m). Nous plaçons les vannes de régulation le plus en amont possible, par exemple au raccordement des conduites de distribution principales avec le réseau primaire.

Ces zones peuvent comporter plusieurs entrées. Nous modulons la pression de consigne des vannes suivant un profil horaire. Les pressions de consigne des « vannes esclaves » sont plus basses que celle de la vanne maîtresse, pour éviter un « conflit » entre les vannes lorsque la perte de charge sur le réseau est faible.

Des systèmes de ce type ont été installés à Sao Paulo, à Casablanca et à Londres. Nous présentons ci-après celui d'Hampton 30", dans le sud de Londres, avec les caractéristiques suivantes.

- Population servie: 190.000 ; Longueur du réseau: 470 km ;

- Volume distribué avant régulation: 57.000 m<sup>3</sup>/j (dont 4.000 m<sup>3</sup>/j pour un industriel) ;
- Alimentation: 6 entrées, dont les trois principales, en 800 et 750 mm, équipées d'une vanne de régulation de diamètre 600 ou 700 mm ;
- Réduction de la pression moyenne sur le réseau: 30 % (de 46 m à 32 m) ;
- Economie réalisée: 5.000 m<sup>3</sup>/j (9, 5% du volume net distribué).

La zone est présentée sur les deux figures suivantes :

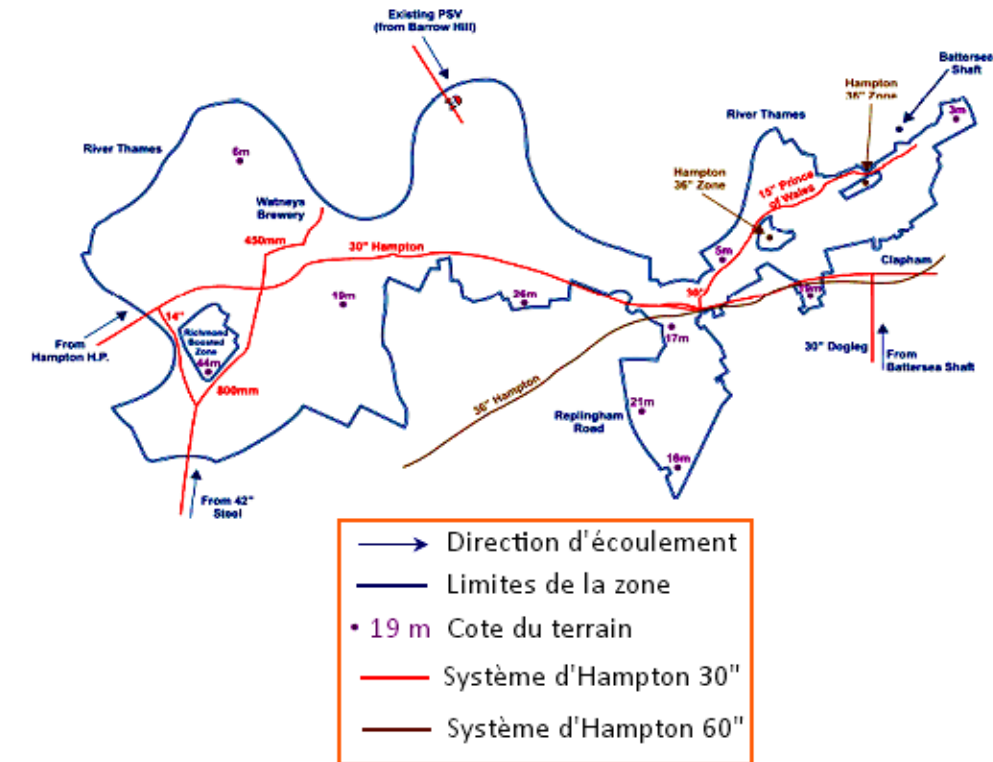
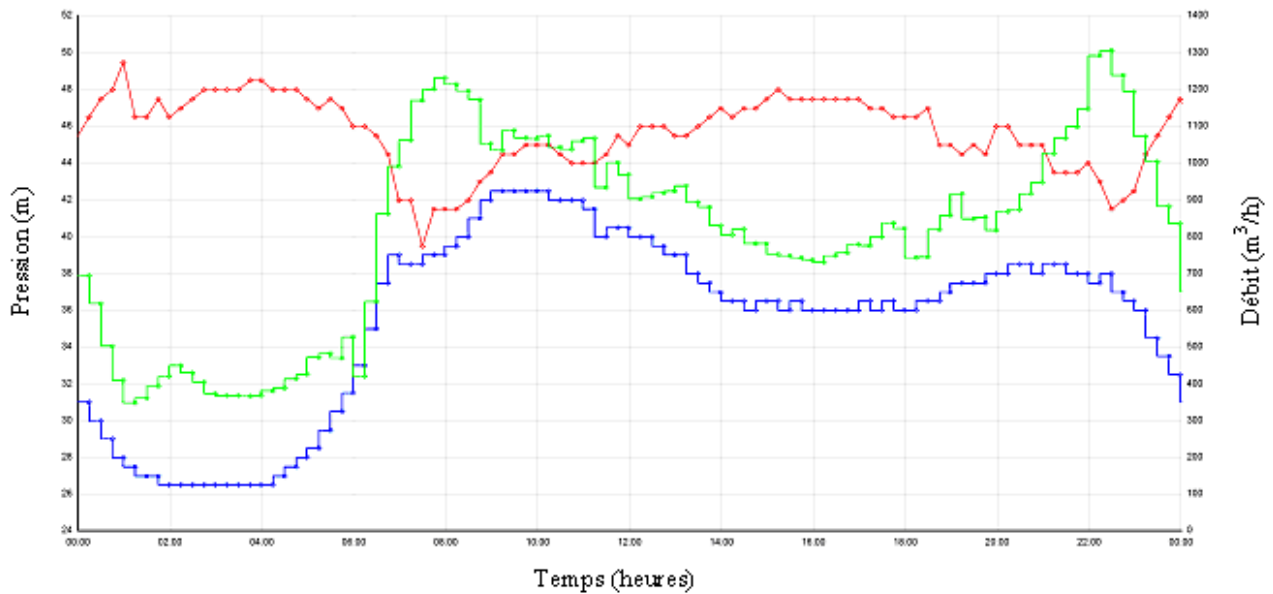


Figure IV.10 : Système du Sud de Londres

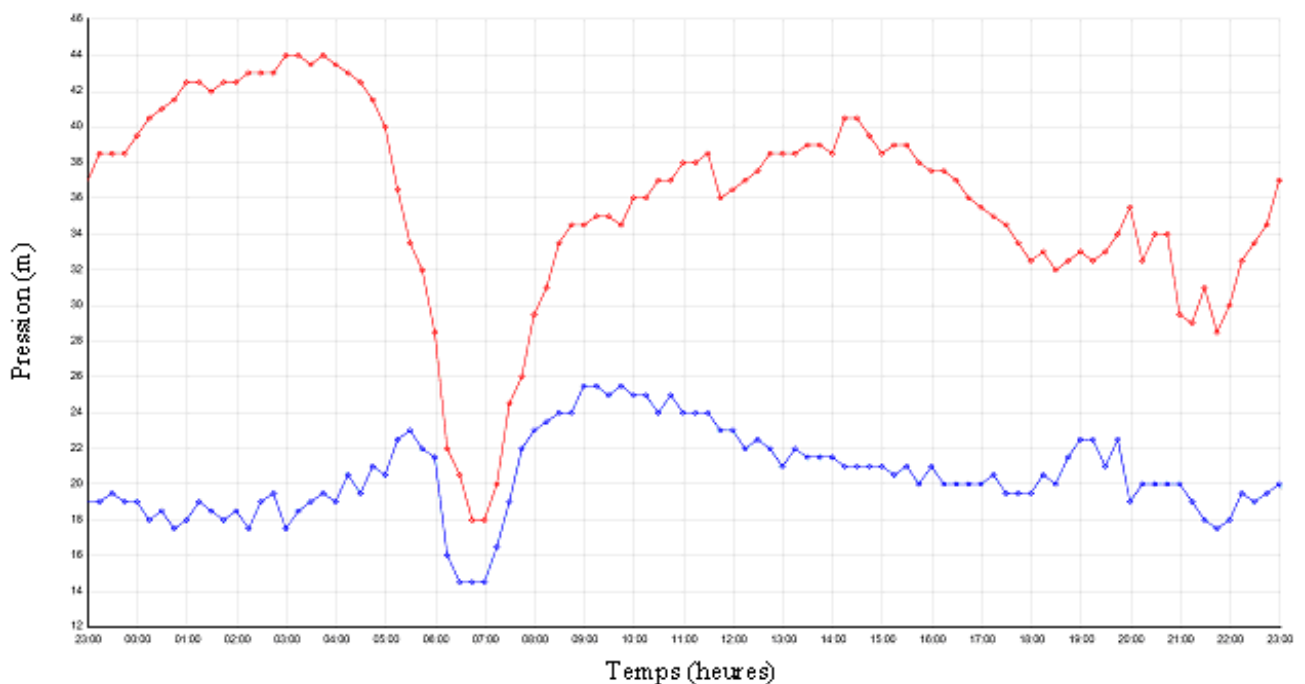
L'emplacement des vannes de régulation principales est représenté ci-dessous :





*Figure IV.13 : Pression amont, aval et débit à la vanne maitresse*

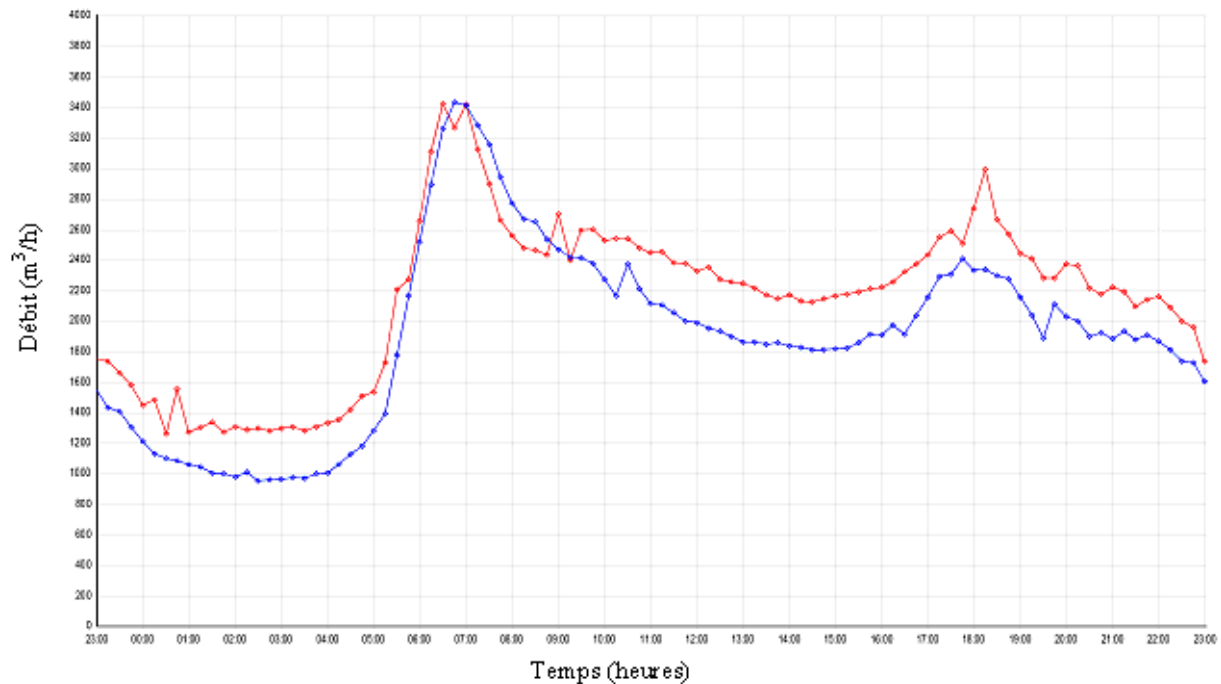
Le graphique suivant superpose pressions au point critique avant (en rouge) et après (en bleu) la mise en service de la régulation.



*Figure IV.14 : Pression au point critique*

A la pointe, la pression avant régulation était à peine supérieure au minimum contractuel de 15 m ; mais ils aient pu la réduire de 25 m la nuit, et de 15 m en moyenne sur 24 h, soit 30 % de la pression moyenne sur le réseau avant régulation.

Une superposition de la somme des débits d'alimentation avant (en rouge) et après (en bleu) la mise en service de la régulation est présentée au graphique suivant :



*Figure IV.15 : Débit d'alimentation*

L'économie est de 5.000 m<sup>3</sup>/j (9, 5% du volume net distribué). Nous économisons de l'eau en permanence, sauf en pointe, de 07 h à 08 h du matin, donc les fuites ont été réduites.

## **2. Procédure de modulation d'un étage de distribution**

Afin de mener à bien un projet de modulation de la pression dans une région donnée, nous devons suivre les étapes suivantes :

- **Investigation**

Cette étape consiste à se munir des plans du réseau et la vérification du bon fonctionnement hydraulique de celui-ci, cette vérification est faite par l'installation d'enregistreurs de pression (loggers) aux différents points du réseau. Nous devons aussi visiter, ensuite, tous les points défavorables (points hauts, immeubles > 10 étages, ...).

- **Délimitation de la zone**

Ceci repose sur le positionnement des vannes régulatrices, et qui se fait en fonction des côtes des différents points du réseau, c'est-à-dire à partir du point où le problème d'augmentation de la pression, pendant les heures creuses, commence à

apparaître. Après positionnement de la vanne, le réseau est divisé en deux zones ; réduite, située en aval de la vanne et non - réduite, en amont de la vanne.

La délimitation de la zone se fait de façon à pouvoir alimenter, d'une part, les points hauts et loin avec une pression suffisante, et d'autre part, à ne pas avoir de fortes pressions aux points bas. Sur le plan pratique, cette délimitation se fait par l'installation de vannes de frontières (fermées) qui permettent d'isoler la zone en question.

- **Identification des travaux**

Afin d'assurer l'étanchéité de la zone réduite, plusieurs travaux sont prévus, par exemple :

- Remplacement des vannes défectueuses ;
- Pose de nouvelles vannes ;
- Réalisation de maillage et/ou de plaquage.

- **L'information**

Faire circuler l'information aux différents services de l'eau de ne pas toucher aux vannes de frontières lors de leurs interventions. En général, il faut faire en sorte que ces vannes là soient signalées à l'aide d'une marque quelconque, par exemple de la peinture rouge.

### **3. Recours à la modulation**

Aujourd'hui, les responsables de la distribution de la ville d'ALGER tentent d'éviter les conséquences des pressions élevées de diverses manières :

- Création d'étages intermédiaires par tierçage des vannes ;
- Isolement des conduites les plus fragiles (mise hors service par fermeture des vannes) ;
- Alimentation à pleine pression pendant dix heures par jour, puis interruption pendant les heures creuses, en fermant presque complètement les principales vannes d'alimentation de l'étage. Ainsi, la plus grande partie du réseau reste en eau et la pression est réduite aux heures creuses.

Ces mesures palliatives ne sont que partiellement efficaces. En effet, la SEM (Société des Eaux de Marseille) a, par exemple, mesuré une pression de nuit de 125m en point bas de l'un des étages d'Alger Centre, bien trop élevée, même si elle est inférieure à la pression maximale théorique de 185m.

La détection des fuites et la récupération de pression qu'elle va induire, puis le passage à l'alimentation permanente nécessitent un autre mode de protection des réseaux qui consiste à réguler la pression en fonction de la demande.

Sur les réseaux d'Alger, il est nécessaire de créer des étages de pression. Il ya peu de réservoirs situés à cote basse pour le faire. Les seuls existants sont ceux de Ravin (TP 55 m, 1000 m), trop petit et trop éloigné du Centre Ville, et de Telemly (Benzine) (TP 88 m, 12.000 m<sup>3</sup>), utilisé aussi comme relais pour refouler vers les réservoirs de Bordj Boulila, Bologhine et Sahel.

Nous devons donc installer des vannes de régulation pour créer ces nouveaux étages, dont on fera varier la pression de sortie en fonction de la demande, et de la perte de charge qu'elle induit. Nous aurons donc les quatre étages suivant :

- Telemly : Réseau alimenté par le réservoir Telemly (CR 82.94m, CTP 87.97 m 2 x 3500 m<sup>3</sup> + 2 x 2500 m<sup>3</sup>) ;
- Kouba 97 : Réseau alimenté par le réservoir de Kouba (CR 89 m, CTP 97 m, 4 x 20.000 m<sup>3</sup>) ;
- Kouba 117 : Réseau alimenté par le réservoir de Kouba (CR 110.12 m, CTP 117.3 m, 3 x 4803 m<sup>3</sup>) ;
- Boulogne Centre : Réseau alimenté par le réservoir Boulogne Centre (CR 203.96 m, CTP 208.86 m, 2 x 4500 m<sup>3</sup>).

Un programme de régulation de pression mené à Khayelitsha, une banlieue très pauvre de Cape Town, en Afrique du Sud, avec un réseau collectif et des installations intérieures en très mauvais état, a permis, grâce à une réduction de la pression d'alimentation moyenne de 25% (de 80m à 60m), une baisse du volume distribué de 40% (de 2500 m<sup>3</sup>/h à 1500 m<sup>3</sup>/h). Aussi, la régulation de la pression a permis d'obtenir des résultats spectaculaires sur plusieurs réseaux, vieux de plus de 100 ans et fragilisés par les bombardements du Blitz, du Centre de Londres : par exemple, sur le secteur d'OVVAL (Elephant and Castle, 35.000 m<sup>3</sup>/j), une baisse de seulement 4m d'une pression d'alimentation journalière déjà très basse (35m) a permis une économie du volume distribué par jour de l'ordre de 7%.

Aussi un programme de régulation de pression mené à un étage a Alger, où nous nous sommes intéressés à l'étude de l'impact de la modulation de la pression de l'étage Kouba 97 sur les ressources en eaux, nous présenterons ce dernier dans le chapitre suivant.

## Chapitre V

### IMPACT DE LA MODULATION DE PRESSION

#### 1. Présentation de la ville d'Alger

La wilaya d'Alger compte quelques 3 millions d'habitants répartis sur 53 communes regroupées en 12 centres de gestion.

L'alimentation en eau potable de cette population est assurée au moyen de différentes sources (eau de surface, Souterraines et dessalé).

Ces eaux sont collectées par des barrages et des forages, acheminées jusqu'aux abords des villes, traitées pour être ensuite distribuées à la majorité de la population.

La distribution aux consommateurs est assurée par un réseau maillé de canalisations de différents diamètres et matériaux représentant un linéaire de 4000 km environ sur un territoire de 750 km, et qui contient 200 réservoirs d'une capacité de stockage de 700 000 m<sup>3</sup> pour une journée et 58 stations de pompage.

#### 2. Présentation des ressources d'Alger

Actuellement Alger est alimentée principalement par deux ressources les eaux superficielles et les souterraines. Les eaux de dessalement ne représentent qu'un faible pourcentage par rapport aux autres ressources (la station d'El Hamma n'est pas encor fonctionnel régulièrement).

**Tableau V.1 : Production mensuel par ressources du 1<sup>er</sup> trimestre 2008**

	2008		
	Janvier	Février	Mars
Volumes des eaux superficielles (m <sup>3</sup> )	11 773 792	11 784 222	12 451 476
m <sup>3</sup> /jour	379 800	380 136	429 361
Volumes des eaux souterraines (m <sup>3</sup> )	9 648 264	9 898 285	8 439 600
m <sup>3</sup> /jour	311 234	319 300	291 021
Volumes des eaux de dessalement (m <sup>3</sup> )	207 178	472 132	234 266
m <sup>3</sup> /jour	6 683	16280	8 078
Volume produit total (m <sup>3</sup> )	21 629 234	22 154 639	21 125 342
m <sup>3</sup> /jour	697 717	714 666	728 460



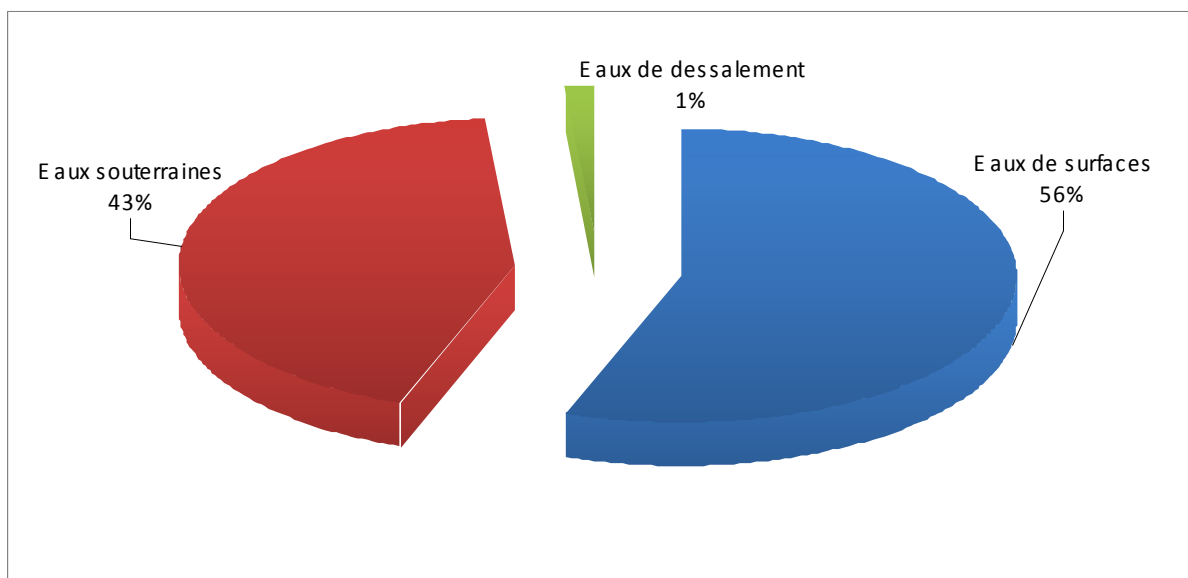


Figure V.1 : Les ressources d'Alger

On remarque dans ce graphe que la ressource des eaux de surface représente plus de la moitié de la production totale (56%) et aussi une très faible production en eaux de dessalement.

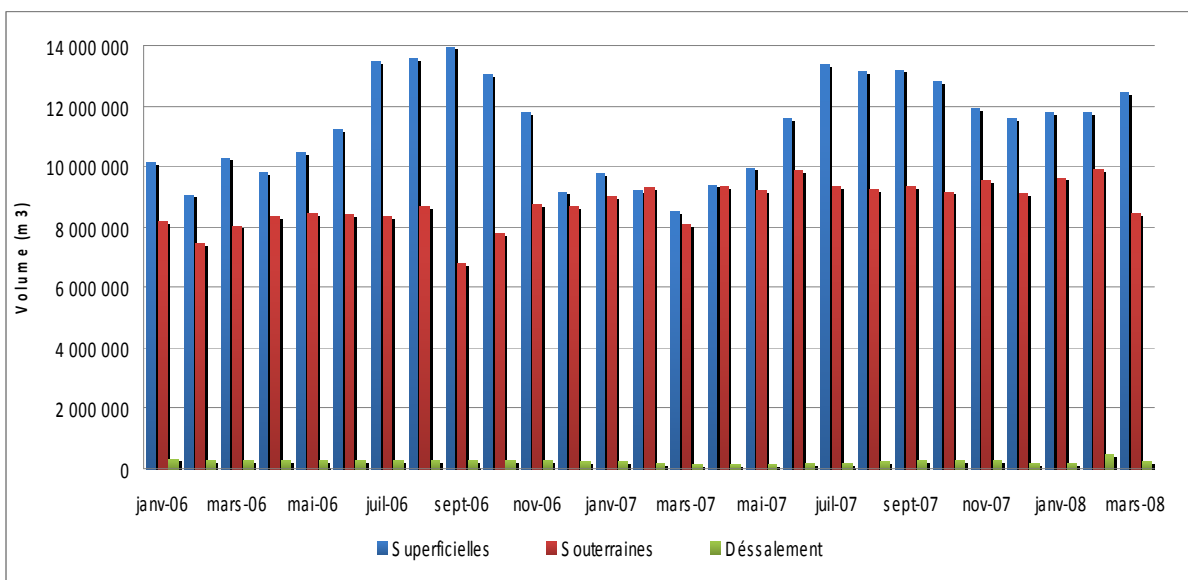
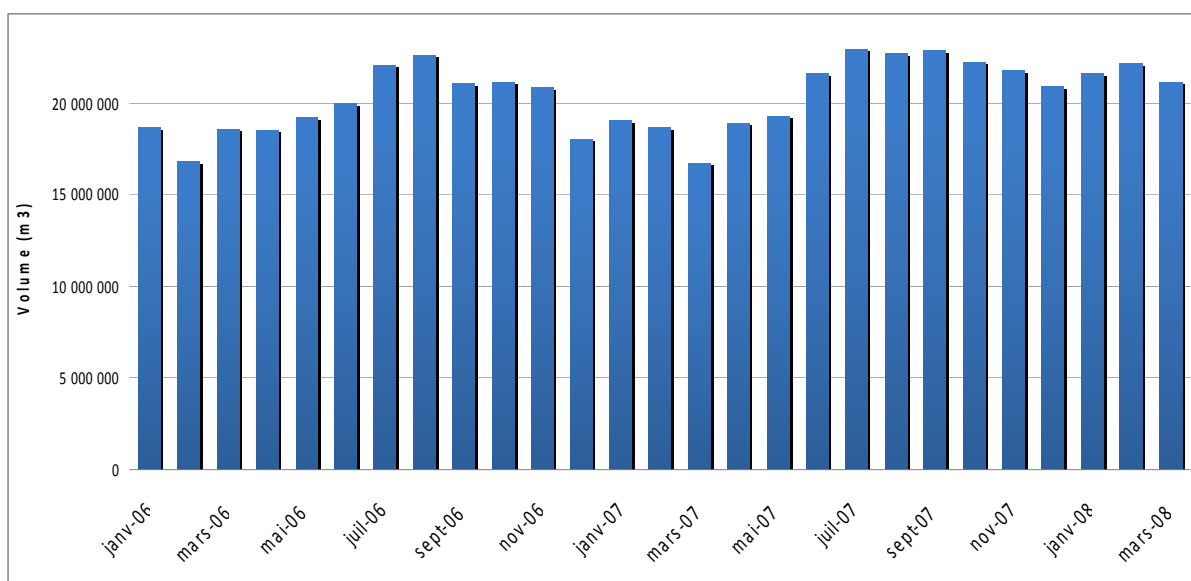


Figure V.2 : Production mensuelle par ressource

On remarque que la production des eaux superficielles varie chaque année de la même manière (forte production en été et faible en hiver), pas comme les eaux souterraines et de dessalement qui reste presque stable pendant l'année



*Figure V.3 : La production mensuelle d'Alger*

Du à la forte production des eaux de surface, par rapport au autre ressources, on remarque que la production totale, a pris la même allure que celle de la production des eaux de surface.

#### a. Eaux de surface

Alger est actuellement alimentée par sept (07) barrages. Du côté Est de la wilaya, il y a quatre barrages :

- Celui du Hamiz qui alimente le barrage de Keddara. Ce dernier lâche ses eaux gravitairement vers la station de Boudouaou ;
- Le barrage de Beni Amrane qui refoule ses eaux dans la conduite SPIK (la conduite d'adduction entre la station de traitement de Boudouaou et le réseau d'Alger);
- Le barrage de Taksebt qui a commencé à refouler ses eaux vers Alger à partir du mois de Mars 2008 (les eaux de Taksebt sont traitées dans la station de traitement qui se trouve en amont du barrage) ;
- Le barrage de Koudiate Acerdoune qui sera mis en service prochainement.

Et du côté Ouest, il y a trois barrages :

- Le barrage de Ghribe qui alimente le barrage Bouroumi et qui refoule ses eaux vers la station de traitement SAA ;
- Le barrage de Boukourdane qui refoule aussi ses eaux vers la station SAA.

Le tableau qui suit représente l'évolution du volume de ces barrages :

Tableau V.2 : Evolution des volumes d'eau dans les barrages

	2008		
	Janvier	Février	Mars
	Volume (m <sup>3</sup> )		
Beni Amrane	9 967 000	2 301 000	10 509 000
Keddara	127 478 000	135 017 000	140 644 000
Bouroumi	38 510 000	38 900 000	38 180 000
Boukourdane	39 250 000	40 360 000	40 580 000

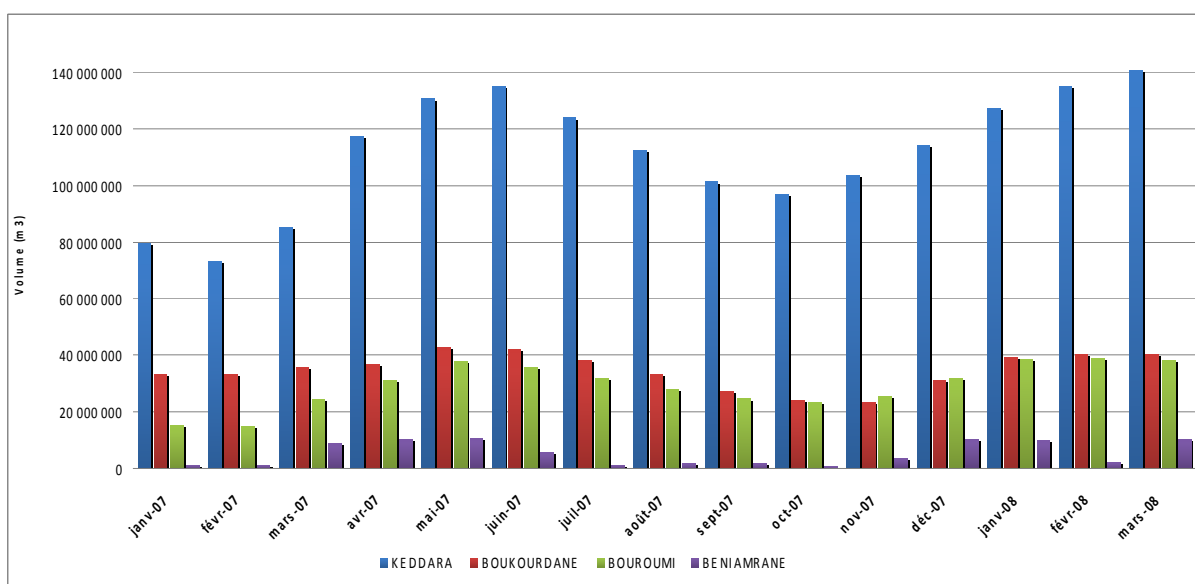


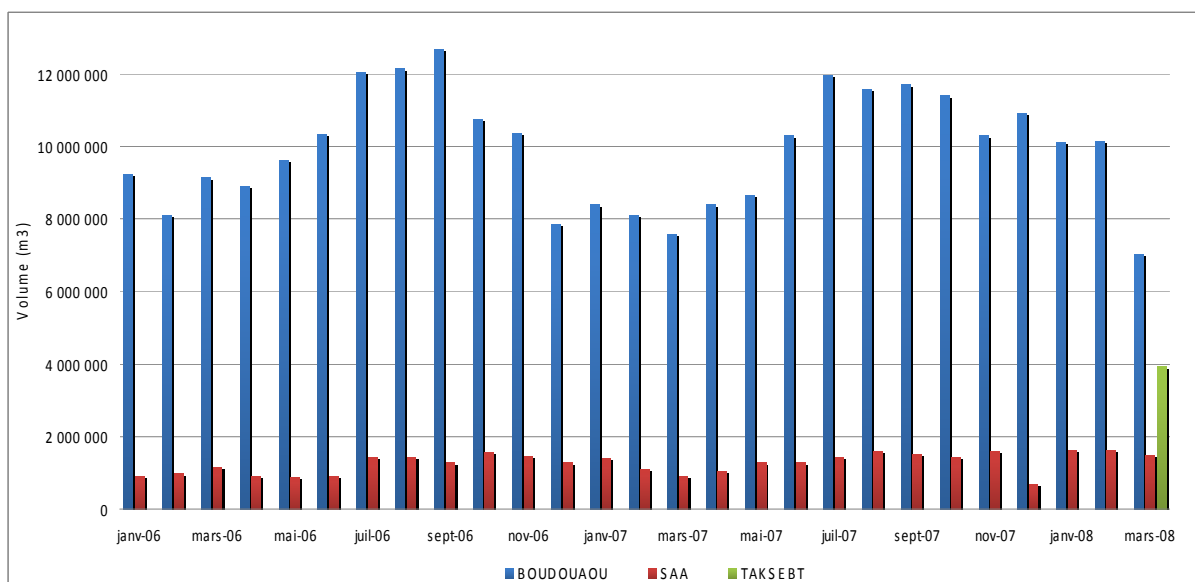
Figure V.4 : Variation des volumes stockés des barrages

Le graphe ci-dessus nous montre que le barrage de Keddara est la ressource principale pour Alger (par rapport aux eaux de surface)

Le tableau qui suit représente l'évolution de la production au niveau de ces deux stations de traitement plus les eaux de TAKSEBT.

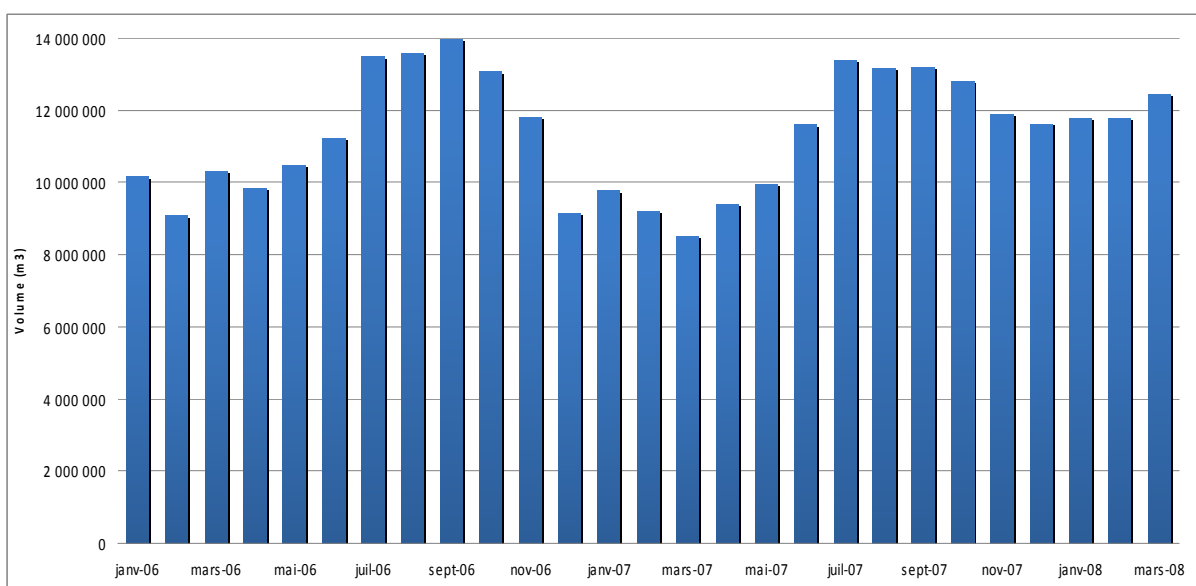
**Tableau V.3 : Evolution de la production d'eau au niveau des deux stations de traitement plus les eaux de TAKSEBT**

	2008		
	Janvier	Février	Mars
	Volume (m <sup>3</sup> )		
Volume d'eau traité à Boudouaou	10 125 544	10 145 513	7 034 012
Volume d'eau traité à SAA	1 648 248	1 638 709	1 488 015
Volume d'eau refoulé de Taksebt	0	0	3 929 449
Volume total (m <sup>3</sup> )	11 773 792	11 784 222	12 451 476
Volume (m <sup>3</sup> /j)	379 800	380 136	429 361



*Figure V.5 : Production mensuelle des eaux de surface par station*

On remarque que la station de traitement Boudouaou, produit presque la totalité des eaux de surfaces, cela est non seulement du à la grandeur de la station, mais aussi à la ressource disponible à l'est de la wilaya d'Alger.



*Figure V.6 : Production mensuelle totale des eaux de surface*

La production en eaux de surface à une variation périodique chaque année (forte production en été et faible en hiver), mais il ya une augmentation de production au début de l'année 2008, cela est dû au passage à l'alimentation continue (H24) dans la plus part des commune d'Alger.

### b. Eaux souterraines

Pour la ressource souterraine, Alger compte actuellement 223 forages qui sont regroupés en 23 champs de captage et ces derniers sont regroupés en 4 centres :

- El Harrach
- Mazafran
- Birtouta
- Usine Relais

Le tableau qui suit représente l'évolution du nombre de forages.

**Tableau V.4 : Evolution du nombre de forages**

	2007											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
Parc forages	208	208	203	207	215	216	216	217	219	223	223	223
Forages en service	180	183	179	183	192	199	192	197	202	204	203	198
Forages à l'arrêt	28	25	24	24	23	17	24	20	17	19	20	25
% en service	87%	88%	88%	88%	89%	92%	89%	91%	92%	91%	91%	89%
Production (m³/j)	290 345	299 966	289 161	302 039	307 325	318 122	311 027	299 287	302 100	304 972	308 103	303 072

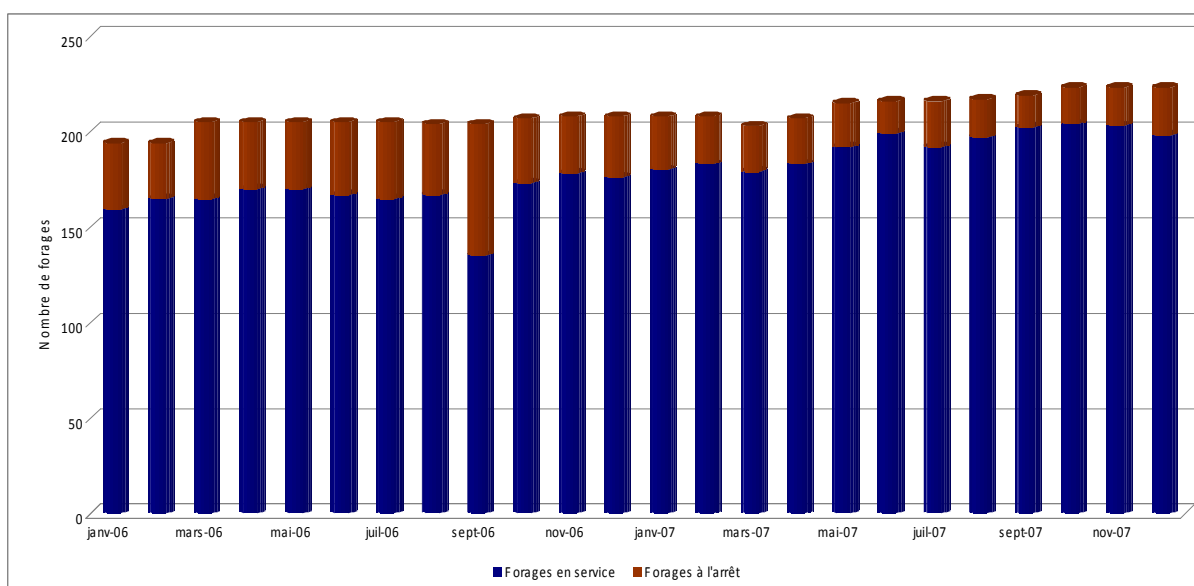


Figure V.7 : Evolution du nombre de forages

Le graphe ci-dessus nous montre qu'il y a une augmentation du nombre de forages même une diminution des forages qui sont à l'arrêt.

Le tableau suivant représente l'évolution de la production en eau des forages par centre.

Tableau V.5 : Evolution de la production en eau des forages par centre

	2008		
	Janvier	Février	Mars
	Volume (m <sup>3</sup> )		
El Harrach (Volume en m <sup>3</sup> )	5 426 421	5 604 600	4 967 804
El Harrach (m <sup>3</sup> /j)	175 046	200 164	160 252
Mazafran	3 511 284	3 473 402	2 760 211
Mazafran (m <sup>3</sup> /j)	113 267	124 050	89 039
Birtouta	678 069	760 020	635 953
Birtouta (m <sup>3</sup> /j)	21 873	27 144	20 515
Usines Relais	32 490	60 263	75 632
Forages UR (m <sup>3</sup> /j)	1 048	2 152	2 440
Volume Des Eaux Souterraines (m <sup>3</sup> )	9 648 264	9 898 285	8 439 600
m <sup>3</sup> /jour	311 234	353 510	272 245

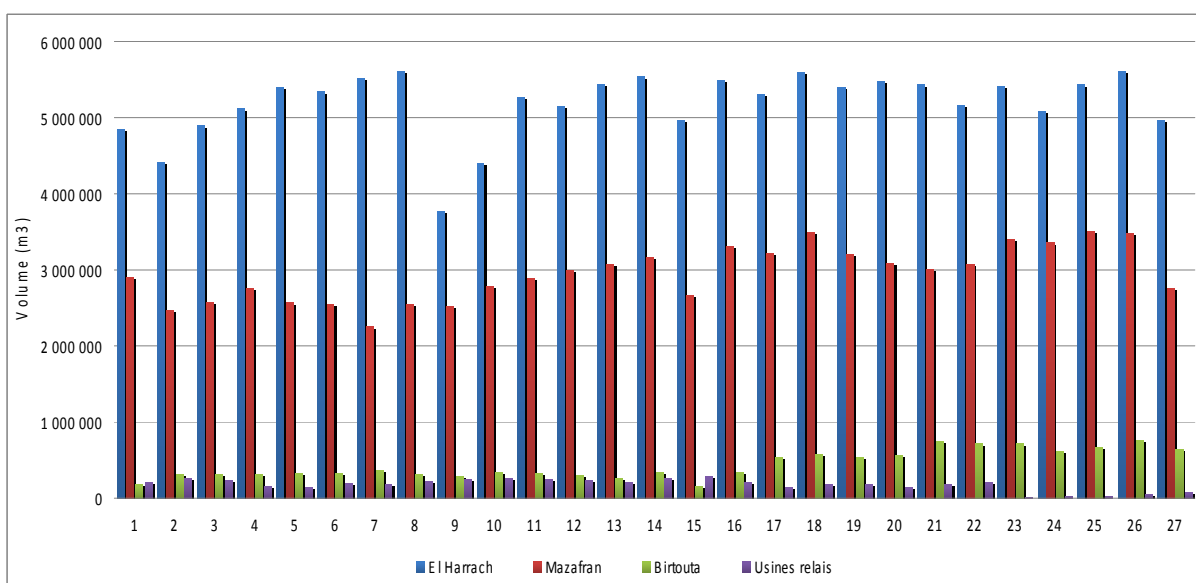


Figure V.8 : La production mensuelle des eaux souterraines par centre

On remarque que le centre d’El Harrach a une forte production (il arrive jusqu'à 200 000 m³/j) par rapport aux autres centres, comme les Usine Relais (il arrive jusqu'à 2 000 m³/j)

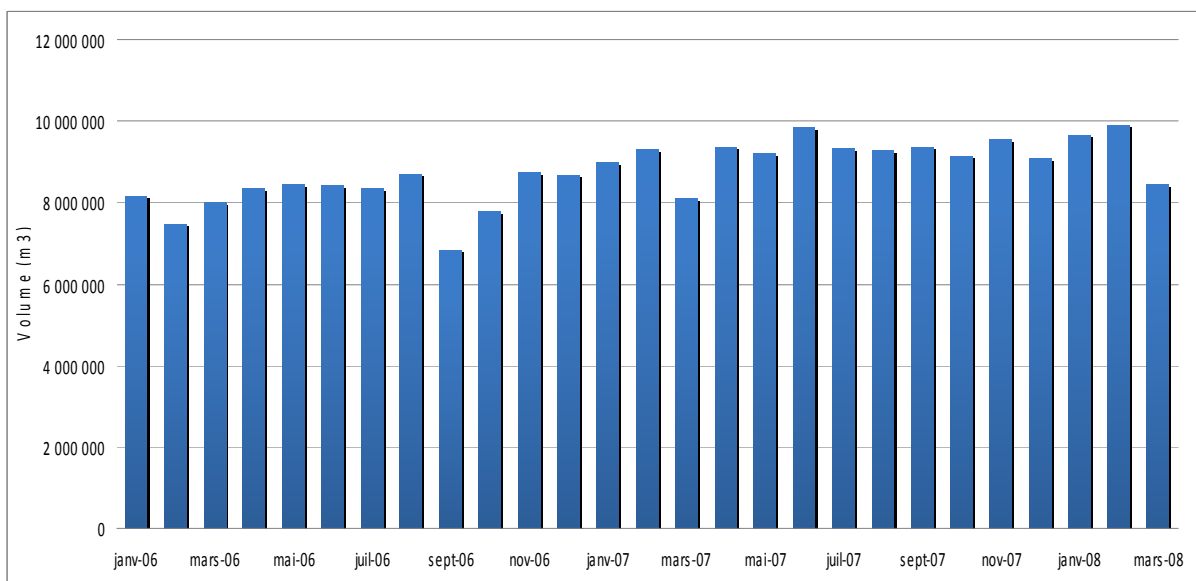


Figure V.9 : La production mensuelle totale des eaux souterraine

La production en eaux souterraine est en augmentation chaque année, due aux efforts fournis par la SEAAL dans la réhabilitation des forages qui sont à l’arrêt.

**c. Eaux de dessalement**

Ces eaux ont été exploitées après la période de sécheresse qu’a vécu la wilaya d’Alger.

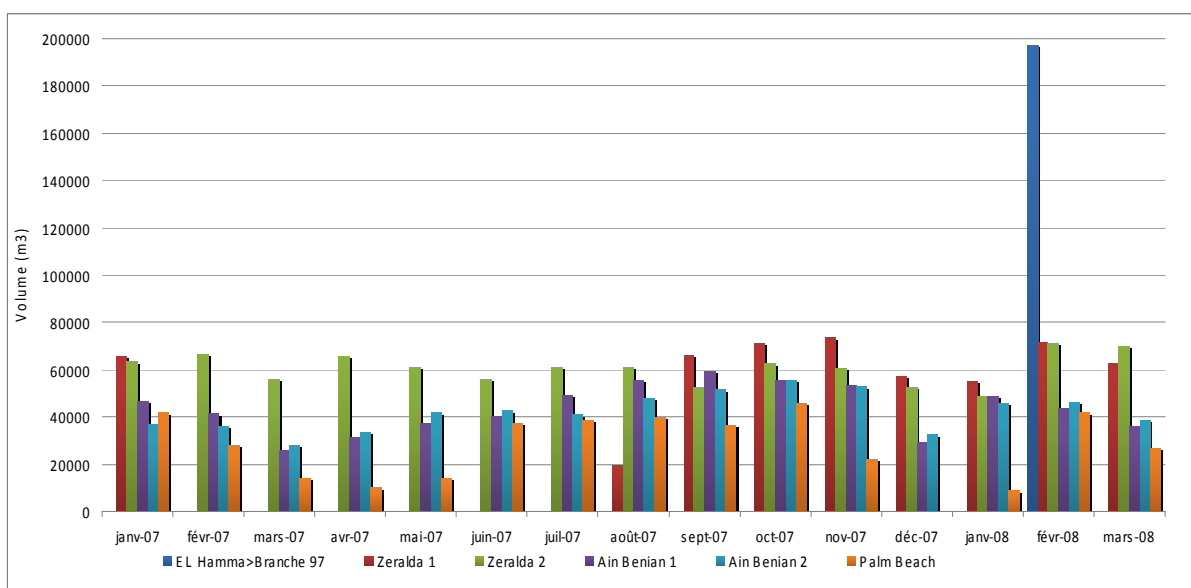
On a six (06) petites stations de dessalement à l'ouest de la wilaya et une grande station au centre.

Le tableau suivant représente l'évolution de la production de ces stations.

**Tableau V.6 : Evolution de la production de ces stations l'évolution de la production de ces stations**

	2008		
	Janvier	Février	Mars
	Volume (m <sup>3</sup> )		
Zeralda 1	55 080	71 789	62 480
Zeralda 2	48 929	71 378	70 215
Ain Benian 1	48 799	43 416	36 156
Ain Benian 2	45 661	46 276	38 724
Palm Beach	8 709	41 773	26 691
El Hamma	0	197 500	0
Total d'eaux dessalées	207 178	472 132	234 266
m <sup>3</sup> /j	6 683	16 280	8 078

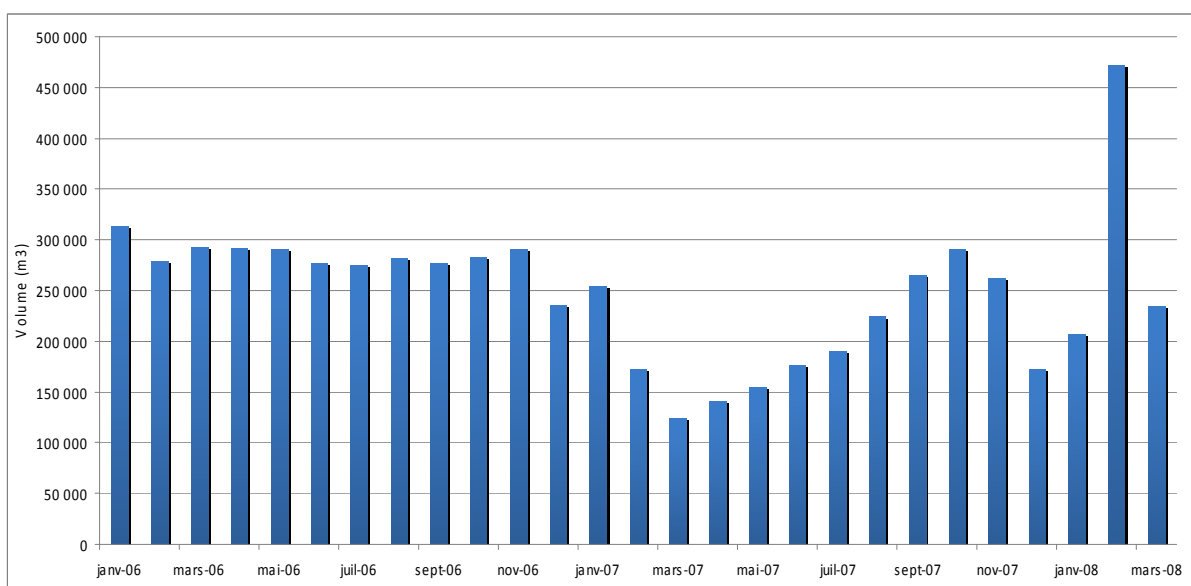
La station de Hamma est dimensionnée pour produire 200 000 m<sup>3</sup>/jour et elle doit refouler vers le réservoir Kouba 97 et le réservoir Telemly et Garidi.



*Figure V.10 : La production mensuelle des eaux dessalées par stations*



Actuellement, la station d'El Hamma refoule que vers le réservoir de Kouba, K97, mais pas régulièrement ceci est dû à quelques anomalies. Pour Telemly et Garidi, la conduite d'adduction n'est pas encore mise en service (en chantier).



*Figure V.11 : La production mensuelle total des eaux de dessalements*

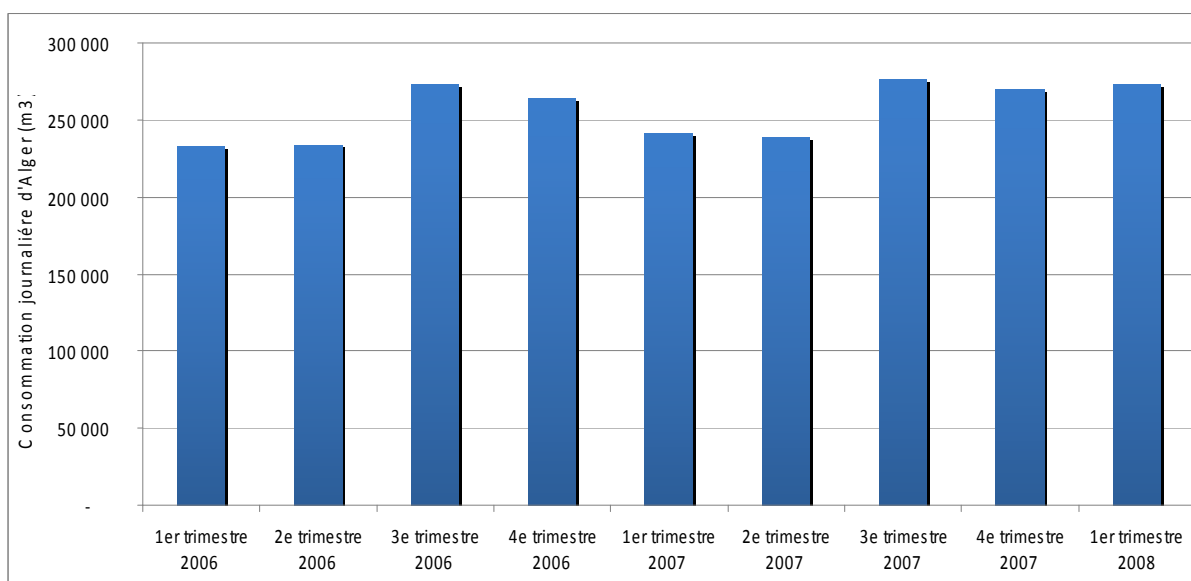
La production a augmenté brusquement au mois de février dû à la mise en service de la grande station d'El Hamma, malgré qu'elle ne produise pas à les 200 000 m<sup>3</sup>/j, quant elle arrive a ca capacité maximal la production en eaux dessalé va augmenter de 6 million de m<sup>3</sup>/mois, qui est l'équivalent de 90% de la production souterraine.

### 3. La consommation d'Alger

La consommation est actuellement de l'ordre de 24 millions de m<sup>3</sup>/trimestre ou 8 millions de m<sup>3</sup>/mois ou 250 000 m<sup>3</sup>/jour et le nombre d'abonnés est 460 000 clients.

**Tableau V.7 : Variation de la consommation trimestriel d'Alger**

	2006				2007				2008
	1er Trimestre	2ème Trimestre	3ème Trimestre	4ème Trimestre	1er Trimestre	2ème Trimestre	3ème Trimestre	4ème Trimestre	1er Trimestre
<b>Consommation totale d'Alger (m<sup>3</sup>)</b>	20 993 036	21 082 132	24 578 957	23 752 151	21 702 562	21 539 873	24 857 659	24 325 524	24 557 191
<b>Nombre de clients</b>	409 582	418 222	421 714	422 338	429 536	436 183	440 280	444 156	460 195
<b>Consommation (m<sup>3</sup>/mois)</b>	6 997 679	7 027 377	8 192 986	7 917 384	7 234 187	7 179 958	8 285 886	8 108 508	8 185 730
<b>Consommation (m<sup>3</sup>/jour)</b>	233 256	234 246	273 100	263 913	241 140	239 332	276 196	270 284	272 858



*Figure V.12 : La consommation journalière par trimestre*

On remarque que la consommation varie de la même manière pour chaque année.

Dans le premier et deuxième trimestre, la consommation est presque la même, mais au 3<sup>e</sup> trimestre elle augmente (saison estivale), et elle baisse au 4<sup>e</sup> trimestre, elle continue à diminuer jusqu'au 1<sup>e</sup> trimestre de l'année précédente.

C'est normalement la variation de la consommation qui doit se passer chaque année, mais on remarque qu'à la fin de l'année 2007, la consommation au 3<sup>e</sup> trimestre est 276 196 m<sup>3</sup>/jour, au 4<sup>e</sup> trimestre elle a légèrement baissé, et en 1<sup>e</sup> trimestre 2008 la consommation a augmenté.

La seule explication plausible est que : Du fait que la SEAAL a entamé des travaux sur la rénovation des compteurs à la fin de l'année 2007, il en ressort que la consommation a été sous comptée et ceci est dû aux compteurs détériorés et bloqués.

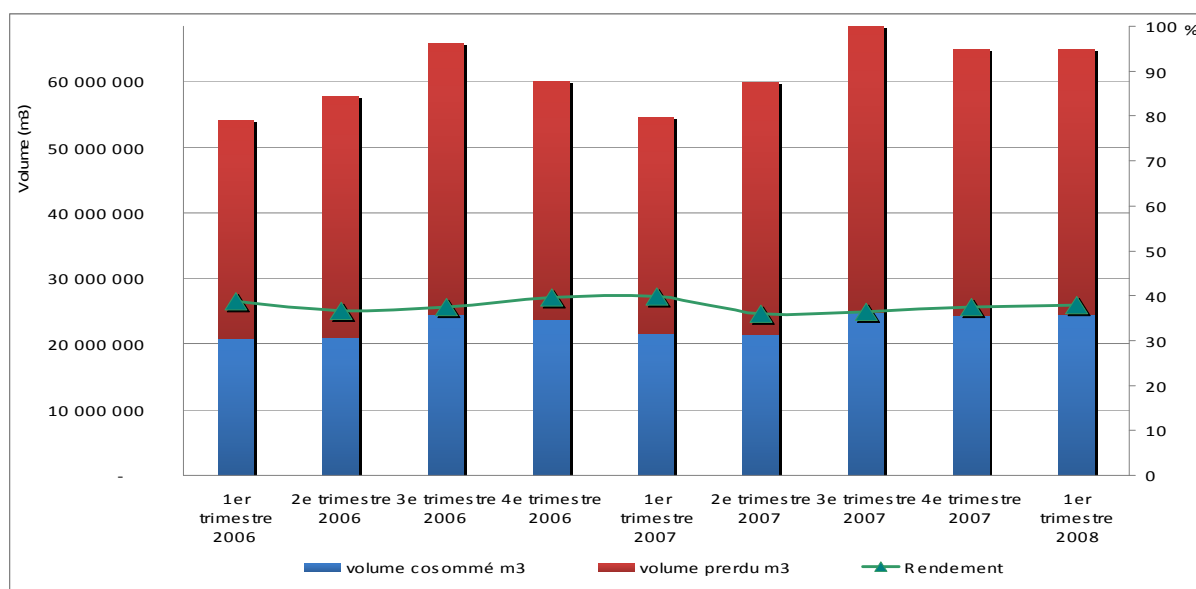
#### 4. Rendement du réseau d'Alger

Pour le calcul du rendement primaire du réseau d'Alger, on prend le volume consommé et le volume produit par trimestre (on n'a pas des données mensuelles de la consommation et aussi le volume mis en distribution, on considère le volume produit comme, volume mis en distribution).

$$R_p = \frac{V_{conso\ compt}}{V_{MD\ Conso}} \times 100 \quad (5.1)$$

**Tableau V.8 : Variation du rendement du réseau d'Alger**

	2007				2008
	1 <sup>er</sup> Trimestre	2 <sup>e</sup> Trimestre	3 <sup>e</sup> Trimestre	4 <sup>e</sup> Trimestre	1 <sup>er</sup> Trimestre
volume produit en m <sup>3</sup>	54 428 380	59 853 232	68 414 764	64 860 719	64 909 215
volume consommé m <sup>3</sup>	21 702 562	21 539 873	24 857 659	24 325 524	24 557 191
Rendement %	40	36	36	38	38

*Figure V.13 : Le taux des pertes*

On remarque que le rendement est en moyenne de 38% et donc on a 62% de pertes.

Mais les pertes qu'on a sont les pertes en production et en distribution et aussi les eaux non facturées (les pertes physiques et les pertes commerciales).

On ne peut pas calculer le rendement net du fait qu'on n'a pas de données sur les volumes consommés non comptabilisés.

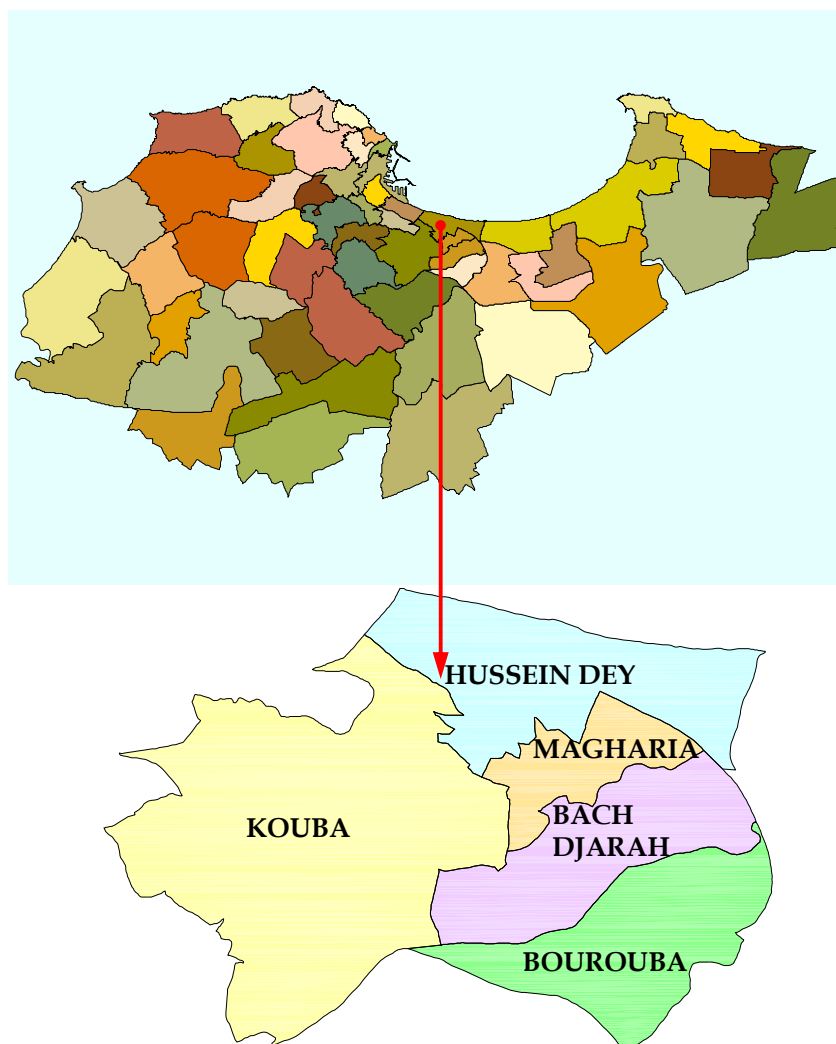
C'est pour ce faible rendement du réseau, qu'il faut aller réduire ces pertes et trouver la solution la plus viable et faire face à la forte pression qui fait détériorer le réseau et augmenter les pertes physiques.

Pour réduire les pertes physiques les responsables de la SEAAL ont opté pour la modulation de la pression, et les travaux ont été entamés dans quatre étages du réseau de distribution. Le premier étage qui est déjà modulé c'est l'étage Kouba 97. Les autres sont en cours.

Là, il faut voir si la modulation de la pression de l'étage Kouba 97 a donné des résultats concernant la réduction des pertes physiques.

## 5. Présentation de l'étage K 97

L'Etage Kouba 97 est situé entre le réservoir de Kouba qui l'alimente et la mer. Ses limites correspondent approximativement à celles du quartier d'Hussein Dey plus une partie d'El Magharia.



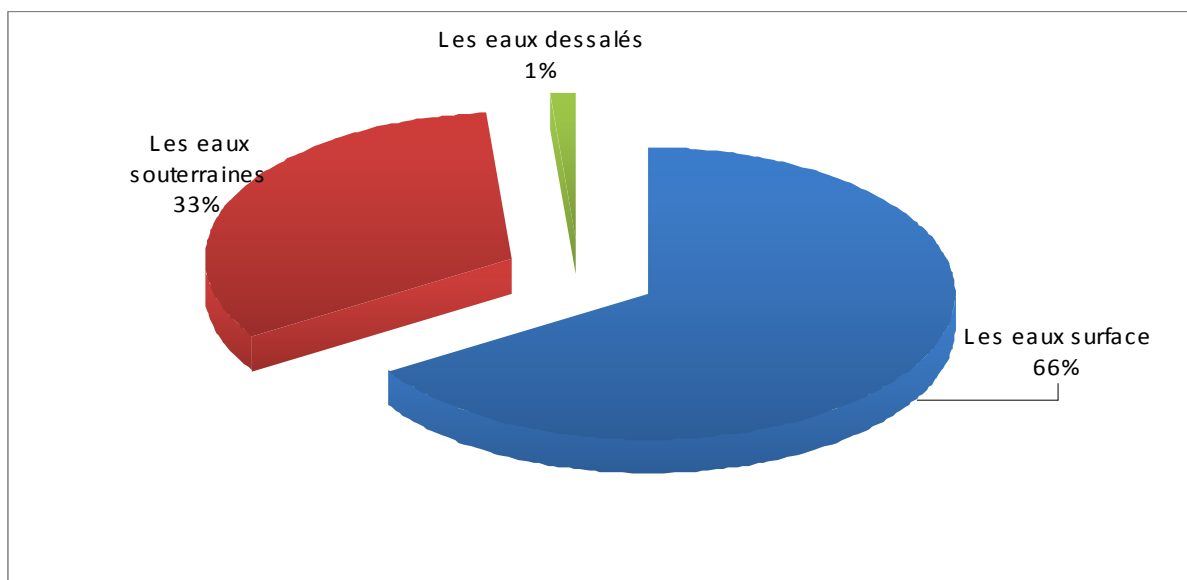
*Figure V.14 : Position de la commune de Hussein Dey*

L'Etage dessert une population d'environ 50.000 habitants et plusieurs abonnés industriels, dont une importante gare de triage. A l'ouest, sa frontière haute suit approximativement l'Avenue Moghni et la Rue Rahim, avec un point haut à la côte 25 m ; à l'Est, on suit à peu près une ligne située à la côte 30 m ; en point bas, on est à la côte 4 m. Il est alimenté par la conduite de 500 mm provenant du Réservoir de Kouba 97.

## 6. Ressources de l'étage Kouba 97

L'étage Kouba 97 est alimenté par les trois ressources disponibles pour la wilaya d'Alger (eaux de surfaces, eaux souterraine, eaux dessalée).

Les eaux de surface proviennent de la station de traitement de Boudouaou par la SPIK. Les eaux souterraines arrivent du champ de Baraki, et déversent dans la bêche d'accumulation du complexe d'El Harrach. Et les eaux dessalées arrivent de la station d'El Hamma qui refoule directement dans le réservoir Kouba 97.



*Figure V.15 : Répartition des ressources pour le réservoir Kouba 97*

Cette répartition est celle du 1<sup>er</sup> trimestre 2008, et on remarque que presque la totalité des ressources pour K97 proviennent des eaux de surface. L'explication pour le petit pourcentage des eaux dessalées est que la station d'El Hamma n'a refoulé que durant le mois de février.

## 7. Pompage vers Kouba 97

Le réservoir de Kouba 97 est alimenté à partir du complexe d'El Harrach qui à cinq (05) usines de pompage : Usine 2, Usine 3, Usine 5, Usine 6, et l'usine 4 qui est hors service. Et quatre bâches d'accumulation deux (02) de capacité de stockage de 10000 m<sup>3</sup> et deux (02) autres de capacité de 5000 m<sup>3</sup> qui sont toutes inter connectées et les arrivées de ces bâches d'accumulation c'est les eaux de la station de traitement Boudouaou (par SPIK) par une conduite de diamètre nominal de 1500 mm et les eaux du champ Baraki par une conduite de diamètre nominal de 1000mm.

L'usine 2 comporte trois (03) groupes de service et un (01) de secours d'une capacité de pompage de 1025 m<sup>3</sup>/h et qui refoule vers Kouba 117, Lot Michel, Bachedjarah, Gué de Constantine.

L'usine 3 qui comporte huit (08) groupes de service et deux (02) de secours d'une capacité de pompage de 300 m<sup>3</sup>/h et qui refoule vers Kouba 117, Lot Michel, Bach Djarah, Gué De Constantine.

L'usine 5 comporte deux (02) groupes de service et un (01) de secours d'une capacité de pompage de 5000 m<sup>3</sup>/h et qui refoule que vers Kouba 97.

L'usine 6 comporte six (06) groupes de service et deux (02) de secours d'une capacité de pompage de 5000 m<sup>3</sup>/h et qui refoule vers Kouba 97.

## 8. Réservoir Kouba 97

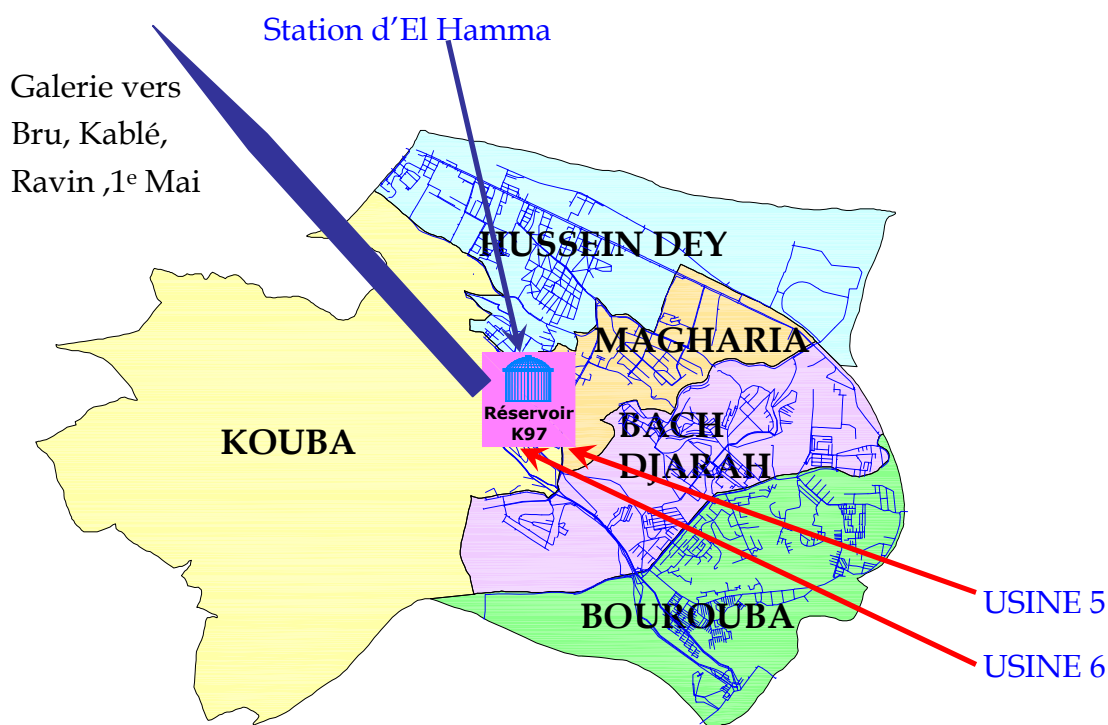
Le réservoir de Kouba 97 se situe à Ben Omar (Kouba) au sien de la direction générale de la SEAAL. Il a une côte de radier de 89 m et le trop plein est de 97.75 m au dessus du niveau de la mer,. Lors de sa construction ce réservoir était composé de deux compartiments de 20 000 m<sup>3</sup> puis un troisième compartiment a été rajouté. Avec la disponibilité de la ressource de dessalement un quatrième de même capacité de stockage que les premiers a été mis en place. Actuellement, le réservoir de Kouba 97 comprend quatre compartiments qui sont interconnectés d'une capacité totale de stockage de 80 000 m<sup>3</sup>.

L'adduction du réservoir est à partir des Usines 5 et 6 ( $V_{U(5,6)}$ ) par deux conduites parallèles de diamètres nominaux de 700 et 500 mm. La deuxième arrivée est de la station de dessalement d'El Hamma par une conduite de diamètre nominal de 1000 mm.

## 9. Distribution

La distribution se fait à partir du réservoir de Kouba 97 par trois sorties.

- Une galerie vers Alger centre passant par les stations de transfère Bru (refoule vers réservoir Boulogne), Ravin (refoule vers usine Centrale qui lui-même refoule vers Hydra et RV Boulogne), Kable (refoule vers RV Boulogne), et 1<sup>er</sup> Mai (refoule vers le réservoir Telemly).
- Une conduite de diamètre nominal de 500 mm vers Hussein Dey et Magharia.
- Une conduite de diamètre nominal de 1000 mm vers Bach Djarah et Bourrouba.



*Figure V.16 : Distribution du réservoir Kouba 97*

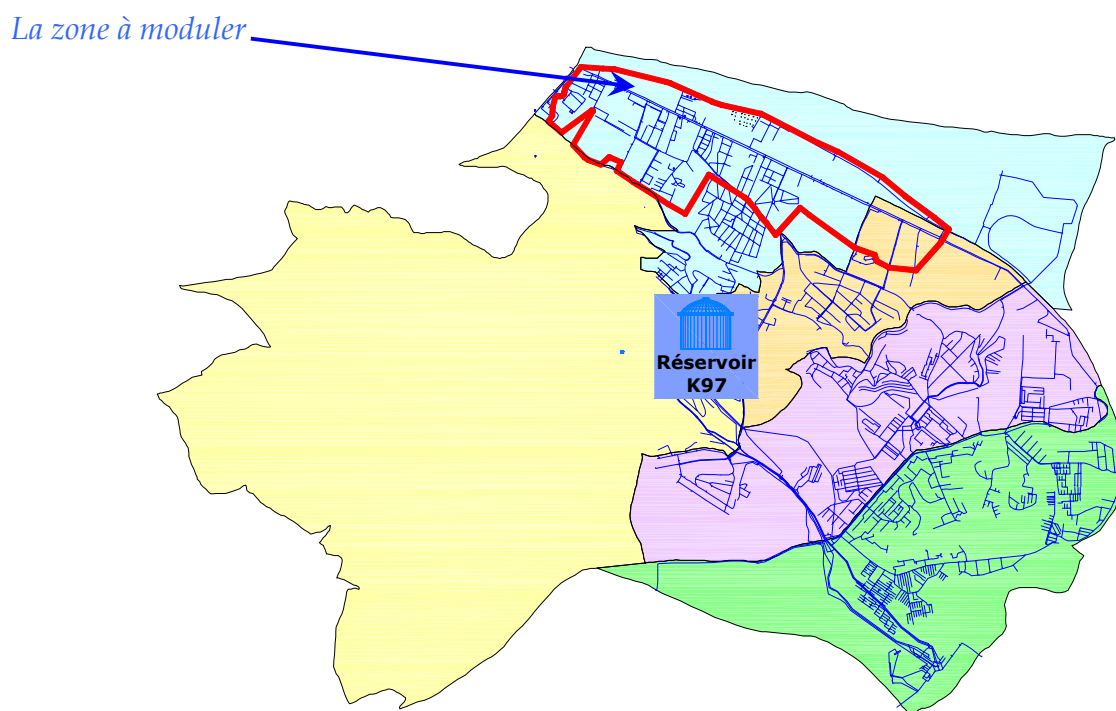
Le linéaire du réseau de Bach Djarah, Bourrouba, Magharia et, Hussein dey est de 118.7 km. Ce linéaire on a été déterminé par le biais de la base de données du système d'information géographique qui comporte tout le réseau d'Alger, et aussi à partir du modèle du réseau d'Alger qui est modélisé par PICCOLO et EPANET (base de données d'EPANET et PICCOLO).

Le volume distribué vers ces communes ne peut être déterminé que par un calcul estimatif.

### La distribution dans la zone à moduler

Le réseau de la zone à moduler (la zone réduite) a un linéaire de 32.97 km (ce linéaire est pris aussi de la base de donnée du SIG d'Alger et du modèle d'EPANET après la délimitation de la zone à moduler sur le modèle).

Avant la modulation, le réseau était un mélange entre le réseau qui est desservi par le réservoir de Kouba 97 (linéaire 32.2 km) et une petite partie du réseau qui est desservi par le réservoir Kouba 117 (linéaire 0.75 km).



*Figure V.17 : Position de la zone à moduler*

Après la modulation et la délimitation de la zone modulée (qui contour la commune de Hussein Dey et une petite partie de la commune de Magharia) par les vannes de frontière (Vanne fermée), les exploitants du réseau (SEAAL) ont laissé deux entrées à la zone réduite, la 1<sup>er</sup> par une conduite de DN 500 mm (la où il y a la vanne régulatrice de pression de diamètre 400 mm, la vanne maîtresse) et la 2<sup>e</sup> entrée par une conduite de DN 300 mm (la vanne régulatrice de pression de diamètre 100 mm, la vanne esclave), les deux sont alimentées par le réservoir de Kouba 97.



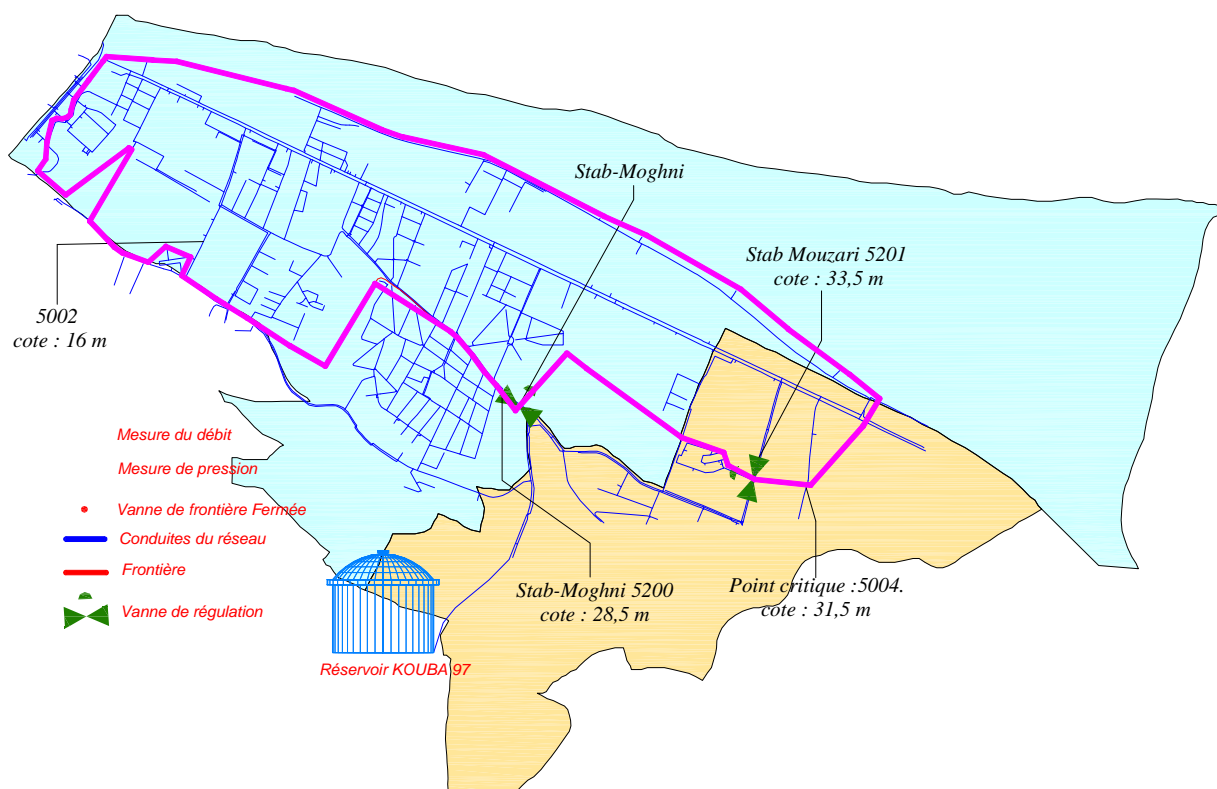


Figure V.18 : Délimitation de la zone modulée

La zone réduite avant la modulation n'est pas alimentée par une conduite bien définie, de ce fait on ne peut pas avoir le volume distribué exact, même après la modulation, on a qu'un compteur au niveau de la vanne maîtresse, mais pas dans les deux entrées du réseau.

Pour estimer le volume distribué, il faut tout d'abord calculer le volume total distribué par le K97. Et pour cela, on a considéré que le volume qui entre dans le réservoir est le même que celui qui en sort. Et le volume d'entrée c'est le volume refoulé par les usines 5 et 6 du centre d'El Harrach (ce sont les données qu'on a).

Après avoir déterminé le volume distribué du K97, on calcule le volume distribué à Hussein Dey (avec Magharia) et Bach Djerah (avec Bourrouba), et pour cela, il faut connaître le volume prélevé par la galerie qui dessert les stations de transfert Bru, Ravin, Kable et du 1<sup>e</sup> mai.

$$V_{dist\ C} = V_{dist\ K97} - V_{dist\ st} \quad (5.2)$$

$V_{dist\ C}$  : Volume distribué aux communes Hussein Dey, Magharia, Bach Djerah, Bourrouba.

$V_{dist\ K97}$  : Volume distribué par le réservoir Kouba 97.

$V_{dist\ st}$  : Volume prélevé par les stations de transferts : Bru, Ravin, Kablé et 1<sup>e</sup> Mai.

Quant on calcule le volume distribué à ces communes (Hussein Dey, Magharia, Bach Djerah et Bourrouba), le calcul du volume distribué à la zone réduite se fait par le calcul du volume distribué par unité de longueur et puis on le calcule par le linéaire de la zone modulée.

$$V_{dist \text{ unitaire}} = \frac{V_{dist \text{ c}}}{L_C} \quad (5.3)$$

$L_C$ : Longueur du réseau des communes Hussein Dey, Magharia, Bach Djerah, Bourrouba.

$$V_{dist \text{ M1}} = V_{dist \text{ unitaire}} \times L_M \quad (5.4)$$

$V_{dist \text{ M1}}$ : Volume distribué dans la zone modulée,

$L_M$ : Longueur du réseau de la zone modulée.

Comme ce volume distribué est estimé, donc il peut être sur évalué par rapport à sa valeur réelle, dû à la négligence des pertes qu'on peut avoir au niveau de la conduite d'adduction de l'usine d'El Harrach vers le réservoir K97 et aussi les pertes au niveau de la galerie qui mène du réservoir K97 vers les stations de transfert (Bru, Ravin, Kable et du 1<sup>e</sup> mai).

C'est pour cela qu'on a pris les valeurs du débit d'entrée au réseau de la zone modulée qui est trouvé d'après la modalisation de l'étage K97 par le logiciel EPANET (ces résultat sont obtenus après le calage de la valeur du débit par rapport aux valeurs du débit mesuré à la 1<sup>er</sup> vanne régulatrice « là où il y a le débitmètre » et faire sortir le débit de la 2<sup>e</sup> vanne régulatrice), mais ce débit est spécifique à une journée donc on ne peut pas le généraliser pour les autre mois.

Pour que notre estimation de volume soit plus fiable, nous prenons la moyenne entre le volume estimé par la distribution unitaire, et le volume distribué estimé par la modélisation ( $V_{dist \text{ M2}}$ ).

#### *i. Distribution avant modulation*

On utilise la méthode d'estimation pour le calcul du volume distribué à la zone à moduler avant modulation.

Le tableau suivant donne le volume distribué à la zone pour le période avant modulation (période s'arrête à la fin 2007).

**Tableau V.9** : Distribution trimestrielle calculée de la zone à moduler

En (m <sup>3</sup> )	1 <sup>er</sup> Trimes. 2006	2 <sup>e</sup> Trimes. 2006	3 <sup>e</sup> Trimes. 2006	4 <sup>e</sup> Trimes. 2006	1 <sup>er</sup> Trimes. 2007	2 <sup>e</sup> Trimes. 2007	3 <sup>e</sup> Trimes. 2007	4 <sup>e</sup> Trimes. 2007
<b>V<sub>U(5,6)</sub></b>	13 038 000	13 365 000	14 192 000	13 507 080	13 597 000	14 473 000	16 244 000	15 898 000
<b>V<sub>dist K97</sub></b>	7 507 413	7 355 245	8 187 499	8 607 430	10 692 477	10 948 462	12 590 551	11 319 152
<b>V<sub>dist C</sub></b>	5 530 587	6 009 755	6 004 501	4 899 650	2 904 523	3 524 538	3 653 449	4 578 848
<b>V<sub>dist unitaire</sub></b>	47	51	51	41	24	30	31	39
<b>V<sub>dist M1</sub></b>	1 536 107	1 669 195	1 667 736	1 360 866	806 724	978 932	1 014 737	1 271 764
<b>V<sub>dist M2</sub></b>	749 184	704 668	852 490	815 738	742 194	751 586	809 853	908 316
<b>V<sub>dist M</sub></b>	1 142 645	1 186 931	1 260 113	1 088 302	774 459	865 259	912 295	922 390

La distribution avant modulation était discontinue : c'était 10 heures par jours.

*ii. Distribution après modulation*

On utilise la même méthode de calculs du volume distribué avant modulation et après modulation. Pour la période après la modulation, on n'a que le premier trimestre 2008.

**Tableau V.10** : Volume distribué à la zone modulée

En (m <sup>3</sup> )	1 <sup>e</sup> Trimestre 2008
<b>V<sub>U(5,6)</sub></b>	15 590 144
<b>V<sub>dist K97</sub></b>	11 319 152
<b>V<sub>dist C</sub></b>	4 270 992
<b>V<sub>dist unitaire</sub></b>	36
<b>V<sub>dist M1</sub></b>	1 186 258
<b>V<sub>dist M2</sub></b>	793 866
<b>V<sub>dist M</sub></b>	990 528

La distribution après modulation est continue (alimentation H24).

## 10. La consommation

Pour avoir la consommation dans la commune de Hussein Dey et Magharia, on a qu'allé voir le service clientèle et prendre la consommation trimestrielle facturée des abonnés et aussi des gros clients par commune. Mais pour le cas d'une zone comme la zone modulée où elle n'est pas délimitée pour le service clientèle, c'est pour cela qu'on a consulté le responsable de la relève (celui qui fait la relève des index des compteurs d'abonnée), pour nous délimiter sur la carte de Hussein Dey, les quartiers de relève (figure V.18), et après on a demandé les volumes consommés par quartier de relève, et on a pris les volumes des quartiers qui sont à l'intérieure de la zone modulée, et pour ceux qu'il sont à moitié dans la zone, on a calculé le rapport entre la surface du quartier, qui est a l'intérieure de la zone, et la surface total du quartier, et on a multiplie ce rapport par le volume du quartier. Et pour les gros consommateurs, on a demandé les gros consommateurs d'Alger sud par adresse et on les a localisé sur la carte pour qu'on puisse avoir ceux qui sont à l'intérieure de la zone modulée.

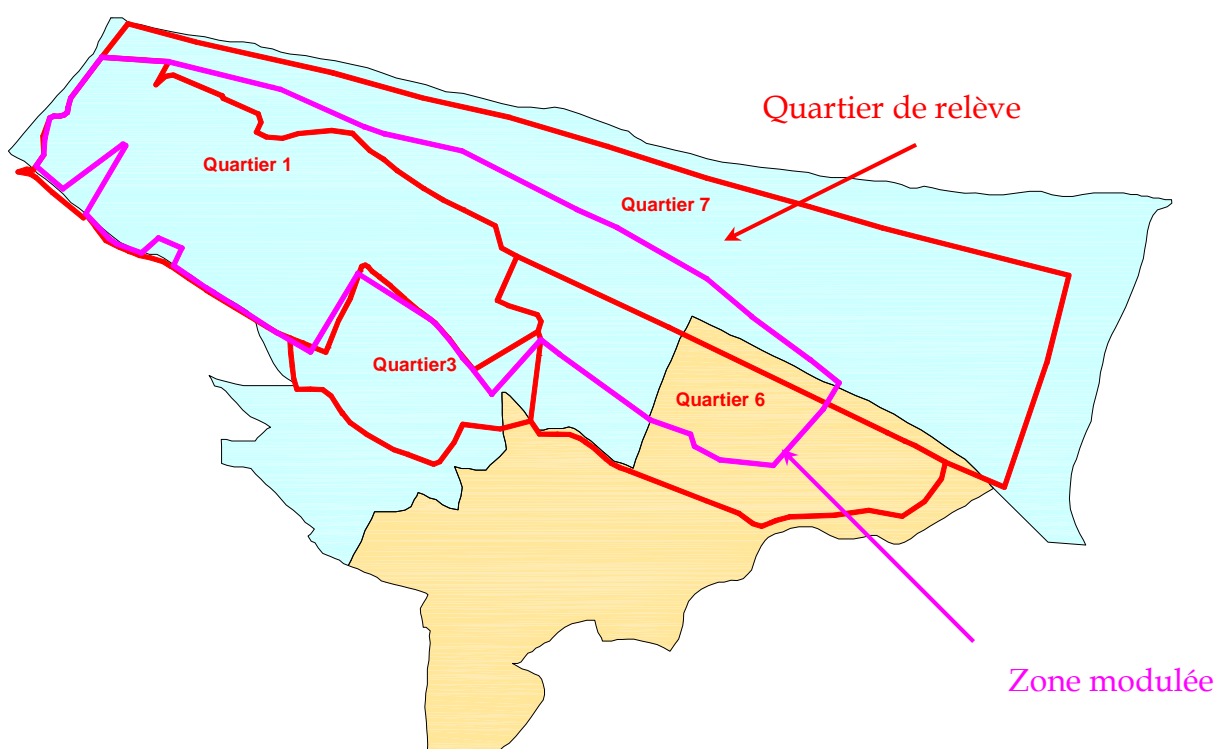


Figure V.19 : Présentation des quartiers de relève

Comme on voit dans la figure V.18, on a pris le volume consommé total du quartier 1, qui est à l'intérieure de la zone modulé. Mais pour le quartier 6, il a une partie, qui est à l'intérieur de la zone, donc on a calculé le rapport entre la surface du quartier 6 qui est à l'intérieure de la zone et la surface total du quartier 6. Et on le multiplie, par le volume consommé total du quartier, et le même calcule, ce fait pour les autres quartiers

#### a. La consommation avant modulation

La consommation avant modulation est représentée dans le tableau V.11.

**Tableau V.11 : Consommation années 2006 et 2007**

	1 <sup>er</sup> Trimes. 2006	2 <sup>e</sup> Trimes. 2006	3 <sup>e</sup> Trimes. 2006	4 <sup>e</sup> Trimes 2006	1 <sup>er</sup> Trimes. 2007	2 <sup>e</sup> Trimes. 2007	3 <sup>e</sup> Trimes. 2007	4 <sup>e</sup> Trimes. 2007
<b>V<sub>Conso gros clients</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	47440	49497	57411	47011	41122	47745	53312	47168
<b>Nbre des gros clients</b>	31	31	31	31	31	31	31	31
<b>V<sub>Conso petits clients</sub> m<sup>3</sup></b>	304314	281356	342847	335991	307349	305135	326925	379301
<b>Nbre des petits clients</b>	6852	6895	6938	6946	6948	6991	7035	7043
<b>V<sub>Conso total</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	351785	330884	400289	383033	348502	352911	380268	426500
<b>Nbre total des abonnés</b>	662951	619135	750074	725970	662799	665037	714228	812844

#### b. La consommation après modulation

La consommation après modulation est représentée dans le tableau V.12

**Tableau V.12 : Consommation après modulation**

	1 <sup>er</sup> Trimestre 2008
<b>V<sub>Conso gros clients</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	47421
<b>Nbre des gros clients</b>	31
<b>V<sub>Conso petits clients</sub> m<sup>3</sup></b>	325312
<b>Nbre de petits clients</b>	7044
<b>V<sub>Conso total</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	372764
<b>Nbre total des abonnés</b>	705120

## 11. Les pertes

Les pertes à Alger ont un taux très élevé et c'est le même cas pour la zone à moduler.

Pour le calcul de ces pertes, on prend le volume distribué à la zone et on soustrait le volume consommé. Et comme la consommation qu'on a c'est la consommation facturée ceci nous donne le taux des eaux non facturées (pertes physique, pertes commerciales).

$$Pertes\ d'eau = V_{dist\ M} - V_{conso\ M} \quad (5.5)$$

L'indice linéaire de pertes primaire est donné par :

$$ILP_{prim} = \frac{V_{dist\ M} - V_{Conso\ M}}{L_M \times 30} \quad m^3 / jour / km \quad (5.6)$$

### a. Les pertes avant modulation

On calcule les pertes par la formule (5.5) et ILP par la formule (5.6), on obtient le tableau suivant.

**Tableau V.13 :** Variation trimestrielle des pertes dans la zone à moduler avant modulation

En (m <sup>3</sup> )	1 <sup>er</sup> Trimestre 2006	2 <sup>e</sup> Trimestre 2006	3 <sup>e</sup> Trimestre 2006	4 <sup>e</sup> Trimestre 2006	1 <sup>er</sup> Trimestre 2007	2 <sup>e</sup> Trimestre 2007	3 <sup>e</sup> Trimestre 2007	4 <sup>e</sup> Trimestre 2007
<b>V<sub>dist M</sub></b>	1 142 645	1 186 931	1 260 113	1 088 302	774 459	865 259	912 295	922 390
<b>V<sub>Conso M</sub></b>	351 753	330 852	400 257	383 001	348 471	352 881	380 238	426 468
<b>V<sub>perdue M</sub></b>	790 892	856 079	859 856	705 301	425 988	512 378	532 057	495 922
<b>ILP</b> m <sup>3</sup> /jour/km	267	289	290	238	144	173	179	167

### b. Les pertes après modulation

Les pertes après modulation sont dans le tableau V.14.

**Tableau V.14** : Variation trimestrielle des pertes dans la zone à moduler après modulation

	Premier Trimestre 2008
$V_{\text{dist M}}$	990 528
$V_{\text{Conso M}}$	372 732
$V_{\text{perdue M}}$	617 796
ILP (m <sup>3</sup> /jour/km)	208

## 12. Les fuites

Le réseau de Hussein Dey est en fonte grise et vétuste, les fuites ou les cassures qui apparaissent dans le réseau sont beaucoup plus dans les branchements que dans les conduites. On trouve dans les réseaux en fonte grise des fissures transversales et longitudinales, par contre dans les conduites en acier on trouve des trous.

Les fuites sont divisées en fuites visibles, semi visibles et invisibles.

Dans notre cas, on ne peut pas avoir toutes les fuites mais on peut les quantifier à partir du nombre de réparation de fuites (ce nombre concerne surtout les fuites visibles et semi visibles).

### 12.1 Fuites avant modulation

Dans le tableau V.15 est donné le nombre de fuites avant modulation.

**Tableau V.15** : Nombres de fuites avant modulation

	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Nbre de fuites sur branchement	10	9	10	10
Nbre de fuites sur conduite	2	2	1	3
Total	12	11	11	13

### 12.2 Fuites après modulation

Dans le tableau V.16 est donné le nombre de fuites après modulation.

**Tableau V.16 : Nombre de fuites après modulation**

	Janvier	Février	Mars	Avril
Nbre de fuites sur branchement	4	3	4	3
Nbre de fuites sur conduite	0	1	1	0
Total	4	4	5	3

### 13. Rendement du réseau

Pour le calcul du rendement primaire (on le calcule avec la formule (5.1)) du réseau de la zone modulée, on prend le volume consommé et le volume produit par trimestre (on n'a pas des données mensuelles de la consommation).

On ne peut pas calculer le rendement net du fait qu'on n'a pas de données sur les volumes consommés non comptabilisés.

#### Rendement avant modulation

Le tableau V.17 donne le rendement avant modulation pour les années 2006 et 2007.

**Tableau V.17 : Rendement avant modulation**

En (m <sup>3</sup> )	1 <sup>er</sup> trimestre 2006	2 <sup>e</sup> trimestre 2006	3 <sup>e</sup> trimestre 2006	4 <sup>e</sup> trimestre 2006	1 <sup>er</sup> trimestre 2007	2 <sup>e</sup> trimestre 2007	3 <sup>e</sup> trimestre 2007	4 <sup>e</sup> trimestre 2007
$V_{\text{dist M}}$	1 142 645	1 186 931	1 260 113	1 088 302	774 459	865 259	912 295	922 390
$V_{\text{Conso M}}$	351 753	330 852	400 257	383 001	348 471	352 881	380 238	426 468
$R_p\%$	31	28	32	35	45	41	42	46

#### Rendement après modulation

Le tableau V.18 donne le rendement après modulation.

**Tableau V.18 : Rendement après modulation**

En (m <sup>3</sup> )	1er Trimestre 2008
$V_{\text{dist M}}$	990 528
$V_{\text{Conso M}}$	372 732
$R_p\%$	38



## 14. Impact de la modulation

L'impact de la modulation est sur le nombre de fuites, le volume perdu et sur le volume distribué.

### a. Impact sur les fuites

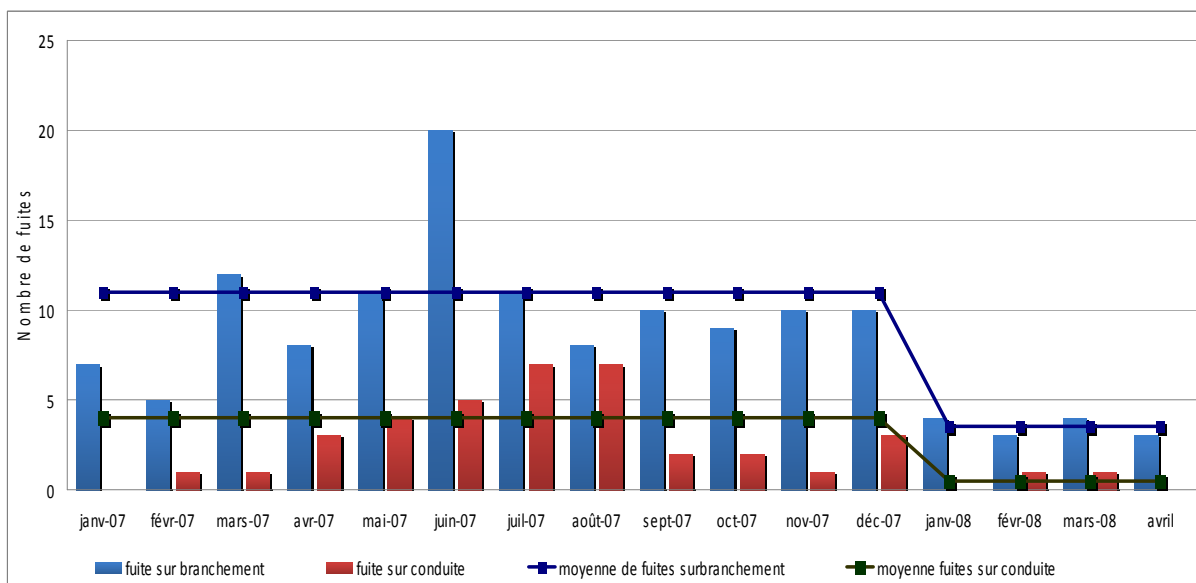


Figure V.20 : Nombre de réparations de fuites par type

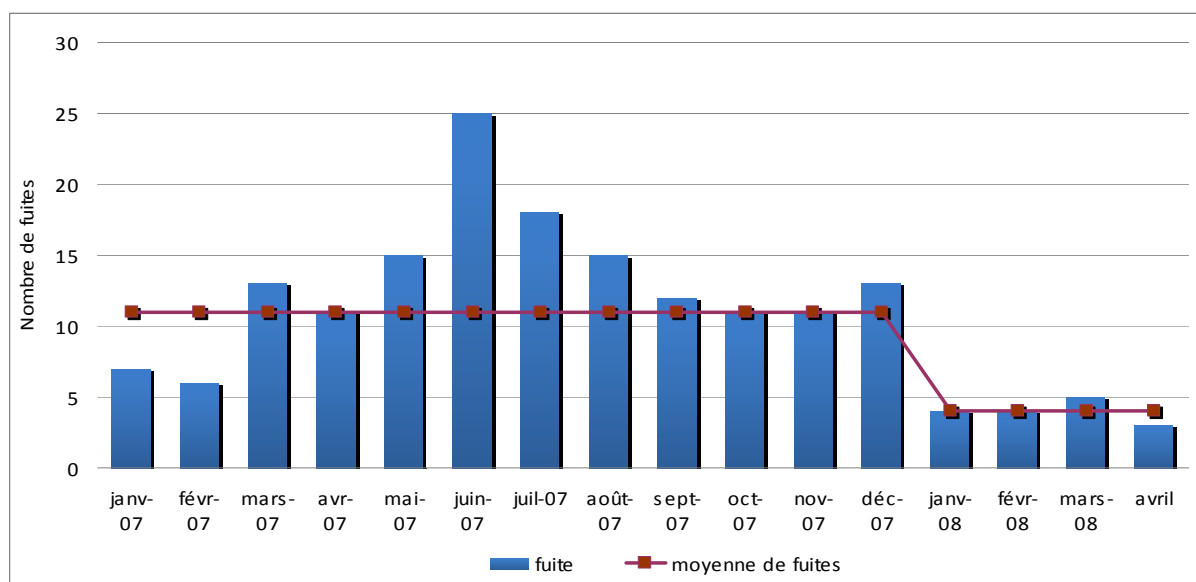


Figure V.21 : Nombre de réparation total de fuites

On remarque bien que le taux d'apparition des cassures a diminué.

Si le taux des cassures a diminué cela signifie qu'il ya une diminution des pertes.

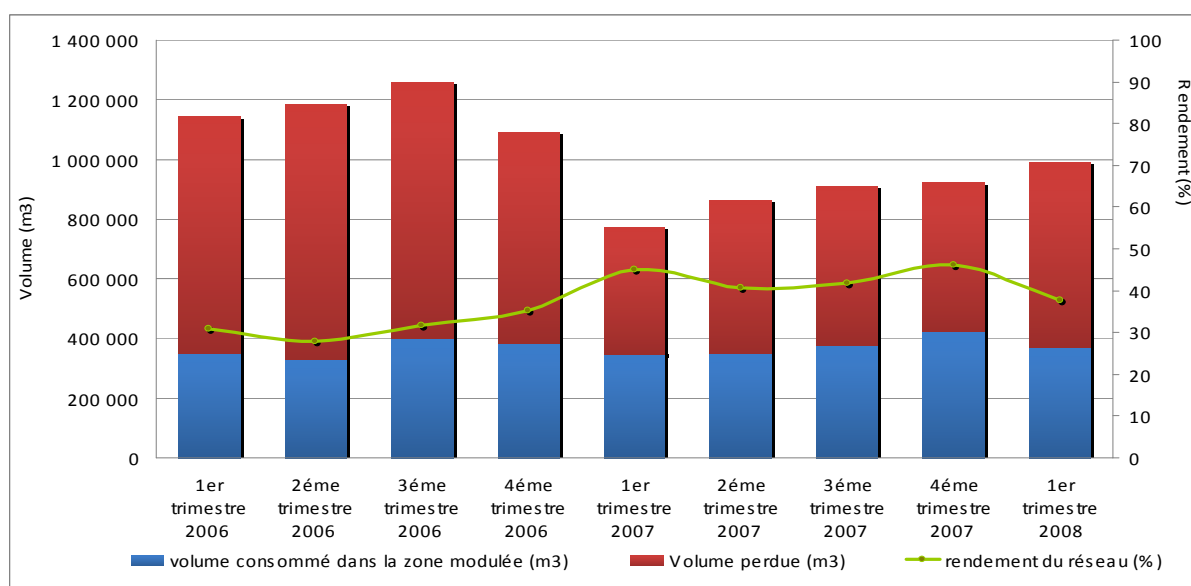
## b. Impact sur les pertes

Pour voir l'impact de la modulation sur les pertes, il faut comparer les pertes avant et après modulation. Les résultats sont donnés dans le tableau V.19.

**Tableau V.19 : Variation des pertes avant et après modulation**

En (m <sup>3</sup> )	1 <sup>er</sup> trimestre 2006	2 <sup>e</sup> trimestre 2006	3 <sup>e</sup> trimestre 2006	4 <sup>e</sup> trimestre 2006	1 <sup>er</sup> trimestre 2007	2 <sup>e</sup> trimestre 2007	3 <sup>e</sup> trimestre 2007	4 <sup>e</sup> trimestre 2007	1 <sup>er</sup> trimestre 2008
<b>V<sub>dist M</sub></b>	1 142 645	1 186 931	1 260 113	1 088 302	774 459	865 259	912 295	922 390	1 142 645
<b>V<sub>Conso M</sub></b>	351 753	330 852	400 257	383 001	348 471	352 881	380 238	426 468	351 753
<b>V<sub>perdue M</sub></b>	790 892	856 079	859 856	705 301	425 988	512 378	532 057	495 922	790 892
<b>R<sub>p</sub>%</b>	31	28	32	35	45	41	42	46	31

Ces résultats sont représentés dans le graphe suivant.



*Figure V.22: Evolution du volume perdu et rendement*

On remarque dans ce graphe que le rendement du réseau durant l'année 2007 c'est amélioré par rapport au rendement durant l'année 2006, mais pour l'année 2008 (prés modulation) le rendement a baissé.

Mais dans ce graphe, on a pris le volume perdu global du trimestre sans prendre en considération la durée de l'alimentation par jour.

Comme on a la déjà signalé, la distribution avant la modulation était 10 heures par jour ce qui veut dire qu'on avait 10 heures de consommation, et aussi 10

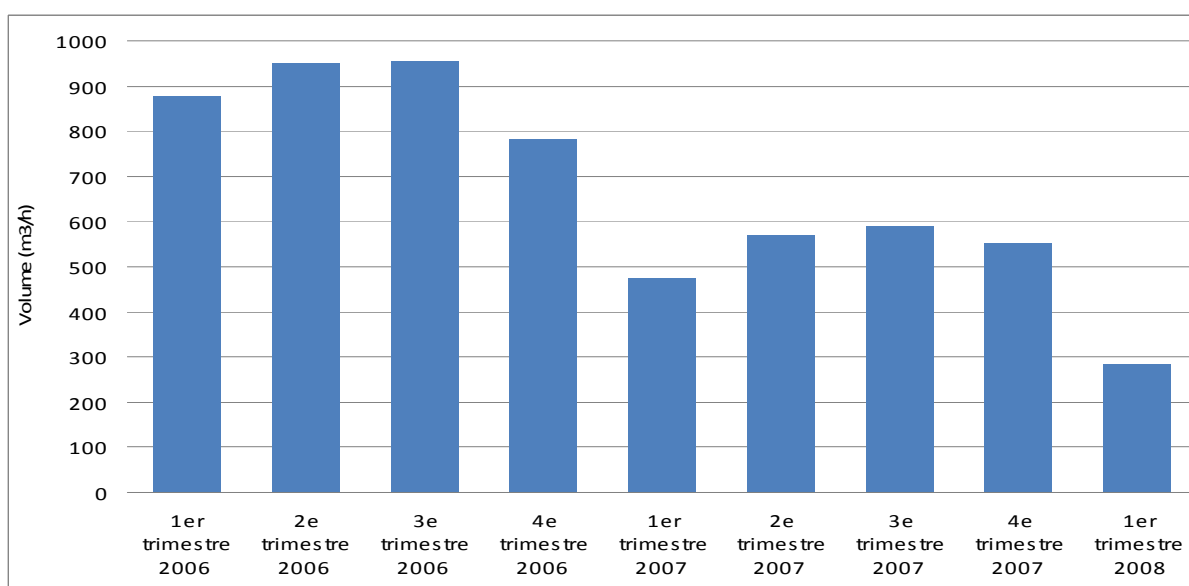
heures de perte. Par contre, la distribution après modulation était de 24 heures donc 24 heures de consommation et 24 heures de perte.

Dans ce cas pour quand puisse comparer entre, le volume perdu, avant et après la modulation, il faut avoir le débit de pertes moyen, de la journée avant et après la modulation. les résultat obtenue sont présenté dans le tableau suivant.

**Tableau V.20 : Débit de pertes avant et après la modulation**

	1 <sup>er</sup> trimestre 2006	2 <sup>e</sup> trimestre 2006	3 <sup>e</sup> trimestre 2006	4 <sup>e</sup> trimestre 2006	1 <sup>er</sup> trimestre 2007	2 <sup>e</sup> trimestre 2007	3 <sup>e</sup> trimestre 2007	4 <sup>e</sup> trimestre 2007	1 <sup>er</sup> trimestre 2008
Volume perdu (m <sup>3</sup> )	790 892	856 079	859 856	705 301	425 988	512 378	532 057	495 922	617 796
Volume perdu (m <sup>3</sup> /h)	879	951	955	784	473	569	591	551	286

Les résultats de ce tableau sont représentés dans le graphe suivant :



**Figure V.23 : Variation du débit de pertes avant et après modulation**

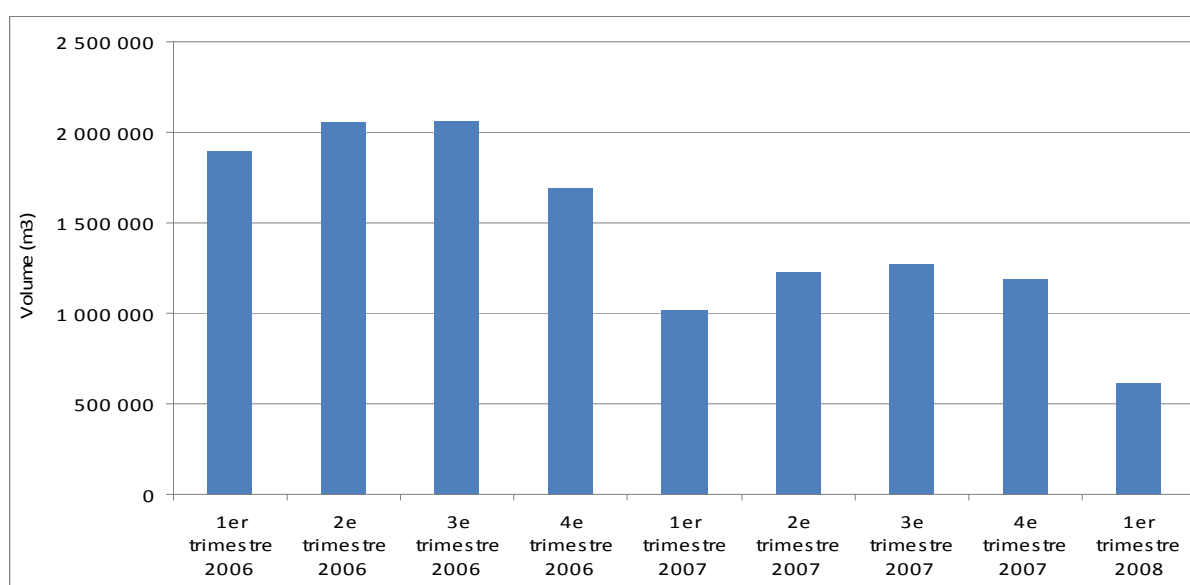
On remarque que le débit de pertes durant l'année 2006 est très élevé, et qu'en 2007 il diminue. Cela est dû à la recherche des fuites et aux réparations effectuées. En 2008, le débit a considérablement diminué dû à la modulation de la pression.

Si on considère que la distribution avant la modulation était en continue (H24), cela veut dire qu'on maintient le même débit de pertes et on le multiplie par 24, les résultats seront comme suit :

**Tableau V.21** : Variation du volume perdu avant et après la modulation avec une distribution continue

	1 <sup>er</sup> trimestre 2006	2 <sup>e</sup> trimestre 2006	3 <sup>e</sup> trimestre 2006	4 <sup>e</sup> trimestre 2006	1 <sup>er</sup> trimestre 2007	2 <sup>e</sup> trimestre 2007	3 <sup>e</sup> trimestre 2007	4 <sup>e</sup> trimestre 2007	1 <sup>er</sup> trimestre 2008
Volume perdue (m <sup>3</sup> /h)	879	951	955	784	473	569	591	551	286
Volume perdue (m <sup>3</sup> )	1 898 141	2 054 590	2 063 654	1 692 722	1 022 371	1 229 707	1 276 937	1 190 213	617 796

Ces résultats sont représentés dans le graphe suivant.



**Figure V.24** : Variation du débit de pertes avant et après modulation avec une alimentation continue

Dans ce cas, on remarque que le volume perdu après la modulation a diminué.

### c. Impact de point de vue économique

Pour quand puisse évaluer l'impact de la modulation de la pression de point de vue économique il faut tout d'abord évaluer le coût réel du m<sup>3</sup>, et aussi le coût de réparation des fuites.

#### i. Evaluation du coût réel du m<sup>3</sup> d'eau

Pour évaluer le coût du m<sup>3</sup> d'eau, on a tenu compte de tout les frais de la production.

Le coût réel du m<sup>3</sup> d'eau qu'on a trouvé pour l'année 2007 est de 19.05 dinars, ca c'est pour toutes les ressources, si on enlève les eaux dessalées le prix sera 18.57 dinars, et pour l'année 2008 le coût réel sans les eaux dessalées est de 18.46 dinars.

On remarque qu'il n'y a pas une grande différence de prix avec et sans eaux dessalées cela est dû à la faible production des eaux dessalées, parce que si on remarque bien que le prix sans dessalement en 2007 est plus élevé que le prix en 2008 cela est dû à la forte production en eau dessalée en 2008, le prix réel du m<sup>3</sup> d'eau dessalée de la station de Zeralda est de 60 dinars, et pour la station d'El Hamma est de 55 dinars.

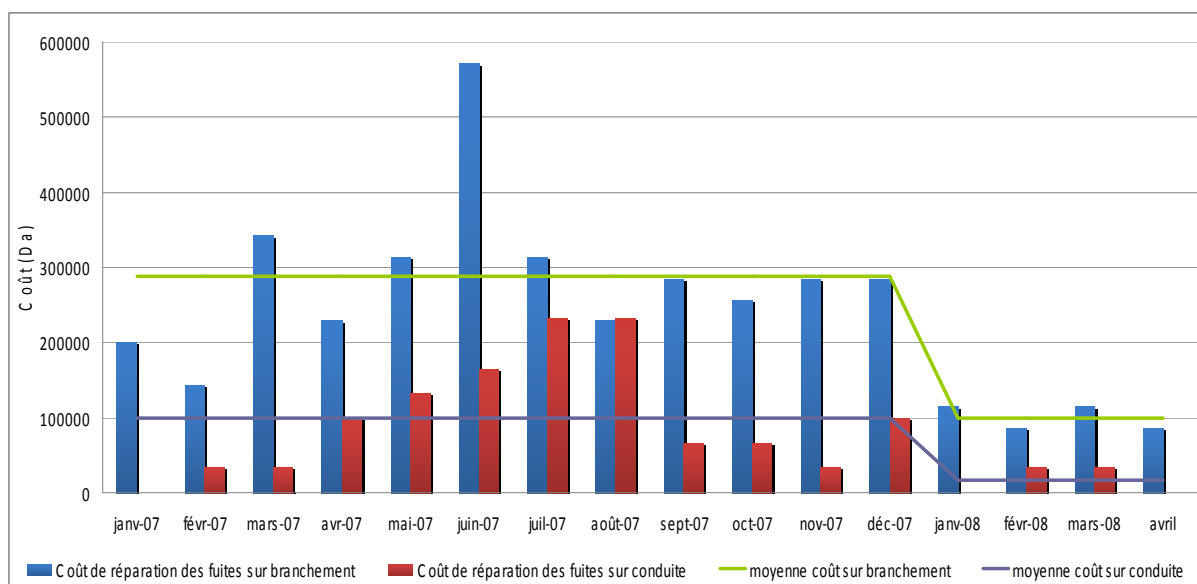
*ii. Coût de réparation d'une fuite*

Pour évaluer le coût de réparation d'une fuite, on a pris un chantier type

- Fuite sur branchement à une moyenne de 27000 Da (avec les pièces de rechange et travaux)
- Fuite sur conduite (on a pris une moyenne de diamètre 100 mm) :
  - ✓ Si on a un trou ou cisaillement plus les travaux de terrassement on utilise généralement un Manchon inox et le coût total sera 28 553 Da.
  - ✓ Si on a une fissure ou une casse longitudinal plus les travaux de terrassement on utilise généralement deux Manchon Maxi et le coût total sera 33 159 Da.

Comme les résultats qu'on a trouvés, concernant les pertes en volume d'eau, qui ont augmenté dans la journée, après la modulation, donc automatiquement les pertes en argent ont augmenté, mais cela n'empêche pas que la modulation a diminué un peu les pertes en argent, on a une diminution d'apparition des cassures après modulation donc une diminution de réparation de fuites.

Le graphe suivant représente la variation des pertes en argent dans la réparation des fuites.



*Figure V.25 : variation du coût total de réparation des fuites*

On remarque dans ce graphe que le coût total de la réparation des fuites a diminué après la modulation de la pression pour les fuites sur branchement on à une diminution de 187 974 Da et pour les fuites sur conduites une diminution de 82 898 Da, donc une diminution total de 270 872 Da/mois ou 3 250 464 Da/an.

## Conclusion

Donc pour la diminution du rendement (38%) qu'on a trouvé, après modulation. ne veut pas dire que la modulation de la pression, n'a pas un impact positif sur la distribution, parce que de point de vue volume perdu par heure on voit qu'il ya un gain, on a trouvé que le débit de pertes a diminué de 473 m<sup>3</sup>/h en 1<sup>er</sup> trimestre 2007 jusqu'à 286 m<sup>3</sup>/h dans le 1<sup>er</sup> trimestre 2008 donc un gain de 187 m<sup>3</sup>/h, ou 4 495 m<sup>3</sup>/jour, ou 134 858 m<sup>3</sup>/mois, ou 1 618 301 m<sup>3</sup>/an, qui est l'équivalent de la production d'un mois du champ de Baraki qui arrive au réservoir Kouba 97.

## Conclusion générale

Pendant les trois mois stage que nous avons effectué au sein de la Société de l'Eau et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL). Nous avons acquis de nouvelles connaissances intéressantes et utiles pour un futur ingénieur. En effet, nous avons travaillé et discuté avec plusieurs experts Algériens et étrangers. Nous avons aussi découvert les missions d'un ingénieur dans les entreprises opérationnelles comme SEAAL.

Pour que notre travail soit bien fait, et faire une bonne analyse sur l'impact de la modulation, il a été d'abord passé par la compréhension des principes de base de la modulation (les vannes de régulation, les modulateurs, les problèmes d'isolement et d'étanchéité des frontières,...). Il fallait aussi passer par la collecte des données nécessaires pour évaluer l'impact de la modulation qui étaient disponibles, Mais la connaissance de l'itinéraire de l'eau de la ressource jusqu'aux consommateurs et le traitement de donné des volumes produit et consommé et coût de réparation des fuites et travaux effectué sur le réseau, était ardue et non évidente.

Le calcule que nous avons fait. Nous on mène a des résultats sur le nombre d'intervention sur la réparation des fuites de la zone modulée qui a énormément baissé après la modulation et aussi évalué le rendement du réseau et le volume des pertes qui reste dans l'estimative dû au manque de donnée sur les volumes distribué et le volume consommé non compté.

Comme nous avons su que la diminution de pression implique la diminution des pertes. Les résultats que nous avons obtenus sur le volume perdu par jour qui a augmenté après la modulation, nous on mène à la recherche de la cause de cette augmentation. Après nous avons trouvé que le temps de la distribution avant et après la modulation n'était pas le même (10 heures avant modulation et 24 heures après). Pour cela nous avons calculé le volume perdu par heures qui nous on mène à la remarque de la diminution du débit de fuite.

Aussi nous avons passée à l'impact de la modulation du point de vue économique. Après l'évaluation du coût de réparation des fuites, et le calcule du gain en argent après modulation.

Enfin, la modulation de la pression est une stratégie efficace, pour le passage à l'alimentation continue mais elle nécessite une continuité dans les travaux d'entretien et de recherches des fuites. Et cela ne se fait qu'avec une bonne gestion du service de l'eau.

## Bibliographie

Blîndu, I., 2004. « **Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydraulique** ». Thèse doctorat a l'école nationale supérieure des mines de Saint Etienne, 304 pages.

Les études de l'agence de l'eau Adour-Garonne, Aout 2005. « **Connaissance et maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable** ». Guide technique, 99 pages.

Dupont, A., 1979. « **Hydraulique urbaine** », Tome II a Ouvrages de transport « Elévation et distribution des eaux », Editions Eyrolles Paris, 484 p.

General Water Savings, 2004, « **Réduire l'eau non contrôlée** », Document SEAAL, 33 p.

SAGE, Juin 2004, « Rendement des réseaux d'eau potable », Guide technique, 26 p.

General Water Savings, 2007, « Régulé la pression Hussein dey », Document SEAAL, 18 p.



## Annexes

### Annexe 1 :

#### QUELQUES MOYENNES DE CONSOMMATION (Source O.I.E.)

Chez l'utilisateur :

- lave-vaisselle 80 l/utilisation
- lave-linge 150 l/utilisation
- chasse WC 8 l/utilisation
- Lavabo 0,35 m<sup>3</sup>/h
- levier 0,7 m<sup>3</sup>/h
- Douche 1 m<sup>3</sup>/h
- Arrosoir 1,5 m<sup>3</sup>/h

Sur le réseau :

- urinoir chasse automatique 20 l / d / appareil
- Lavoir 1200 l / d / appareil
- bains-douches 200 l / d / appareil
- Abattoir 500 l / tête de bétail
- nettoyage des marchés 5 l / m<sup>2</sup> / jour de marché
- nettoyage des caniveaux 25 l / m<sup>2</sup> / jour de nettoyage
- Ecoles 100 l / jour / élève
- maisons de repos 250 l / j / lit
- Hôpital 450 l / j / lit
- colonie de vacances 100 l / j / personne

## Annexe 2 :

### QUELQUES MOYENNES DE FUITES

Chez l'usager :

- Dégouttement de robinet 6 l/h (50 m<sup>3</sup>/an)
- fuite chasse WC 30 l/h (250 m<sup>3</sup>/an)
- petit filet d'eau constant 60 l/h (500 m<sup>3</sup>/an)

Sur le réseau :

- joint défectueux 3 l/h (25 m<sup>3</sup>/an)
- trou sur branchement particulier 30 l/h (250 m<sup>3</sup>/an)
- fissure sur conduite \*PVC 300 l/h (2500 m<sup>3</sup>/an)
- fuite sur presse-étoupe 1 m<sup>3</sup>/h
- fuite sur branchement 3 m<sup>3</sup>/h
- fuite sur canalisation 6 m<sup>3</sup>/h

Les valeurs ci-dessus sont données à titre indicatif, puisque le débit de la fuite dépend de la pression sur le réseau.