



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère De l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE**  
**DEPARTEMENT HYDRAULIQUE**  
**Projet de fin d'études**

*Pour l'obtention du titre d'ingénieur d'état en hydraulique*

*Présenté par*

***KOUIDER Khaled***

*Thème*

***Étude diagnostique du réseau d'adduction d'Alger,  
calcul des pertes, recommandations pour  
éliminer les fuites  
(Application à la chaîne d'adduction SPIK)***

**Proposé par :**

M .M.BELLACHE

**Dirigé par :**

M .S.BENZIADA

M .S.BOUKHETALA

Promotion : juin 2009  
ENSP 10, Avenue Hassen Badi, BP.186 EL HARRACH, ALGER

## **Remerciements**

*Merci à notre bon Dieu, notre guide, notre force, notre bonheur, et la raison de notre existante. C'est lui qui nous a fait comprendre le but de cette vie, et qui nous a donné le pouvoir d'aimer les gens et d'apprécier les choses. Merci d'être là dans les moments les plus difficiles.*

*Tout d'abord, Je remercie Monsieur S.BENZIADA de m'avoir fait l'honneur d'être mon promoteur et surtout de travailler avec lui. Je suis très reconnaissant pour sa disponibilité, pour son écoute, ainsi que pour sa confiance pour bien mener ce travail.*

*Les travaux présentés dans ce mémoire ont été réalisés au sein de l'entreprise SEAAL, dont je remercie mon encadreur Monsieur S.BOUKHETALA d'avoir été disponible pour les difficultés rencontrées ainsi que son encouragement dans le travail et surtout les moments d'écoutes et de besoins.*

*J'adresse ma profonde reconnaissance aux personnels de la SEAAL (Société des eaux et de l'assainissement d'Alger), qui m'ont chaleureusement accueilli et permit d'effectuer ce travail, sans leurs aide, ce travail n'aura jamais avancé. Particulièrement Monsieur M.BELLACHE, directeur de l'unité Production et ressources qui ma proposé ce sujet, Mlle BOUJAZIZ qui ma aidé et qui a été présente tout au long de cette période.*

*Je tiens aussi à remercier tous mes enseignants qui ont contribué à ma formation particulièrement ceux du département d'Hydraulique, de m'avoir donné la chance d'apprendre, et de nous faire partager leurs savoirs, sans eux je ne serai jamais arrivé à ce stade.*

*Je remercie toutes personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail de près ou de loin.*

# *Dédicaces*

*A mes chers parents,*

*A qui je dois ce que je suis,*

*Qu'ils trouvent dans ce site, le fruit de leurs sacrifices consentis pour mon  
éducation, et l'expression de mon amour et de ma gratitude pour la bienveillance  
avec laquelle ils m'ont toujours entouré.*

*Que Dieu leur préserve longue vie et bonne santé.*

*A mes sœurs,*

*A mes frères,*

*A toute ma famille,*

*A tous mes amis.*

*Khaled*

## ملخص

تعاني شبكة الإمداد بالمياه الصالحة للشرب لولاية الجزائر من عدة مشاكل و على رأسها مشكلة التسربات التي تعني فقدان كميات هائلة من المياه.

موضوع هذه الدراسة يتمثل في تشخيص المشاكل التي تعاني منها الشبكة مع حساب حجم الخسارة من المياه و كذلك مردود الشبكة الذي يساعدنا في استخلاص حلول لهذه المشاكل.

كلمات مفتاحية , تسربات, الإمداد, تشخيص, مردود

## Résumé

L'approvisionnement en eau potable de la wilaya d'Alger est assuré par un réseau complexe de canalisation de différents âges et diamètres.

Au cours du temps, les canalisations se vieillissent, elles s'entartent ou au contraire se corrodent, leurs matériaux évoluent dans le temps et se fragilisent, faisant augmenter le risque d'apparition des fuites. Celles-ci génèrent des pertes qui vont certainement influencer sur le rendement du réseau.

Le but de cette étude est de réaliser un diagnostic de l'état de la chaine d'adduction SPIK pour déterminer les anomalies et les dysfonctionnements du réseau.

L'évaluation des pertes dans cette chaine permet d'orienter au mieux les investissements pour régler les problèmes de pertes.

**Mots clés : Adduction, Diagnostic, pertes, rendement**

## Abstract

Potable water network of Algiers state has many problems; one of them is the leakages which mean the loss of vast quantities of water.

The subject of this study is to diagnose the problems of the network with the evaluation of the size of the loss of water, as well as output network which helps us to derive the solutions to these problems.

**Key words: Adduction, Diagnosis, losses, output**

# SOMMAIRE

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction.....	1
<b>Chapitre I</b>	
<b>GENERALITES SUR L'ADDUCTION</b>	
Introduction.....	3
1. Les réseaux d'eau potable.....	3
1.1 Les fonctions d'un réseau d'eau potable.....	4
1.2 Captage d'eau de surface et souterraine.....	5
1.3 Les conduites d'adduction d'eau.....	5
1.3.1 Adduction gravitaire.....	5
1.3.2 Adduction par refoulement.....	7
1.4 Usine de traitement.....	8
1.5 Les réservoirs.....	9
2. Les réservoirs.....	9
2.1 Choix du tracé.....	9
2.2 La ligne piézométrique.....	9
2.3 L'air dans les tuyauteries.....	10
2.4 Dépôts dans l'adduction.....	10
2.5 Choix du type du matériau de la tuyauterie.....	11
3. Tracé et dimensionnement d'une adduction.....	11
3.1 Choix du site de stockage.....	11
3.2 Etude technico-économique de l'adduction.....	12
3.2.1 Méthode de calcul.....	12
A\ cas de refoulement.....	12
B\ cas gravitaire.....	14
Conclusion.....	16
<b>Chapitre II</b>	
<b>LES FIUTES DANS LES RESEAUX D'EAU POTABLE</b>	
Introduction.....	17
1. La problématique des fuites.....	17
2. Types de fuites.....	19
2.1. fuites diffuses.....	19
2.2. Les défaillances ou fuites apparentes.....	19
3. Cause des fuites.....	21
3.1. Les différentes contraintes qui agissent sur une canalisation.....	22
4. Les facteurs influençant l'apparition des fuites.....	23
4.1. Les facteurs liés à l'exploitation du réseau.....	24
4.2. Les facteurs propres à la canalisation.....	25
4.3. Les facteurs liés à l'environnement de la canalisation.....	27
5. Les manifestations des fuites.....	30
6. Conséquences des fuites.....	30
7. Méthodes, matériels et systèmes de recherche des fuites.....	31
7.1. Méthodes de recherche des fuites.....	31
7.1.1. La méthode de quantification.....	31
7.1.2. Méthode du gaz traceur.....	32
7.1.3. Méthode du comptage.....	32
7.1.4. Méthode acoustique.....	33

7.1.5. Imagerie thermique.....	33
7.2. Récapitulatif des avantages et inconvénients de chaque méthode.....	35
7.3. Matériels de recherche des fuites par analyse du bruit.....	35
7.3.1. amplificateurs mécaniques.....	36
7.3.2. Les amplificateurs électroniques.....	37
7.3.3. Les corrélateurs acoustiques.....	38
7.3.4. Les enregistreurs de bruits.....	39
7.4. Récapitulatif.....	40
Conclusion .....	41

### Chapitre III

#### RENDEMENT DE RESEAU ET PERTES ENEAU

Introduction.....	42
1. Les pertes.....	42
1.1 Pertes Réelles (ou Pertes Physiques).....	42
1.1.1 Fuites sur le réseau primaire.....	42
1.1.2 Fuites et débordements aux réservoirs de stockage.....	42
1.1.3 Fuites visibles.....	43
1.1.4 Fuites invisibles.....	43
1.1.5 Gaspillages.....	43
1.2 Pertes Apparentes (ou Pertes Clientèle et de Comptage).....	43
1.2.1 Usages détournés.....	43
1.2.2 Sous-comptage.....	44
1.2.2 Pertes de facturation.....	44
2. Définitions : eaux non facturées et eaux non comptabilisées.....	44
2.1 Le système concerné.....	44
2.2 ENF et ENC.....	45
2.2.1 Les Eaux Non Facturées (ENF).....	45
2.2.2 Les Eaux Non Comptabilisées (ENC).....	45
3. Les composantes de la perte d'eau.....	46
3.1 Définitions.....	46
3.1.1. Volumes introduits.....	46
3.1.2. Volumes mis en distribution.....	46
3.1.3. Consommation autorisée.....	46
3.1.4. Consommation autorisée facturée.....	46
3.1.5. Consommation facturée mesurée.....	46
3.1.6. Consommations facturées et non-mesurées.....	47
3.1.7. Consommation autorisée non facturée.....	47
3.1.8. Consommations autorisées non facturées mais mesurées.....	47
3.1.9. Consommations autorisées non facturées et non mesurées.....	47
4. Calcul des eaux non-facturées (ENF).....	48
5. Calcul des eaux non-comptabilisées (ENC).....	49
6. Rendement et indices de pertes.....	50
6.1.1 Rendement primaire.....	50
6.1.2 Pourcentage de pertes.....	51
6.1.3 Indice linéaire de pertes.....	51
Conclusion .....	51

### Chapitre IV

#### PRESENTATION DU RESEAU D'ADDUCTION D'ALGER

Introduction.....	52
1. Sources d'alimentation.....	54
1.1 Eaux de surface.....	54

1.1.1. Caractéristiques des barrages.....	54
Barrage de Béni Amrane.....	55
Barrage de KEDDARA.....	56
Barrage de Boukourdane.....	56
Barrage de Bouroumi.....	56
Barrage de Taksebt.....	56
1.1.2. Evolution de la production mensuelle d'eau de surface sur l'année 2008.....	57
1.2. Eaux souterraine.....	58
1.3. Eaux dessalées.....	59
1.4. Production totale.....	60
2. Transfert wilayets.....	61
3. Evolution de la production mensuelle sur le premier trimestre de l'année 2009.....	61
4. Conduites d'amenée.....	62
4.1. La chaine SPIK.....	63
4.1.1. Conduite reliant la station de pompage de Béni Amrane à la retenue de Keddara .....	63
4.1.2. Conduite reliant la retenue de Keddara à la station de traitement de Boudouaou .....	65
4.1.3. Conduite de Boudouaou à Alger.....	65
4.1.4. Station de pompage .....	66
4.1.4.1. Station de Béni Amrane.....	66
4.1.4.2. Station de Boudouaou .....	66
4.1.4.3. Station de Gué de Constantine .....	67
4.1.4.4. Station de Garidi .....	67
4.1.4.5. Reservoirs principaux .....	68
Conclusion .....	68

## **Chapitre V**

### **PROBLEMATIQUES DES PERTES DANS LA CHAINE D'ADDUCTION SPIK**

Introduction.....	69
1. Démarche de diagnostic d'un réseau d'adduction.....	70
1.1. La connaissance du patrimoine.....	71
1.1.1. Les plans et le fonctionnement du réseau.....	71
1.1.2. La production et la consommation.....	71
1.2. La sectorisation du réseau.....	72
1.3. La recherche des fuites .....	72
2. Diagnostic de la chaine d'adduction SPIK .....	73
2.1. Connaissance du patrimoine .....	73
2.2. La sectorisation.....	73
2.3. Les pertes dans la chaine d'adduction SPIK.....	73
2.3.1. Les pertes physiques.....	73
2.3.2. Les pertes commerciales.....	75
3. Recensement des piquages illicites.....	76
Tronçon Boudouaou - PK 25.....	77
Tronçon PK 12 – Réservoir Bordj El Kifane.....	77
Tronçon PK 21 – Tafourah.....	77
Tronçon PK 25 – Réservoir de gué de Constantine.....	78
Total.....	78

Conclusion.....	78
-----------------	----

## Chapitre VI

### EVALUATION DES PERTES

Introduction.....	79
1. Méthode des ENF.....	79
2. Méthode de calcul.....	80
3. Période de calcul.....	80
4. Calcul des pertes mensuelles dans la chaîne SPIK.....	81
4.1. Calcul des pertes totales.....	81
4.1.1. Bilan mensuel.....	81
4.1.2. Pertes.....	83
4.1.3. Interprétation des résultats.....	84
4.1.4. l'indice linéaire de pertes.....	88
4.1.5. Etablissement du cercle des eaux disparues.....	89
4.2. Estimation des pertes commerciales.....	90
4.2.1. Méthodes de calcul des pertes par piquages illicites.....	91
4.2.1.1. Première méthode.....	91
Cas du système SPIK.....	91
4.2.1.2. Deuxième méthode.....	92
Cas du système SPIK.....	93
4.2.1.3. Comparaison entre les deux méthodes.....	93
4.3. Calcul des pertes physiques.....	93
4.4. Etablissement du cercle des pertes.....	95
Conclusion.....	96
Conclusion et recommandations.....	97
Annexe 1.....	100
Annexe 2.....	103
Bibliographie.....	105



## Liste des tableaux

<b>Tableau I-1 :</b> Coefficients $K, m, \beta$ pour différents types du tuyau.....	14
<b>Tableau II-1:</b> facteurs influençant l'apparition des fuites .....	23
<b>Tableau II-2 :</b> Avantages et inconvénients des différentes méthodes de recherche des fuites.....	35
<b>Tableau II-3 :</b> Récapitulatif des différents matériels.....	40
<b>Tableau III -1 :</b> Composantes de la perte .....	48
<b>Tableau IV-1 :</b> Caractéristiques du barrage de Béni Amrane.....	54
<b>Tableau IV-2 :</b> Caractéristiques du barrage de Keddara.....	55
<b>Tableau IV-3 :</b> Caractéristiques du barrage de Boukourdane.....	56
<b>Tableau IV-4 :</b> Caractéristiques du barrage de Boukourdane.....	56
<b>Tableau IV-5 :</b> Caractéristiques du barrage de Taksebt .....	56
<b>Tableau IV-6 :</b> Evaluation de la production mensuelle en eau superficielles durant l'année 2008.....	57
<b>Tableau IV-7 :</b> Evolution de la production en eaux souterraines et du nombre de forage .....	58
<b>Tableau IV-8 :</b> Evolution de la production en eaux souterraines par champs.....	59
<b>Tableau IV-9 :</b> Evolution mensuelle de la production en eaux dessalées.....	60
<b>Tableau IV-10 :</b> Evolution de la production totale.....	60
<b>Tableau IV-11 :</b> Evolution des volumes transférés vers d'autres wilayas.....	61
<b>Tableau IV-12 :</b> Evolution de la production sur le premier trimestre de l'année 2009.....	61
<b>Tableau IV-13 :</b> Caractéristiques de la conduite Béni Amrane –Keddara.....	64
<b>Tableau IV-14 :</b> Caractéristiques de la conduite Keddara-station de traitement Boudouaou .....	65
<b>Tableau IV-15 :</b> Caractéristiques de la conduite Boudouaou-Alger .....	66
<b>Tableau IV-16 :</b> Caractéristiques de la station de Béni Amrane.....	66
<b>Tableau IV-17 :</b> Caractéristiques de la station de Boudouaou.....	67
<b>Tableau IV-18 :</b> Caractéristiques de la station de Gue de Constantine.....	67
<b>Tableau IV-19 :</b> Caractéristiques de la station de Garidi.....	67
<b>Tableau IV-20 :</b> Caractéristiques des principaux réservoirs connectés au système SPIK.....	68
<b>Tableau V-1:</b> Recensement des piquages illicites sur la conduite Boudouaou-PK25.....	77
<b>Tableau V-2:</b> Recensement des piquages illicites sur la conduite PK 12 – Réservoir Bordj El kifane.....	77
<b>Tableau V-3:</b> Recensement des piquages illicites sur la conduite PK 21 – Tafourah.....	77
<b>Tableau V-4:</b> Recensement des piquages illicites sur la conduite PK 25 – gué de Constantine .....	78
<b>Tableau V-5:</b> Total de des piquages illicites réalisés le long de la chaine SPIK.....	78
<b>Tableau VI-1:</b> volumes d'entrée du système SPIK.....	82
<b>Tableau VI-2 :</b> Volumes de sorties du système SPIK.....	82
<b>Tableau VI-3:</b> variation de la perte totale sur la période de calcul.....	83
<b>Tableau VI-4:</b> Evapotranspiration mensuelle.....	86

<b>Tableau VI-5:</b> Evolution de l'indice linéaire de pertes.....	89
<b>Tableau VI-6:</b> Sections correspondantes aux branchements illicites.....	90
<b>Tableau VI-7:</b> volumes de pertes commerciales.....	92
<b>Tableau VI-8:</b> Consommations moyennes relatives aux différents diamètres.....	93
<b>Tableau VI-9:</b> Evolution des pertes commerciales.....	94

## Liste des figures

<b>Figure I-1</b> : Fonctions d'un réseau d'eau potable.....	4
<b>Figure I-2</b> : Adduction gravitaire.....	6
<b>Figure I-3</b> : Adduction par refoulement .....	8
<b>Figure I-4</b> : L'emplacement des ventouses.....	10
<b>Figure II-1</b> : Quelques origines des pertes.....	18
<b>Figure II-2</b> : Différents types de ruptures sur une conduite.....	20
<b>Figure II-3</b> : Fréquence des types de ruptures en fonction du diamètre.....	20
<b>Figure II-4</b> : Répartition des fuites sur tuyau et sur joint en fonction du diamètre.....	21
<b>Figure II-5</b> : Causes de l'affaiblissement d'une conduite.....	22
<b>Figure II-6</b> : Contraintes qui agissent sur une canalisation.....	22
<b>Figure II-7</b> : Conduite ayant subi des dépôts ferriques de corrosion interne.....	26
<b>Figure II-8</b> : Conduite ayant subi une corrosion externe par courants vagabonds.....	28
<b>Figure II-9</b> : Méthode acoustique.....	33
<b>Figure II-10</b> : Méthode de l'imagerie thermique.....	34
<b>Figure II-11</b> : localisation d'une fuite par imagerie thermique.....	34
<b>Figure II-12</b> : Amplificateur mécanique de type hydrosol.....	36
<b>Figure II-13</b> : Amplificateur électronique.....	37
<b>Figure II-14</b> : Corrélateur acoustique.....	38
<b>Figure II-15</b> : Principe du corrélateur acoustique.....	38
<b>Figure II-16</b> : Enregistreurs de bruits.....	39
<b>Figure II-17</b> : Deux enregistrements de bruit.....	40
<b>Figure III -1</b> : Entrées et sorties d'un système.....	45
<b>Figure IV -1</b> : Schéma du réseau d'adduction d'Alger .....	53
<b>Figure IV-2</b> : Evolution mensuelle des volumes du barrage de Béni Amrane.....	54
<b>Figure IV-3</b> : Evolution mensuelle des volumes du barrage de Keddara.....	55
<b>Figure IV-4</b> : Evaluation de la production superficielle.....	57
<b>Figure IV-5</b> : Etat des forages et production en eaux souterraines .....	58
<b>Figure IV-6</b> : Evolution de la Production par source.....	60
<b>Figure IV-7</b> : La production du premier trimestre 2009.....	62
<b>Figure IV-8</b> : Synoptique de la chaine SPIK.....	63
<b>Figure IV-9</b> : Conduite Béni Amrane-Keddara.....	64
<b>Figure IV-10</b> : Conduite Boudouaou-Alger .....	65
<b>Figure V-1</b> : Etapes du diagnostic d'un réseau.....	70
<b>Figure V-2</b> : Principales causes de fuites.....	73
<b>Figure V-3</b> : Regard détérioré, non étanche situé à Boudouaou.....	74

<b>Figure V-4:</b> Chambre de vidange inondée .....	74
<b>Figure V-5 :</b> Un seul piquage illicite sur une soupape située au bord du village Mezarea Commune de Boudouaou .....	75
<b>Figure V-6:</b> nombreux tuyaux branchés sur une soupape à Boudouaou .....	76
<b>Figure V-7:</b> Piquage illicite d'un diamètre 100 mm pour alimenter la commune de Ouled Heddadj...	76
<b>Figure VI-1:</b> Evolution des volumes de pertes .....	80
<b>Figure VI-2:</b> Evolution de pourcentage de pertes.....	80
<b>Figure VI-3:</b> Evolution du rendement de réseau.....	81
<b>Figure VI-4:</b> Evolution mensuelle de la demande agricole (ETP).....	82
<b>Figure VI-5:</b> Evolution mensuelle du nombre de fuite.....	83
<b>Figure VI-6:</b> cercle des eaux disparues.....	85
<b>Figure VI-7:</b> Evolution mensuelle des pertes physiques.....	90
<b>Figure VI-8:</b> cercle des pertes .....	91

## **Introduction générale**

La Société de l'Eau et de l'Assainissement d'Alger (*SEAAL*) a été créée le premier mars 2006, à l'issue de l'initiative des pouvoirs publics, relayée par les apports constitutifs et exclusifs de l'Algérienne des Eaux (*ADE*) et de l'Office National de l'Assainissement (*ONA*), sous la forme d'une société par action. Sa création fut un événement majeur pour la production, la distribution d'eau ainsi que pour l'assainissement dans la ville d'Alger.

*SEAAL-spa* bénéficie d'une allocation d'un budget d'exploitation et d'investissement de 60 milliards de dinars algériens. Suez Environnement constitue également un avantage pour la Société de l'Eau et de l'Assainissement d'Alger par un contrat de transfert de savoir-faire, qui assure une capitalisation projetée en faveur du personnel des deux organismes (*ADE*, *ONA*).

Avec le temps, les besoins de la population se sont développés suivant l'évolution du niveau de vie. Le citoyen est devenu trop exigeant concernant les différents services, en allant de l'alimentation en gaz, en électricité, jusqu'à l'eau potable et l'assainissement. Pour cela, les services concernés (*SEAAL*) ont pensé, du point de vue distribution en eau potable, à une alimentation continue.

L'approvisionnement en eau potable de la ville d'Alger est assuré par un réseau complexe de canalisation de différents âges et diamètres.

Au cours du temps, les canalisations vieillissent, elles s'entartent ou au contraire se corrodent. Leurs matériaux évoluent dans le temps et se fragilisent, faisant augmenter le risque d'apparition des fuites. Celles-ci génèrent des pertes qui vont nécessairement influencer sur le rendement du réseau. Et ainsi, une attention particulière est requise pour élaborer et mener à bien une politique de gestion pour la réduction des pertes.

Le diagnostic d'un tel réseau est une étape nécessaire à titre préventif et curatif pour permettre de définir au mieux une politique de gestion de renouvellement, ou de remise à niveau du réseau. C'est un exercice difficile qui permet d'orienter au mieux les investissements sur un réseau, et permettre ainsi de régler les problèmes de pertes en eaux et maintenir un service optimal tout en minimisant les coûts d'exploitation et d'entretien.

Le travail, présenté a pour objectif de réaliser un diagnostic d'un point de vue physique et hydraulique du réseau d'adduction d'Alger. Ceci afin de pouvoir localiser les anomalies et les dysfonctionnements du réseau ainsi que les principales causes de pertes dans un souci d'un essai de quantification de ces dernières. Une définition d'une politique de gestion et une esquisse d'un plan d'action pour la réduction de ces pertes seront proposés.

Le document est décomposé en six chapitres.

Dans le premier chapitre, le métier de l'adduction d'eau potable est décrit. En allant depuis les sources d'alimentation jusqu'aux réservoirs de stockage et de voir les types d'adduction ainsi que l'importance de chaque élément qui constitue un réseau d'adduction.

Au chapitre 2, nous évoquons d'une manière générale, les défaillances des réseaux d'eau potable et leurs conséquences. Nous abordons également les différentes causes, méthodes et matériels de recherche et localisation de fuites.

Nous définissons dans le troisième chapitre les types de pertes, les méthodes d'évaluation des pertes dans les réseaux d'eau potable, les mesures de performance qui permettent d'en rendre compte.

Le chapitre 4 est consacré à la présentation du réseau d'adduction d'Alger et en particulier le Système de Production Issèr-Keddara (SPIK).

Le diagnostic de l'état actuel de cette chaîne est effectué au chapitre 5. Nous définirons les différents types de pertes présentes dans le réseau, les causes et les conséquences de ces pertes.

Dans le dernier chapitre, nous aborderons le calcul des pertes, l'interprétation de leurs évolutions au cours du temps dans le réseau SPIK ainsi que l'évaluation des indices de performance. Et le mémoire s'achèvera par un conclusion.

# CHAPITRE I :

## GENERALITES SUR L'ADDUCTION

### Introduction

L'acheminement de l'eau pour n'importe quel réseau d'alimentation en eau potable doit avoir une adduction, soit par pompage, soit gravitaire, soit mixte.

Les ouvrages d'adduction servent à amener l'eau brute ou traitée depuis des sites plus ou moins éloignés où elle est plus abondante et moins polluée vers les zones d'utilisation.

Ils peuvent être à ciel ouvert (canaux, aqueducs) ou en conduites fermées, en maçonnerie ou constitués d'éléments préfabriqués (fonte, béton,...etc).

Plusieurs variantes de transfert des eaux de champ de captage vers les réservoirs de stockage peuvent se projeter. Il s'agit de trouver celle qui répondra aux normes hydrauliques et ne présente pas de contraintes pendant la réalisation et enfin celle qui est la plus économique.

### 1. Les réseaux d'eau potable

Un réseau d'eau potable est une infrastructure importante qui doit permettre de distribuer une eau de bonne qualité en quantité suffisante pour satisfaire aux besoins des usagers et, souvent, aux besoins en eau nécessaires pour lutter contre les incendies. Les principaux constituants d'un réseau sont:

- **les canalisations:** elles ont pour rôle de transporter un certain débit d'eau. Elles peuvent être de différents types et se composent d'éléments droits (tuyaux) et d'éléments de raccordement.
- **les branchements:** ils constituent le raccordement des usagers au réseau de distribution. Ils doivent être tenus à l'abri du gel depuis la prise sur conduite de

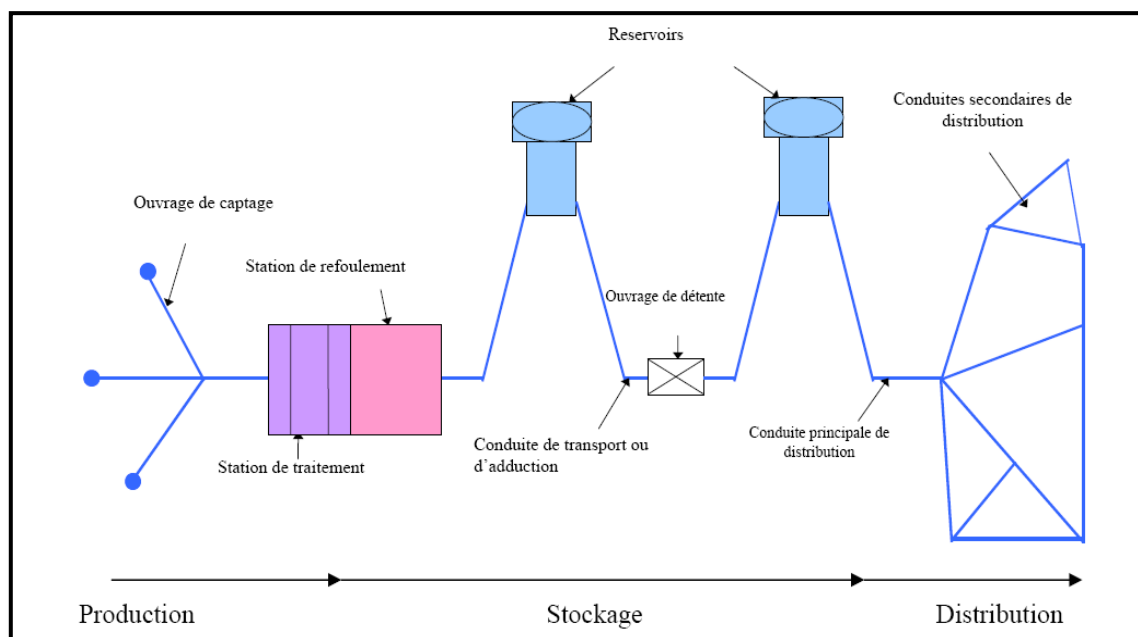
distribution jusqu'au poste de comptage compris. Ils sont regroupés en fonction de leur diamètre.

- **les appareils de fontainerie:** les principaux appareils de fontainerie sont:
  - les vannes qui permettent d'isoler certains tronçons,
  - les ventouses installées aux points hauts, qui permettent de purger l'air qui peut s'emmagasiner dans les conduites,
  - les décharges disposées aux points bas, pour permettre la vidange des conduites,
  - les bouches et poteaux d'incendie qui doivent assurer un débit sur une certaine durée,
  - les bouches de lavage et d'arrosage installées dans les bordures de trottoirs.

### 1.1. Les fonctions d'un réseau d'eau potable

Le réseau d'eau potable doit accomplir successivement trois fonctions (figure I.1) [MERZOUK, 2005]:

- la production,
- le stockage,
- la distribution.



**Figure I-1 : Fonctions d'un réseau d'eau potable**



## 1.2. 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 souterraines (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, 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 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.

En l'absence d'eau de surface en quantité suffisante et de qualité acceptable, on doit tenter d'utiliser les eaux souterraines [CHESNEAU, 2006].

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.

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.

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

En fonction de la position de la source d'eau, on distingue deux types d'adduction :

### 1.3.1. 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.

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 [Dupont, 1979].

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...

L'adduction gravitaire est le mode d'adduction qui permet, à partir d'un stockage d'eau naturel ou artificiel situé à la cote  $Z$ , d'alimenter par une conduite en pression tous les points à desservir situés à des cotes  $z < Z$ , sans apport d'énergie.

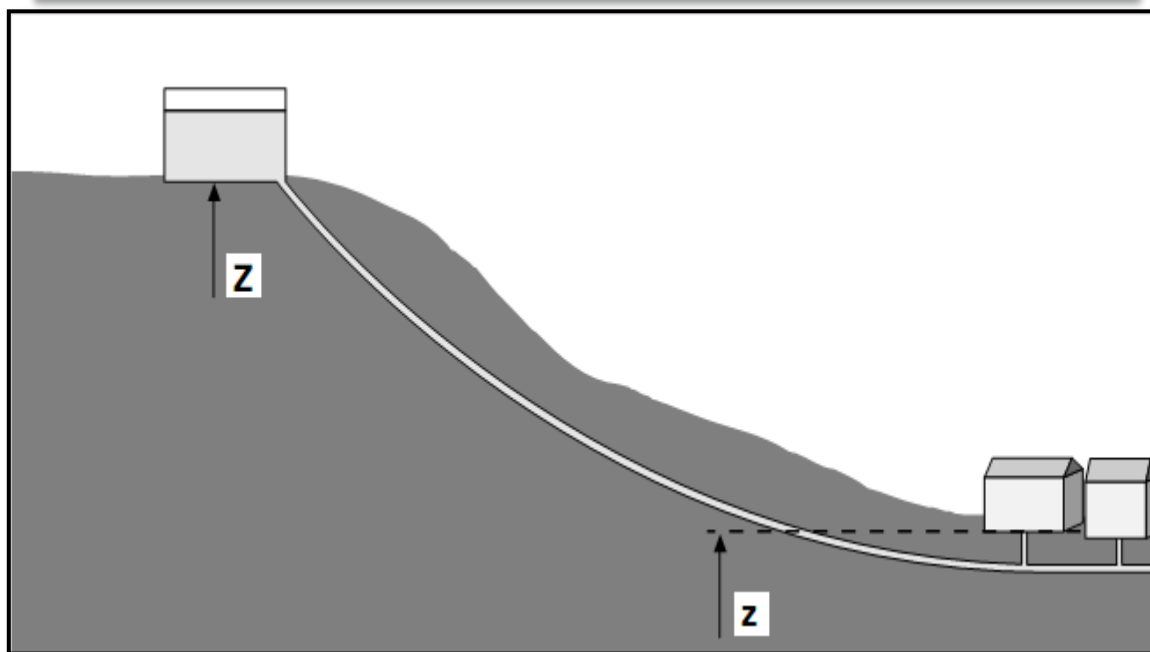


Figure I-2 : Adduction gravitaire

### 1.3.2. 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 et en exploitation de la station, car les pertes de charge, la hauteur d'élévation et 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 [Dupont, 1979].

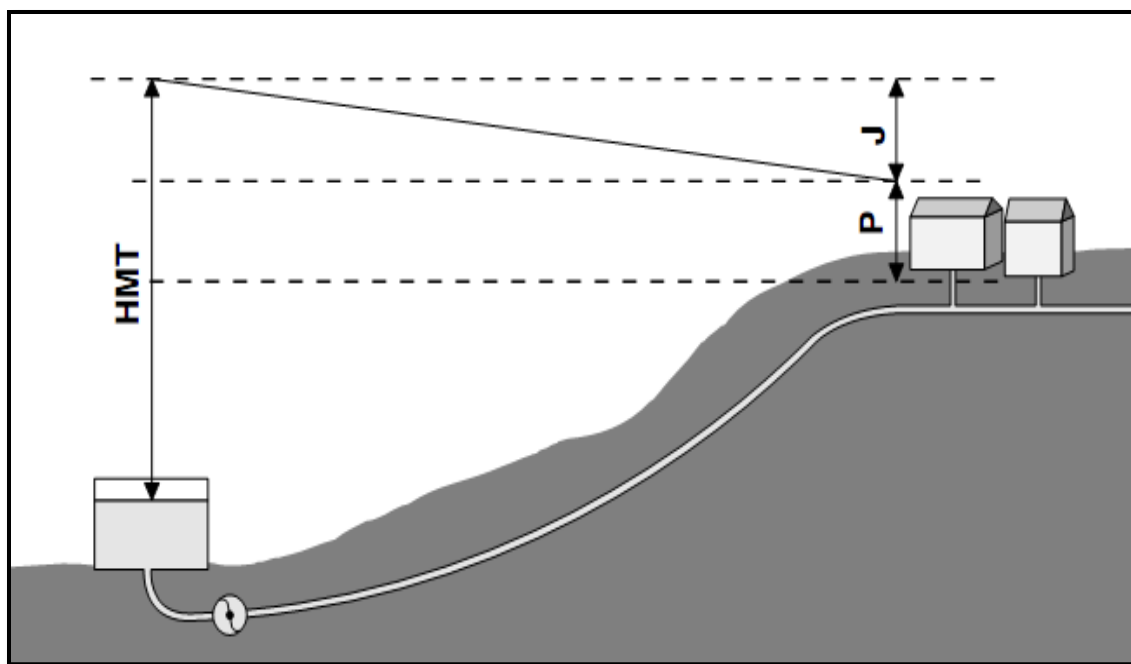


Figure I-3 : Adduction par refoulement

#### 1.4. 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 satisfait 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. 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. [Dupont, 1979]

## 1.5. 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 :

- La technique de construction (métal, maçonnerie, béton armé ou précontraint) ;
- L'intégration au site (surélevés, enterrés ou semi-enterré, 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 [Dupont, 1979].

## 2. Quelques notions simples sur l'adduction

### 2.1. Choix du tracé

Le choix du tracé de la conduite doit tenir compte de certaines conditions qui sont :

- ◇ Il est préférable de passer la conduite à côté des routes pour faciliter la pose des tuyaux et leur exploitation (détection des fuites, des vannes défectueuses, de tous dommages subit par l'installation) et permettre un accès rapide pour l'entretien, la réparation et l'acheminement du matériel.
- ◇ Éviter le maximum possible les pentes et contres pentes, qui peuvent donner lieu à des contournements d'air, suite à l'arrêt inopiné du groupe électropompe difficilement évacuables.

Le tracé en plan tient compte de la réalisation du profil en long idéal, avec des coudes largement ouvert afin d'éviter les butées importants.

### 2.2. La ligne piézométrique

La ligne piézométrique permet de visualiser la pression exercée par l'eau en chaque point du tracé. Elle correspond au niveau qu'atteindrait l'eau dans un tuyau vertical connecté sur l'adduction.

### 2.3. L'air dans les tuyauteries

Au remplissage ou à la mise en service d'une adduction, le phénomène est particulièrement sensible. Il est illustré par la figure ci-dessous, profil d'une adduction présentant plusieurs points hauts et bas.

Dans de nombreux cas de figure de véritables bouchons d'air se produisent dans les points hauts. D'où la nécessité de respecter les conditions suivantes :

- ◇ d'éviter les fonctionnements mixtes, à surface libre et sous pression,
- ◇ de localiser les points hauts,
- ◇ D'y installer un organe de dégazage : ventouse, brise charge,
- ◇ d'accentuer les points hauts dans le cas d'un tronçon de pente très uniforme.

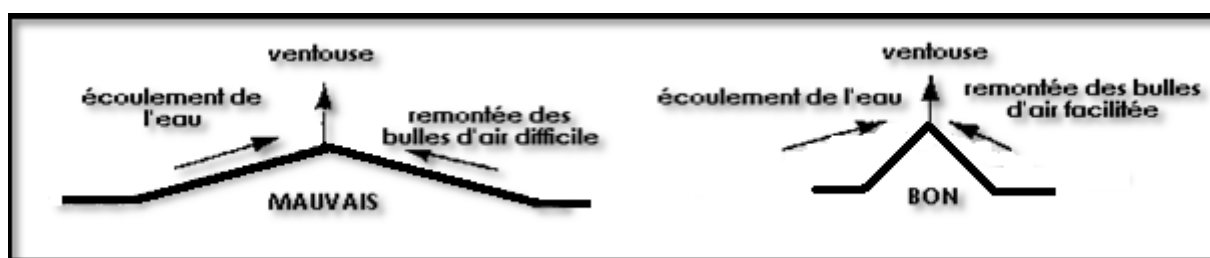


Figure I-4 : L'emplacement des ventouses

Pour le choix de l'organe de dégazage il est indispensable de tenir compte de l'effet de l'ouvrage sur le fonctionnement de l'adduction sachant que :

- La vanne de purge n'a pas d'effet sur le fonctionnement, et qu'elle sera actionnée manuellement,
- La ventouse fonctionne automatiquement, et ne casse la pression que si elle est négative,
- Le brise charge ou la citerne casse la pression, qu'elle soit positive ou négative.

### 2.4. Dépôts dans l'adduction

L'eau captée peut être chargée en limons, sables, surtout dans le cas de sources à débit variant fortement. On constate une sédimentation de ces matériaux solides au niveau des points bas de la conduite. Pour prévenir l'apparition de problèmes dans le futur, surtout dans le cas d'adductions longues, trois précautions s'imposent :

- Prévoir un décanteur-dessableur en tête d'ouvrage,
- Dimensionner correctement l'adduction en respectant une vitesse de l'eau supérieure à 0,7 m/s.

- Equiper la conduite d'adduction par plusieurs vannes de vidange au niveau des points plus bas du profil.
- Régulièrement les vidanges seront ouvertes de manière à éliminer les dépôts solides.

## 2.5. Choix du type du matériau de la tuyauterie

Le choix du matériau des conduites enterrées pour le transport de fluide dépend aussi bien de leur faisabilité technique qu'économique. Cette faisabilité sur le plan technique dépend de plusieurs exigences telles que :

- ◇ Résistance aux attaques chimiques, aux pressions et au trafic de surcharge (poids lourd) ;
- ◇ Adaptation aux terrains de pose ;
- ◇ Bonne étanchéité ;
- ◇ Facilité d'entretien et de mise en service

Sur le plan économique cette faisabilité dépend essentiellement ;

- ◇ De prix de la fourniture et de transport ;
- ◇ La disponibilité sur le marché (surtout local) ;

Parmi les matériaux utilisés, nous pouvons citer : L'acier, la fonte, le béton, le PVC (polychlorure de vinyle non plastifié) et le PE (polyéthylène) à haute densité PEHD ou basse densité PEBD.

## 3. Tracé et dimensionnement d'une adduction

Le tracé et le dimensionnement d'une adduction seront établis après avoir soigneusement étudiés les besoins (quantité d'eau à fournir, et type d'agglomération...). Il faudra ensuite sélectionner la source répondant à ces contraintes et définir un stockage éventuel (capacité et localisation).

### 3.1. Choix du site de stockage

Le choix du site de stockage est un élément délicat, on tâchera de répondre aux normes suivantes

- ◇ Assurer une pression de 5 à 10 ni sur chaque fontaine (le débit normal d'un robinet est de 0,2 l/s) ;
- ◇ Etre plus près des usagers.

### 3.2. Etude technico-économique de l'adduction

L'étude du dimensionnement consiste à déterminer le diamètre optimal en se basant sur les frais d'exploitation et les frais d'amortissement de la conduite qui augmente avec l'augmentation du diamètre. Cette étude permettra de fixer la variante adéquate pour le projet.

#### 3.2.1. Méthode de calcul

##### A/ cas gravitaire

Dans la pratique le diamètre optimal est déterminé par rapport à une fourchette de vitesse à respecter, ce diamètre est déterminé approximativement par les formules de BONIN et BRESSE, ces formules sont données comme suit :

$$\text{La formule de BONIN : } \boxed{D = \sqrt{Q}} \quad (\text{I-1})$$

$$\text{La formule de BRESSE : } \boxed{D = 1,5 \sqrt{Q}} \quad (\text{I-2})$$

Avec :

D : Diamètre de la conduite en mètre;

Q : Débit véhiculé en m<sup>3</sup>/s;

L'utilisation simultanée de ces deux relations fournit l'intervalle des diamètres optimaux.

##### a) Calcul des pertes de charge linéaires

La formule de calcul des pertes de la charge linéaire est donnée par l'équation suivante :

$$\boxed{J = \frac{\lambda \cdot l}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}} \quad (\text{I-3})$$

Avec :

J : perte de charge par frottement en mètre de colonne d'eau par mètre de tuyau (m/m)

V : Vitesse moyenne de l'eau dans la section (m/s).

g : Accélération de la pesanteur (g= 9,81 m/s<sup>2</sup>)

λ : Coefficient de frottement linéaire

D : Diamètre intérieur de la conduite en (m).

$$\boxed{\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{\varepsilon}{D}\right)} \quad \boxed{\text{Re} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v \cdot D}} \quad (\text{I-4})$$

Où :

Re : Nombre de Reynolds et ε : Rugosité absolue en (m);



Sachant que :

Q : Débit véhiculé en (m<sup>3</sup>/s) ;

v : Viscosité cinématique de l'eau à 18° C

D'où les pertes de charge linéaires sont calculées par la formule suivante :

$$\Delta H_l = J.L \quad (I-5)$$

Avec :

L : Longueur de la conduite d'adduction. En mètre (m).

### b) Pertes de charge singulières

On considère généralement que les pertes de charge singulières sont égales à 10% des pertes de charge linéaires.

Par suite la perte de charge totale sera donnée comme suivant :

$$\Delta H_T = \Delta H_l + \Delta H_s = 1,1 \cdot \Delta H_l \quad (I-6)$$

Avec :

$\Delta H_{tot}$  : Perte de charge totale (m)

$\Delta H_{sing}$  : Perte de charge singulière (m)

$\Delta H_{lin}$  : Perte de charge linéaire (m).

A la fin on trouve :  $\Delta H_T = 1,1 \cdot J \cdot L$

L : Longueur géométrique (m)

### c) Calcul du coefficient de frottement

Le calcul du coefficient de frottement se fait comme suit :

En première approximation la valeur de  $\lambda$  est déterminée par la formule de NIKURADZE

$$\lambda = \left( 1,14 - 0,86 \ln \frac{\varepsilon}{D} \right)^{-2} \quad (I-7)$$

Par des itérations successives on calcul la valeur approchée du coefficient de frottement par la formule de COLEBROOK qui s'exprime par :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad (I-8)$$

Avec :

$\lambda$  : Coefficient de perte de charge ;

D : Diamètre du tuyau, ou diamètre hydraulique (m) ;

- V : Vitesse d'écoulement en m/s ;  
 g : Accélération de pesanteur. (g=9,81) ;  
 Re : Nombre de REYNOLDS ;  
 ε : coefficient de rugosité équivalente de la paroi ;

### B/ cas de refoulement

La formule la plus utilisée pour le calcul de la perte de charge est celle de DARCY :

$$\Delta H = \frac{K' \cdot Q^\beta}{D^m} \cdot L \quad (\text{m}) \quad (\text{I-9})$$

- K' : Coefficient de frottement ;  
 Q : débit véhiculé (m<sup>3</sup>/s) ;  
 L : longueur de la conduite gravitaire (m) ;  
 D : diamètre de la conduite (m) ;  
 β, m : coefficients dépendant du type de matériau et de type d'écoulement.

Tuyau	K	m	β
Acier et fonte	0,00179 à 0,001735	5,1 à 5,3	1,9 à 2
Amiante-ciment	0,00118	4,89	1,85
Plastique	0,001052	4,772	2

**Tableau I-1 :** Coefficients K, m, β pour différents types du tuyau

#### a) Hauteur manométrique total HMT

Elle correspond à la hauteur géométrique d'une longueur équivalente aux pertes de charge linéaires et singulières au refoulement.

$$\text{HMT} = H_g + \Delta H_t \quad (\text{I-10})$$

Ht : Perte de charge totale.

Hg : Hauteur géométrique qui correspond à la différence de niveau entre le trop plein du réservoir et le niveau dynamique du plan de pompage.

#### b) Puissance des pompes

La puissance absorbée de la pompe est donnée par la formule suivante :

$$\boxed{P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{MT}}{\eta}} \quad (\text{Kw}) \quad (\text{I-11})$$

Avec :

P : puissance de absorbée par la pompe ;

Q : Débit de la pompe (m<sup>3</sup>/s) ;

H<sub>MT</sub> : hauteur manométrique totale (m) ;

η : Rendement de la pompe en % ;

ρ : masse volumique de l'eau = 1000kg/m<sup>3</sup> ;

### c) Energie consommée par la pompe

L'énergie consommée par la pompe est donnée par la formule :

$$\boxed{E = P.T.365} \quad (\text{Kwh}) \quad (\text{I-12})$$

Avec:

E : Energie totale dépensée par la pompe (kw/h) ;

P : puissance absorbée (kw) ;

T : Temps de fonctionnement des pompes t =24 heures.

### d) Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation d'un système d'adduction sont évalués à partir de la consommation d'énergie et du prix du Kilowattheure (Kwh) d'électricité, ils sont donnés par la formule suivante :

$$\boxed{F_{exp} = E.P} \quad (\text{I-13})$$

Avec :

F<sub>exp</sub> : frais d'exploitation (DA) ;

E : Energie totale dépensée par la pompe (kw) ;

P : prix du kwh =3,5 (DA/kwh) (source d'information Sonalgaz).

### e) Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement sont constitués par le prix de revient de la conduite depuis la fourniture jusqu'à la pose. Dans notre cas nous supposons que les frais seront amortis dans une période de 20 ans (durée d'exploitation) ce qui nous conduit au calcul de l'annuité "A"

$$\boxed{A = I + \frac{I}{(1 + I)^n - 1}} \quad (\text{I-14})$$

Avec :

A : annuité d'amortissement de la conduite ;

I : taux d'annuité (égale à 8 % en Algérie) ;

n : durée de la vie de la conduite = 50 ans ;

Donc :

$$A=0.08+\frac{0,08}{(1+I)^n-1}=0,082$$

$$\mathbf{A=0.082}$$

On déduit les frais d'amortissement annuels en multipliant les prix de revient de la canalisation par l'annuité "A".

### **Conclusion**

Un réseau d'adduction assure le transfert de l'eau depuis les champs de captage jusqu'aux réservoirs de stockage. L'adduction peut être gravitaire, par refoulement ou mixte.

Au fur et à mesure, les conduites constituant le réseau subissent des contraintes dues à leurs âges et au sol dans lequel sont posés. En effet, des problèmes comme le vieillissement, la corrosion (interne et externe) ou l'entartage apparaissent, générant des fuites qui peuvent être visibles ou invisibles. Par conséquent, dans le prochain chapitre, nous allons essayer de traiter la problématique des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable.

# CHAPITRE II :

## LES FUTTES DANS LES RESEAUX

### D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

#### **Introduction**

Le réseau d'eau potable est une infrastructure complexe. Il a pour fonction de base de délivrer aux usagers une eau de bonne qualité avec une quantité suffisante. Cette infrastructure subit au cours du temps des dégradations qui se manifestent entre autres par une augmentation des fuites. Une des missions principales des gestionnaires de réseaux, consiste alors à les réduire.

#### **1. La problématique des fuites**

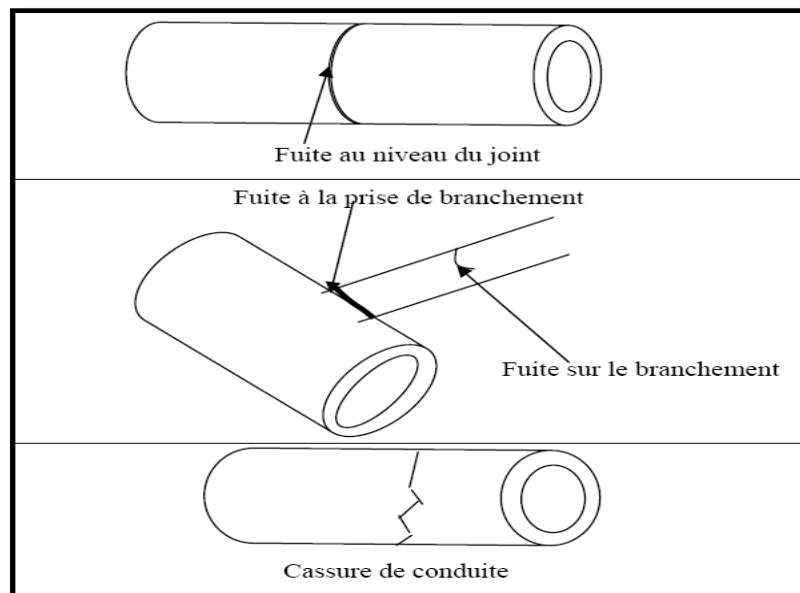
Le réseau d'eau potable a pour fonction de base de délivrer de façon continue une eau de bonne qualité et avec une quantité suffisante. Néanmoins cette fonction qui paraît simple, demande à l'exploitant de veiller sur le réseau en raison des dégradations qu'il peut subir au cours du temps. Ces dégradations peuvent surgir à différents endroits (sur les organes du réseau et sur les conduites) [MERZOUK, 2005]. Les conduites d'eau potable qui constituent la plus grande partie du réseau, doivent assurer :

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

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

Les fuites engendrent des pertes qui peuvent être de deux types:

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





**Figure II-1:** *Quelques origines des pertes*

## 2. Types de fuites

On peut distinguer:

- les fuites sur tuyau (main leak),
- les fuites sur joints (joint leak),
- les ruptures sur conduites (main breaks): elles représentent les défaillances structurelles du tuyau ou de l'emboîtement dues à une surcharge excessive, une détérioration du lit de pose, un contact avec les autres structures, la corrosion ou une combinaison de toutes ces conditions,
- les défaillances: ruptures ou fuites apparentes nécessitant une intervention sur le réseau. Elles peuvent avoir lieu soit sur le tuyau, soit sur le joint. Elles constituent une manifestation visible et facilement enregistrable du vieillissement d'un réseau.

La limite entre rupture et fuite n'est pas toujours bien définie. Une rupture est une fuite, mais une fuite n'est pas obligatoirement une rupture. Ces fuites peuvent être visibles ou non [BLINDU, 2004]. Elles sont donc classées en deux types:

-  les fuites diffuses,
-  les fuites apparentes ou défaillances.

### 2.1. Les fuites diffuses

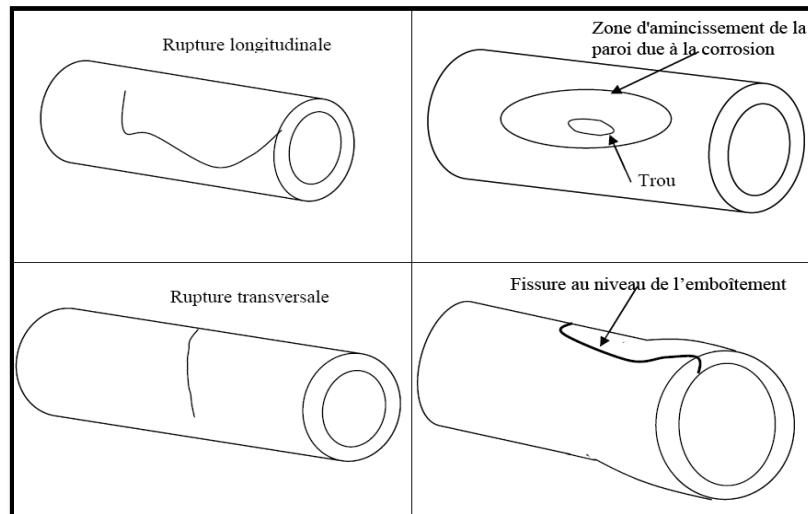
Les fuites diffusées sont dues à une fragilisation du tuyau à cause de la corrosion qui se traduit par de petites ouvertures et à la détérioration des joints qui deviennent poreux.

Ces fuites peuvent déstabiliser la conduite en érodant le lit de pose. Elles sont mises en évidence lors de mesures bien spécifiques ou lorsque la tranchée d'une conduite est ouverte. Ce sont elles en général qui abaissent le rendement d'un réseau et ne lui permettent pas d'avoir une valeur supérieure à 90% ou 95% [MERZOUK, 2005].

### 2.2. Les défaillances ou fuites apparentes

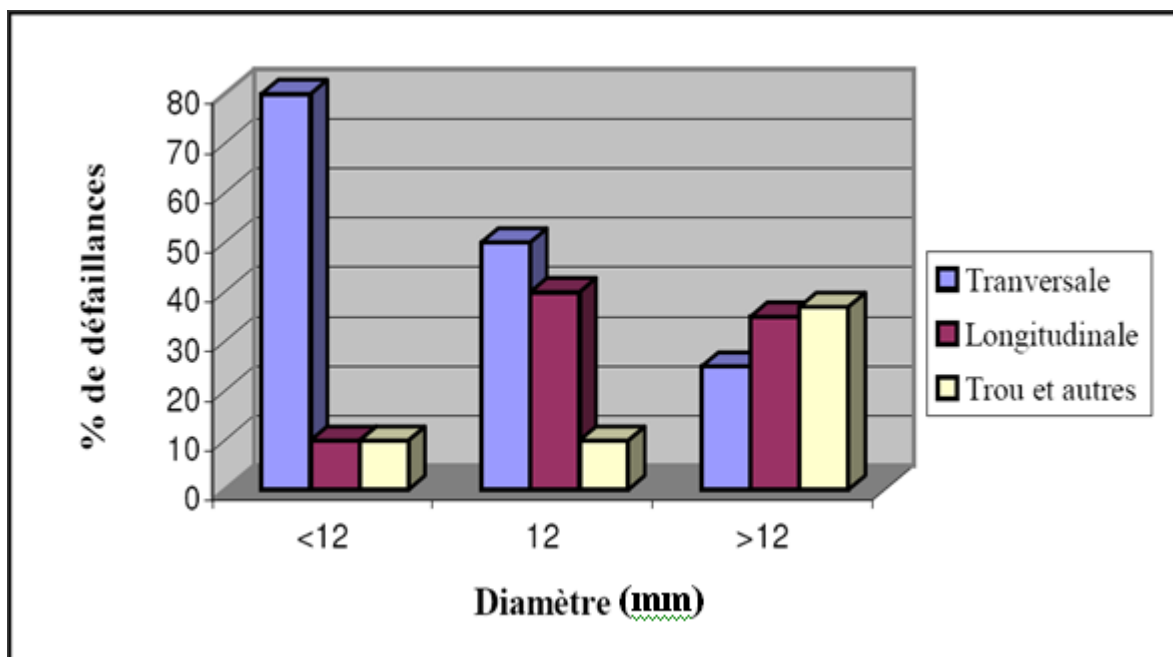
Ces fuites sont celles qui entraînent automatiquement une intervention sur le réseau. Elles sont mises en évidence parce qu'elles entraînent une inondation importante sur la chaussée. Ces fuites sont dues à l'action combinée de la corrosion sur la conduite et des mouvements du

sol (séisme, travaux,...). Elles peuvent aussi correspondre à un éclatement de la conduite suite à un coup de bélier (Figure II-2) [BLINDU, 2004].



**Figure II-2:** Différents types de ruptures sur une conduite

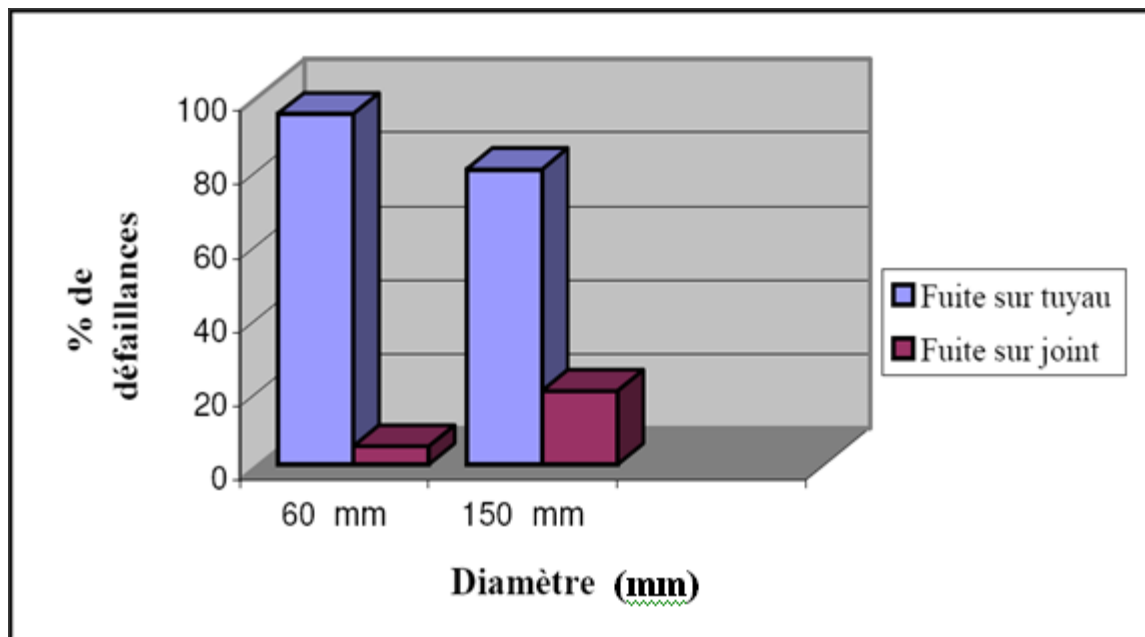
La figure (III-3) montre la fréquence des types de ruptures en fonction du diamètre. (**mm**)



**Figure II-3:** Fréquence des types de ruptures en fonction du diamètre [BLINDU, 2004].



Les ruptures transversales ont lieu surtout sur les petits diamètres alors que les gros diamètres subissent plutôt des ruptures longitudinales ou des piquages.



**Figure II-4 :** Répartition des fuites sur tuyau et sur joint en fonction du diamètre [BLINDU, 2004].

### 3. Cause des fuites

Les fuites peuvent être dues à plusieurs facteurs. Ils peuvent être répartis en trois groupes:

- les facteurs liés à l'exploitation du réseau,
- les facteurs propres à la canalisation,
- les facteurs liés à l'environnement dans lequel se trouve la canalisation.

Avant de les aborder en détail, nous décrirons les différentes contraintes qui agissent sur une canalisation d'eau potable et les causes de leur variation.

La figure suivante montre les différentes causes qui peuvent entraîner l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable et donc augmenter le risque d'apparition d'une défaillance [BLINDU, 2004].

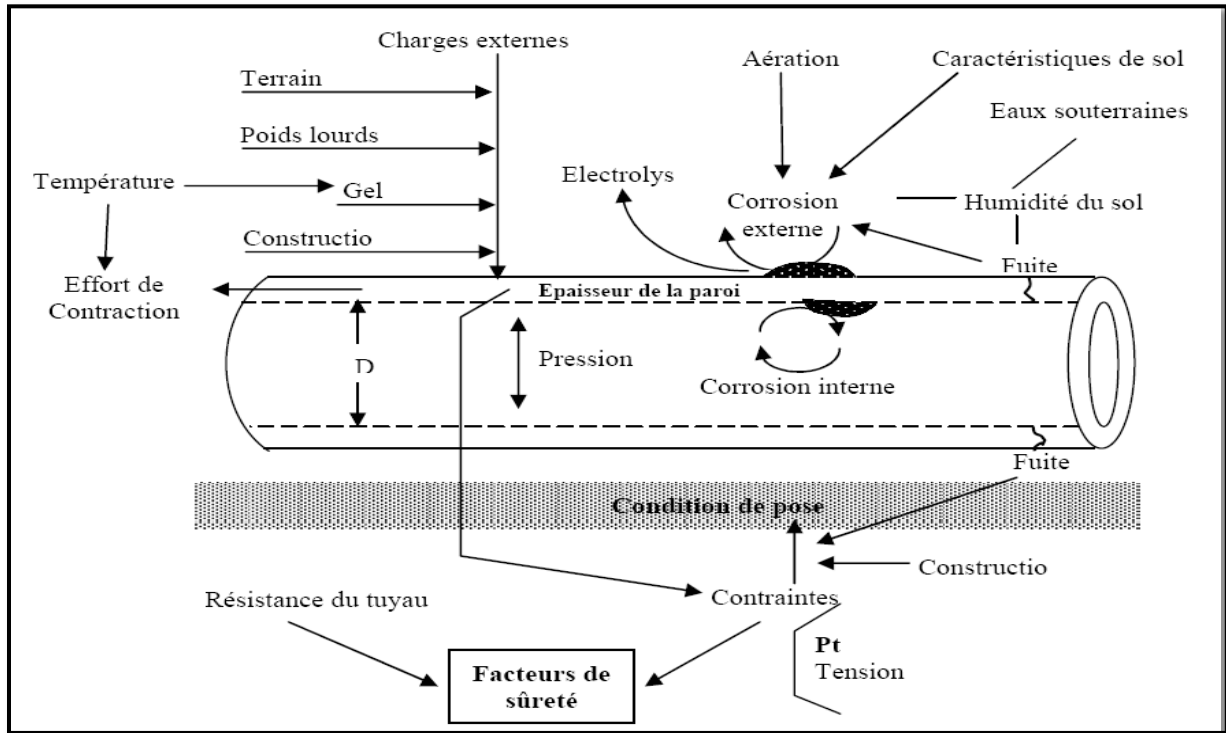


Figure II-5 : Causes de l'affaiblissement d'une conduite

### 3.1. Les différentes contraintes qui agissent sur une canalisation

Les fuites et ruptures apparaissent lorsque la conduite subit des actions mécaniques qui dépassent ses caractéristiques nominales ou bien des actions chimiques liées à une corrosion qui peut atteindre la totalité de la conduite [MERZOUK, 2005].

La figure II-6 récapitule les différentes contraintes qui agissent sur une canalisation.

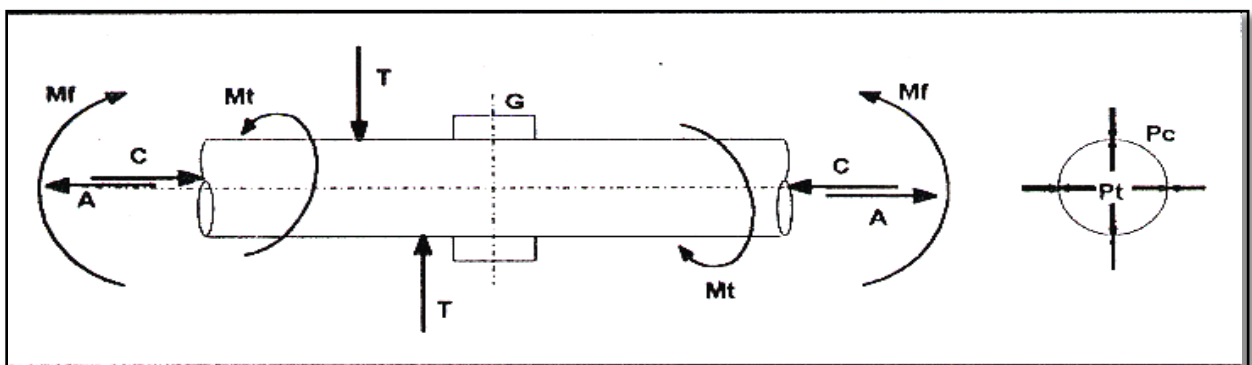


Figure II-6: Contraintes qui agissent sur une canalisation

Avec:

Mf : Moment de flexion susceptible de provoquer une courbure de la canalisation,

Mt : Moment de torsion susceptible de tordre la canalisation autour de son axe,

T : Contrainte de cisaillement,

A : Effort de traction axial,

C : Contrainte de compression axiale,

Pt : Surpression interne susceptible d'entraîner un éclatement de la conduite,

Pc : Dépression interne ou surpression externe pouvant provoquer un écrasement de la conduite.

Ces contraintes peuvent être sujettes à des variations et les causes de ces variations sont les suivantes:

- mouvement violent du sol (Mf, Mt, T, A, C, Pc),
- mouvement lent du sol (Mf, T, A),
- transmission directe excessive de charges accidentelles en surface (Mf, T, Pc),
- températures peu élevées (Pt, A),
- coup de bélier (Pc, A),
- travaux de voirie (Mf, Mt, T, A, Pc).

#### 4. Les facteurs influençant l'apparition des fuites

Le tableau II-1 illustre les facteurs ayant une incidence sur l'apparition des fuites [MERZOUK, 2005].

Facteurs liés à l'exploitation du réseau	Facteurs propres à la canalisation	Facteurs liés à l'environnement de la canalisation
Vitesse d'écoulement	Diamètre	Corrosion externe
Pression	Matériau	Mouvements de sol et le trafic
Température de l'eau	Type de joints	Charge des terrains
Nature de l'eau	Corrosion interne	Conditions et le lit de pose
Variation des conditions d'exploitation	Épaisseur	Travaux avoisinants

**Tableau II-1** : *facteurs influençant l'apparition des fuites*

#### **4.1. Les facteurs liés à l'exploitation du réseau**

Les facteurs liés à l'exploitation du réseau sont:

- la vitesse d'écoulement,
- la pression,
- la température de l'eau,
- la nature de l'eau,
- la variation des conditions d'exploitation,
- les manœuvres sur le réseau.

##### **◇ La vitesse d'écoulement**

Les pratiques de consommation des clients sont considérées comme un facteur lié à l'exploitation du réseau. Une demande croissante en eau potable aura pour conséquence une augmentation des vitesses dans les canalisations, ce qui peut favoriser la corrosion et générer des contraintes mécaniques excessives.

A l'inverse une demande décroissante aura pour conséquence une augmentation relative des temps de séjour de l'eau dans les conduites, ce qui favorise la sédimentation et l'amorce de nouvelles formes de corrosion.

##### **◇ La pression**

La pression disponible varie entre 2 et 10 bars suivant le réseau. Toutefois, il est admis que la pression maximale chez l'utilisateur ne doit pas dépasser 4 bars. Au delà de cette valeur, il y a risque d'apparition de désordres. A l'inverse la pression minimale à l'entrée doit être de 1 bar.

##### **◇ La température de l'eau**

En général, la température de l'eau dans le réseau varie très peu, même dans des régions à périodes de gel importantes. Le risque le plus important de variation de température a lieu dans les branches mortes du réseau, où l'eau peut stagner. Une rapide diminution de la température peut alors entraîner une contraction de la canalisation et une augmentation des contraintes longitudinales de traction, d'où une fragilisation des tuyaux.

### ◇ La variation des conditions d'exploitation

Une augmentation de la charge hydraulique peut avoir lieu, suite à une modification du régime hydraulique, telle que le passage d'une adduction gravitaire à une alimentation sous pression ou la réduction de section due à une réhabilitation de canalisations. Cette surcharge hydraulique peut alors entraîner une augmentation du nombre de fuites ou de ruptures dans les semaines suivant le changement.

### ◇ Les manœuvres sur le réseau

Des manœuvres accidentelles sont surtout caractérisées par le phénomène du coup de bélier, phénomène très violent dû à la circulation d'une onde de pression ou de dépression dans la conduite suite à l'ouverture/fermeture brusque d'une vanne ou la mise en marche/arrêt d'une pompe. Ce phénomène peut fragiliser dangereusement la canalisation, parfois jusqu'à la détérioration du joint, à la fêlure du tuyau ou même à la rupture.

## 4.2. Les facteurs propres à la canalisation

La durée de vie d'une canalisation dépend de son matériau constructif, de ses dimensions (diamètre, épaisseur de la paroi,...), de sa résistance aux efforts internes et externes qui s'y appliquent et du processus de corrosion qui se développe.

Les facteurs propres à la canalisation sont:

- le diamètre,
- le matériau,
- le type de joints,
- la corrosion interne.

### ◇ Le diamètre

Le diamètre peut jouer un rôle important dans le mécanisme d'apparition des défaillances. Ainsi, un petit diamètre est plus sensible aux efforts de traction. Les tuyaux de diamètre inférieur à 100 mm ont presque toujours des ruptures transversales.

### ◇ Le matériau

Tout matériau de canalisation d'eau potable doit se conformer à certaines spécifications de telle sorte qu'il évite de détériorer la qualité de l'eau transportée et retarde au maximum le vieillissement du réseau.

### ◇ Le type de joints

Les joints sont conçus pour relier des tronçons de tuyaux. Ils doivent être placés entre des tuyaux alignés pour éviter leur détérioration prématurée.

Il existe différents types de joints. Les joints les plus utilisés pour relier les conduites enfouies dans le sol sont les joints mécaniques.

### ◇ La corrosion interne

La corrosion est toujours le résultat de la présence simultanée de deux agents: le métal et le milieu corrosif qui est l'eau dans le cas de la corrosion interne. La corrosion interne (figure II-7) est régie par de nombreux facteurs:

- la vitesse de l'eau peut avoir une influence sur les zones de dépôt,
- quand le pH d'équilibre n'est pas atteint, l'eau est alors agressive favorisant cette corrosion qui est particulièrement importante pour les tuyaux en acier.
- si l'équilibre calco-carbonique de l'eau n'est pas atteint, il se produit soit une diminution d'épaisseur de la paroi de la canalisation (eau agressive), soit une diminution de la section de la canalisation (eau incrustante).



**Figure II-7:** Conduite ayant subi des dépôts ferriques de corrosion interne.

Les principales conséquences de la corrosion interne sont la modification des diamètres des canalisations, la dégradation de la qualité de l'eau transportée et des capacités hydrauliques de la conduite.

### 4.3. Les facteurs liés à l'environnement de la canalisation

Les facteurs liés à l'environnement de la canalisation sont:

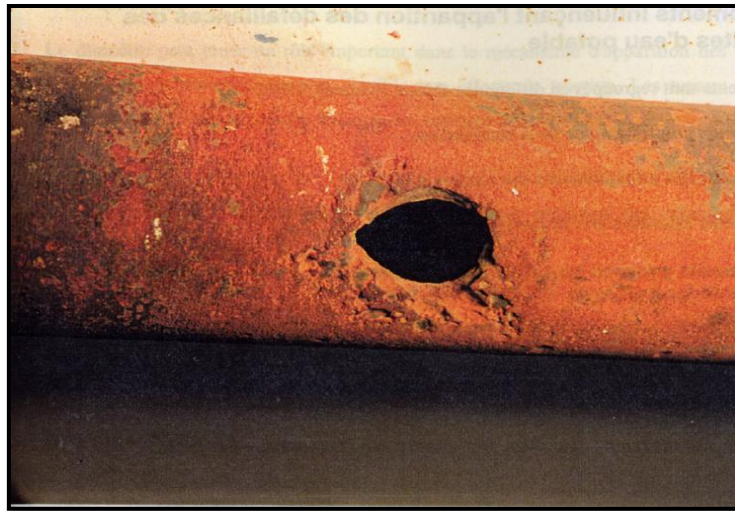
- la corrosion externe,
- les mouvements de sol et le trafic,
- les charges des terrains,
- les conditions et le lit de pose,
- les travaux avoisinants.

#### ◇ La corrosion externe

La corrosion externe est également le résultat de la présence simultanée de deux agents: le métal et le milieu corrosif qui est le sol dans le cas de la corrosion externe. Elle peut avoir plusieurs origines:

- Les courants vagabonds sont générés par les installations électriques alimentées en courants continus. Une partie importante de ces courants peut emprunter comme chemin de retour la canalisation en tant que conducteur, ce qui provoque des corrosions au niveau des points de sortie de ses courants,
- L'hétérogénéité par contact a lieu au niveau des raccordements de canalisation de matériaux différents, ce qui peut entraîner une différence de potentiel importante et peut induire une pile de corrosion par contact. Pour interdire le passage du courant, il faut isoler les conduites au niveau des raccordements,
- L'hétérogénéité de surface est la conséquence du non respect des conditions de pose. Un choc lors de la pose, peut provoquer une altération surfacique ou une discontinuité locale et la création d'un phénomène de pile électrique,
- L'hétérogénéité du sol concerne les canalisations qui traversent des sols de compositions chimiques différentes. Il peut se créer une pile géologique dans laquelle la partie de la canalisation se trouvant dans le terrain le moins aéré devient anodique et se corrode (pile d'aération différentielle).

La Figure II-8 montre une conduite d'eau potable ayant subie une corrosion externe par courants vagabonds :



**Figure II-8 :** *Conduite ayant subi une corrosion externe par courants vagabonds.*

#### ◇ Les mouvements de sol et le trafic

Sous l'appellation trafic, il faut considérer le poids des voitures, des camions et leur fréquence de passage qui, en fonction de l'épaisseur et du type de sol qui recouvrent la conduite ainsi que du type de chaussée en surface (rigide ou souple), génèrent des problèmes de fatigue et de surcharge.

L'accroissement de ce trafic routier en raison de l'augmentation de son intensité ou du poids des charges roulantes provoque des vibrations qui peuvent agir sur l'étanchéité des joints surtout si ces derniers ont été mal réalisés : mauvais collage, soudure défectueuse. La présence d'un point rocheux peut engendrer des détériorations ponctuelles et amorcer des corrosions, particulièrement avec des tuyaux revêtus extérieurement.

#### ◇ Les charges des terrains

Sous l'appellation charges des terrains, on considère le poids des terres au dessus de la conduite (d'où l'importance de la profondeur de pose de la canalisation). Ce poids variera d'un site à un autre en fonction de la teneur en eau et du type de matériaux constituant le sol.

On peut également associer à ces charges, celles dues au gel de certaines lentilles de sol dont l'expansion peut aller jusqu'à doubler le poids normal des terres. Ces charges induisent des mouvements de terrains tels que les effondrements, les glissements et les tassements qui provoquent un déboîtement du tuyau. Un tassement peut avoir lieu à cause de pentes trop



importantes ou de séismes. Des contraintes, d'autant plus élevées que la canalisation est attachée à des points fixes, peuvent alors apparaître et augmenter le risque de rupture.

#### ◇ **Les conditions et le lit de pose**

Le choix du matériau de remblai utilisé et le soin apporté lors de la pose ont une incidence primordiale sur le vieillissement des canalisations.

Il est tout d'abord nécessaire de choisir un matériau de canalisation adapté à la nature des terrains.

Une grande attention doit être apportée lors de la pose. Il faut s'assurer qu'aucun corps étranger ne se trouve à l'intérieur des tuyaux et s'assurer que les joints ont été placés entre des tuyaux.

Le soin apporté lors de la pose permettra également d'éviter certains chocs externes à la canalisation, chocs qui peuvent engendrer une dégradation du revêtement extérieur, d'où une fragilisation de la conduite vis-à-vis de la corrosion.

#### ◇ **L'influence des travaux avoisinants**

Un creusement de tranchée contenant déjà une conduite d'eau potable peut soit la casser directement à cause d'une manœuvre accidentelle, soit déstabiliser le lit de pose et provoquer des glissements, écrasements, déboîtements ou ruptures.

Une conduite peut aussi être fragilisée à cause d'engins utilisés lors des chantiers, tels que les vibrateurs lourds utilisés pour la compression du remblai et du tapis routier. D'autre part les multiples creusements, en ville notamment, font que les matériaux existant dans les tranchées sont de plus en plus hétérogènes.

Il est évident que les zones à risque sont surtout les zones urbaines, où les réseaux autres que les réseaux d'eau (assainissement, câbles électriques, câbles téléphoniques) sont les plus nombreux.

L'infiltration de sels dans les lits de pose augmente considérablement le risque de corrosion des canalisations métalliques. Ce risque est d'ailleurs d'autant plus grand que dans certaines régions les routes sont salées régulièrement.

## 5. Les manifestations des fuites

Elles peuvent être multiples [MERZOUK, 2005]:

- non concordance des volumes mesurés sur les compteurs,
- anomalies dans la distribution, bruits anormaux sur les réseaux,
- affaissements des terrains,
- présence de végétation anormalement développée,
- terrains humides par temps sec,
- manque d'eau chez l'abonné,
- humidité anormale sur la chaussée,
- arrivée d'eau claire dans les égouts,
- mur humide,
- baisse anormale du niveau dans un réservoir.

## 6. Conséquences des fuites

Les pertes engendrées par les fuites conduisent à une aggravation du coût de l'exploitation [MERZOUK, 2005]. L'eau étant pompée puis traitée, les pertes dues aux fuites correspondent à des pertes financières liées à:

- une usure prématurée du matériel,
- une inondation, d'où coupure du trafic sur la chaussée concernée ou dommage chez un particulier,
- une coupure d'eau, donc dommages causés aux industries ou aux centres de santé,
- une déstabilisation du lit de pose,

Les fuites peuvent provoquer des problèmes sur le réseau qui peuvent être classés comme suit:

- problème de capacité du réseau, lié à la détérioration de la qualité de l'eau et sa pollution suite à l'intrusion de terre et de substances dangereuses,
- problème de sécurité, lié aux dysfonctionnements des structures qui peuvent se trouver à proximité,
- problème d'efficacité du réseau, lié aux pertes d'eau qui entraînent des réparations de plusieurs heures sur le réseau, pendant lesquelles les abonnés sont privés d'eau.

## 7. Méthodes, matériels et systèmes de recherche des fuites

La recherche des fuites existe depuis de nombreuses années et s'effectue selon le type de fuites.

Lorsque les fuites sont apparentes, la méthode la plus simple est de parcourir les tronçons suspects, avec un appareillage approprié de détection puis de localisation et d'effectuer des réparations au fur et à mesure que sont détectées les fuites.

Cette solution est d'une grande fiabilité, mais elle ne peut se concevoir que dans le cas de réseaux bien repérés, de dimensions réduites et lorsque la durée d'intervention est courte; ce qui réduit les temps d'immobilisation de la distribution. Dans le cas où les réseaux sont très étendus, cette méthode n'est plus rentable. Les coûts des opérations de détection risquent de dépasser les économies de production sur l'eau. Il devient alors nécessaire d'adopter un travail de sectorisation pour permettre d'optimiser les recherches [MERZOUK, 2005].

Nous exposerons dans ce qui suit, les méthodes matérielles et les systèmes de recherche des fuites que nous avons recensés.

### 7.1. Méthodes de recherche des fuites

On distingue la méthode :

- de quantification,
- du gaz traceur,
- du comptage,
- acoustique,
- imagerie thermique.

#### 7.1.1. La méthode de quantification :

Elle comporte plusieurs phases [MERZOUK, 2005]:

- ↳ analyser le réseau et effectuer un bilan des volumes; à partir des plans existants, l'équipe de recherche analyse la structure et le fonctionnement du réseau,
- ↳ schématiser le réseau; pour réaliser efficacement les recherches, il est nécessaire d'établir un schéma fonctionnel du réseau, comportant essentiellement les points de comptage, les canalisations, les vannes qui seront numérotées,

- ↳ découper le réseau en secteur de recherche; le découpage du réseau se fait à partir du schéma fonctionnel établi. Chaque secteur est décomposé en réseau ramifié,
- ↳ avertir les usagers,
- ↳ relier chaque secteur par l'intermédiaire d'une borne incendie et de tuyaux du type «pompiers» au camion de diagnostic. De cette façon le secteur étudié ne sera alimenté que par les organes de mesures et de diagnostic du véhicule.

Cette méthode donne des résultats satisfaisants. Elle présente l'avantage de réparer en priorité des plus grosses fuites et incite l'exploitant à entamer une démarche plus pragmatique et non systématique. Elle nécessite néanmoins:

- ↳ de faire des investissements pour la remise à jour des plans de réseaux,
- ↳ de faire des études préliminaires et des enquêtes sur le terrain,
- ↳ d'engager des dépenses pour la remise en état des vannes.

Elle permet une détection des tronçons à problème, les fuites étant ensuite localisées avec un autre appareillage, cette méthode reste une méthode de pré-localisation.

### **7.1.2. Méthode du gaz traceur**

La méthode consiste à injecter sous pression dans la canalisation, un gaz traceur inodore, insipide et non dangereux pour la santé, du type SF<sub>6</sub> (l'hexachlorure de soufre) ou le RH<sub>6</sub> (mélange d'azote et d'hydrogène).

En surface, la localisation s'effectue avec un détecteur équipé d'une sonde qui est introduite dans des petits trous percés préalablement à l'aplomb du tracé de la conduite ou avec un chariot qui est déplacé le long de la canalisation. Ce gaz étant très volatile, remonte en surface et est détecté [MERZOUK, 2005].

### **7.1.3. Méthode du comptage**

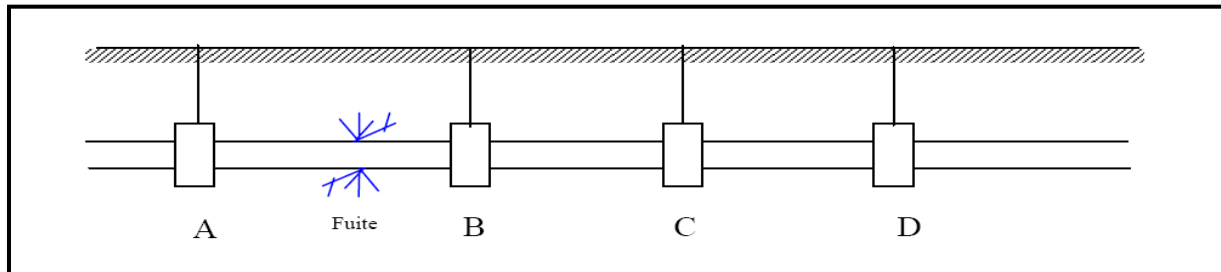
Une fraction des pertes est due au sous comptage, d'où la nécessité de bien gérer les compteurs au niveau de la production et de la distribution (chez les abonnés).

Le relevé est une opération réalisée selon une fréquence généralement fixée dans le cahier des charges du service des eaux (une à deux fois par an en général, une fois par mois pour les gros consommateurs). Le releveur se rend chez l'abonné et enregistre l'index figurant sur le compteur. Par différence entre le nouvel index et celui du précédent relevé, il est déduit la

consommation. Si cette consommation est très différente des consommations habituelles, ceci peut être un indicateur de présence de fuite sur le branchement [MERZOUK, 2005].

#### 7.1.4. Méthode acoustique

Cette méthode est basée sur l'analyse du bruit émis par la fuite [MERZOUK, 2005].



**Figure II-9: Méthode acoustique**

Dans un premier temps, une écoute est faite sur la conduite et sur les différentes vannes (A, B, C et D). Ceci permet de conclure que la fuite se situe entre les vannes A et B. Pour la localisation précise, une écoute au sol doit être effectuée tous les 50 cm. Lorsque le bruit perçu est maximum, nous nous trouvons au dessus de la fuite.

La méthode acoustique est basée sur trois propriétés du bruit de fuite et qui le distingue des bruits environnants. Les trois propriétés sont:

- ↳ le bruit de fuite est aléatoire, c'est à dire que son évolution dans le temps n'obéit à aucune règle,
- ↳ le bruit de fuite est caractérisé par sa propagation le long de la conduite. Cette propagation se fait à vitesse égale de part et d'autre de la fuite, à condition que les matériaux et les diamètres soient homogènes,
- ↳ le bruit de fuite est permanent dans le temps contrairement aux bruits parasites.

#### 7.1.5. Imagerie thermique

L'imagerie thermique consiste à analyser à l'aide d'un équipement d'imagerie infrarouge, la température de la surface du sol le long d'un tracé de canalisation et à repérer les endroits où se présente une discontinuité – réchauffement, refroidissement, une humidité anormale du sol, celle-ci pouvant être causée par une fuite.

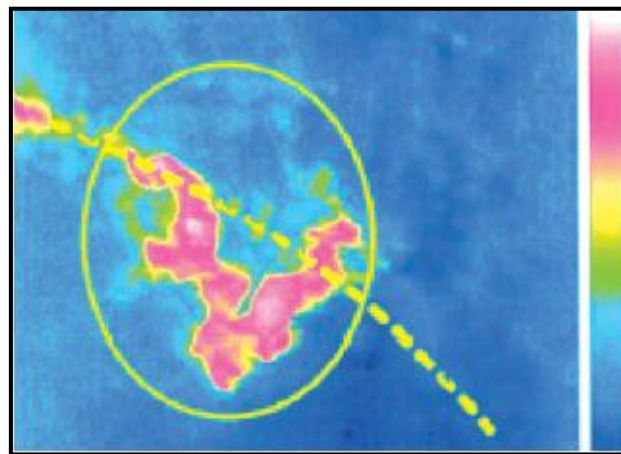
Le principe est de survoler le tracé de la conduite principale avec un avion léger, spécialement appareillé d'un matériel d'imagerie thermique couplé à un système de positionnement global (GPS).



**Figure II-10:** *Méthode de l'imagerie thermique*

Le matériel d'imagerie repère les zones de sol humide autour de la conduite principale et compare cette information avec des images couleur de la zone préalablement stockées.

- Le GPS détermine avec précision les coordonnées géographiques des zones de fuite.
- Les données de positionnement fournies par le GPS associées à l'image fournie par le matériel d'imagerie, permettent de définir sur une carte les coordonnées précises des fuites.



**Figure II-11 :** *localisation d'une fuite  
par imagerie thermique*

La technique s'applique principalement à l'étude de longs tronçons de conduites principales pour identifier les zones de fuites possibles.

Il est possible de contrôler jusqu'à 100 kilomètres de conduites par jour. La trajectoire de la conduite doit être comprise dans une zone préférentiellement rurale et autorisée au survol.

## 7.2. Récapitulatif des avantages et inconvénients de chaque méthode

Nous récapitulons dans le tableau ci-dessous l'ensemble des méthodes de recherche des fuites que nous avons recensées [MERZOUK, 2005].

Méthodes	Avantages	Inconvénients
<b>Méthode de quantification</b>	Permet une meilleure connaissance du réseau, Permet de réparer les grosses fuites.	Nécessite de gros investissements pour la mise à jour des plans et la remise en état des vannes, Ne permet pas la localisation précise des fuites, Ne peut être utilisée que la nuit.
<b>Méthode du gaz traceur</b>	Facilite le repérage du gaz en surface.	Demande des investissements très onéreux.
<b>Méthode du comptage</b>	Permet la détection des fuites sur les branchements.	Pose la problématique de l'exactitude des relevés et la fiabilité des compteurs.
<b>Méthode acoustique</b>	Peut être utilisée de jour et de nuit. Localise la fuite avec une bonne précision.	Difficile d'utilisation dans le cas des tronçons mixtes, Nécessite une maîtrise parfaite des bruits, si elle est conçue de jour.
<b>Méthode de l'imagerie thermique</b>	Technique non intrusive. Acquisition rapide des données, entre 50 et 100 km/jour.	Les tâches humides ne sont pas toutes dues à des fuites

**Tableau II-2:** *Avantages et inconvénients des différentes méthodes de recherche des fuites*

## 7.3. Matériels de recherche des fuites par analyse du bruit

Depuis longtemps, la recherche des fuites consiste à écouter puis analyser les bruits captés sur le sol ou sur les canalisations. En effet, l'écoulement de l'eau dans le sol provoque un léger sifflement. Au moyen d'amplificateurs et à condition que le niveau sonore extérieur soit suffisamment bas, on arrive très bien à entendre puis à localiser les fuites. Cette recherche est fastidieuse et longue, mais très rentable. Les différents matériels mis à la disposition des exploitants sont tous basés sur le principe du stéthoscope, amélioré par des systèmes

amplificateurs mécaniques ou électroniques [MERZOUK, 2005]. Ces matériels peuvent être classés comme suit:

- les amplificateurs mécaniques,
- les amplificateurs électroniques,
- les corrélateurs acoustiques,
- les enregistreurs de bruits.

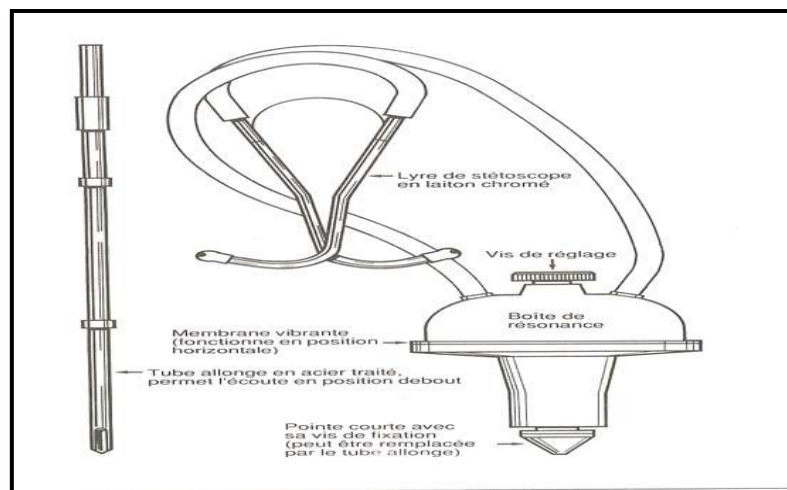
### 7.3.1. Les amplificateurs mécaniques

Ces matériels qui fonctionnent mécaniquement, servent à la localisation des fuites par écoute nocturne. Ils ne nécessitent aucune alimentation électrique. L'absence de circuits électroniques élimine toute exigence d'entretien. Ils sont au nombre de deux:

- L'hydrosol
- L'hydrophone.

#### a/ L'hydrosol

Il est constitué d'une membrane vibrante reliée à une cloche métallique formant une caisse de résonance, sur laquelle est emboîtée une tige métallique servant de capteur (figure II-12).



**Figure II-12:** Amplificateur mécanique de type hydrosol

Le corps de l'amplificateur mécanique constitue la boîte de résonance d'une membrane vibrante, dont la fréquence propre, peut être ajustée par le déplacement d'un bouton moleté situé à la partie supérieure du corps.

Cette membrane circulaire comporte en son centre un embout qui peut recevoir:



- soit une pointe courte qui permet de capter les sons en des points où la canalisation est apparente et d'accès aisé,
- soit une allonge destinée à capter les sons par application sur le sol ou de préférence sur des piquets de 30 à 40 cm environ enfoncés dans le sol. L'écoute du bruit, capté et amplifié par la boîte de résonance, se fait avec un stéthoscope de type médical.

La localisation de la fuite est meilleure par écoute sur la conduite que par écoute au sol. L'atténuation du bruit est beaucoup moins rapide en fonction de la distance. Si la conduite est relativement protégée des bruits parasites, une oreille bien exercée reconnaît le bruit de fuite.

### b/ L'hydrophone

L'hydrophone est un cornet acoustique renfermant un vibreur amplificateur qui s'adapte sur des allonges métalliques ou de cannes de bambou, le bambou offrant une transmission plus fidèle des bruits. Il demande un orifice d'accès à la conduite assez important.

#### 7.3.2. Les amplificateurs électroniques

Ces matériels permettent également de faire de la localisation et sont basés sur le même principe que les amplificateurs mécaniques. Ils sont composés de trois éléments principaux.

- un capteur,
- un amplificateur,
- des écouteurs.

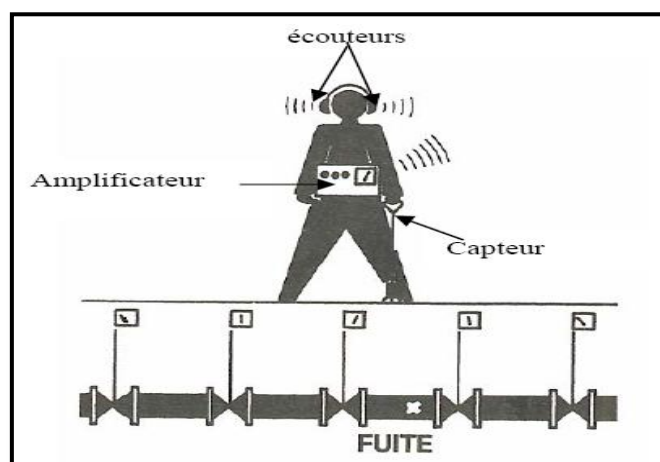


Figure II-13: Amplificateur électronique

L'onde sonore émise par la fuite, provoque des vibrations, qui sont captées par une canne-sonde (capteur), mise en contact soit sur la canalisation, soit sur le sol à proximité immédiate de la canalisation. La canne est munie d'une membrane métallique qui capte ces vibrations par une électronique associée. Elle les transforme en signaux électriques qu'elle amplifie considérablement avant de les diriger sur un casque d'écoute, isolé des bruits ambiants.

Ce sont ces vibrations de fréquences audibles pour la plupart que l'oreille de l'opérateur doit percevoir suffisamment bien pour en apprécier les variations d'amplitude et localiser le point où elles s'avèrent les plus fortes.

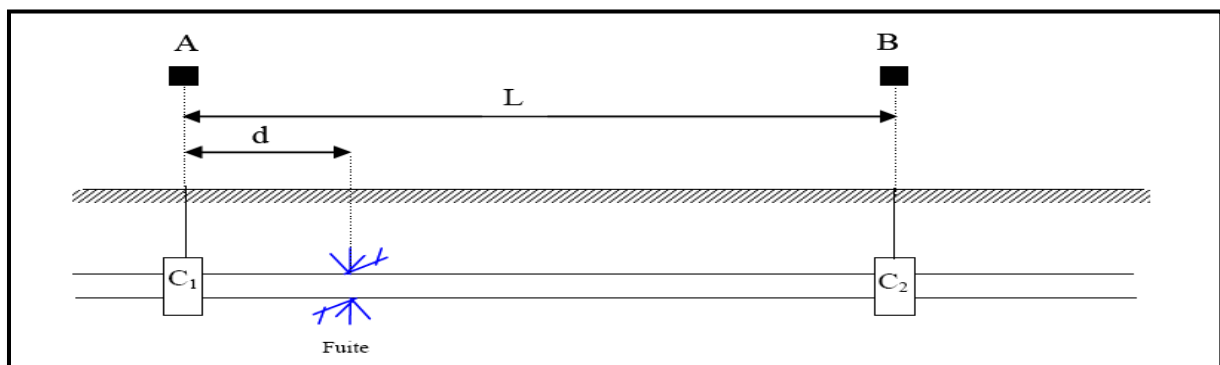
### 7.3.3. Les corrélateurs acoustiques

Les corrélateurs acoustiques (figure II-14) sont apparus dans les années 1980



**Figure II-14:** *Corrélateur acoustique*

Deux capteurs A et B (Figure II-14), sont placés sur la conduite pour la saisie des vibrations engendrées par la fuite. La section doit être constante et le matériau homogène. Les vibrations se propagent le long de la conduite à vitesse égale, de part et d'autre de la fuite. Elles engendrent une déformation de la conduite.



**Figure II-15 :** *Principe du corrélateur acoustique*

**C1 et C2:** emplacement des capteurs.

Les bruits enregistrés par les deux capteurs sont amplifiés puis transmis à l'unité de traitement, qui les compare et fait subir à l'un d'eux une série de décalages. Ceci permet de déterminer le décalage  $\Delta t$  qui compense exactement la différence des temps de propagation des vibrations, ce qui se matérialise par l'apparition d'un pic sur l'écran de l'unité de traitement. La mesure du décalage dans le temps permet, grâce à la connaissance de la vitesse de propagation des ondes dans la canalisation (fonction du matériau) et la longueur du tronçon, de localiser avec précision la fuite grâce à la formule : 
$$d = \frac{L-v \times \Delta t}{2}$$

Avec:

D : distance séparant la fuite du capteur A,

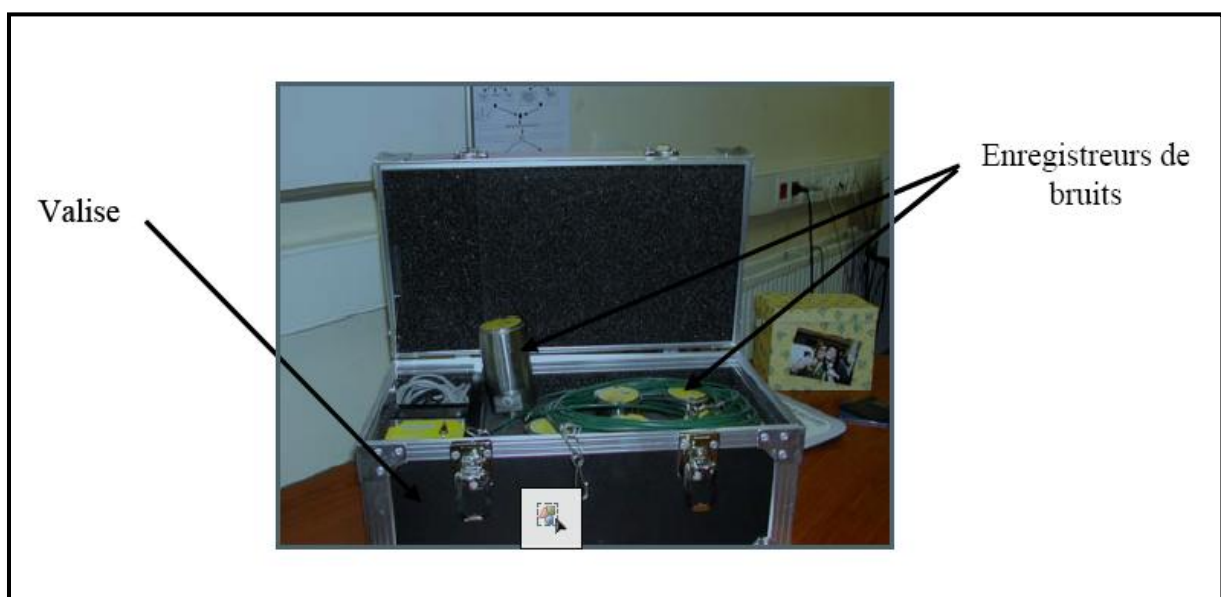
L : distance entre les deux capteurs.

V : vitesse de propagation du son,

$\Delta t$ : différence de temps,

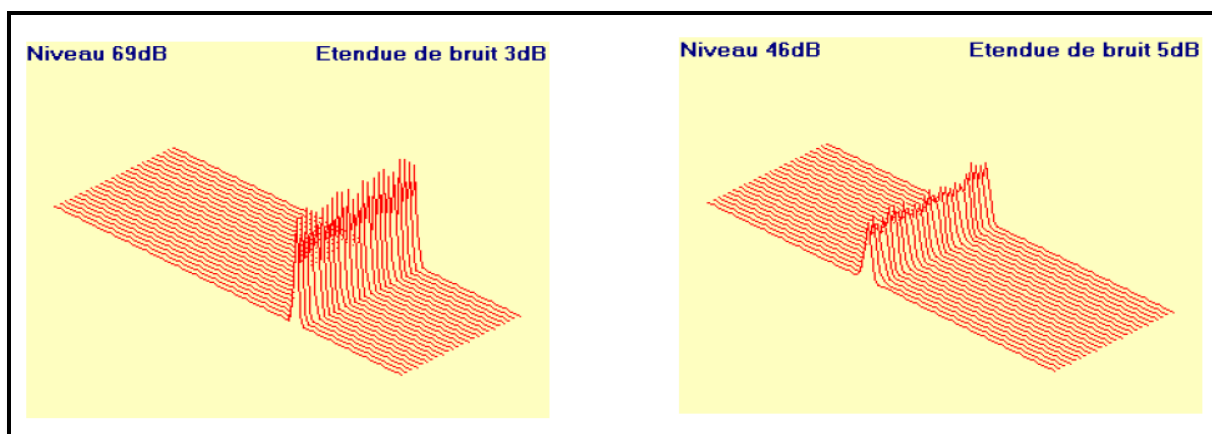
#### 7.3.4. Les enregistreurs de bruits

Les enregistreurs de bruits permettent de faire de la pré-localisation. Ce matériel est constitué d'enregistreurs dont le nombre varie entre six et quinze fournis dans une valise. Un simple positionnement des enregistreurs dans la valise permet la programmation, la relève des données et la mise en charge.



**Figure II-16:** *Enregistreurs de bruits*

Les enregistreurs de bruits doivent être installés sur une maille du réseau, ou bien alignés le long d'une canalisation, pour que les enregistrements soient représentatifs. Les enregistrements mesurent non seulement le niveau acoustique mais aussi l'étendue du bruit afin de confirmer sa stabilité. L'opérateur peut pré-localiser la fuite s'il est en présence d'un niveau de bruit important (identique sur une période de 2 heures) et une étendue du bruit comprise entre 1 et 10dB.



**Figure II-17:** Deux enregistrements de bruit

Ce matériel offre une représentation graphique des enregistrements en deux et trois dimensions. Cette représentation permet de vérifier les caractéristiques du bruit et d'en faire une analyse précise avec une bonne fiabilité.

#### 7.4. Récapitulatif

Nous récapitulons dans le tableau ci-dessous, l'ensemble des matériels recensés.

	Mise en œuvre		Précision	Encombrement
	Jour	Nuit		
Détecteur mécanique	Impossible sauf pour les initiés	Bonne pour un opérateur entraîné	Dépend de l'utilisateur	Faible
Détecteur électronique	Possible si l'appareil est muni de filtres	S'effectue sans difficulté	Assez bonne	Faible
Corrélateurs acoustique	S'effectue le jour	S'effectue sans difficulté	Très bonne	Faible
Enregistreurs de bruits	Inefficace le jour	S'effectue de nuit	Très bonne	Faible

**Tableau II-3:** Récapitulatif des différents matériels

Dans le cas des recherches systématiques, il est intéressant d'avoir recours au corrélateur acoustique qui peut être utilisé le jour (bien que la recherche de jour est fastidieuse à cause des bruits environnants) mais son prix de revient reste élevé. Les autres matériels sont conseillés pour une recherche de nuit.

### **Conclusion**

En résumé, les conduites de distribution d'eau potable se dégradent au cours du temps sous l'effet combiné de charges mécaniques et d'agressions électrochimiques. Une fuite ou une rupture correspond à un affaiblissement de la conduite, c'est à dire soit à une diminution de la paroi en un endroit précis qui se traduit par des trous, soit par des fissures combinées à une augmentation des contraintes sur la canalisation et l'influence des facteurs sus-cités.

Les fuites peuvent être d'origine technique (il faut alors les détecter et les réparer), mais elles peuvent aussi être dues à l'eau piratée par des branchements illégaux.

A l'issue de tous les éléments présentés dans ce chapitre nous pouvons conclure que le problème des fuites ne correspond pas à un seul facteur ayant lieu sur la conduite mais plutôt à l'action combinée de plusieurs facteurs liés à la conduite, à son environnement et aux conditions d'exploitation.

Après avoir présenté en tant que base de connaissance, les types de fuites, les différents facteurs qui en sont à l'origine, les manifestations des fuites et leurs conséquences dans les réseaux d'alimentation en eau potable, il est important de connaître tous les types de pertes et savoir comment les évaluer, c'est le but du prochain chapitre.

# CHAPITRE III :

## RENDEMENT DE RESEAU ET PERTES

### EN EAU

#### **Introduction**

Les réseaux d'alimentation en eau potable (Adduction, distribution) se vieillissent, se corrodent ...gènèrent des pertes en eau qui peuvent être colossales. Par conséquent, une réduction de rendement du réseau qui se traduit par une augmentation de la production.

L'une des missions du gestionnaire du réseau consiste à évaluer son fonctionnement. Cela passe obligatoirement par l'estimation des pertes afin d'établir les critères de performance.

#### **1. Les pertes**

##### **1.1. Pertes Réelles (ou Pertes Physiques)**

Les pertes réelles sont celles qui correspondent aux pertes d'eau dues aux défauts du réseau et autres ouvrages de stockage et de distribution [NRW-Sub-committee].

##### **1.1.1. Fuites sur le réseau primaire**

Fuites sur les adducteurs et conduites principales. Il s'agit généralement de conduites de grands diamètres qui relient les unités de production, les réservoirs et les stations de traitement et qui distribuent l'eau en gros sur les zones de demande elles-mêmes desservies par les réseaux secondaires et tertiaires.

### **1.1.2. Fuites et débordements aux réservoirs de stockage**

Il s'agit des fuites et d'infiltrations sur les structures des réservoirs de stockage ou sur les conduites intérieures ainsi que des débordements incontrôlés éventuels.

### **1.1.3. Fuites visibles**

Il s'agit des fuites sur les conduites du réseau ou sur les branchements qui se traduisent par des apparitions d'eau visibles à la surface du sol. La plupart de ces fuites sont faciles à détecter sans équipements spéciaux. Elles sont généralement signalées par le public ou par les consommateurs mais pas toujours. On parle parfois aussi de "fuites semi-visibles" quand la détection de ces fuites, pourtant visibles, nécessitent des opérations particulières telles que l'ouverture des regards ou la visite périodique de zones habituellement peu fréquentées. Dans certains contextes on fait aussi parfois la distinction entre «fuites visibles communiquées» et «fuites visibles non communiquées».

### **1.1.4. Fuites invisibles**

Ce sont les fuites sur réseau ou sur branchement dont la détection et la localisation précise nécessitent l'utilisation de méthodes actives de détection des fuites invisibles. On utilise pour ce faire des techniques spécifiques telles que la détection acoustique, la corrélation acoustique, les écouteurs de pré-localisation, l'injection de gaz (hélium, hydrogène) ou la détection thermique.

### **1.1.5. Gaspillages**

Ce sont les pertes d'eau provoquées par des débordements de réservoir, par des vannes de vidange laissées ouvertes par erreur, par des utilisations excessives et non contrôlées d'eau de service par exemple. Il relève de l'exploitant de limiter ces gaspillages.

## **1.2. Pertes Apparentes (ou Pertes Clientèle et de Comptage)**

Il s'agit des pertes qui sont dues non pas aux déficiences techniques des réseaux et autres installations, mais aux consommations réelles non enregistrées telles que l'usage illégal, sous-comptage, erreurs générées par le système de lecture ou de facturation [NRW-Sub-committee].

### **1.2.1. Usages détournés**

Volumes soutirés du réseau par le biais de branchements clandestins ou tout autre moyen frauduleux.

Exemple d'usages illégaux:

- ↳ Branchement clandestin
- ↳ Remise en service illégale de branchements coupés ou résiliés
- ↳ Utilisation illégale des poteaux ou des réseaux d'incendie

### 1.2.2. Sous-comptage

Le sous-comptage peut être du par exemple au choix de compteurs de calibre ou de technologie inappropriée ou bien à la dégradation des performances métrologiques des compteurs en service.

L'utilisation courante des compteurs de type mécanique conduit très souvent à un sous enregistrement des consommations. En revanche l'erreur pour les compteurs non mécaniques peut être positive ou négative. L'erreur, qui augmente toujours avec la durée de service du compteur, dépend aussi des conditions d'installation et de l'environnement.

### 1.2.3. Pertes de facturation

Les pertes peuvent également être générées par les erreurs de relève ou de facturation par les relèves de compteurs oubliées, par les sous-estimations par un traitement incorrect des créances douteuses ou parfois même par des incompatibilités entre fichiers des bases de données.

## 2. Définitions : eaux non facturées et eaux non comptabilisées

### 2.1. Le système concerné

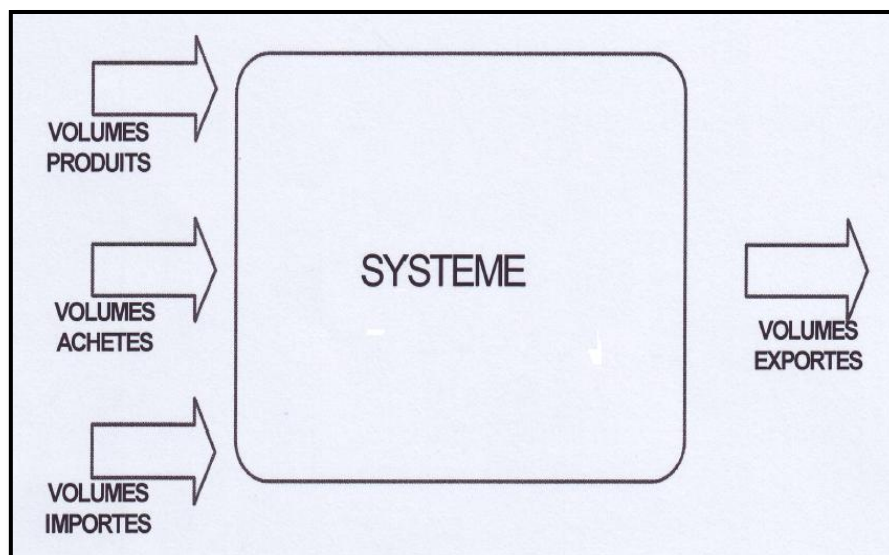
La première condition pour calculer le rendement et les pertes d'un système d'eau potable est de définir précisément les limites de ce système ce qui revient à définir exactement les points d'entrée et de sortie de l'eau et la surface effectivement desservie [NRW-Sub-committee].

On peut alors définir clairement :

- les volumes introduits dans le système : ***volumes produits + volumes achetés + volumes importés d'un autre système***
- les volumes éventuellement exportés vers d'autres systèmes
- les volumes mis en distribution : ***volumes introduits - volumes exportés***

Ou encore: ***volumes produits + volumes achetés + volumes importés – volumes exportés.***





**Figure III -1 :** Entrées et sorties d'un système [NRW-Sub-committee]

## 2.2. ENF et ENC

Avant de définir les divers indicateurs de perte et leurs conditions d'application respectives il faut ensuite avoir une claire compréhension de ce qu'est la perte d'un réseau d'eau et de savoir comment on peut la calculer.

Deux concepts principaux (d'ailleurs complémentaires) sont utilisés de par le monde: les eaux non facturées (ENF) et les eaux non comptabilisées (ENC) [NRW-Sub-committee].

### 2.2.1. Les Eaux Non Facturées (ENF)

Concernent les volumes d'eau mis en distribution dans le réseau qui ne sont pas facturés aux clients. Elles ne génèrent aucun revenu - d'où leur appellation anglaise de Non Revenue Water- NRW. Il peut s'agir de volumes perdus par le biais des fuites, des consommations illégales, des sous comptage ou encore des volumes consommés légalement mais qui ne sont pas facturés.

### 2.2.2. Les Eaux Non Comptabilisées (ENC)

Concernent les volumes d'eau qui sont mis en distribution mais qui ne sont pas comptabilisés. Les eaux facturées sont réputées comptabilisées que ce soit par comptage ou par estimation. L'appellation anglaise est Unaccounted-For Water- UFW.

Contrairement au cas des ENF, on comptabilise dans l'approche ENC, les volumes consommés légitimement même s'ils ne génèrent aucun revenu: L'eau utilisée pour la lutte contre l'incendie ou pour le fonctionnement propre des installations par exemple.

Quel que soit le concept utilisé, ENF ou ENC, il est absolument nécessaire d'avoir une bonne connaissance de ces volumes consommés légalement et non facturés.

### **3. Les composantes de la perte d'eau**

#### **3.1. Définitions**

##### **3.1.1. Volumes introduits**

Le volume introduit dans un système de distribution est la somme des volumes produits (mesurés ou estimés aux sorties des unités de production) et des volumes importés (transfert d'un autre système ou achats en gros faits à des sociétés externes).

##### **3.1.2. Volumes mis en distribution**

Le volume mis en distribution dans un système de distribution est la somme algébrique des volumes produits (mesurés ou estimés aux sorties des unités de production) et des volumes transférés (importés et exportés).

##### **3.1.3. Consommation autorisée**

Les consommations autorisées sont celles des clients dûment enregistrés dans la base de données clients, celle du distributeur et celles d'autres consommateurs particuliers dûment habilités (lutte contre les incendies par exemple).

##### **3.1.4. Consommation autorisée facturée**

Il s'agit des volumes distribués pour lesquels une facture peut être établie.

##### **3.1.5. Consommation facturée mesurée**

Il s'agit des volumes facturés aux clients. En général, les volumes facturés sont les volumes enregistrés par les compteurs client. Mais le volume facturé peut aussi être différent du volume enregistré lorsque par exemple la structure tarifaire prévoit un minimum de facturation.

Les ventes en gros à des compagnies extérieures sont généralement comprises dans les volumes facturés lorsque le point de vente est situé en aval du point d'entrée du réseau. Dans le cas contraire, les volumes correspondants ne doivent être incorporés ni dans les volumes mis en distribution, ni dans les ventes.

### **3.1.6. Consommations facturées et non-mesurées**

Il s'agit des volumes estimés par toute autre méthode que par la relève d'un compteur. Dans certaines exploitations il peut s'agir de la règle générale et non d'un cas exceptionnel. Ce serait le cas d'une exploitation où la facturation ne se fait pas sur la base des volumes consommés mais sur la base de la surface des propriétés desservies par exemple.

### **3.1.7. Consommation autorisée non facturée**

Il s'agit des volumes légitimement soutirés sur le réseau de distribution mais qui, pour diverses raisons, ne peuvent faire l'objet d'aucune facturation. Cela peut concerner par exemple: les usages opérationnels internes, l'eau utilisée pour la lutte contre les incendies, l'eau utilisée pour le lavage des rues, l'arrosage des jardins publics, les fontaines ou les toilettes publiques, des fournitures d'eau gratuites à des institutions municipalisées.

### **3.1.8. Consommations autorisées non facturées mais mesurées**

Volumes non facturés pour lesquels un compteur a été installé. Dégrèvement pour cause de fuite interne dans certains cas.

### **3.1.9. Consommations autorisées non facturées et non mesurées**

Cas où la consommation est estimée, faute de compteur.

On peut représenter la perte et ses composantes sous forme de tableau, de graphique ou d'équation.

Les volumes mis en distribution dans le réseau peuvent être classés en différentes catégories: les consommations autorisées et les pertes. Les pertes se subdivisent elles-mêmes en pertes réelles (ou pertes physiques) et en pertes apparentes (ou pertes liées à la gestion clientèle).

De façon synthétique on peut dire que :

- ✓ les pertes physiques (réelles) correspondent aux volumes produits mais non consommés par les usagers.
- ✓ les pertes clientèle (apparentes) correspondent aux volumes produits et consommés par des usagers mais non facturés.

Le tableau qui suit résume les différentes composantes de la consommation et de la perte, dont les définitions sont données au paragraphe précédant [CHESNEAU, 2006] :

Volume entrant Dans le système	Consommation autorisée	Consommation Facturée	Consommation facturée mesurée	Eaux Facturées
			Consommation facturée non mesurée	
		Consommation Non Facturée	Consommation non facturée mesurée	Eaux Non Facturées ENF
			Consommation non facturée non mesurée	
	Pertes	Pertes apparentes	Consommation non autorisée	
			Erreurs de mesures	
		Pertes réelles	Pertes sur le transport d'eau brute ou a l'usine de traitement	
			Fuites sur les conduites d'adduction ou de distribution	
			Fuites et débordement au niveau des réservoirs	
			Fuites sur branchements	

Tableau III -1 : Composantes de la perte

#### 4. Calcul des eaux non-facturées (ENF)

Les volumes non facturés sont calculés comme la différence entre les volumes mis en distribution dans le réseau pendant une période donnée et les volumes consommés et facturés aux consommateurs pendant la même période [NRW-Sub-committee]. Par volumes mis en distribution dans le système, on entend la somme des volumes introduits dans le réseau desquels on déduit les volumes transférés (ou exportés) à un autre système.

$$\text{ENF} = \text{VOLUMES INTRODUCITS} - (\text{VOLUMES FACTURES} - \text{VOLUMES EXPORTES})$$

Ou, ce qui revient au même :

$$\text{ENF} = \text{VOLUMES MIS EN DISTRIBUTION} - \text{VOLUMES FACTURES}$$

La précision du calcul du volume d'ENF dépend donc de 3 éléments principaux:

- ↳ La manière de mesurer (ou d'estimer) les volumes mis en distribution: y a-t-il des compteurs sur toutes les entrées et toutes les sorties du réseau et, si oui, sont-ils fiables?
- ↳ La manière de mesurer (ou d'estimer) les volumes facturés : utilise-t-on des compteurs et, si oui, quelle est la fiabilité des mesures.
- ↳ La structure tarifaire, le système de relève et de facturation : ces derniers thèmes doivent être examinés attentivement.

Le calcul des ENF dans un réseau d'adduction est analogue à celui de distribution. En effet, les volumes non facturés sont calculés comme la différence entre les volumes produits dans le réseau pendant une période donnée et les volumes mis en distribution pendant la même période. Par conséquent la formule de calcul sera:

$$\text{ENF}_{\text{Adduction}} = \text{VOLUMES PRODUITS} - \text{VOLUMES MIS EN DISTRIBUTION}$$

### 5. Calcul des eaux non-comptabilisées (ENC)

Le calcul des ENC revient à calculer les ENF en ajoutant la consommation autorisée non facturée [NRW-Sub-committee]:

$$\text{ENC} = \text{VOLUMES INTRODUITS} - (\text{VOLUMES EXPORTES} + \text{VOLUMES FACTURES} + \text{CONSOMMATIONS AUTORISEES NON FACTURE})$$

On peut dire aussi :

$$\text{ENC} = \text{VOLUMES MIS EN DISTRIBUTION} - (\text{VOLUMES FACTURES} + \text{CONSOMMATIONS AUTORTSEENS NON FACTUREES})$$

Ces deux formules sont équivalentes puisqu'en fait :

$$\text{ENC} = \text{ENF} + \text{CONSOMMATIONS AUTORISEES NON FACTUREES}$$

## 6. Rendement et indices de pertes

Ces deux indicateurs sont les plus communément utilisés, l'indice de perte précisant souvent le rendement dont la difficulté d'interprétation est admise de tous. Ils ne portent pas exclusivement sur les fuites au sens où nous les concevons, à savoir les fuites diffuses, les fuites non repérées et les casses manifestes, mais englobent d'autres termes comme les prélèvements illégaux et les erreurs de comptage. Ils ne sont donc pas pleinement adaptés aux fuites.

L'image que donnent ces grandeurs des pertes observées sur le réseau est fixe. Des comparaisons avec les valeurs annuelles précédentes peuvent éventuellement indiquer une tendance d'évolution, que l'on peut extrapoler, mais il est impossible de prévoir avec certitude le degré de cette évolution [CHESNEAU, 2006].

### 6.1. Rendement primaire

#### ✚ Pour un réseau de distribution

$$R_{Pr} = 100 \times \frac{\text{CONSOMMATION TOTALE COMPTABILISEE}}{\text{VOLUME MIS EN DISTRIBUTION}} \quad \text{Exprimé en \%}$$

#### ✚ Pour un réseau d'adduction

$$R_{Pr} = 100 \times \frac{\text{VOLUME MIS EN DISTRIBUTION}}{\text{VOLUME PRODUIT}} \quad \text{Exprimé en \%}$$

L'estimation de ce rendement permet d'apprécier la qualité du réseau, son bon fonctionnement et l'efficacité de la distribution (ou du transfert dans le cas d'une adduction). Il est en effet en partie lié à la perte d'eau sur le réseau.

C'est le rendement le plus simple à calculer, le moins élaboré. Il ne prend en compte pour les comparer aux volumes mis en distribution (ou volumes produits en adduction) que la consommation totale comptabilisée (ou volumes mis en distribution en cas d'adduction) et celle là uniquement [SAGE].

## 6.2. Pourcentage de pertes

### + Pour un réseau de distribution

$$Pp = 100 \times \frac{\text{CONSOMMATION NON COMPTABILISEE}}{\text{VOLUME MIS EN DISTRIBUTION}}$$

### + Pour un réseau d'adduction

$$Pp = 100 \times \frac{\text{CONSOMMATION NON COMPTABILISEE}}{\text{VOLUME PRODUIT}}$$

Ce rendement est très intéressant puisqu'il traduit nettement la notion de perte d'eau. En effet, la différence entre le numérateur et le dénominateur correspond à l'eau que le service n'a pas vendue [SAGE].

Le calcul de la perte comme pourcentage des volumes produits est un indicateur important au plan économique pour le suivi d'une exploitation donnée

## 6-3. Indice linéaire de pertes

$$ILP = \frac{\text{EAUX NON FACTUREE}}{(\text{LINEAIRE DU RESEAU}) \times 365} \quad \text{Exprimé en m}^3/\text{j. km}$$

Cette notion permet, contrairement aux précédentes, de rapporter le volume de pertes à l'importance du réseau et donc de comparer l'état physique de deux réseaux.

L'indice de perte est utilisé dans le monde entier, il est facile à calculer et à comprendre autant par les ingénieurs que par les financiers et les politiques [SAGE].

## Conclusion

Il est important de maîtriser les pertes présentes dans un réseau d'alimentation en eau potable. C'est ce qui permet d'apprécier la qualité du réseau, son bon fonctionnement et l'efficacité de la distribution (ou de l'adduction) à l'aide des différents indicateurs de pertes que nous avons déjà définis.

D'autre part, la connaissance du patrimoine « eau » et le fonctionnement du réseau d'eau potable constituent la phase préliminaire d'un diagnostic. Par conséquent, la présentation du réseau d'adduction d'Alger fera l'objet du prochain chapitre.

# CHAPITRE IV :

## PRESENTATION DU RESEAU

### D'ADDUCTION D'ALGER

#### **Introduction**

La ville d'ALGER est importante par sa population et son activité économique. Elle se caractérise par un réseau d'Alimentation en Eau Potable (AEP) dense et diversifié du point de vue âges, diamètres et matériaux.

D'après le dernier recensement général de la population et de l'habitat effectué en 2008, la population d'Alger s'élève à 2887450 habitants répartie sur 53 communes.

L'alimentation en eau potable de cette population est assurée au moyen de différentes sources qui sont : les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux dessalées.

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

L'adduction est assurée par un réseau de canalisations de différents diamètres et matériaux, représentant un linéaire de 800 km environ 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.



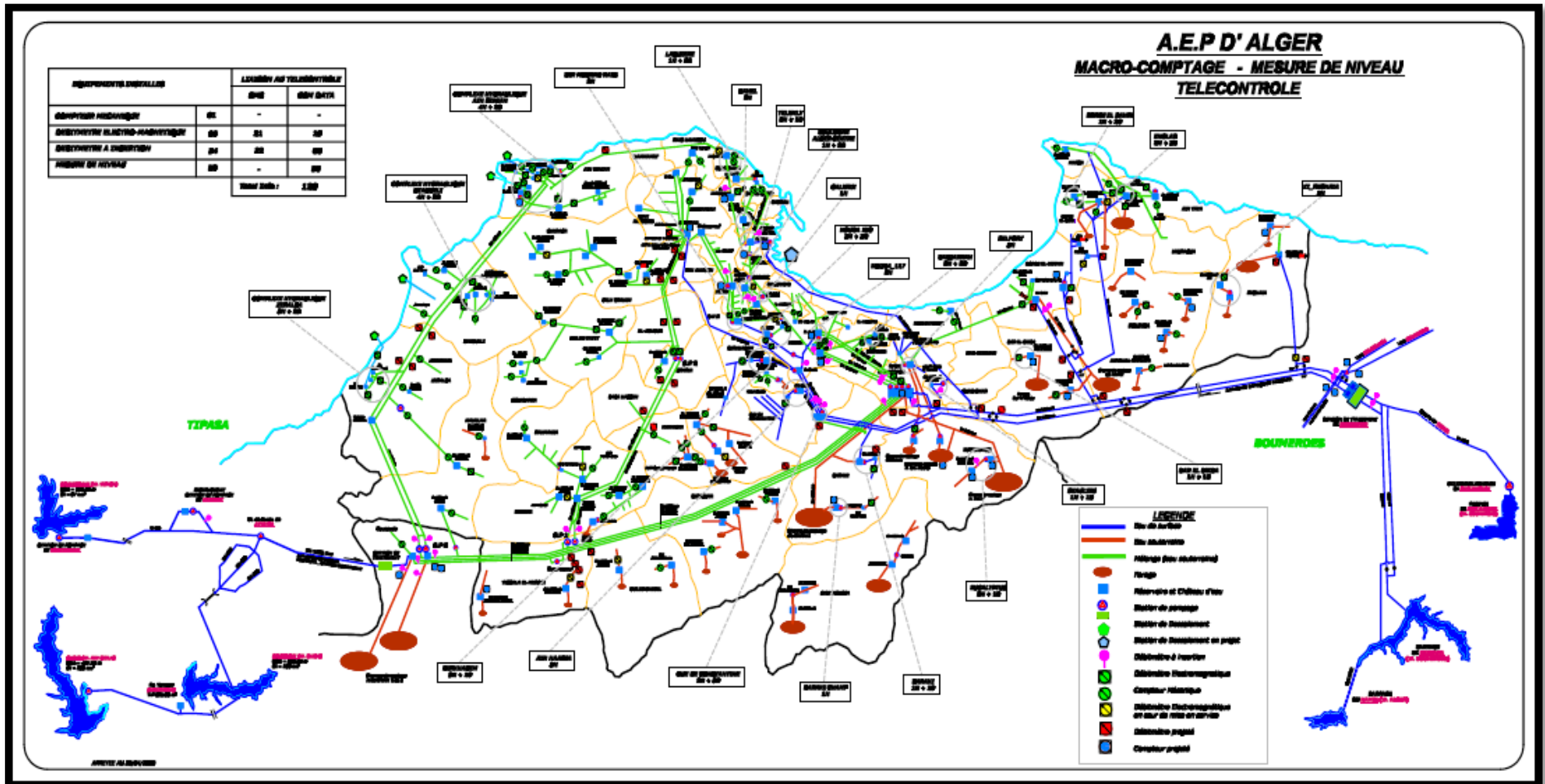


Figure IV -1 : Schéma du réseau d'adduction d'Alger

### 1. Sources d'alimentation

Les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux dessalées sont les trois sources qui assurent l'alimentation en eau potable de la wilaya d'Alger.

#### 1.1. Eaux de surface

La production en eaux superficielles est assurée au moyen de sept barrages réparties dans le coté est et ouest d'Alger.

Dans ce qui suit nous allons présenter les caractéristiques générales (cote, volume, volume de refoulement) de quelques barrages.

##### 1.1.1. Caractéristiques des barrages

###### ■ Barrage de Béni Amrane

Ce barrage refoule ses eaux vers la station de traitement de Boudouaoua à fin d'alimenter le grand Alger.

Moi	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun
Côtes	66,05	59,64	66,33	66,38	59,61	59,09
Volumes	9 967 000	2 301 000	10 509 000	10 607 000	2 285 000	2 012 000
Volumes de refoulement	15 840 000	15 862 000	10 637 000	3 424 000	10 651 000	5 378 000

Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
NC	NC	NC	61,83	64,40	65,45	/
1 760 000	1 870 000	1 870 000	3 808 000	7 028 000	8 845 000	62 862 000
242 000	0	0	0	1 419 000	8 816 000	72 269 000

Tableau IV-1 : Caractéristiques du barrage de Béni Amrane

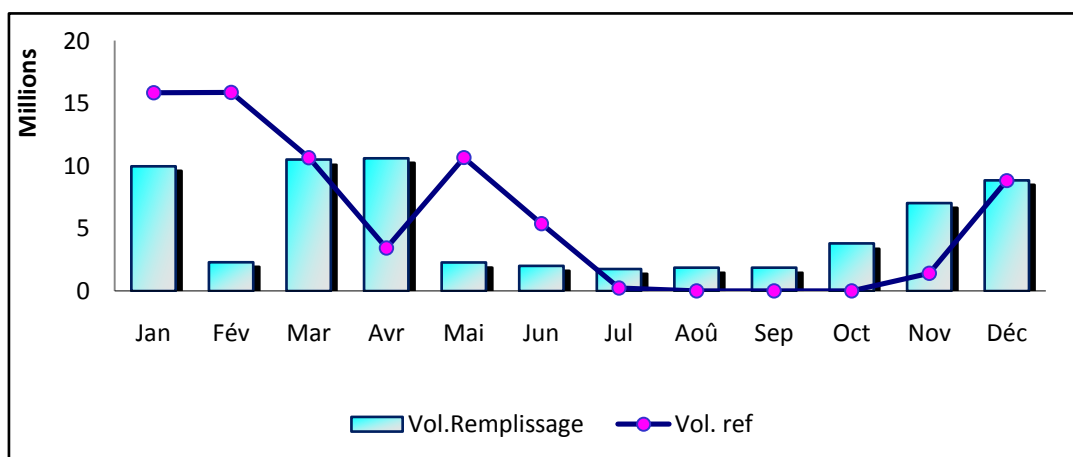


Figure IV-2 : Evolution mensuelle des volumes du barrage de Béni Amrane

Le barrage de Béni Amrane se caractérise par une capacité de stockage moyenne et un apport annuel important. Par conséquent, le volume de refoulement peut dépasser parfois celui de remplissage. C'est le cas d'un barrage de transfert.

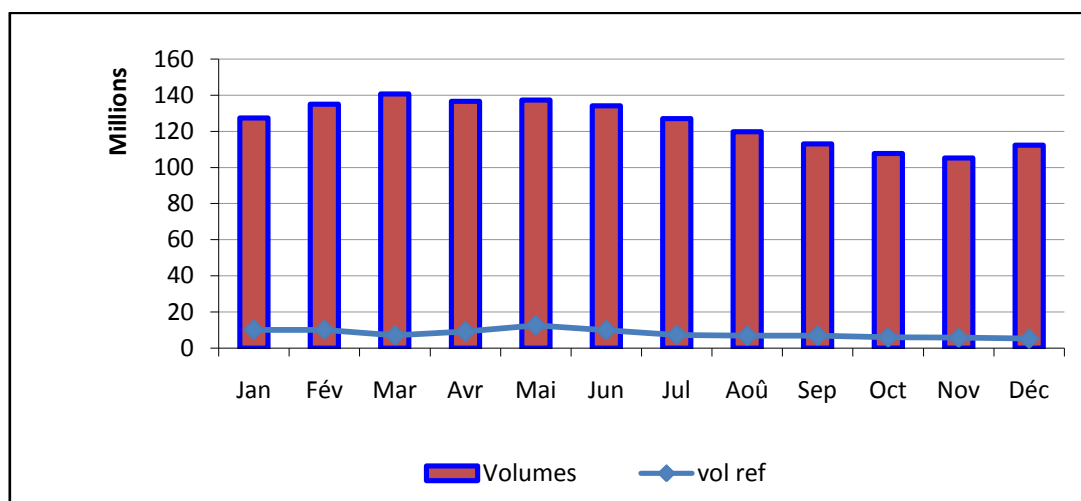
#### ■ Barrage de KEDDARA

Le barrage de Hamiz alimente celui de Keddara. Ce dernier lâche ses eaux gravitairement vers la station de Boudouaou qui refoule en suite cette eau vers Alger.

Moi	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun
Côtes (m)	142,10	143,59	144,67	143,90	144,03	143,42
Volumes (m <sup>3</sup> )	127 478 000	135 017 000	140 644 000	136 618 000	137 293 000	134 144 000
Eau refoulée (m <sup>3</sup> )	10 134 000	10 157 500	7 031 600	9 112 852	12 600 600	9 884 000

Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
142,01	140,54	139,09	137,95	137,38	138,96	/
127 020 000	119 848 000	113 003 000	107 785 000	105 229 000	112 401 000	1 496 480 000
7 260 400	6 746 063	6 856 200	5 933 900	5 767 820	5 183 680	96 68 615

**Tableau IV-2 : Caractéristiques du barrage de Keddara**



**Figure IV-3 : Evolution mensuelle des volumes du barrage de Keddara**

Contrairement au barrage de Béni Amrane, la retenue de Keddara a une capacité de stockage importante. En effet, ce barrage est alimenté par les deux barrages : Béni Amrane et Hamiz, en plus des apports engendrés par son bassin versant.

### ■ Barrage de Boukourdane

Un transfert d'eau vers la station SAA est assuré par le barrage de Boukourdane. L'évaluation mensuelle de ces volumes pendant l'année 2008 est donnée dans le tableau suivant :

Moi	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun
Volumes	39 250 000	40 360 000	40 580 000	41 600 000	40 770 000	39 440 000

Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
36 480 000	32 280 000	31 570 000	27 180 000	24 080 000	26 940 000

**Tableau IV-3 : Caractéristiques du barrage de Boukourdane**

### ■ Barrage de Bouroumi

Un autre transfert depuis le barrage de Ghribe vers celui de Bouroumi qui refoule ses eaux vers la station de traitement SAA.

Le tableau ci-dessous présente la variation mensuelle de volume du barrage durant l'année 2008 :

Moi	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun
Volumes	38 510 000	38 900 000	38 180 000	42 350 000	40 620 000	38 730 000

Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
31 950 000	22 740 000	21 120 000	14 880 000	16 100 000	21 750 000

**Tableau IV-4 : Caractéristiques du barrage de Boukourdane**

### ■ Barrage de Taksebt

Les eaux refoulées par ce barrage sont traitées au niveau de la station de traitement qui se trouve à l'amont du barrage.

Moi	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun
Volumes	181 020 000	181 020 000	181 020 000	181 020 000	181 020 000	178 390 000

Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
167 850 000	160 800 000	NC	142 360 000	143 500 000	151 890 000

**Tableau IV-5 : Caractéristiques du barrage de Taksebt**

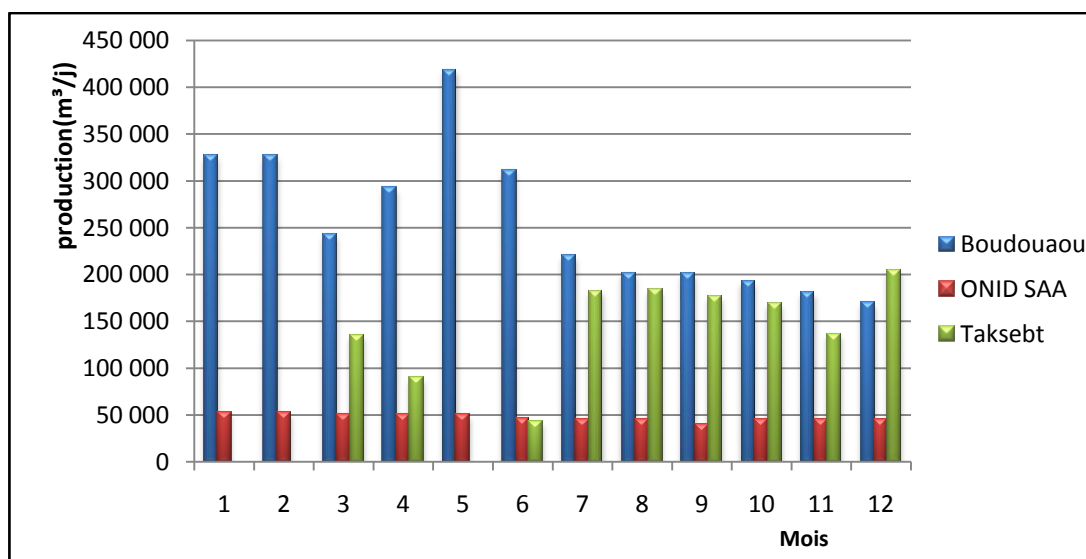
### 1.1.2. Evolution de la production mensuelle d'eau de surface durant l'année 2008

Dans un tel système d'alimentation en eau potable, la production varie selon la demande. Le tableau suivant montre l'évaluation mensuelle de la production en eau superficielle (durant l'année 2008) :

Moi	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun
Boudouaou (m <sup>3</sup> /j)	326 630	327 275	242 552	292 887	418 821	311 881
ONID SAA (m <sup>3</sup> /j)	53 169	52 862	51 311	50 746	50 775	47 087
Taksebt (m <sup>3</sup> /j)	0	0	135 498	89 685	0	42 886

Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
220 716	201 891	201 066	192 445	180 897	169 886
46 173	46 306	39 974	46 478	46 271	45 238
182 591	184 503	177 040	168 926	136 557	205 170

**Tableau IV-6 :** Evaluation de la production mensuelle en eau superficielles durant l'année 2008



**Figure IV-4 :** Evaluation de la production superficielle

Nous remarquons que la production en eaux superficielles générées par les barrages qui se trouvent à l'est d'Alger (Béni Amrane, Keddara, Taksebt) est importante par rapport à celle engendrée par les barrages qui se trouvent à l'ouest d'Alger (Boukourdane, Bouroumi, Ghib).

**1.2. Eaux souterraine**

L’approvisionnement se fait à partir de 220 forages répartis sur plusieurs champs de captage a savoir :

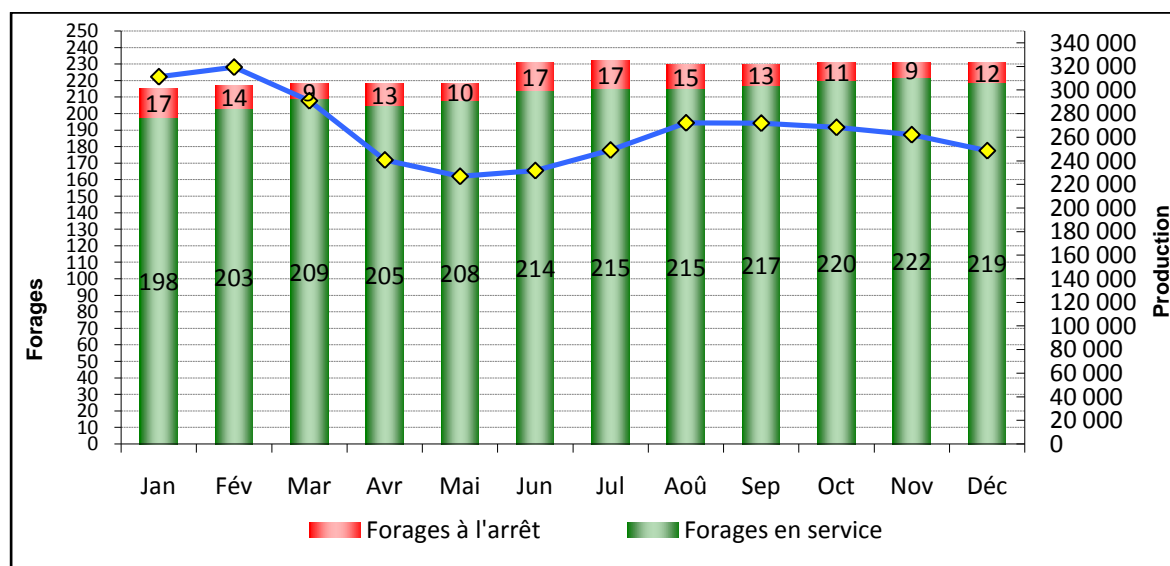
- ↪ Mazafran
- ↪ El Harrach
- ↪ Birtouta
- ↪ Usine Relais

Le tableau et le graphique ci-dessous illustrent l’état et l’évolution du nombre de forages ainsi que leurs productions mensuelle pendant l’année 2008 :

Moi	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun
<b>Parc forages</b>	215	217	218	218	218	231
<b>Forages en service</b>	198	203	209	205	208	214
<b>Forages à l'arrêt</b>	17	14	9	13	10	17
<b>% en service</b>	92%	94%	96%	94%	95%	93%
<b>Production (m³/j)</b>	311 234	319 300	291 021	240 603	226 987	231 882

Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
232	230	230	231	231	231
215	215	217	220	222	219
17	15	13	11	9	12
93%	93%	94%	95%	96%	95%
249 226	272 177	271 903	268 393	262 220	248 632

**Tableau IV-7 :** Evolution de la production en eaux souterraines et du nombre de forage



**Figure IV-5 :** Etat des forages et production en eaux souterraines

Le tableau et la figure précédente montrent que la production en eaux souterraines est assurée par plus de 200 forages qui contribuent massivement dans l'approvisionnement en potable de la wilaya d'Alger. En effet, cette production est répartie sur quatre champs dont le tableau ci-dessous présente son évolution mensuelle par champs durant l'année 2008 :

Moi	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun
<b>El Harrach (m<sup>3</sup>/j)</b>	174 109	179 382	170 337	121 688	143 303	140 493
<b>ONID Bouréah (m<sup>3</sup>/j)</b>	936	1 412	967	789	920	1 394
<b>Mazafran (m<sup>3</sup>/j)</b>	113 267	112 045	95 180	89 654	53 776	53 278
<b>Birtouta (m<sup>3</sup>/j)</b>	21 873	24 517	21 929	24 429	24 906	32 845
<b>Forages UR (m<sup>3</sup>/j)</b>	1 048	1 944	2 608	4 043	4 083	3 872

Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
131 543	151 682	144 662	134 525	122 113	109 019	1 722 856
1 489	3 021	2 425	3 148	2 402	2 747	21 650
81 563	86 301	89 969	92 790	101 629	99 420	1 068 872
34 387	27 117	30 639	33 638	31 483	33 025	340 788
244	4 056	4 208	4 292	4 593	4 421	39 412

**Tableau IV-8 : Evolution de la production en eaux souterraines par champs**

Nous constatons que la production des eaux souterraines au mois de Décembre 2008 a enregistré un déficit par rapport à la production du mois de Novembre. Ceci est du principalement au:

- fréquents arrêts de forages pour l'installation des nouvelles armoires électriques et la construction de nouveaux abris ;
- Retard dans la livraison des pompes, augmentant ainsi le nombre des forages à l'arrêt ;
- Arrêt de 17 forages a Baraki pour le raccordement sur la nouvelle conduite fonte Ø800 du 22/11/2008 au 14/12/2008, engendrant ainsi un manque à gagner de 2 386 877 m<sup>3</sup>.

### 1.3. Eaux dessalées

La production en eaux de dessalement représente un pourcentage plus inférieur que celui des deux autres sources (eau de surface et souterraine).

Dans le tableau suivant nous allons présenter l'évolution de la production mensuelle en eaux de dessalement par station durant l'année 2008 :

Moi	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun
Chaîne côtière m <sup>3</sup> /j	6 683	8 859	8 078	9 525	7 254	6 569
Hamma m <sup>3</sup> /j	0	6 371	0	95 514	83 608	135 005
Total m <sup>3</sup> /j	6 683	15 230	8 078	105 039	90 862	141 574

Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
5 267	4 991	5 182	5 004	5 287	6 057	78 756
124 503	147 786	160 901	146 273	170 686	151 625	1 222 272
129 770	152 777	166 083	151 278	175 973	157 681	1 301 028

**Tableau IV-9 : Evolution mensuelle de la production en eaux dessalées**

Avec l'accroissement de la consommation et le déficit enregistré, les eaux de dessalement demeurent aujourd'hui une source importante pour l'approvisionnement en eau potable de la wilaya d'Alger.

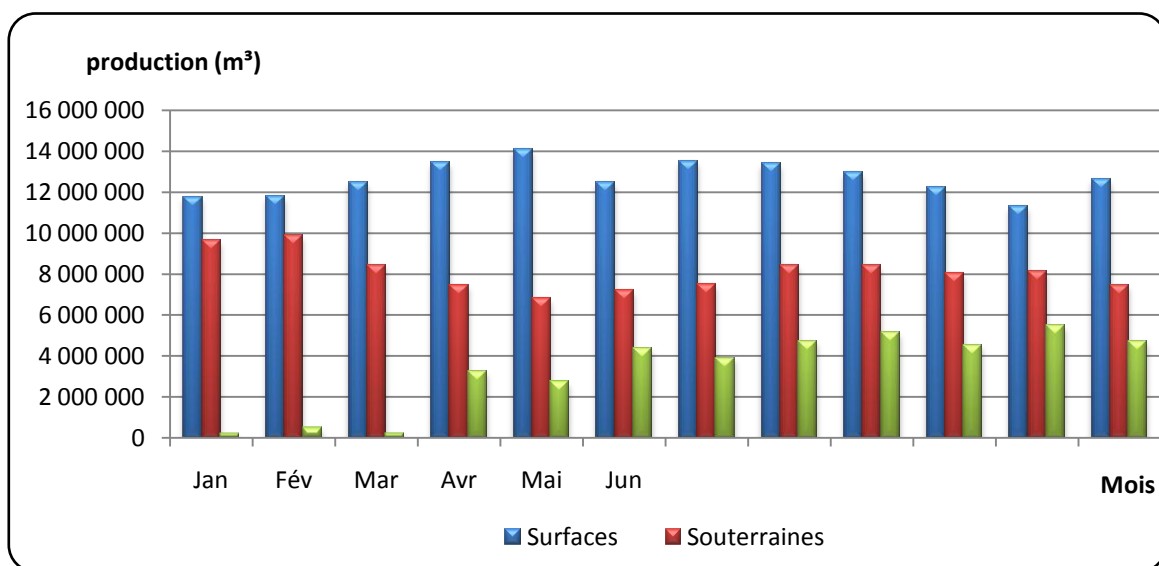
**1.4. Production totale**

Le tableau et le graphique ci-dessous donnent le bilan mensuel total de production durant l'année 2008 ainsi que la contribution de chaque une des trois sources dans l'alimentation en eau potable de la wilaya d'Alger.

Moi	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul
Total (m <sup>3</sup> /j)	697 717	714 666	728 460	778 961	787 446	775 310	828 477

Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
857 654	856 066	827 519	801 919	826 608	9 480 803

**Tableau IV-10 : Evolution de la production totale**



**Figure IV-6 : Evolution de la Production par source**



Nous constatons que la production des eaux de dessalement a enregistré une augmentation considérable à partir du mois d'avril de l'année 2008. En effet, ce mois correspond à la date de la mise en marche de la station d'El Hamma.

## 2. Transfert wilayets

La quasi-totalité des volumes produits par les trois sources d'alimentation que nous avons présentés alimente la wilaya d'Alger. En effet, une partie de ces eaux est transférée vers la wilaya de Boumerdes et celle de Tipaza comme l'indique le tableau ci-dessous :

Moi	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun
Tipaza (m <sup>3</sup> /j)	2 770	3 038	3 123	3 139	3 382	3 508
Boumerdes (m <sup>3</sup> /j)	26 420	26 673	27 100	28 024	29 996	30 262

Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
3 691	3 567	3483	3416	3074	2 834	3252
3167	3096	3002	3097	3156	2784	2953

**Tableau IV-11 :** Evolution des volumes transférés vers d'autres wilayas

## 3. Evolution de la production mensuelle durant le premier trimestre de l'année 2009

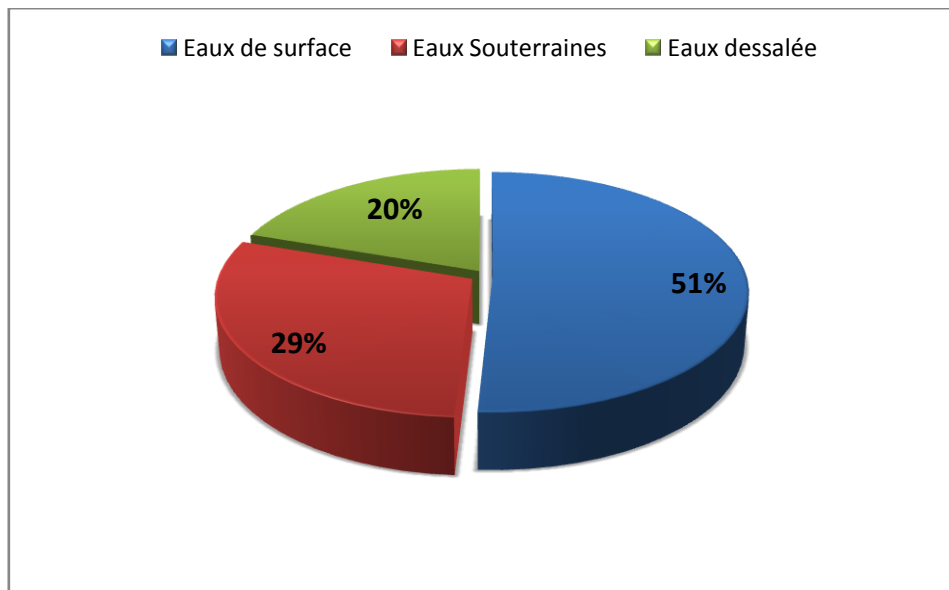
Après avoir quantifié la production des différentes sources d'alimentation de la wilaya d'Alger durant l'année 2008, nous allons l'évaluer pendant le premier trimestre de l'année 2009 :

Mois	Jan	Fév	Mar	Total
Eaux de surface (m <sup>3</sup> )	12 843 593	12 519 582	11 338 480	36 701 655
Eaux Souterraines (m <sup>3</sup> )	7 185 498	7 425 598	6 602 940	21 214 036
Eaux dessalée (m <sup>3</sup> )	4 991 632	4 705 136	4 525 478	14 222 246

**Tableau IV-12 :** Evolution de la production sur le premier trimestre de l'année 2009

Le tableau ci-dessus montre qu'une importante contribution de la production en eaux dessalées dans l'alimentation en eau potable de la wilaya d'Alger a été enregistrée sur le premier trimestre de l'année 2009 par rapport au même trimestre de l'année précédente.

Dans le graphique suivant nous allons illustrer le taux de production des différentes sources qui alimentent Alger durant le premier trimestre de l'année 2009 :



**Figure IV-7 :** La production du premier trimestre 2009

Nous remarquons que le taux de production en eaux dessalées a atteint les 20%. En effet, une partie importante de l'approvisionnement en eau de la wilaya d'Alger est aujourd'hui assurée par cette ressource.

#### 4. Conduites d'amenée

Le réseau d'adduction d'Alger a été partagé en cinq grandes chaînes qui sont :

- ✚ La chaîne des Hauteurs
- ✚ La chaîne des adductions
- ✚ La chaîne centre
- ✚ La chaîne côtière
- ✚ La chaîne SPIK.

- La chaîne des hauteurs assure d'une part l'alimentation du réservoir STAND (Rostomia) à partir de la SP1 (Tassala el merdja) et puis la SP2 (Draria) et d'autre part l'alimentation du réservoir de Garidi.
- La chaîne des adductions transporte de l'eau refoulée par la station de pompage SP3, la station de traitement de Douaouda et le champ de captage de Mazafran vers le complexe hydraulique d'El Harrache.
- La chaîne centre transporte de l'eau refoulée par le complexe El Harrache vers le réservoir Kouba 97 afin d'alimenter la station de pompage de Telemly.

- La chaîne côtière assure l'alimentation du complexe hydraulique de Ain Beniane, Zeralda et celui de Staouili à partir de la station de pompage SP3 (Douaouda).

Dans ce qui suit nous allons présenter la chaîne SPIK dans laquelle l'application de notre projet sera faite.

#### 4.1. La chaîne SPIK

La chaîne d'adduction d'eau potable SPIK a été installée en 1987. Les conduites qui constituent cette chaîne assurent un transfert depuis le barrage de Béni-Amrane vers celui de Keddara, afin d'alimenter en eau potable le grand Alger ainsi que les villes situées entre Alger et Boumerdes.

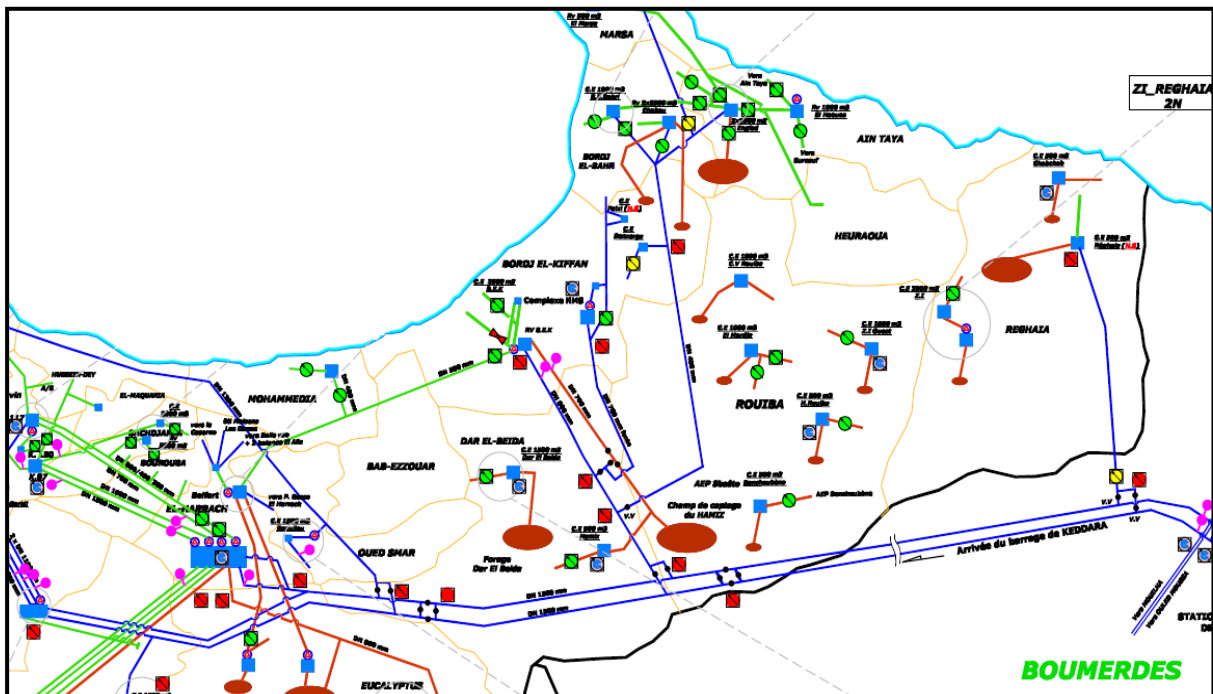


Figure IV-8 : Synoptique de la chaîne SPIK

Cette chaîne dispose d'un réseau de canalisations de différents diamètres et matériaux représentant un linéaire de 150 km environ.

##### 4.1.1. Conduite reliant la station de pompage de Béni Amrane à la retenue de Keddara

Une conduite de deux mètres de diamètre et d'environ 31,3 km de longueur, reliant le barrage de Béni-Amrane à la retenue de Keddara.

Les principales caractéristiques de cette conduite sont résumées dans le tableau suivant :

Débit	7 m <sup>3</sup> /s
Transfert annuel moyen	114 M m <sup>3</sup> /an
Conduite :	
✓ longueur	29,48 km
✓ diamètre	2 m
Longueur des galeries :	
✓ tronçon de Thénia	1,54 km
✓ tronçon de Keddara	0,28 km
Niveau à Béni-Amrane, à la cote	50,0 m
Niveau à Keddara, à la cote	145,0 m

Tableau IV-13 : Caractéristiques de la conduite Béni Amrane –Keddara

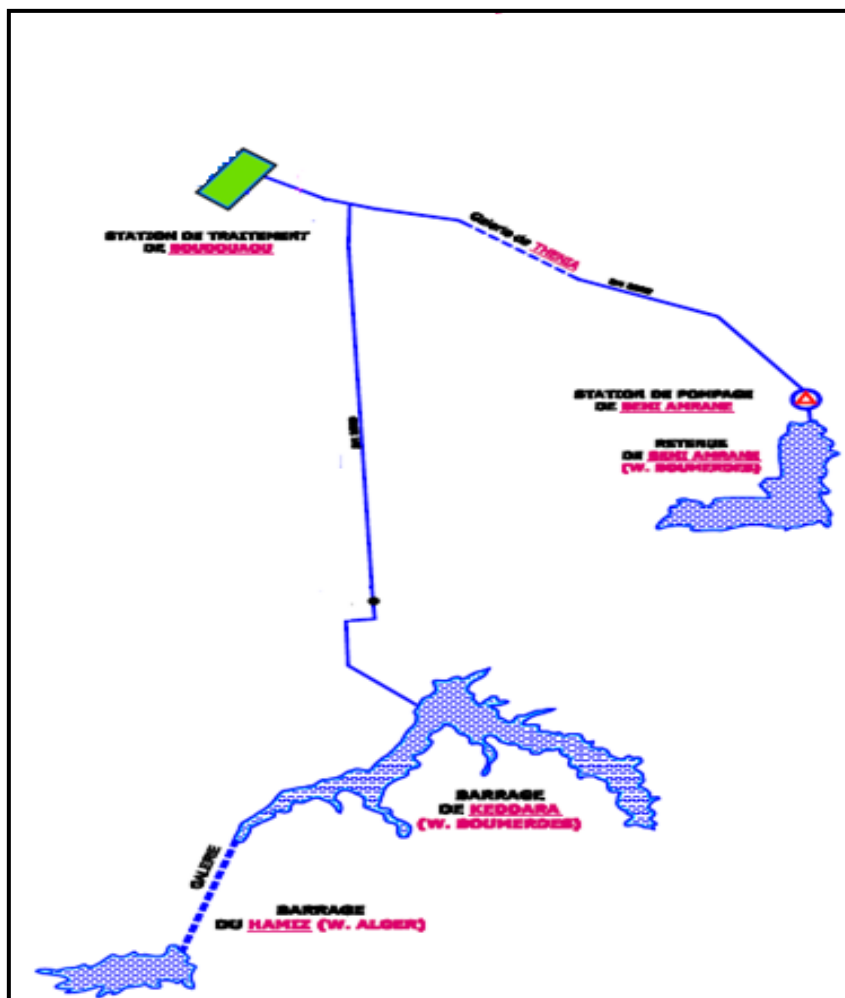


Figure IV-9 : Conduite Béni Amrane-Keddara

#### 4.1.2. Conduite reliant la retenue de Keddara à la station de traitement de Boudouaou

Des conduites (5.65 km, 2 m de diamètre et 3.1 km avec deux tuyaux jumelés de diamètre 1.5 m) entre la retenue de Keddara et la station de traitement de Boudouaou.

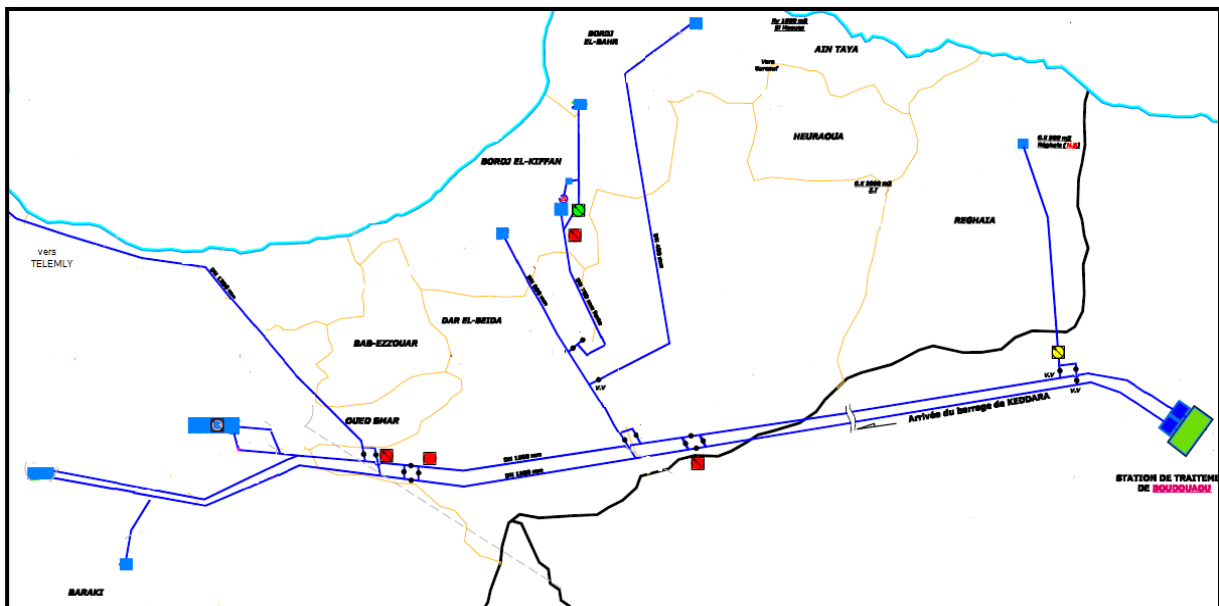
Les caractéristiques principales de cette conduite sont résumées dans le tableau suivant :

<b>Débit maximum</b>	6,25 m <sup>3</sup> /s – 197 Mm <sup>3</sup> /an
<b>Débit moyen</b>	5,21 m <sup>3</sup> /s – 164 Mm <sup>3</sup> /an
<b>Longueur des conduites :</b>	
✓ Diamètre de 2 m (1,35 km + 4,3 km)	5,65 km
✓ Diamètre 1,5 m (deux tuyaux jumelés)	2,1 km
<b>Niveau à la retenue de Keddara entre les cotes</b>	145 m et 88 m
<b>Niveau d'arrivée à Boudouaou à la cote</b>	88 m

**Tableau IV-14 :** *Caractéristiques de la conduite Keddara-station de traitement Boudouaou*

#### 4.1.3. Conduite de Boudouaou à Alger

Deux conduites de 1.5 m de diamètre, allant de Boudouaou à Alger avec des branchements vers les réservoirs d'arrivée à Gué de Constantine, El Harrach et Beaulieu.



**Figure IV-10 :** *Conduite Boudouaou-Alger*

Le tableau ci-après résume les principales caractéristiques de ce tronçon :

<b>Débit maximum</b>	5,94 m <sup>3</sup> /s – 181 Mm <sup>3</sup> /an
<b>Débit moyen</b>	4,95 m <sup>3</sup> /s – 156 Mm <sup>3</sup> /an
<b>Nombre, diamètre et longueur des conduites :</b>	
✓ <b>Boudouaou à Jonction A</b>	2 x 1,5 m – 22,24 km
✓ <b>Jonction A à Jonction B</b>	2 x 1,5 m – 4,5 km
✓ <b>Jonction A à Beaulieu</b>	1 x 1,2 m – 4,4 km
✓ <b>Jonction B à El Harrach</b>	1 x 1,3 m – 1,41 km
✓ <b>Jonction B à Gué de Constantine</b>	2 x 1,0 m – 4,46 km
<b>Niveau à Boudouaou à la cote</b>	75 m
<b>Niveau à Alger (Gué de Constantine) à la cote</b>	26 m

**Tableau IV-15 : Caractéristiques de la conduite Boudouaou-Alger**

#### 4.1.4. Stations de pompage

Nous donnons quelques informations sur les caractéristiques globales et le fonctionnement des grandes stations de pompage connectés au système SPIK.

##### 4.1.4.1. Station de Béni Amrane

Elle assure le refoulement des eaux produites par le barrage de Béni Amrane vers celui de Keddara a fin d'alimenter le grand Alger.

Transfert	Groupes		Pompes		Capacité pompage	Capacité pompage
	Service	Secours	Q m <sup>3</sup> /h	Hmt m	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /j
Vers Keddara	6	2	4200	142	4200	100800
Keddara			4200	142	4200	100800
Keddara			4200	142	4200	100800
Keddara			4200	142	4200	100800
Keddara			4200	142	4200	100800
Keddara			4200	142	4200	100800
Keddara			4200	142	4200	100800
Keddara			4200	142	4200	100800

**Tableau IV-16 : Caractéristiques de la station de Béni Amrane**

##### 4.1.4.2. Station de Boudouaou

Cette station refoule les eaux traitées localement vers plusieurs réservoirs de stockage et stations de pompage situées a Alger.

Transfert	Groupes		Pompes		Capacité pompage	Capacité pompage
	Vers	Service	Secours	Q m <sup>3</sup> /h	Hmt m	m <sup>3</sup> /h
Boumerdes	1	1	460	30	460	11040
Boudouaou	1	1	360	57	360	8640
Ouled Mousa	1	1	450	57	450	10800
Mouilha	1	1	66	45,5	66	1584

Tableau IV-17 : Caractéristiques de la station de Boudouaou

#### 4.1.4.3. Station de Gue de Constantine

Deux transferts sont assurés par cette station, le premier alimente le réservoir de Garidi et l'autre celui de Ain Naadja.

Transfert	Groupes		Pompes		Capacité de pompage	Capacité de pompage
	vers	Service	Secours	Q m <sup>3</sup> /h	Hmt m	m <sup>3</sup> /h
Garidi	2	1	2532	128	2532	60768
Garidi			2532	128	2532	60768
Garidi			2532	128	2532	60768
Ain Naadja	2	1	965	70	965	23160
Ain Naadja			965	70	965	23160
Ain Naadja			965	70	965	23160

Tableau IV-18 : Caractéristiques de la station de Gue de Constantine

#### 4.1.4.4. Station de Garidi

Les eaux refoulées par la station de Garidi alimentent le réservoir Stand et celui de Birkhadem.

Transfert	Groupes		Pompes		Capacité de pompage	Capacité de pompage
	vers	Service	Secours	Q m <sup>3</sup> /h	Hmt m	m <sup>3</sup> /h
Birkhadem	1	1	1295	48	1295	31080
Birkhadem			1295	48	1295	31080
Stand	2	1	1175	195	1175	28200
Stand			1175	195	1175	28200
Stand			1175	195	1175	28200

Tableau IV-19 : Caractéristiques de la station de Garidi

#### 4.1.5. Réservoirs principaux

Les caractéristiques des principaux réservoirs connectés au système SPIK sont données dans le tableau ci-dessous :

Réservoir	Stockage (103 m3)	Niveau (m)	
		Plein	Vide
Gué de Constantine	20	25,8	19,3
Sidi Garidi	25	137,1	132,5
Kouba 97	40	97,0	89,0
Complexe El Harrache	48	/	/

**Tableau IV-20 :** *Caractéristiques des principaux réservoirs connectés au système SPIK*

#### Conclusion

L'approvisionnement en eau potable de la wilaya d'Alger est assuré par un réseau ramifié complexe. Les conduites d'adduction qui constituent ce réseau et plus particulièrement la chaîne SPIK ont été posées depuis plus de vingt ans. En effet, des problèmes liés au vieillissement, corrosion (interne et externe), entartage,... apparaissent au fur et à mesure engendrant des pertes qui peuvent être parfois considérables. Par conséquent, «la problématique des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable» fait l'objet du prochain chapitre.



# CHAPITRE V :

## PROBLEMATIQUE DES PERTES DANS LA CHAÎNE D'ADDUCTION SPIK

### Introduction

Un diagnostic n'est pas envisageable sans une connaissance précise et détaillée du patrimoine "eau" et de son fonctionnement. C'est pourquoi nous avons montrés dans le chapitre précédant de ce travail les différentes sources d'alimentation en eau potable de la wilaya d'Alger ainsi que le mode de fonctionnement du réseau d'adduction.

D'autre part, le temps et la combinaison de différents facteurs et phénomènes de nature différente (propres à la canalisation, extérieurs et liés au fonctionnement du réseau) contribuent à la dégradation de la conduite.

La dégradation d'un réseau d'adduction et ses principales manifestations entraînent par exemple :

- chutes de pression ;
- fuites diffuses ;
- ruptures ;
- détérioration de la qualité de l'eau.

La connaissance de tous ces facteurs ainsi qu'une base de données descriptive sur l'ensemble du réseau et son environnement, représente un atout nécessaire pour un bon diagnostic.

### 1. Démarche de diagnostic d'un réseau d'adduction

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

Ce diagnostic du réseau peut s'inscrire dans un contexte plus global en l'étude du système d'alimentation en eau potable incluant, par exemple, la modélisation, le schéma directeur ou l'amélioration de la gestion des installations [BLINDU, 2004].

Quel que soit le contexte, la réalisation du diagnostic comprend un certain nombre d'étapes incontournables illustrées sur le schéma suivant:

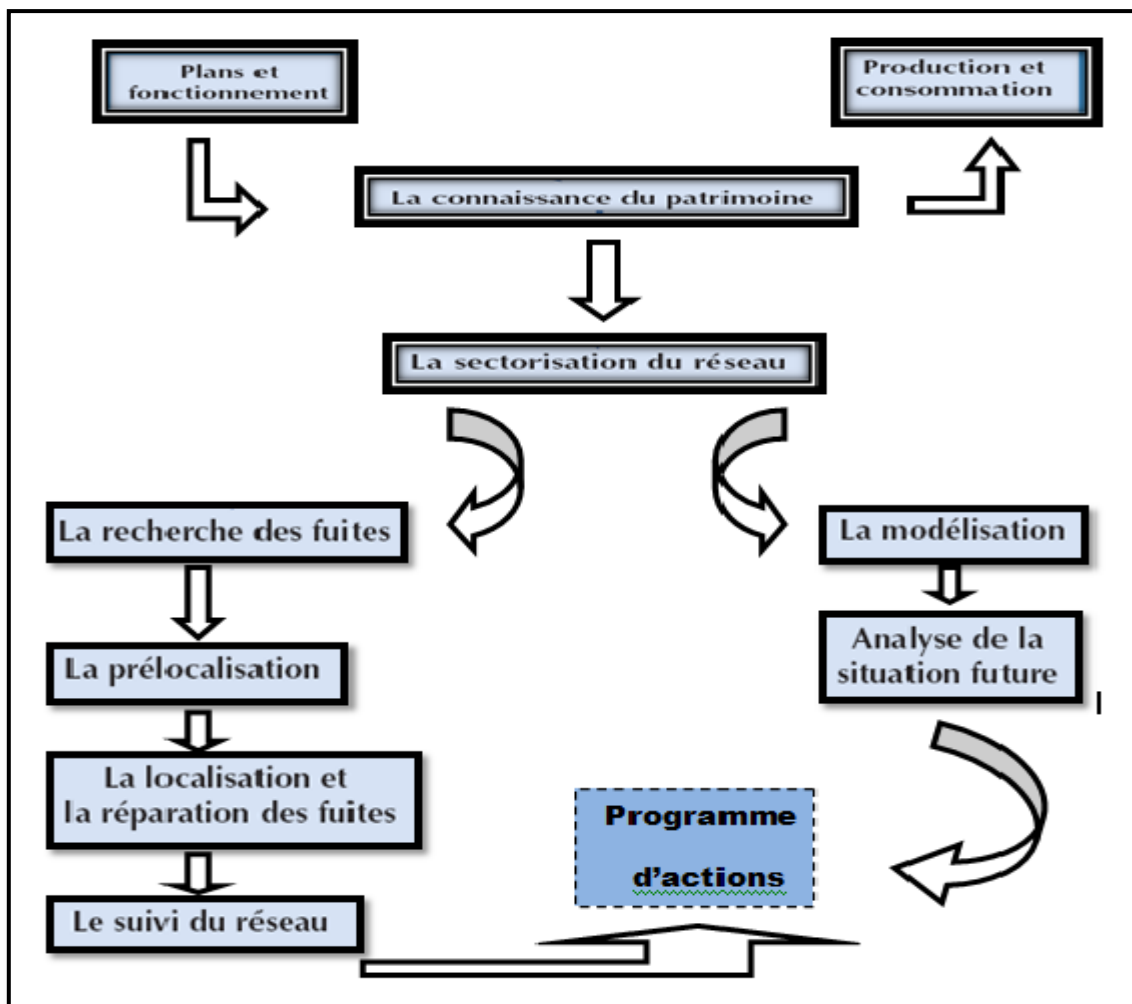


Figure V-1: Etapes du diagnostic d'un réseau

## **1.1. La connaissance du patrimoine**

Cette phase préliminaire de recueil des données est essentielle pour l'étude diagnostique, 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 [BLINDU, 2004].

### **1.1.1. Les plans et le fonctionnement du réseau**

#### **✚ Les plans du réseau**

Les plans du réseau constituent 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).

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.

#### **✚ Le fonctionnement du réseau**

Le recueil des données physiques du réseau, doit être complété par des données représentatives du fonctionnement du réseau.

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

### **1.1.2. La production et la consommation**

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

- capacité de production

- bilan de production
- courbe de consommation

## 1.2. La sectorisation du réseau

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 [BLINDU, 2004].

### 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 :

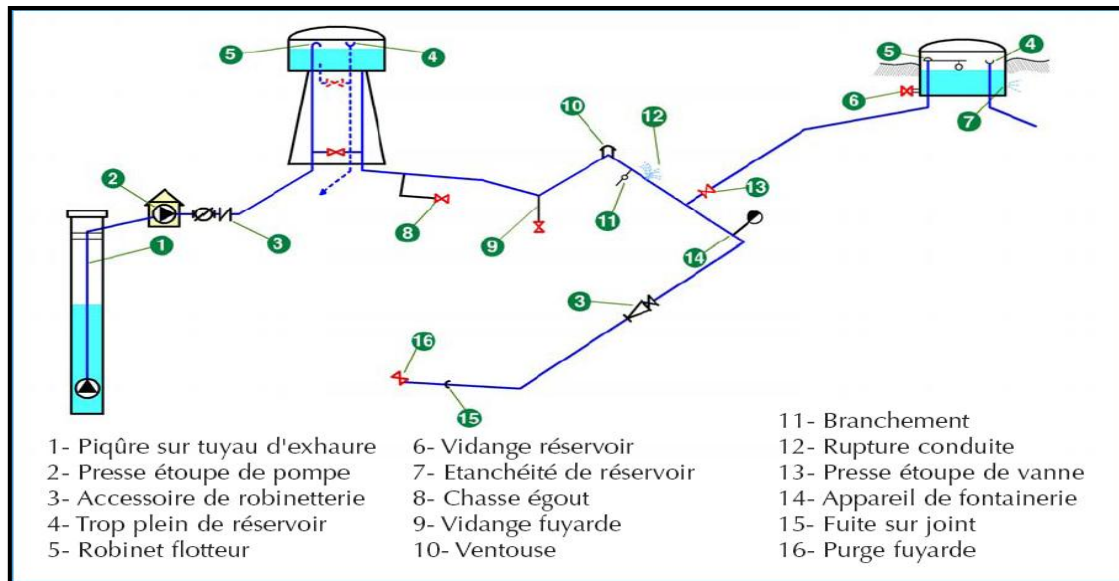
- ↳ On cherchera à définir des secteurs hydrauliquement séparés les uns des autres et les plus homogènes possible vis-à-vis des critères suivants : urbanisation, usages de l'eau, type de réseau,...
- ↳ La sectorisation devra donc être modifiable pour tenir compte des nouvelles configurations : extension de l'urbanisation, interconnexion, nouvelle ressource.

## 1.3. La recherche des fuites

Les fuites proviennent essentiellement d'une mauvaise étanchéité des canalisations et de leurs accessoires. Les facteurs de risques sont multiples [BLINDU, 2004].

Dans le deuxième chapitre nous avons traité les types et les causes des fuites ainsi que les facteurs influençant leur apparition.

La figure suivante illustre les principales causes de fuites qu'on peut rencontrer dans un réseau d'eau potable :



**Figure V-2: Principales causes de fuites**

## 2. Diagnostic de la chaîne d'adduction SPIK

### 2.1. Connaissance du patrimoine

L'état du patrimoine et le fonctionnement du réseau d'adduction d'Alger, en particulier la chaîne d'adduction SPIK ont été traités précédemment dans le chapitre « *présentation du réseau d'adduction d'Alger* ». En effet, la phase suivante du diagnostic consiste à décomposer le réseau en plusieurs zones distinctes, on parlera alors de la « *sectorisation* ».

### 2.2. La sectorisation

La sectorisation est un outil de diagnostic de l'état et du fonctionnement du réseau à un instant donné, mais surtout un outil de gestion du patrimoine au quotidien. La sectorisation consiste à décomposer un réseau en un ou plusieurs niveaux de sous-réseaux pour lesquels les volumes produits ou mis en distribution sont mesurés de façon permanente ou temporaire. En effet le réseau d'adduction d'Alger a été décomposé en cinq grandes chaînes (*Chapitre 4*) dont on a opté de travailler sur celle du SPIK.

### 2.3. Les pertes dans la chaîne d'adduction SPIK

#### 2.3.1. Les pertes physiques

Les pertes physiques sont les volumes réellement gaspillés :

- dans le réseau suite aux fuites visibles et invisibles ;
- dans les réservoirs à cause des débordements et défauts d'étanchéité,

- ainsi que les eaux de service non comptabilisées.

L'estimation de ces pertes et la connaissance de leur répartition le long des conduites du système constituent l'un des objectifs de cette étude.

La réduction de ces pertes a pour conséquence la diminution des volumes produits.

Les fuites visibles et invisibles sont essentiellement dues au vieillissement des conduites constituant la chaîne SPIK (date de pose : 1987) ainsi qu'aux défauts d'étanchéité.

Souvent ces problèmes apparaissent au niveau :

- Des chambres dégazage
- Des chambres de vidange
- Des branchements.

Les figures suivantes illustrent l'état de ces chambres dans certains points de la chaîne étudiée :



**Figure V-3:** *Regard détérioré, non étanche  
situé à Boudouaou*



**Figure V-4:** *Chambre de vidange inondée*

Ces problèmes génèrent une dégradation (fissures, corrosion,...) de la conduite et ses accessoires, ce qui donne naissance aux fuites.

### 2.3.2. Les pertes commerciales

Les pertes commerciales représentent les volumes d'eau utilisés mais non correctement facturés.

Dans un réseau d'adduction les pertes commerciales sont:

- les fraudes (les piquages illicites) ;
- la consommation livrée gratuitement.

Les autres pertes commerciales (sous-comptages, pertes de facturation) sont liées aux réseaux de distribution.

Sur la chaîne d'adduction SPIK et plus précisément la conduites qui relie la station de traitement de Boudouaou a Alger, nous avons constatés que pratiquement sur chaque regard (soupape, vidange) il y avait au moins un piquage illicite.

Nous donnons quelques exemples illustrant le volume des piquages illicites réparties le long du réseau SPIK:



**Figure V-5 :** *Un seul piquage illicite sur une soupape située au bord du village Mezarea Commune de Boudouaou*

Ces piquages peuvent être intenses dans certains endroits :



**Figure V-6:** nombreux tuyaux branchés sur une soupape à Boudouaou

En plus de la perte importante en volume d'eau, ce type de piquage (sur soupapes, sur vannes) peut générer une chute de pression dans le réseau et un dysfonctionnement de l'organe sur lequel sont réalisés.

Dans certains cas, les branchements illicites sont réalisés avec des diamètres importants :



**Figure V-7:** Piquage illicite d'un diamètre 100 mm  
situé à Ouled Heddadj

### 2.2.1. Recensement des piquages illicites

Nous avons recensé plus de 100 piquages illicites le long de la chaîne SPIK. Les pertes engendrées par ces piquages seront estimés par la suite dans le chapitre « Evaluation des pertes ».



### ✚ Tronçon Boudouaou - PK 25

Ce tronçon reçoit la part la plus importante des consommations illicites par rapport aux autres conduites constituant le système SPIK.

Piquage sur soupape		Piquage sur vidange	
Diamètre	Nombre	Diamètre	Nombre
15/21	2	15/21	0
20/27	58	20/27	26
26/33	3	26/33	4
50/60	1	50/60	0
100	1	100	2

**Tableau V-1:** Recensement des piquages illicites sur la conduite  
Boudouaou-PK25

### ✚ Tronçon PK 12 – Réservoir Bordj El Kifane

Nous avons recensé quatre piquages illicites répartis comme suit :

Piquage sur soupape		Piquage sur vidange	
Diamètre	Nombre	Diamètre	Nombre
20/27	1	33/42	1
26/33	2	/	/

**Tableau V-2:** Recensement des piquages illicites sur la conduite  
PK 12 – Réservoir Bordj El kifane

### ✚ Tronçon PK 21 – Tafourah

Piquage sur soupape		Piquage sur vidange	
Diamètre	Nombre	Diamètre	Nombre
20/27	2	/	/

**Tableau V-3:** Recensement des piquages illicites sur la conduite  
PK 21 – Tafourah

✚ **Tronçon PK 25 – Réservoir de gué de Constantine**

Piquage sur soupape		Piquage sur vidange	
Diamètre	Nombre	Diamètre	Nombre
/	/	50/60	1

**Tableau V-4:** Recensement des piquages illicites sur la conduite  
PK 25 – gué de Constantine

✚ **Total :**

Piquage sur soupape		Piquage sur vidange		Total
Diamètre	Nombre	Diamètre	Nombre	Nombre
15/21	2	15/21	0	2
20/27	61	20/27	26	87
26/33	5	26/33	4	9
33/42	0	33/42	1	1
50/60	1	50/60	1	2
100	1	100	2	3

**Tableau V-5:** Total de des piquages illicites réalisés  
le long de la chaîne SPIK

Nous constatons qu'une importante consommation illégale se manifeste le long de conduites constituant la chaîne SPIK générant ainsi des pertes en eau considérables.

### Conclusion

A l'issue de tous les éléments présentés dans ce chapitre, nous pouvons conclure qu'il est évident que les pertes (physiques et commerciales) citées précédemment influent sur le rendement de la chaîne étudiée et par conséquent, une augmentation de la production du système.

Après avoir traité et recensé les types de pertes existantes dans le système d'adduction SPIK, nous allons essayer de quantifier les volumes générés par ces pertes durant une période donnée afin d'établir des plans d'actions pour les réduire, c'est le but du prochain chapitre.

# CHAPITRE VI:

## EVALUATION DES PERTES

### Introduction

Pour effectuer un diagnostic plus précis et surtout pour identifier avec efficacité les axes d'amélioration et les actions à prévoir, nous avons envisagé de travailler avec la méthode des Eaux Non Facturées (ENF).

D'un point de vue purement mathématique, la différence entre le rendement et les ENF est minime car le calcul prend toujours en compte les volumes produits et les volumes mis en distribution. Mais dans le deuxième cas, l'attention se focalise sur la compréhension détaillée des pertes.

### 1. Méthode des ENF

Selon les besoins d'analyse nous pouvons exprimer les ENF en :

- volumes perdus annuellement,
- pourcentage de rendement,
- perte linéaire pour chaque kilomètre du réseau d'adduction.

Indépendamment de la méthode de mesure utilisée, les ENF sont constituées par deux composants de nature différente : les pertes physiques et les pertes commerciales.

La réduction de la perte commerciale garantit une récupération financière.

Le plan d'actions pour l'amélioration du rendement démarrera par une phase de diagnostic visant à caractériser l'amplitude de chaque composant, suivie par l'identification des actions à mener sur les pertes physiques et commerciales.

## 2. Méthode de calcul

Pour le calcul des ENF sur le réseau d'adduction d'Alger et l'appréciation de ses sous-composants, nous avons utilisé une approche de « composition » de chaque élément avec une analyse des données brutes par macro-secteurs (le rendement d'un réseau d'adduction n'est jamais homogène et la macro-sectorisation permet d'éviter des erreurs de mesure significatives). C'est ainsi que le réseau d'Alger a été divisé en cinq (05) secteurs.

Les quatre étapes principales suivantes seront réalisées successivement :

- ↳ Calcul des pertes totales (Estimation des volumes)
- ↳ Calcul des pertes physiques
- ↳ Estimation des pertes commerciales
- ↳ Établissement du cercle des eaux disparues.

## 3. Période de calcul

Le choix d'une période de 12 mois par exemple permet de "gommer" les effets saisonniers qui sont susceptibles de perturber l'analyse.

A cause du manque ou de la discontinuité des mesures (Volume ou débit) journalières effectuées sur les entrées et sorties de notre système, les calculs des pertes seront effectués à partir du mois de Novembre de l'année 2008. En effet, la période de calcul sera réduite à six mois (Novembre 2008 – Avril 2009).

Avant d'estimer ces pertes, il est indispensable de bien définir toute les entrées et sorties du système étudié :

### Les entrées du système SPIK

Les deux conduites de diamètre 1500 qui sortent de la station de traitement de Boudouaou constituent les seules entrées du système. En effet, cette chaîne ne transporte que l'eau de surface transférée du barrage de Béni Amrane et celui de Keddara.

### Les sorties du système SPIK

Les eaux refoulées par la station de Boudouaou vont être collectées dans certains ouvrages de stockage ou bien passer par des stations de pompage afin d'alimenter quelques régions qui se trouvent dans des hauteurs d'Alger.

Les sorties du système SPIK sont :

- ↪ Transfert vers le réservoir de **Reghaia** ;
- ↪ Transfert vers le réservoir de **Dergana** et celui de **Benzerga** ;
- ↪ Transfert vers le réservoir de **Rassauta** ;
- ↪ Transfert vers la station de **Beaulieu** ;
- ↪ Transfert vers la station de **Tafourah** ;
- ↪ Transfert vers la **SP1**;
- ↪ Transfert vers le complexe d'**El Harrach**;
- ↪ Transfert vers la station de **Gué de Constantine** ;
- ↪ Transfert vers le réservoir de **Berraki** ;
- ↪ Transfert vers le réservoir de **Bordj Elkifane**.

Au niveau des entrées et sorties du système, les mesures journalières de débit sont collectées à la télé contrôle (Direction de la Production).

#### **4. Calcul des pertes mensuelles dans la chaîne SPIK**

##### **4.1. Calcul des pertes totales**

Pour les volumes produits, nous avons utilisé les données issues du télé-contrôle, permettant ainsi un suivi régulier de l'utilisation des ressources nécessaires à l'alimentation d'Alger.

Dans ce cas, les pertes globales représentent la différence en volumes d'eau mesurés entre les entrées et sorties du système.

##### **4.1.1. Bilan mensuel**

Après avoir collecté et analysé les volumes journaliers au niveau des entrées et sorties du système, nous avons établi pour chaque mois de la période de calcul son propre bilan afin de calculer les pertes mensuelles générées. Les résultats trouvés exprimés en mètre cube sont récapitulés dans les deux tableaux suivants :

Mois	Entrées SPIK		Total
	Alger sortie nord	Alger sortie sud	
Nov_08	5 177 871	5 131 941	10 309 812
Dec_08	6 505 120	4 280 907	10 786 027
Jan_09	5 586 870	4 958 150	10 545 020
Fev_09	5 125 990	4 374 073	9 500 063
Mar_09	5 742 117	4 971 732	10 713 849
Avr_09	6 196 126	5 130 506	11 326 632

Tableau VI-1: volumes d'entrée du système SPIK

Mois	Sorties SPIK										Total
	Reghaia	Dergana	Rassauta	Beaulieu	Tafourah	SP1	Comolexe El Harrache	Gué de Constantine	Baraki	Bordj Elkifane	
Nov_08	216 421	573 597	470 354	233 957	396 600	605 551	2 813 089	1 416 890	317 187	2 218 389	9 262 035
Dec_08	219 360	601 373	464 954	240 337	405 100	811 920	3 016 097	1 695 820	327 680	2 165 403	9 948 044
Jan_09	227 360	671 545	468 170	244 491	409 600	1 504 305	2 636 448	1 278 740	316 446	1 884 826	9 641 932
Fev_09	204 110	646 602	425 282	209 979	350 000	849 908	2 436 729	1 458 727	276 502	2 125 118	8 982 957
Mar_09	217 652	719 731	460 047	238 298	343 932	895 269	2 592 464	1 653 093	309 382	2 582 600	10 012 469
Avr_09	217 005	692 285	447 748	238 244	294 636	764 801	3 071 783	2 186 972	299 960	2 332 165	10 545 600

Tableau VI-2 : Volumes de sorties du système SPIK

Analysons les deux tableaux précédents. Nous constatons :

- ✓ Qu'il y a une différence importante entre les volumes d'entrée et sortie du système. Cela est dû aux pertes qu'elles reçoivent.
- ✓ Que la production en eau a atteint le maximum aux mois de Décembre et Avril. Par contre, le moi de Février avais enregistré une faible production par rapport aux autres mois.

#### 4.1.2. Pertes

Les résultats du calcul des pertes globales mensuelles exprimés en volume, rendement et en pourcentage sont donnés dans le tableau suivant :

Indicateurs de pertes			
Mois	Volume (m <sup>3</sup> )	Pourcentage %	Rendement %
Nov_08	1 047 777	10,163	89,837
Dec_08	837 983	7,769	92,231
Jan_09	903 088	8,564	91,436
Fev_09	517 105	5,443	94,557
Mar_09	701 380	6,546	93,454
Avr_09	781 032	6,896	93,104

**Tableau VI-3:** *variation de la perte totale sur la période de calcul*

La perte totale correspondante à la période de calcul choisie sera la somme des pertes mensuelles que nous avons calculé dans le tableau ci-dessus. On trouve alors un volume  $V_{Pertes} = 4\,590\,145 \text{ m}^3$ , ce volume ne présente qu'un faible pourcentage (7,57 %) par rapport au volume produit. Par conséquent, le rendement du réseau est de 92,42 %.

Ces valeurs indiquent un mauvais fonctionnement du réseau d'adduction SPIK durant la période de calcul. En effet, ces pertes sont importantes pour un réseau d'adduction qui a un âge moyen de 20 ans.

### 4.1.3. Interprétation des résultats

Avant d'interpréter ces résultats et pour pouvoir bien expliquer l'évolution de la perte totale dans le réseau étudié, nous allons tracer la variation mensuelle des différents indicateurs de pertes :

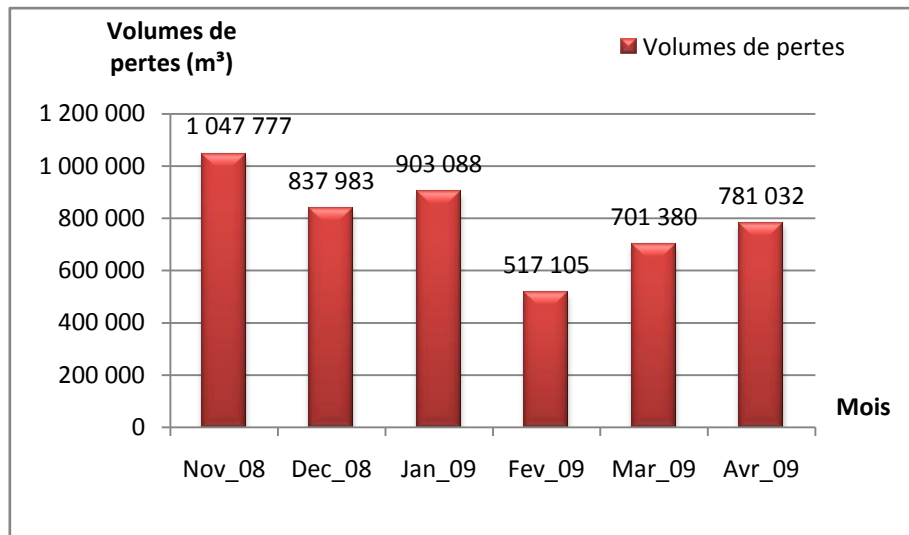


Figure VI-1: Evolution des volumes de pertes

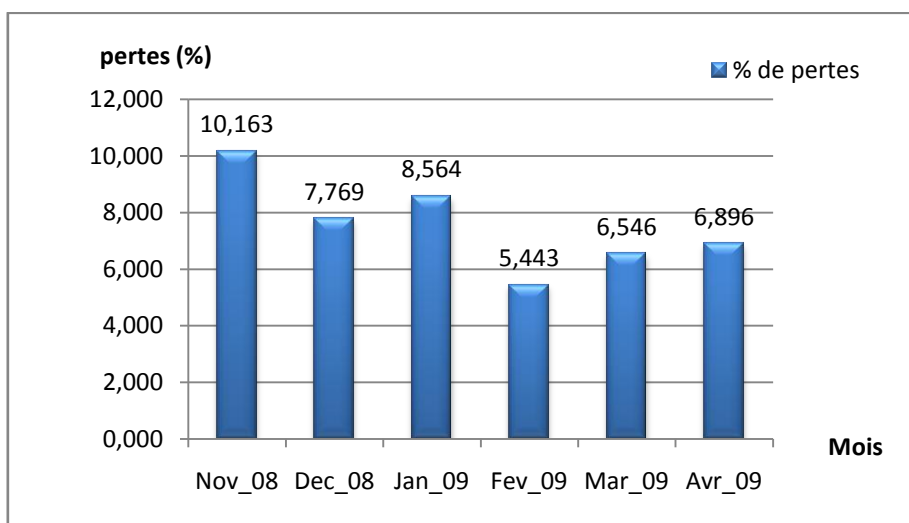
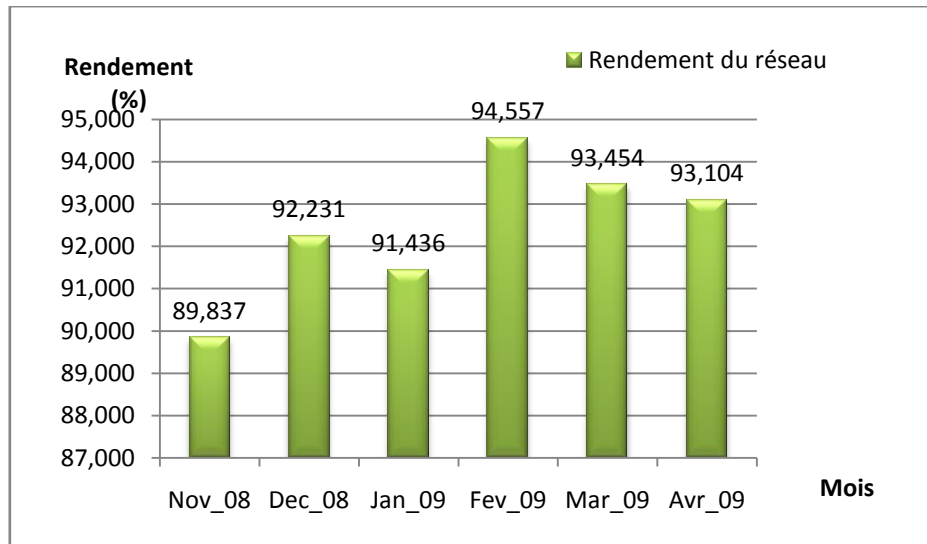


Figure VI-2: Evolution du pourcentage de pertes





**Figure VI-3:** Evolution du rendement de réseau

Revenons à l'interprétation des résultats de calcul. Mais il faut d'abord analyser les tableaux et les graphes que nous avons établis précédemment.

Dans ce sens nous remarquons que :

- ↳ La perte mensuelle peut atteindre le seuil d'un million de mètre cube, c'est le cas du mois de Novembre. Par conséquent, le rendement du réseau descend au dessous de 90% ;
- ↳ Les volumes de pertes mensuelles diffèrent d'un mois à un autre, l'écart peut atteindre 500 000 m<sup>3</sup> (le cas de Novembre et Février)

Il est important de savoir que la quasi-totalité des consommateurs illégaux répartis le long de la chaîne SPIK utilisent l'eau destinée à l'alimentation en eau potable pour d'autres usages et en grande partie pour l'irrigation. En effet, les deux conduites principales de cette chaîne traversent les plaines qui se trouvent à l'est d'Alger jusqu'à Boudouaou où nous avons recensé la majorité des piquages illicites. Par conséquent la demande en eau de ces consommateurs est fortement influencée par les effets saisonniers.

Pour expliquer la variation de la consommation illégale (irrigation illégale) pendant la période de calcul, nous avons optés à estimer la demande agricole (l'évapotranspiration) en utilisant la formule de Turc. Les étapes de calcul sont données en annexe 1.

Les résultats de calcul sont donnés dans le tableau suivant :

Mois	ETP(mm)
Nov_08	43,25
Dec_08	20,98
Jan_09	22,70
Fev_09	28,58
Mar_09	50,49
Avr_09	66,32

Tableau VI-4: Evapotranspiration mensuelle

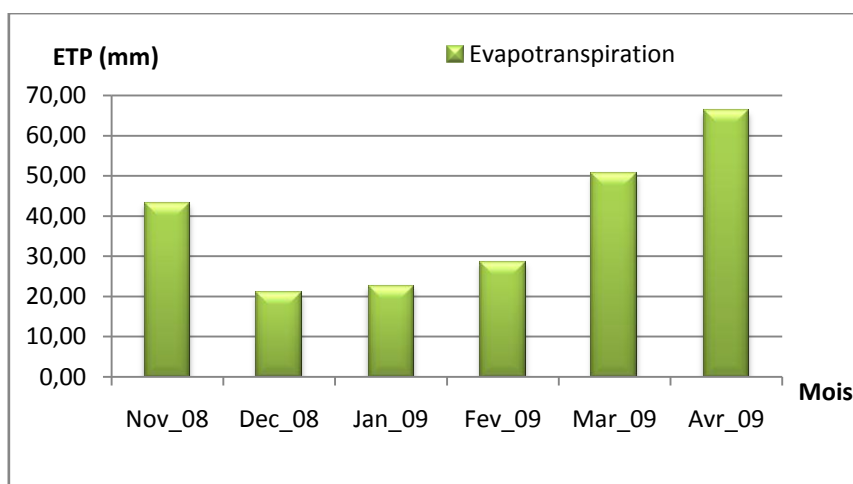


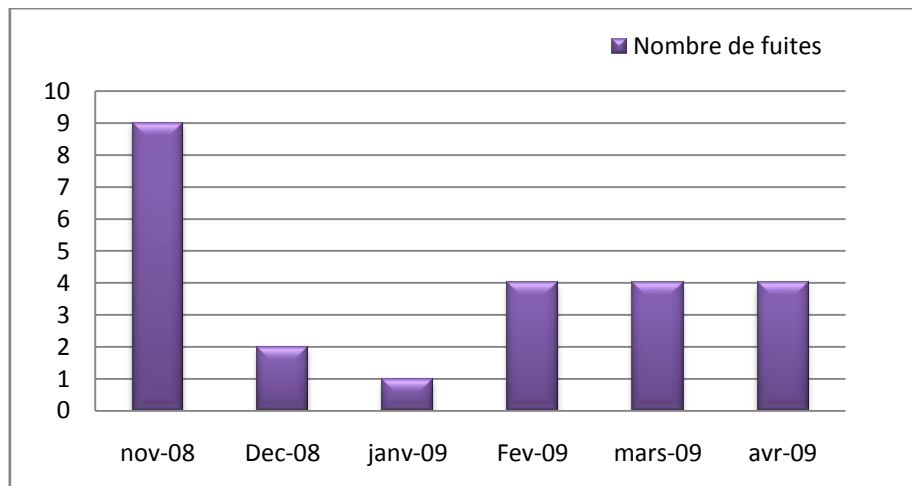
Figure VI-4: Evolution mensuelle de la demande agricole (ETP)

L'estimation de l'évapotranspiration mensuelle contribue à l'explication de la variation des pertes que nous avons déjà calculées en première approximation.

Par ailleurs, il est aussi important de savoir la répartition mensuelle des fuites (par rapport aux interventions) enregistrés le long de la chaîne SPIK pendant la période de calcul.

Les interventions de localisation et réparation des fuites sur le réseau SPIK réalisées par les services concernés de la SEAAL pendant la même période sont données en annexe 2.

Le graphique suivant illustre l'évolution mensuelle du nombre de fuites enregistrées entre les entrées et sorties du système défini précédemment :



**Figure VI-5:** Evolution mensuelle du nombre de fuite

#### ✚ Mois de novembre

Ce mois a enregistré plus d'un million de mètre cube de pertes qui présentent un pourcentage de 10,16 % de la perte totale. Cela est du principalement:

- ↳ À la forte demande des consommateurs illégaux. Puisqu'en effet, le mois de novembre constitue généralement un passage de la saison sèche et chaude vers la saison humide et froide. Par conséquent, la demande en eau reste plus ou moins importante (une forte demande agricole ETP a été enregistrée durant ce mois. (Tableau VI-4)).
- ↳ Aux fuites visibles et invisibles dont on a recensé neuf (09) interventions de réparation durant ce mois (Tableau VI-5).

#### ✚ Mois de Décembre

Les eaux consommées illicitement sont utilisées non seulement pour satisfaire les besoins domestiques, mais aussi pour d'autres usages tels que l'irrigation. De plus, le mois de Décembre se caractérise généralement par une forte précipitation (le cas de ce mois), ce qui entraîne une réduction de la consommation illégale à cause de la faible demande agricole. Par ailleurs, le nombre de fuites enregistrées le long de la chaîne SPIK a diminué sensiblement (deux fuites). Par conséquent, la perte en eau relative au mois de Décembre a diminué d'un volume de 209 794 m<sup>3</sup> par rapport au mois de Novembre.

### Mois de Janvier

Par rapport au mois de Novembre, la perte a continué sa diminution, cela est du aux mêmes problèmes cités pour le mois de Décembre.

Contrairement au mois de Décembre, et malgré la diminution du nombre de fuites, la perte en eau a enregistré une légère augmentation (65 000 m<sup>3</sup>) par rapport au mois de Décembre. Cela s'explique par l'augmentation de la demande agricole par rapport au mois de Décembre (Tableau VI-4) ce qui entraîne une faible augmentation de la consommation illégale.

### Mois de Février

Le meilleur rendement du réseau a été obtenu durant ce mois, soit un pourcentage de 94,5 %. En effet, le volume de pertes a sensiblement diminué, soit un volume de 426 797 m<sup>3</sup>. Cette diminution s'explique par la réduction des pertes générées par les fuites à cause de la diminution du volume produit par rapport aux autres mois. De plus, le mois de février a été le plus arrosé. Par conséquent, une diminution de la consommation illégale.

### Mois de Mars

Le mois de Mars a enregistré une augmentation du volume de pertes par rapport au mois précédent, soit un volume de 184 275 m<sup>3</sup>. En effet, ce mois a été moins arrosé que le mois de février, faisant augmenter la consommation illégale a cause de l'augmentation de la demande agricole (Tableau VI-4). De plus quatre (04) fuites ont été enregistrées le long de la chaîne SPIK contribuant à l'accroissement du volume de pertes.

### Mois d'Avril

Ce mois constitue généralement le passage de la saison froide et humide vers la saison chaude et sèche où la demande en eau des consommateurs (illégaux) augmente sensiblement à cause de l'accroissement de la demande agricole et par conséquent. Une augmentation du volume de perte (79652 m<sup>3</sup>) par rapport au mois de Mars.

#### 4.1.4. l'indice linéaire de pertes

Pour accomplir l'interprétation des résultats de calcul des pertes dans la chaîne d'adduction SPIK, il est important de quantifier linéairement ces pertes par kilomètre de réseau. En effet, la chaîne étudiée compte un linéaire de 150 Km. Par conséquent, la variation mensuelle de l'indice linéaire de pertes est calculée dans le tableau suivant :

Mois	Indice linéaire de pertes
	(m <sup>3</sup> /Jours/Km)
Nov_08	232,839
Dec_08	180,211
Jan_09	194,212
Fev_09	123,120
Mar_09	150,834
Avr_09	173,562

**Tableau VI-5:** Evolution de l'indice linéaire de pertes

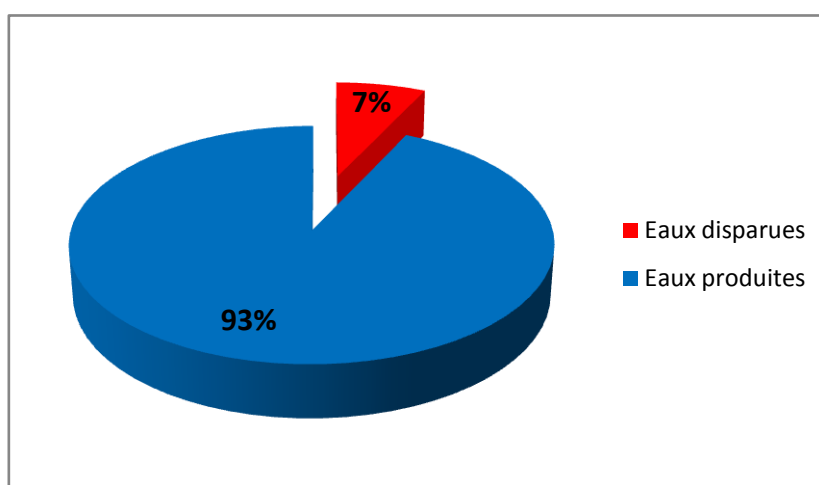
Ces valeurs illustrent bien l'amplitude des pertes enregistrées le long du réseau d'adduction SPIK.

Pour avoir la vraie répartition des pertes le long des conduites, il faut passer de la macro-sectorisation à la micro-sectorisation afin de savoir avec plus d'exactitude cette répartition.

#### 4.1.5. Etablissement du cercle des eaux disparues

Le cercle des eaux disparues permet la visualisation d'une hypothèse de travail fondée sur une approche globale des différentes composantes de la perte. Il matérialise l'état de connaissance des différents paramètres de gestion et de leur impact sur le rendement.

La figure ci-après montre la destination des eaux produites par le système SPIK sachant que la production totale en eau générée par ce système pendant la période de calcul était  $V_{produit} = 63\ 181\ 403\ m^3$ .



**Figure VI-6:** cercle des eaux disparues

Les composantes de la perte totale n'apparaissent pas dans ce cercle. En effet, le cercle des pertes va être établi par la suite dans ce chapitre après avoir estimé les pertes physiques et commerciales.

#### 4.2. Estimation des pertes commerciales

Dans un réseau d'adduction, la notion de “ *pertes commerciales* ” ne doit pas exister, car il est strictement interdit de réaliser des branchements de consommation à partir de ce réseau.

Dans notre cas, on peut considérer les pertes dues à la consommation illégale comme pertes commerciales à cause de la présence de nombreux branchements de consommation réalisés directement sur les conduites d'adduction.

Dans un tel réseau d'adduction, et plus particulièrement dans la chaîne SPIK, l'estimation des pertes commerciales revient à estimer les pertes générées par les fraudes (piquages illicites).

De ce fait, nous avons recensés plus de 100 piquages illicites de différents diamètres le long de la chaîne.

Du fait qu'on ne peut pas connaître la consommation des personnes pirates, l'estimation des volumes perdus ne peut être effectuée avec précision.

Le débit généré par ces branchements est fonction de la section et de la vitesse d'écoulement. Nous donnons dans le tableau ci-après les sections correspondantes aux différents diamètres des piquages illicites répartis le long de la chaîne SPIK :

Piquages illicites			
Diamètre (m)	Nombre	Section (m <sup>2</sup> )	Section totale (m <sup>2</sup> )
15/21	2	0,0001766	0,0003533
20/27	87	0,0003140	0,0273180
26/33	9	0,0005307	0,0047759
33/42	1	0,0008549	0,0008549
50/60	2	0,0019625	0,0039250
100	3	0,0078500	0,0235500

**Tableau VI-6:** Sections correspondantes aux branchements illicites

Nous constatons que la section totale équivalente générée par les piquages branchés illicitement vaut  $S_t=1,91396 \text{ m}^2$ . En effet, cette section correspond à une conduite de diamètre  $D=0,27824989 \approx 300 \text{ mm}$

Ce diamètre donne une idée globale sur l'importance des consommations frauduleuses dans la chaîne SPIK.

#### 4.2.1. Méthodes de calcul des pertes par piquages illicites

##### 4.2.1.1. Première méthode

Elle est basée sur les hypothèses suivantes :

###### Hypothèse sur la vitesse

« Nous supposons que la vitesse d'écoulement moyenne sur les tuyaux branchés illicitement est constante ».

###### Hypothèse sur la période de consommation journalière

« Nous supposons que la période de consommation journalière des personnes pirates est constante »

Avec ces deux hypothèses, l'estimation de pertes commerciales devient possible sachant que le diamètre total des piquages est connu :

$$Q_f = V \times S$$

Avec:

$Q_f$ : débit de fuite journalier.

$V$  : la vitesse d'écoulement dans les branchements illicites.

$S$  : Section total des piquages illicites.

###### ◆ Cas du système SPIK

Contrairement aux normes de vitesse dans les conduites d'alimentation en eau potable, où la vitesse ne doit pas dépasser un certain intervalle. Au-delà, les risques de rupture des conduites deviennent importants. Les branchements illicites ne respectent pas ces normes dont la vitesse dépasse souvent les limites maximales de ces intervalles.

Nous supposons que la vitesse moyenne d'écoulement dans les branchements illicites recensés le long du réseau SPIK est de 2 m/s pour une période de consommation journalière de 12 heures en continu.

En se basant sur ces hypothèses, les résultats de calcul des pertes commerciales sont donnés dans le tableau suivant :

Piquages illicites							
Diamètre (mm)	Nombre	Section (m <sup>2</sup> )	Section totale (m <sup>2</sup> )	Vitesse moyenne (m/s)	Temps moyen d'écoulement (Heurs)	Volume journalier (m <sup>3</sup> )	Volume mensuel (m <sup>3</sup> )
15/21	2	1,77E-04	3,53E-04	2	12	30,4992	914,976
20/27	87	3,14E-04	2,73E-02	2	12	2358,72	70761,6
26/33	9	5,31E-04	4,78E-03	2	12	412,992	12389,76
33/42	1	8,55E-04	8,55E-04	2	12	73,872	2216,16
50/60	2	1,96E-03	3,93E-03	2	12	339,552	10186,56
100	3	7,85E-03	2,36E-02	2	12	2039,04	61171,2

**Tableau VI-7:** volumes de pertes commerciales

Le volume mensuel de pertes commerciales sera la somme des volumes correspondants aux différents diamètres des piquages recensés. On trouve alors :

$$V_{men\ per\ com} = 157640,256\text{m}^3.$$

Par conséquent, le volume total de pertes commerciales vaut :  $V_{tot\ per\ com} = 945841,536\ \text{m}^3$

#### 4.2.1.2. Deuxième méthode

Cette méthode est basée sur l'hypothèse d'une consommation moyenne. Celle-ci varie selon le diamètre des branchements.

Des expériences ont montré qu'une conduite de diamètre D supporte un débit maximum Q, les consommations moyennes correspondantes aux différents diamètres sont données dans le tableau suivant :



Diamètre (mm)	Consommation moyenne (m <sup>3</sup> /h)
15	1,125
20	1,5
26	3,95
33	5,475
50	15
100	60

**Tableau VI-8:** *Consommations moyennes relatives aux différents diamètres*

#### ◆ Cas du système SPIK

Avec ces valeurs de consommation, on trouve une perte mensuelle de 138159 m<sup>3</sup>. Par conséquent le volume total vaut 828954 m<sup>3</sup>.

#### 4.2.1.3. Comparaison entre les deux méthodes

L'estimation des pertes commerciales avec ces deux méthodes a abouti relativement au même résultat.

Les deux méthodes de calcul sont basées sur des hypothèses. Chaque une d'elles suppose une période moyenne de consommation.

La deuxième méthode est fondée sur l'hypothèse d'une consommation moyenne qui ne tient pas en compte la nature des conduites. En effet, les expériences ont été réalisées sur des conduites en acier.

De ce fait, nous allons utiliser les résultats de la première méthode pour estimer les pertes physiques.

#### 4.3. Calcul des pertes physiques

Il est à rappeler que le volume perdu par les fuites est fonction du nombre de fuites, de la durée d'écoulement et du niveau de pression dans les conduites.

Pour les fuites visibles, le temps d'écoulement est constitué par la période comprise entre le moment de l'apparition, sa signalisation et sa réparation.

Pour les fuites invisibles, le temps d'écoulement est égal à 365 pour le nombre de fuites estimées encore actives à la fin de l'année.

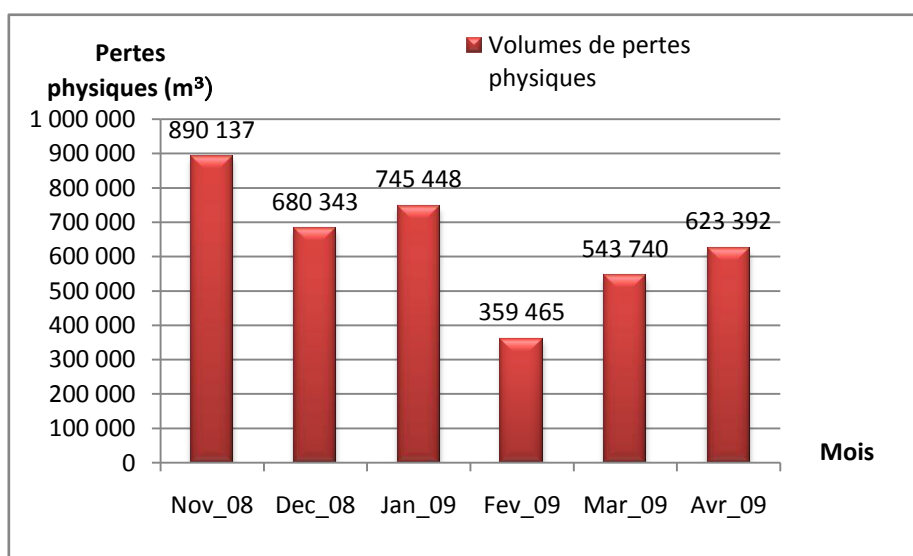
Après avoir calculé la perte totale et estimé la perte commerciale, la différence entre celles-ci représente les pertes physiques générées par le système SPIK pendant la période de calcul.

Les volumes mensuels de ces pertes enregistrées durant la même période sont donnés dans le tableau suivant :

Mois	Pertes totales (m <sup>3</sup> )	Pertes commerciales (m <sup>3</sup> )	Pertes physiques (m <sup>3</sup> )
Nov_08	1 047 777	157640,256	890 137
Dec_08	837 983	157640,256	680 343
Jan_09	903 088	157640,256	745 448
Fev_09	517 105	157640,256	359 465
Mar_09	701 380	157640,256	543 740
Avr_09	781 032	157640,256	623 392

**Tableau VI-9:** Evolution des pertes physiques

Le graphique ci-après illustre la répartition mensuelle de ces pertes :



**Figure VI-7:** Evolution mensuelle des pertes physiques

Nous constatons que les pertes physiques constituent la part la plus importante de la perte totale.

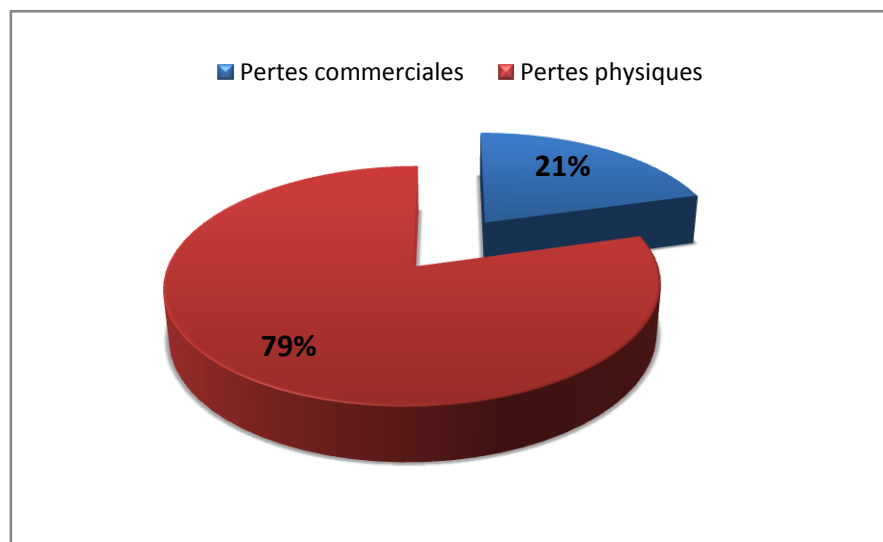
La variation de ces pertes est fortement influencée par le nombre de fuites visibles et invisibles, de la durée d'écoulement et surtout du niveau de pression dans les conduites.

Pour pouvoir expliquer cette variation, il est indispensable d'avoir une connaissance détaillée du niveau de pression dans le réseau étudié.

#### 4.4. Etablissement du cercle des pertes

Parmi les objectifs de ce travail, le tracé du cercle des pertes qui permet de visualiser l'amplitude des composantes de la perte totale afin de définir une politique de gestion et des plans d'action pour les réduire.

Après avoir estimé les différentes composantes de la perte relative au système d'adduction SPIK, nous pouvons maintenant tracer leurs répartition par rapport à la perte totale calculée précédemment (Figure: VI-8).



**Figure VI-8:** cercle des pertes

Ce cercle peut être plus détaillé après avoir estimé les composantes de la perte physique (fuites visibles et invisibles). Cela ne peut être effectué sans avoir localisé les fuites invisibles présentes dans le réseau.

## Conclusion

A l'issue de tous les éléments présentés dans ce chapitre, nous pouvons conclure que la précision et la signification des résultats de calcul de la perte et de ses composantes ne peut être obtenues sans avoir connaissance de tous les facteurs ayant influencé sur les paramètres rentrant dans le calcul des pertes tel que :

- ↪ Les mesures de pression
- ↪ L'étalonnage des compteurs et des appareils de mesure
- ↪ Installation des compteurs pour mesurer les débits de consommation illégale.

Il est important de formaliser les hypothèses adoptées pour construire le cercle des eaux disparues de manière à pouvoir améliorer leur précision.

Le calcul des eaux non facturées et le suivi des indicateurs de pertes restent donc indispensables pour un réseau d'adduction. Le concept de l'indice linéaire de perte est important pour l'élaboration d'un plan d'action globale.

En se basant sur les résultats de calcul des composantes de la perte ainsi qu'aux indicateurs de performances du réseau, on conclut qu'il est indispensable de lancer une campagne de recherche de fuites le long de la chaîne d'adduction SPIK afin de localiser et ensuite réparer les fuites détectées.

## Conclusion et recommandations

Améliorer les performances des réseaux d'adduction d'eau potable pour mieux valoriser la ressource en eau, est l'un des objectifs de cette étude.

La maîtrise de la ressource en eau est un enjeu majeur, tant sur le plan qualitatif que quantitatif. L'établissement des actions correctives à engager pour localiser précisément les fuites, les réparer et assurer ainsi le suivi du réseau afin de conserver le niveau de performance atteint. Il est également rappelé que la gestion de la ressource passe non seulement par la lutte contre le gaspillage dans les réseaux d'eau potable mais aussi par une politique de maîtrise des consommations légales et illégales.

La connaissance de l'état du réseau et l'évaluation des pertes constitue la phase préliminaire de l'étude diagnostique.

En fonction des résultats de calcul de la perte totale et de ces composantes, la phase complémentaire du diagnostic consiste à établir des recommandations et des plans d'actions dans le cadre d'une politique de gestion visant à réduire ces pertes afin d'augmenter le rendement du réseau.

L'analyse des résultats de calcul des pertes dans le système d'adduction SPIK conduit à la phase finale du diagnostic : la recherche des fuites.

Nous donnons dans le tableau ci-après, quelques moyens préventifs (recommandations) visant à améliorer la performance du réseau :

Recommandations	Actions
◆ Suivi des stations de pompage	Vérifier l'étanchéité des installations de pompage Contrôle de la pression (hauteur de refoulement)
◆ Suivi des appareils de comptage	Cela dépend des temps de déplacement nécessaires, et de l'existence ou non de système de télégestion. Cependant, on peut considérer comme raisonnables les périodes de relevé suivants :  Relevé Journalier <ul style="list-style-type: none"><li>• Usine de production</li></ul>

<p>◆ <b>Contrôle et remplacement des appareils de comptage</b></p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sortie de réservoirs</li><li>• Secteurs</li></ul> <p>Relevé hebdomadaire</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Captages</li></ul> <p>Les gros compteurs installés sur les réseaux doivent faire l'objet d'un contrôle régulier (1 à 3 ans, sur site si l'on a prévu un espace suffisant pour installer un débitmètre).</p> <p>L'âge maximum recommandé d'un compteur est d'une quinzaine d'années, mais la qualité de l'eau peut réduire considérablement cette durée.</p>
<p>◆ <b>Réalisation de purges</b></p>	<p>La périodicité des purges est dans un premier temps lié à l'apparition de phénomènes de dégradation, ensuite ce sont les programmes et les résultats des analyses qui vont permettre de mieux définir la planification des purges.</p>
<p>◆ <b>Recherche de fuites</b></p>	<p>Le contrôle journalier des volumes d'eau transitant dans les réseaux délivre des indications précieuses contribuant efficacement à la lutte contre les pertes d'eau. Ce sont en effet les anomalies constatées lors de l'analyse de certains paramètres du réseau (variation de débit, de pression, des volumes), qui vont conditionner la mise en place d'actions visant à localiser plus précisément les fuites.</p> <p>Pour les réseaux de taille conséquente, il peut être rentable de mobiliser en permanence des moyens spécifiques.</p> <p>Pour être efficace, la recherche de fuites nécessite un suivi permanent des indicateurs du réseau (volumes produits, indices de perte).</p>
<p>◆ <b>Réparation des fuites</b></p>	<p>C'est une opération représentant une part importante dans l'activité de l'exploitant.</p>

<b>◆ Suivi des travaux</b>	La pose des conduites n'est pas à proprement parler une fonction d'exploitation. Cependant, aussi bien dans le cadre d'extensions que lors du renouvellement des réseaux, l'exploitant peut intervenir lors des phases de conception et à la réception. Il doit vérifier que le concepteur a bien pris en considération dans la définition du projet, les contraintes liées à l'exploitation des ouvrages.
<b>◆ Régularisation des consommations illégales</b>	Cette opération nécessite l'installation des compteurs afin de rendre ces branchements légaux.

En plus des opérations de maintenance, la réhabilitation et le renouvellement sont également des moyens d'améliorer la performance du système dans le domaine des fuites. Ils nécessitent souvent de procéder à des excavations de conduites, coûteuses et perturbant fortement le trafic routier avec l'ensemble des conséquences liées.

La réhabilitation a pour but de maintenir à moindre frais les canalisations en bon état afin de prolonger leur durée de vie.

L'emploi d'un revêtement interne non structurant permet essentiellement d'améliorer la qualité de l'eau ainsi que de restaurer l'efficacité hydraulique des canalisations. Cette technique par projection, qui permet d'éviter la corrosion interne, n'est absolument pas adaptée pour résoudre des problèmes de détérioration structurale. Les revêtements internes utilisés sont essentiellement le mortier de béton et la résine époxy.

Le renouvellement se définit par la pose d'une nouvelle conduite destinée à remplacer une plus ancienne et dont les caractéristiques structurelles ne sont plus compatibles avec un bon fonctionnement. Le choix des conduites à renouveler peut s'appuyer sur des observations de terrain, des inspections visuelles de la conduite ou bien encore prendre en compte les résultats de calcul de l'indice linéaire de pertes avec micro-sectorisation.

En Conclusion, cette étude constitue un outil préliminaire d'aide à la décision avec lequel le gestionnaire du réseau se basera pour définir et affiner les axes d'amélioration, et la programmation des actions à mener pour une réduction quasi-total des pertes de toutes formes du dit réseau.

## Références bibliographiques

1. Dupont, A., 1979. « *Hydraulique urbaine* », Tome II « Elévation et distribution des eaux », Editions Eyrolles Paris, pages : 484.
2. MERZOUK, N., 2005. « *Méthodologie de détection et de localisation des fuites dans un réseau d'eau potable dans les petites et moyennes collectivités. Proposition de deux modèles de localisation.* » Thèse de Docteur de 1<sup>ère</sup> école des mines de Douai en collaboration avec l'université d'Artois, pages : 129.
3. BLINDU, I., 2004. « *Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques* », Mémoire de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne et de l'Université Jean Monnet, Pages : 263.
4. CHESNEAU, O., 2006. « *Un outil d'aide à la maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable : la modélisation dynamique de différentes composantes du débit de fuite* », Thèse présentée pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Louis Pasteur Strasbourg I, pages : 219.
5. Les études de l'agence de l'eau Adour-Garonne., 2005. « *Connaissance et maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable* ». Guide technique, pages : 99.
6. NRW-Sub-committee., les études de SUEZ.ENVIRONNEMENT, DORE-TECHNICAL COMMITTEE., 2003. « *Rendement de réseau et pertes en eau* », document SEAAL, pages : 29.
7. SAGE., 2004, « *Rendement des réseaux d'eau potable* ». Guide technique, pages : 26.
8. DUCCINI, D., 2009. « *Système AEP d'Alger, Plan de réduction des Eaux Non Facturées* ». document SEAAL, pages : 16.



**Annexe 1 : Historique des fuites enregistrées le long du réseau SPIK**

**Novembre :**

<b>Lieu d'intervention</b>	<b>Ouvrage</b>	<b>Travaux effectués</b>
Port d'Alger	Conduite	Réparation d'une fuite sur piquage de la ventouse DN 100 sur conduite 1200
El Harrach entrée Usine	Regard de ventouse sur conduite SPIK	Isolation d'une fuite par fermeture de vanne de garde
El Harrache Entrée Usine	Conduite	Réparation d'une fuite par changement du flotteur de la ventouse
Plateau Mahelma	Conduite	Réparation de 3 fuites sur la tubulure de vidange
Tafourah	Conduite	Réparation de trois fuites
Complexe El harrach	Conduite de refoulement usine 3	Réparation d'une fuite par matage
Houch Bellabes	Conduite	Réparation d'une fuite

**Décembre :**

<b>Lieu d'intervention</b>	<b>Ouvrage</b>	<b>Travaux effectués</b>
Haouch bellabes	Conduite	Réparation d'une fuite par matage
Baraki	Conduite	Réparation d'une fuite

**Janvier :**

<b>Lieu d'intervention</b>	<b>Ouvrage</b>	<b>Travaux effectués</b>
Complexe El Harrach	Conduite de refoulement usine 2	Réparation de deux fuites
Pont d'eucalyptus	Conduite	Réparation d'une fuite

**Février :**

<b>Lieu d'intervention</b>	<b>Ouvrage</b>	<b>Travaux effectués</b>
Ouled Heddadj sur réseau Boudouaou -Alger	Regard de ventouse	Réparation d'une fuite sur un branchement illicite par fermeture des vannes de sectionnement et de garde
Ouled Heddadj sur réseau Boudouaou -Alger	Regard de ventouse	Réparation d'une fuite sur ventouse du branchement illicite DN 50/60 de la conduite sud
Ouled Heddadj sur réseau Boudouaou -Alger	Regard de ventouse	Réparation d'une fuite sur ventouse de la conduite nord
Usine el Harrach	Collecteur de refoulement	Réparation d'une fuite par matage
Djamhouria conduite nord	Regard de vanne de vidange entre PK19-PK 21 sur réseau SPIK	Réparation d'une fuite par serrage des boulons de la tige de vanne

**Mars :**

<b>Lieu d'intervention</b>	<b>Ouvrage</b>	<b>Travaux effectués</b>
Eucalyptus	Conduite SPIK nord pk21	Réparation de deux fuites sur tubulure de vidange
Houch Bellabes	Regard de ventouse sur conduite de refoulement Houch Bellabes	Réparation d'une fuite par remplacement d'une ventouse
Hlaimia Boudouaou	Regard de ventouse sur conduite sud d'arrivée Kaddara	Réparation d'une fuite par soudage

Avril :

Lieu d'intervention	Ouvrage	Travaux effectués
EL Harrach	Conduite de refoulement usine 2	Réparation d'une fuite
Baraki	Conduite	réparation d'une fuite sur un branchement illicite 20/27
Pin maritime	Regard de vidange sur conduite de refoulement BEK -Belfort	Réparation d'une fuite
Cité corifat	Regard de vidange sur réseau Boudouaou Alger conduite nord	Réparation d'une fuite par soudage
Cité corifat	Chambre de vidange sur réseau SPIK conduite nord	Localisation d'une fuite

## Annexe 2 : Estimation de l'évapotranspiration

### La formule de Turc (1955)

Il s'agit d'une méthode empirique développée en région parisienne et donc bien adaptée aux conditions climatiques tempérées.

La formule de Turc, qui dérive en la simplifiant de la formule de Penman, ne nécessite que la connaissance des températures de l'air et de la radiation globale ou de la durée d'insolation.

Cette formule est la suivante :

$$ETP = 0.4 \left( \frac{T}{T + 15} \right) (R_n + 50).K$$

avec :

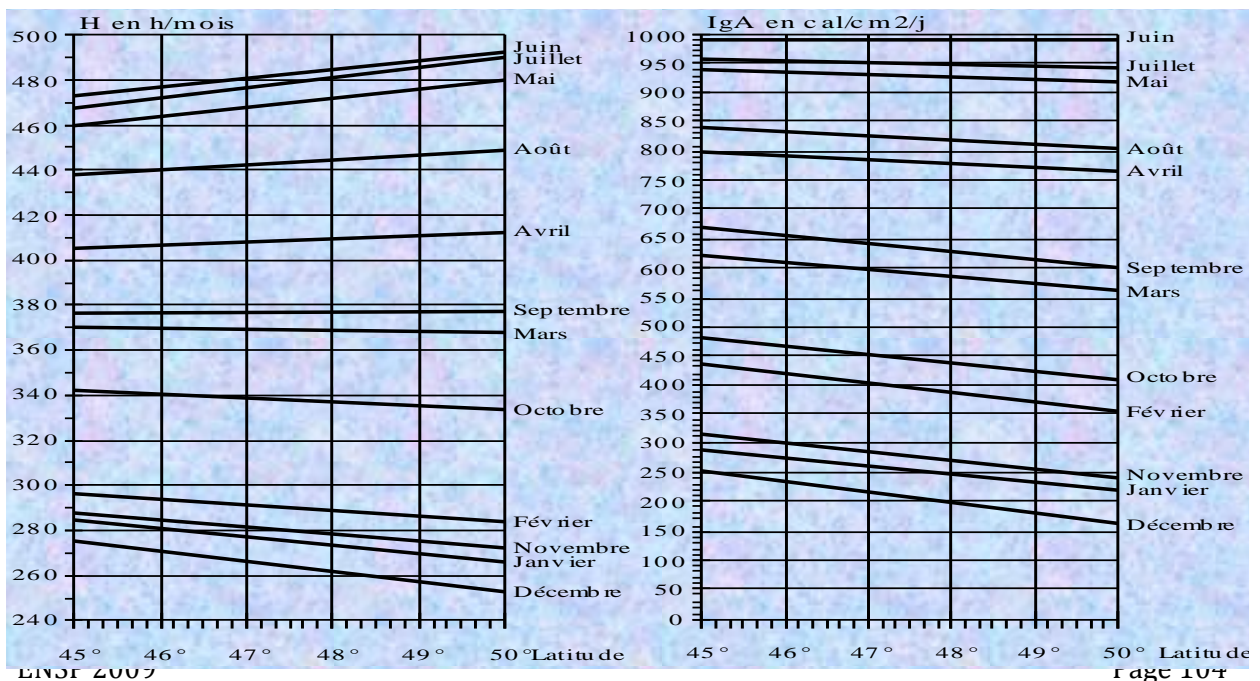
$R_g$  : rayonnement extra-terrestre (en  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{jour}^{-1}$ );

$h$  : durée d'insolation effective (en  $\text{h.mois}^{-1}$ ).

$H$  : durée astronomique possible d'insolation (en  $\text{h.mois}^{-1}$ ).

$R_g$  et  $h$  : f (latitude)

$R_g$  et  $H$  sont déterminés à partir de cette abaque :



Les étapes de calcul sont récapitulées dans le tableau suivant :

<b>Mois</b>	<b>T moy</b>	<b>h (h/mois)</b>	<b>Rg (cal.cm-2.jour-1)</b>	<b>H (h.mois-1)</b>	<b>Rn (cal.cm-2.jour-1)</b>	<b>ETP (mm)</b>
<b>Nov_08</b>	13,7	242	290	350	176,51	43,25
<b>Dec_08</b>	10,1	56	260	269	80,35	20,98
<b>Jan_09</b>	10,9	90	215	260	84,84	22,70
<b>Fev_09</b>	11,4	51	400	291	115,46	28,58
<b>Mar_09</b>	13,3	110	600	370	218,59	50,49
<b>Avr_09</b>	16,1	216	550	430	270,29	66,32