

# Remerciement

*Toute ma gratitude et remerciement vont à Allah le clément et le miséricordieux qui ma a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.*

*C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que je remercie mon encadreur Dr H.A.B.I Mohammed pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail.*

*Je remercie les membres d'examineurs qui nous feront l'honneur d'examiner ce modeste travail.*

*Toute ma gratitude va à tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste ouvrage premièrement à mes parents pour tout leur soutien pendant ma vie d'études ils trouveront ici toute ma reconnaissance pour leur soutien affectueux.*

*Ensuite, je dédie ce travail à mes chers sœurs et à tous ceux qui portent le nom « Hamel » sans oublier mes copains et copines surtout Nouhila et tous ceux qui me connaissent de près ou de loin.*

*Enfin, je dédie ce présent travail à tous ceux qui m'ont prêté l'aide et l'assistance nécessaire à la réalisation.*

## **Résumé**

L'objectif de la présente étude est de faire une évaluation sur l'état du réseau de distribution d'eau potable du groupement urbain de Tlemcen pour pouvoir déterminer les zones fuyards.

La réalisation d'un modèle hydraulique réel a permis d'effectuer un diagnostic du réseau et d'identifier les zones à problèmes.

La sectorisation permettra, en tenant compte des disparités du réseau, de détecter plus facilement et plus rapidement les fuites non visibles

### **Abstract**

The objective of this study is to evaluate the state of the distribution network of drinking water group Tlemcen urban areas thus determined fugitives.

The realization of a real hydraulic model allowed for network diagnostics and identifies problem areas.

Sectorization will, taking into account disparities in the network, detect more easily and quickly leaks not visible

## ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم حالة شبكة توزيع مياه الشرب في المناطق الحضرية لتلمسان بالتالي تحديد المناطق المسؤولة عن التسربات المفرطة.

تحقيق النموذج الهيدروليكي الحقيقي يسمح لتشخيص الشبكة وتحديد المجالات المشكلة.

التقسيم القطاعي يكشف بسهولة وبسرعة أكثر عن التسريبات الغير مرئية، مع الأخذ في الاعتبار الفوارق في الشبكة.

<i>Liste des tableaux</i> .....	<b>11</b>
<i>Listes des figures</i> .....	<b>12</b>
<b>1. Introduction</b> .....	<b>15</b>

## **Chapitre I: EVALUATION DU GROUPEMENT URBAIN DE TLEMCEN**

<b>2. CARACTERISTIQUES DU RESEAU DE GROUPEMENT URBAIN DE TLEMCEN (GUT) .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1. Le groupement urbain de Tlemcen (GUT) .....</b>	<b>15</b>
2.1.1. L'entreprise gérante .....	16
2.1.2. Les ressources en eau .....	16
2.1.3. La distribution (ADE 2011).....	17
<b>3. La gestion et l'alimentation en eau potable du groupement urbain de Tlemcen .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1. La production .....</b>	<b>17</b>
3.1.1.1. Barrages (ADE 2006) .....	17
3.1.1.2. Forages (2006 ADE).....	18
3.1.1.3. Sources (exemple 2006 ADE).....	19
<b>3.2. La distribution .....</b>	<b>20</b>
3.2.1. Le réseau .....	20
3.2.2. Les réservoirs .....	20
3.2.3. Les canalisations .....	21
3.2.4. Volume distribué .....	23
3.2.5. L'horaire de distribution .....	24
<b>3.3. Les zones de dessert (source ADE) .....</b>	<b>25</b>
3.3.1. Zone 1 .....	25
3.3.2. Zone 2 .....	26
3.3.3. Zone 3 .....	26
3.3.4. Zone 4.....	27
3.3.5. Zone 5 : .....	27

3.3.6.	Zone 6 : .....	27
3.3.7.	Zone 7 : .....	28
3.3.8.	Zone 8 : .....	28
3.3.9.	Zone 9 .....	29
3.3.10.	Zone 10 .....	29
3.3.11.	Zone 11 .....	30
3.3.12.	Zone 12 .....	30
3.3.13.	Zone 13 .....	30
3.3.14.	Zone 14 .....	31
<b>3.4.</b>	<b>La consommation .....</b>	<b>32</b>
3.4.1.	Le volume consommé ou utilisé .....	32
3.4.1.1.	Volume consommé comptabilisé .....	32
3.4.1.2.	Volume consommé non compté .....	32
3.4.2.	Types de consommateurs .....	32
3.4.3.	Répartition des consommateurs en 2012 .....	33
3.4.4.	Variations annuelle du volume facturé entre (2000-2011) .....	34
	Variations mensuelle de consommation dans l'année .....	35
3.4.4.1.	L'évolution démographique .....	35
3.4.4.2.	Nombre d'abonnée .....	35
3.4.4.3.	La Dotation .....	36
<b>3.5.</b>	<b>Les indicateurs de performance .....</b>	<b>37</b>
3.5.1.	Les différents indicateurs .....	38
3.5.1.1.	Les indicateurs de base .....	38
3.5.2.	Les termes fondamentaux .....	40
3.5.2.1.	Le volume prélevé .....	40
3.5.2.2.	Le volume mis en distribution .....	40
3.5.2.3.	Comparaison entre le volume produit et le volume distribué .....	40
3.5.2.4.	Comparaison entre le volume facturé et le volume distribué .....	41
3.5.3.	Le taux de réparation de fuite .....	41
3.5.4.	Le rendement .....	42
3.5.4.1.	Rendement primaire .....	42
3.5.5.	L'indice linéaire de pertes .....	44
3.5.5.1.	L'indice linéaire de perte primaire .....	44
3.5.6.	Indice linéaire de fuite réparé .....	46
3.5.7.	Comparaison entre l'indice linéaire de perte et le rendement .....	46
<b>3.6.</b>	<b>Bilan d'eau et Cercle des Eaux Disparues .....</b>	<b>47</b>

3.6.1.	Bilan d'eau et définition .....	47
3.6.2.	Cercle des Eaux Disparues .....	50
3.6.2.1.	Unavoidable Annual Real Losses (UARL) .....	50
3.6.2.2.	Les pertes d'eau .....	53
3.6.2.3.	Principales composantes de ces pertes .....	53
3.6.2.4.	Calcul des volumes des principales composantes du volume distribué .....	55
3.6.2.4.1.	Calcul du volume des pertes physique (Unavoidable annual real losses) .....	56
3.6.2.5.	Calcul des pertes visibles et perte invisible .....	57

## **Chapitre II: REALISATION DE LA CARTE DE REPARTION DES FUTES REPARER**

<b>1.</b>	<b>Les différents types des pertes .....</b>	<b>61</b>
1.1.1.	La première étape (la collecte de donnée).....	62
1.1.2.	La deuxième étape (Analyse préliminaire).....	65
1.1.3.	La troisième étape (Analyse des données).....	66
1.1.4.	Quatrième étape (réalisation de la carte).....	67
	La réalisation de la carte repose sur les étapes suivantes .....	67
<b>1.2.</b>	<b>La répartition des fuites réparées en fonction du matériau et le diamètre .....</b>	<b>68</b>
1.2.1.	Commune de Chetouane .....	68
1.2.1.1.	Diamètre .....	68
1.2.1.2.	Matériau .....	69
1.2.2.	Commune de Tlemcen .....	69
1.2.2.1.	Diamètre .....	70
1.2.2.2.	Matériau .....	70
1.2.3.	Commune de Mansourah .....	71
1.2.3.1.	Diamètre .....	71
1.2.3.2.	Matériau .....	72
<b>1.3.</b>	<b>Le groupement urbain de Tlemcen .....</b>	<b>72</b>
1.3.1.	Répartition des fuites par type de matériau .....	73
1.3.2.	Répartition des fuites par diamètre .....	74
<b>1.4.</b>	<b>La répartition des fuites réparées par commune et les zones noires suivant la carte ....</b>	<b>76</b>
1.4.1.	Le GUT .....	76



1.4.1.1.	Mansourah .....	76
1.4.1.2.	Tlemcen .....	77
1.4.1.3.	Chetouane .....	78
1.4.2.	D'autres causes de fuite .....	81

## **Chapitre III: LA SECTORISATION ET LA MODELISATION**

<b>1.</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>84</b>
<b>1.1.</b>	<b>La Sectorisation.....</b>	<b>84</b>
1.1.1.	Pourquoi mettre en place une sectorisation .....	84
1.1.2.	Principe de la sectorisation .....	85
1.1.3.	La démarche de diagnostic .....	85
1.1.4.	La réalisation d'un diagnostic du réseau est désormais obligatoire avec l'application de la loi Grenelle 2. ....	86
1.1.5.	Les niveaux de sectorisation .....	87
1.1.5.1.	Premier niveau de sectorisation .....	87
1.1.5.2.	deuxième niveau de sectorisation .....	89
1.1.5.3.	Troisième niveau de sectorisation .....	92
1.1.6.	Sectorisation et recherche de fuite .....	93
1.1.6.1.	Analyse des débits de nuit .....	93
1.1.6.2.	Débits de fuites .....	93
1.1.6.3.	Analyse du volume journalier .....	94
1.1.6.4.	La délimitation des secteurs .....	94
1.1.7.	Critères de mise en place de la sectorisation .....	94
1.1.7.1.	Hydraulique .....	95
1.1.7.2.	Disposition du réseau .....	95
1.1.7.3.	Aspect économique .....	95
1.1.8.	Les appareils de comptage pour la sectorisation des réseaux .....	95
1.1.8.1.	Les appareils de comptage .....	96
1.1.8.2.	Les contraintes techniques .....	97
1.1.9.	La gestion des appareils de comptage .....	98
<b>1.2.</b>	<b>Méthodologie permettant de suivre des débits de sectorisation .....</b>	<b>98</b>
1.2.1.1.	Estimation des consommations.....	99
1.2.1.2.	Changement d'échelle de temps .....	99

1.2.1.3.	Utilisation de filtres .....	99
<b>1.3.</b>	<b>Les points de mesure .....</b>	<b>100</b>
1.3.1.	Les mesures de débit .....	100
1.3.2.	Les mesures de niveau .....	100
1.3.3.	Les mesures de pression .....	101
<b>1.4.</b>	<b>L'acquisition et l'interprétation des données .....</b>	<b>101</b>
1.4.1.	Le suivi annuel.....	101
1.4.2.	Le suivi ponctuel.....	101
1.4.3.	Le suivi permanent.....	102
<b>2.</b>	<b>La sectorisation du réseau de BOUHANAK .....</b>	<b>103</b>
<b>2.1.</b>	<b>Présentation du réseau .....</b>	<b>103</b>
2.1.1.	Caractéristiques du réseau .....	103
2.1.1.1.	Conduits .....	103
2.1.1.2.	Type de sol et le relief .....	107
2.1.2.	Sectorisation du réseau Bouhanak .....	109
2.1.2.1.	La conception .....	109
<b>2.2.</b>	<b>La mise en place des outils de mesure .....</b>	<b>110</b>
<b>2.3.</b>	<b>L'acquisition des données et l'interprétation .....</b>	<b>111</b>
2.3.1.	Les indicateurs à produire par secteur .....	112
2.3.2.	Niveau de sectorisation de Bouhanak.....	114
2.3.2.1.	Premier niveau de sectorisation .....	114
Calculs de Secteur 1 .....		116
Secteur 2 .....		119
2.3.2.2.	2ème niveau de sectorisation .....	121
2.3.2.3.	3ème niveau de sectorisation .....	124
2.3.2.4.	Récapitulatif .....	125

## Liste des tableaux :

<i>Tableau 1.1 : production du barrage Meffrouch</i>	17
<i>Tableau 1.2 : production du barrage Béni-Bahdel</i>	18
<i>Tableau 1.3 : production des forages au niveau du GUT</i>	18
<i>Tableau 1.4 : production des sources au niveau du GUT</i>	19
<i>Tableau 1.5 : capacité des différents réservoirs réparti sur le GUT (source 2009 ADE)</i>	20
<i>Tableau 1.6 : Le matériau le plus utilisé, son diamètre et son fonctionnement (source 2004 ADE)</i>	22
<i>Tableau 1.7 : le matériau le plus utilisé, son diamètre et son fonctionnement (source 2004 ADE)</i>	23
<i>Tableau 1.8 : le matériau le plus utilisé, son diamètre et son fonctionnement (source 2004 ADE)</i>	23
<i>Tableau 1.9 : la répartition des abonnés dans l'année 2012 (source 2012 ADE)</i>	33
<i>Tableau 1.10 : les grands consommateurs dans le GUT (source ADE 2009)</i>	36
<i>Tableau 1.11 : Les indicateurs de base</i>	38
<i>Tableau 1.12 : Les indicateurs clé</i>	39
<i>Tableau 1.13: les normes du rendement primaire au niveau international</i>	43
<i>Tableau 1.14: Valeur de référence de l'ILP primaire (calculé hors branchements) :</i>	45
<i>Tableau 1.15 : les Détail d'un bilan d'eau et des différentes définitions de volumes ].</i>	47
<i>Tableau 1.16: Hypothèse par organe et par type de fuite utilisées pour le calcul de l'UARL .</i>	51
<i>Tableau 1.17: Volume unitaire par organe et par type de fuite utilisés pour le calcul de l'UARL</i>	52
<i>Tableau 1.18 : L'écoulement d'eau par différentes orifices</i>	57
<i>Tableau 2.1 : analyse préliminaire du contenu des BRQ</i>	65
<i>Tableau 2.2 : Exemple d'un tableau final</i>	66
<i>Tableau 3.1 : caractéristiques des conduits en Acier Galvanisé</i>	103
<i>Tableau 3.2 : caractéristiques des conduits en Fonte ductile (source ADE).</i>	104
<i>Tableau 3.3 : caractéristiques des conduits en Acier Enrobé (source ADE).</i>	105
<i>Tableau 3.4 : La longueur des conduits dans le réseau</i>	106
<i>Tableau 3.5 : caractéristiques des deux secteurs</i>	116
<i>Tableau 3.6 : caractéristiques des sous-secteurs</i>	121
<i>Tableau 3.8 : les caractéristiques des ouvrages</i>	139

## Listes des figures :

Figure 1.1: Variations du volume produit (2000 – 2011) (source ADE) .....	19
La figure 1.2: Les diamètres les plus utilisés dans le GUT (source 2004 ADE). .....	21
La figure 1.3: Les types des matériaux les plus utilisé dans le GUT (source 2004 ADE) .....	22
La figure 1.4: Variations du volume distribué (2000 – 2011) (source ADE).....	24
Figure 1.5: horaire de distribution dans le GUT (source ADE 2011) .....	24
Figure 1.6: type de consommateurs (source ADE 2012).....	33
Figure 1.7 : La variation de volume facturé dans le GUT entre (2000-2011) (source ADE 2012) .....	34
Figure 1.8 : la variation du volume distribué annuellement (source ADE).....	35
Figure 1.9 : la dotation entre (l/s) (2006-2011) (source ADE) .....	36
Figure 1.10 : la variation du volume produit et distribué annuellement (source ADE).....	40
Figure 1.11 : la variation du volume distribué et facturé annuellement (source ADE).....	41
Figure 1.12 : taux de réparation de fuit .....	42
Figure 1.13 : Le Rendement primaire .....	43
Figure 1.14 : Rendement primaire et Fuite enregistré .....	44
Figure 1.15 : L'indice linéaire de perte (2000 – 2011) .....	45
Figure 1.16: Indice linéaire de fuit réparé (Nombre /km).....	46
Figure 1.17 : comparaison entre l'indice linéaire de perte et l'indice linéaire de fuite réparé. ....	46
Figure 1.18 : perte d'eau dans le GUT entre (2000 – 2011) (source ADE).....	55
Figure 1.19 : répartition des volumes après la distribution (2011) .....	59
Figure 2.1: Répartition des ruptures en fonction du diamètre (mm) dans le réseau de Chetouane .....	68
Figure 2.2: Répartition des ruptures en fonction du matériau dans le réseau de Chetouane .....	69
Figure 2.3: Répartition des ruptures en fonction du diamètre (mm) dans le réseau de Tlemcen .....	70
Figure 2.4: Répartition des ruptures en fonction du matériau dans le réseau de Tlemcen.....	70
Figure 2.5: Répartition des ruptures en fonction du diamètre (mm) dans le réseau de Mansourah .....	71
Figure 2.6: Répartition des ruptures en fonction du matériau dans le réseau de Mansourah.....	72
Figure 2.7: Répartition des ruptures dans le réseau du GUT.....	72
Figure 2.8 : Les types des matériaux les plus utilisé dans le GUT (source 2004 ADE).....	73
Figure 2.9 : Répartition des ruptures en fonction du matériau dans le réseau du GUT .....	74
Figure 2.10 : Les diamètres les plus récentes dans le GUT (source 2004 ADE).....	74
Figure 2.11 : Répartition des ruptures en fonction du diamètre (mm) dans le réseau de GUT.....	75
Figure 2.12: les zones noires dans le GUT .....	76
Figure 2.13: les zones noires dans la commune de Mansourah.....	76
Figure 2.14 : les zones noires dans la commune de Tlemcen .....	77
Figure 2.15 : les zones noires dans la commune de Chetouane .....	78
Figure 2.16 : Localisation des sols expansifs au niveau du GUT.....	80

<i>Figure 3.1 : Les étapes de diagnostique .....</i>	<i>86</i>
<i>Figure 3.2 : Les diamètres des conduites en Acier Galvanisé. ....</i>	<i>104</i>
<i>Figure 3.3 : Les diamètres des conduites en fonte ductile.....</i>	<i>105</i>
<i>Figure 3.4 : Les diamètres des conduites en fonte ductile.....</i>	<i>106</i>
<i>Figure 3.5 : Les conduites les plus utilisé dans le réseau de Bouhanak. ....</i>	<i>107</i>
<i>Figure 3.6 : plan de réseau de Bouhanak .....</i>	<i>108</i>
<i>Figure 3.7 : premier niveau de sectorisation .....</i>	<i>113</i>
<i>Figure 3.8 : schéma du premier secteur .....</i>	<i>118</i>
<i>Figure 3.9 : schéma du deuxième secteur .....</i>	<i>120</i>
<i>Figure 3.10 : deuxième niveau de sectorisation .....</i>	<i>123</i>
<i>Figure 3.11 : La répartition de la pression au niveau du réseau de Bouhanak.....</i>	<i>141</i>
<i>Figure 3.12 : la répartition de la pression sur le réseau de Bouhanak .....</i>	<i>141</i>
<i>Figure 3.13 : la répartition du débit dans le réseau de Bouhanak .....</i>	<i>141</i>
<i>Figure 3.14: le débit qui alimente 200log, 300log, Affak, 17 oct.....</i>	<i>142</i>
<i>Figure3.15 : le débit produit et le débit distribué dans 24 H .....</i>	<i>142</i>
<i>Figure 3.16 : Courbe de modulation de la consommation .....</i>	<i>144</i>
<i>Figure3.17 : La répartition de la vitesse a 1h00 du matin dans notre réseau .....</i>	<i>145</i>
<i>Figure 3.18 : La répartition de la vitesse a 8h00 du matin dans notre réseau .....</i>	<i>146</i>
<i>Figure 3.19 : la répartition des fuites réparées sur le réseau de Bouhanak .....</i>	<i>147</i>
<i>Figure 3.20 : Solution proposé pour El Hebek .....</i>	<i>149</i>

# Chapitre I

## **1. Introduction :**

L'entreprise nationale Algérienne des eaux (unité de Tlemcen) assure l'alimentation en eau potable d'un peu plus de 270 000 habitants. Le linéaire du réseau du groupement urbain de Tlemcen est de l'ordre de 586 km, il assure l'alimentation en eau potable de trois communes qui se compose de 14 zones de dessertes.

Dans le contexte actuel de préservation de la ressource en eau, la lutte contre les fuites des réseaux d'eau est un enjeu majeur. Une étude de la problématique de la réduction des fuites des réseaux d'alimentation en eau potable a été proposée.

L'objectif de notre travail est de réaliser une étude permettant de connaître l'impact des pertes par fuite sur le réseau d'AEP du GUT :

Il est constitué de trois parties.

- Le cadre de l'étude ainsi que la reconnaissance de l'état actuel du réseau sont exposés dans la première partie.
- La deuxième partie est la réalisation d'une carte schématisant la répartition et l'évolution des fuites enregistrées sur les conduites du réseau du GUT
- La troisième partie de ce travail est consacrée pour la sectorisation et la modélisation d'une partie de réseau du GUT.

## **2. CARACTERISTIQUES DU RESEAU DE GROUPEMENT URBAIN DE TLEMCEN (GUT) :**

### **2.1. Le groupement urbain de Tlemcen (GUT) :**

Le groupement des communes de Tlemcen, Chetouane et Mansourah occupe environ 11.220 hectares constituant le bassin intérieur de Tlemcen. Ce bassin est limité au Sud par la falaise

de LallaSetti, au Nord par la haute colline d'Ain El Houtz, à l'Est par Oum El Allou et à l'Ouest par les monticules de Béni Mester. Le GUT comprend les communes de Tlemcen, Mansourah et Chetouane.

### **2.1.1. L'entreprise gérante :**

L'alimentation en eau potable du GUT est assurée par l'entreprise nationale l'Algérienne des eaux (ADE).

Algérienne des eaux assure sur tout le territoire national, la mise en œuvre de la politique nationale de l'eau potable à travers la prise en charge des activités de gestion des opérations de production, de transport, de traitement, de stockage, d'adduction, de distribution et d'approvisionnement en eau potable et industrielles ainsi que le renouvellement et le développement des infrastructures s'y rapportant.

### **2.1.2. Les ressources en eau :**

Les ressources au niveau de la wilaya de Tlemcen sont varier et ainsi ils représentent des quantités importante au point qu'elle alimente d'autre wilaya comme Oran et Bel Abbes, mais l'alimentation de la ville de Tlemcen est assuré par les ressources suivante : des barrages (Sekkak, Mefrouche ....) station de dessalement (Souk Tlata, Honaine) les forages et les sources.

La situation de l'Alimentation d'eau potable du GUT est caractérisée par :

Une production d'eau potable en 2011 de 57 792 m<sup>3</sup>/j répartie comme suite :

- Barrage Meffrouche : 12000 m<sup>3</sup>/j ;
- Barrage Sekkak : 13000 m<sup>3</sup>/j ;
- SDEM Souk Tletta : 15792 m<sup>3</sup>/j ;
- Forages: 15000 m<sup>3</sup>/j ;
- Sources : 2000 m<sup>3</sup>/j.



### 2.1.3. La distribution: (ADE 2011)

Une distribution d'eau potable de 54 902 m<sup>3</sup>/j.

La capacité de stockage total est de **58 300m<sup>3</sup>** avec 31 réservoirs réparti sur les communes suivantes:

- Tlemcen : 19 réservoirs Capacité 37 650 m<sup>3</sup> ;
- Mansourah : 5 réservoirs Capacité 13 300 m<sup>3</sup> ;
- Chetouane : 8 réservoirs Capacité 7 350 m<sup>3</sup>.

Avec un programme de distribution de :

- H24 : 50% pour 124 749 Hab ;
- Quotidiennement: 21 % pour 53 654 Hab ;
- 1j/2j : 24 % pour 55 261 Hab ;
- 1j/3j : 5% pour 13 836 Hab.

## 3. La gestion et l'alimentation en eau potable du groupement urbain de Tlemcen :

### 3.1. La production :

Les sources responsables de la production sont les suivantes :

#### 3.1.1.1. Barrages: (ADE 2006)

- Barrage El Meffrouch:

Tableau 1.1 : production du barrage Meffrouch

Capacité totale (Mm <sup>3</sup> )	Zones desservies	Volume prélevé (m <sup>3</sup> /j)
15	Daira de Tlemcen	12 000
	Daira de Mansourah	
	Daira de Chétouane	

- Adduction Béni-Bahdel:

Tableau 1.2 : production du barrage Béni-Bahdel

Capacité totale (Mm3)	Zones desservies	Volume prélevé (m3/j)
56	G.U.Tlemcen	9155

- Barrage Sekkak : une production de **13000 m3/j**

### 3.1.1.2.Forages : (2006 ADE)

Tableau 1.3 : production des forages au niveau du GUT

Forages (en service)	Débit
Ain-Houtz	1802 m3/j
Saf-Saf II	1614 m3/j
Saf-Saf III	1660 m3/j
Benzerdjeb	454 m3/j
Ouzidène	1499 m3/j
Chétouane 1	781 m3/j
Mansourah 2	711 m3/j
Minaret	230 m3/j
Birouana 1	1026 m3/j
Ain Defla	1828 m3/j
ksar Chaara	129 m3/j
Imama	24 m3/j
Les Oliviers	652 m3/j
Beni Boublène 1	462 m3/j
Kiffane 2	65 m3/j
Hopital	439 m3/j
Djelissa	24 m3/j
CommendantFaradj	342 m3/j
Beni Boublène 2	2212 m3/j
Bouhenak	636 m3/j
Chetouane 2	2170 m3/j
Koudia	1193 m3/j
FeddaneSebaa	660 m3/j
Oudjlida	598 m3/j
SP3	1369 m3/j

### 3.1.1.3.Sources : (exemple 2006 ADE)

Tableau 1.4 : production des sources au niveau du GUT

Sources (en service)	Débit
Fouara supérieure	1 451 m <sup>3</sup> /j
Fouara inférieure	353 m <sup>3</sup> /j
Ain-Bendou	281 m <sup>3</sup> /j
<b>Total</b>	<b>2 085 m<sup>3</sup>/j</b>

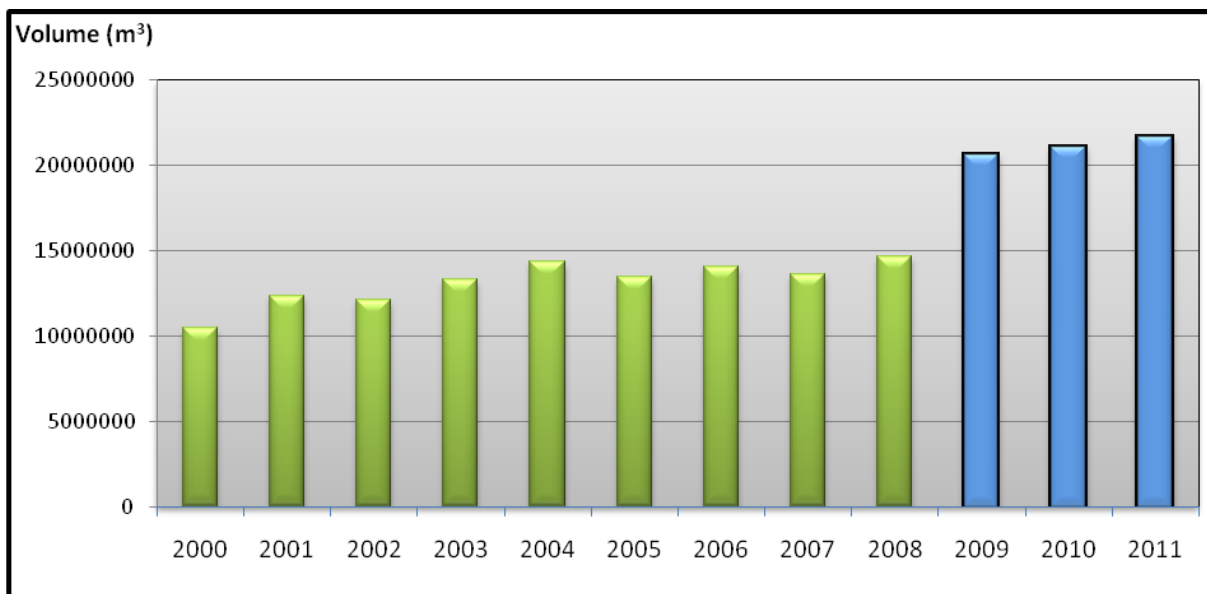


Figure 1.1: Variations du volume produit (2000 – 2011) (source ADE)

Le volume d'eau produit pour alimenter les réservoirs du GUT est entraine d'augmenté d'une façon remarquable avec une marche d'environ 1000 000 m<sup>3</sup>/an (figure 1.1).

## 3.2. La distribution :

### 3.2.1. Le réseau :

C'est un réseau de 586 Km de longueur qui alimente une population d'environnant **247500**.

### 3.2.2. Les réservoirs :

Tableau 1.5 : capacité des différents réservoirs réparti sur le GUT (2009 ADE)

Commune	N	d'ouvrages en exploitation	Capacité m <sup>3</sup>
Tlemcen	1	Boudghene	2000
	2	Sidi chaker 1	2000
	3	Sidi chaker 2	2000
	4	Birouana	1500
	5	Sidi Tahar	700
	6	Pépinière	2000
	7	Cherbal 1	3000
	8	Cherbal 2	3000
	9	Kbassa(T-R)	2x2000
	10	Zone Industrielle	4x1300
	11	Koudia	500
	12	Attar	1500
	13	Fouara Inférieur	2000
	14	Oudjlida 1	1000
	15	Oudjlida 2	3000
	16	Aïn El Houtz	500
	17	LallaSetti	3000
	18	Aïn El Houtz	250
	19	Oudjlida	500
<b>Total</b>			<b>37650</b>
Mansourah	20	Boudjmil	2x2000
	21	Petit Mansourah	100
	22	Mansourah	2x2000
	23	Nouveau Mansourah	5000
	24	Beni Boublène	200
<b>Total</b>			<b>13300</b>
Chetouane	25	Mdig Sidi Aïssa	200
	26	Chetouane 2 (Douimnie 2)	3000
	27	Douimnie 1	1000
	28	Ouzidane	150
	29	Haouche El Wâar	500
	30	Haouche El Wâar	1000
	31	SafSaf 2	1000
	32	SafSaf 1	500
<b>Total</b>			<b>7350</b>
<b>Total Tlemcen</b>			<b>58300</b>

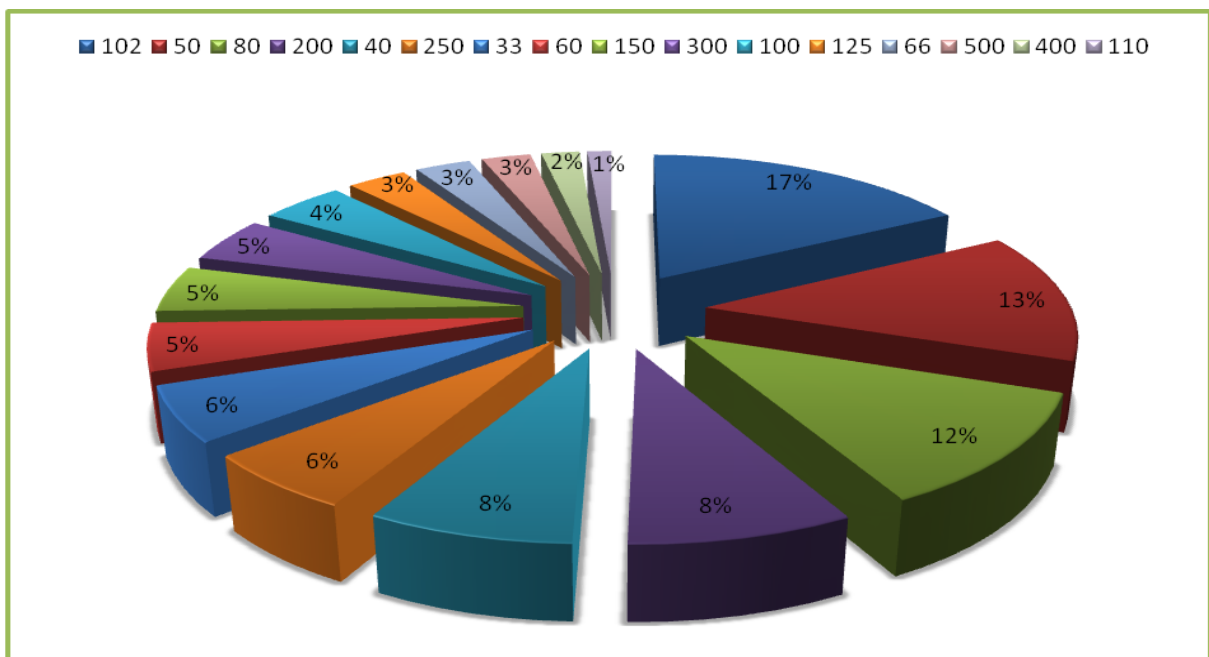
### 3.2.3. Les canalisations :

- **Longueur et diamètres :**

Le linéaire des canalisations du Groupement Urbain de Tlemcen est de **586 123 m**.

- Linéaire adduction 14 7190 m
- Linéaire distribution 438 933 m

Les diamètres des conduites sont compris entre 20 et 2000 mm.

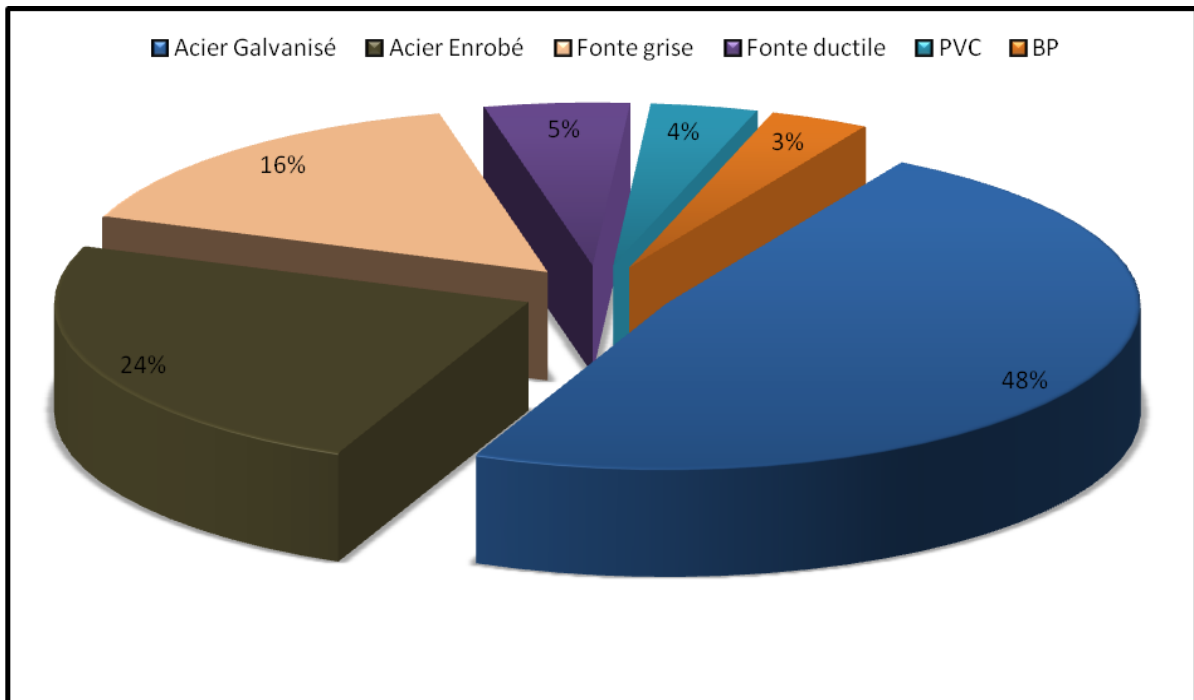


La figure 1.2: Les diamètres les plus utilisés dans le GUT (ADE 2004).

74,81% des conduites sont entre un diagonal de diamètre « 20 – 150 »

Le diamètre le plus utilisé c'est le 102 avec 17 %, suivit du diamètre 50 avec 13% et le diamètre 80 avec 11,30% (La figure 1.2).

- **Matériau :**



La figure 1.3: Les types des matériaux les plus utilisés dans le GUT (ADE 2004)

L'Acier Galvanisé représente le matériau le plus utilisé dans le réseau du GUT avec 47,13%, l'Acier Enrobé avec 23,45%, et la Fonte grise avec 15,39% (La figure 1.3).

L'utilisation de différentes conduites dans le réseau du GUT se fait de la manière suivante :

**Acier Galvanisé :** c'est le type de matériau le plus utilisé avec 47% (Tableau 1.6)

Tableau 1.6 : Le matériau le plus utilisé, son diamètre et son fonctionnement (2004 ADE)

nature	diamètre	type de conduit	% diamètre
Distribution	102	Acier Galvanisé	16,41
Distribution	50	Acier Galvanisé	12,92
Distribution	80	Acier Galvanisé	11,27
Distribution	40	Acier Galvanisé	7,25
Distribution	33	Acier Galvanisé	5,46
Distribution	66	Acier Galvanisé	2,76

**Acier Enrobé** c'est le deuxième type de matériaux utilisé avec 24% il se représente dans le Tableau 1.7:

Tableau 1.7 : le matériau le plus utilisé, son diamètre et son fonctionnement (2004 ADE)

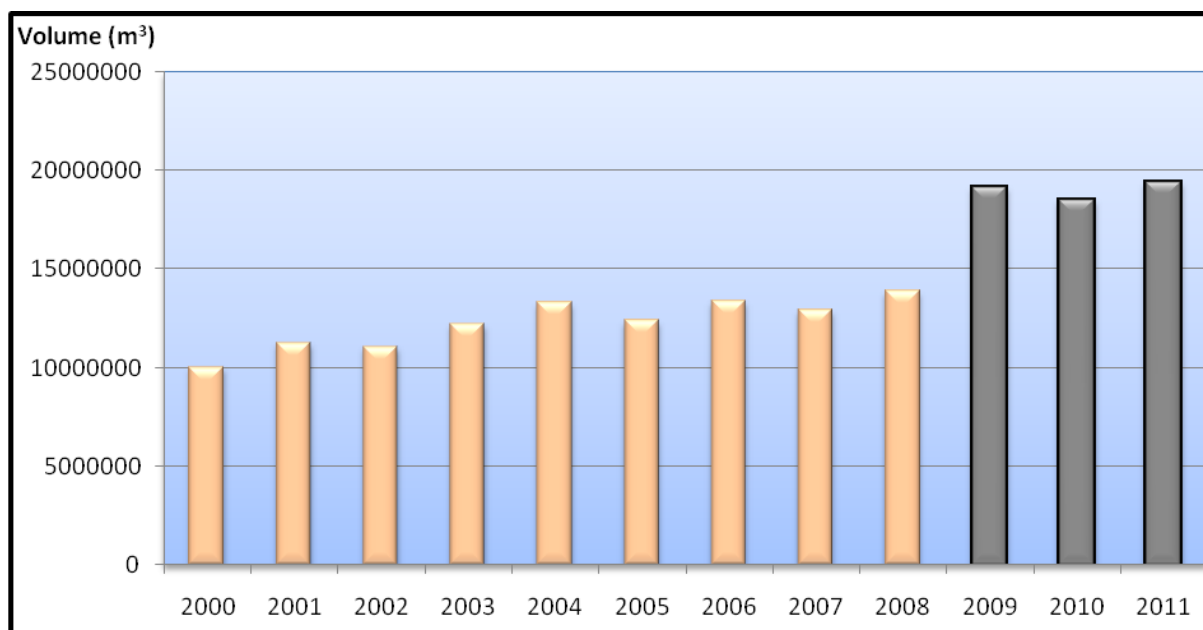
nature	diamètre	type de conduit	% diamètre
Adduction	250	Acier Enrobé	5,70
Refolement	300	Acier Enrobé	4,46
Distribution	150	Acier Enrobé	4,62
Refolement	125	Acier Enrobé	2,96
Refolement	400	Acier Enrobé	1,91

**Fonte grise** : le troisième type de conduite utilisé avec 15,4% il se représente dans le Tableau 1.8:

Tableau 1.8 : le matériau le plus utilisé, son diamètre et son fonctionnement (2004 ADE)

nature	diamètre	type de conduit	% diamètre
Distribution	200	Fonte grise	7,93
Distribution	60	Fonte grise	4,72
Distribution	100	Fonte grise	4,19

### 3.2.4. Volume distribué :



La figure 1.4: Variations du volume distribué (2000 – 2011) (ADE)

Le volume d'eau distribué pour desservir le GUT est en train d'augmenter d'une façon remarquable avec une marche d'environ 1 000 000 m<sup>3</sup>/an, alors que en 2000 le volume distribué était de 10 069 660 m<sup>3</sup> en 2011 il est de 19 412 860 m<sup>3</sup>, le volume d'eau distribué a doublé en 11 ans (La figure 1.4).

### 3.2.5. L'horaire de distribution :

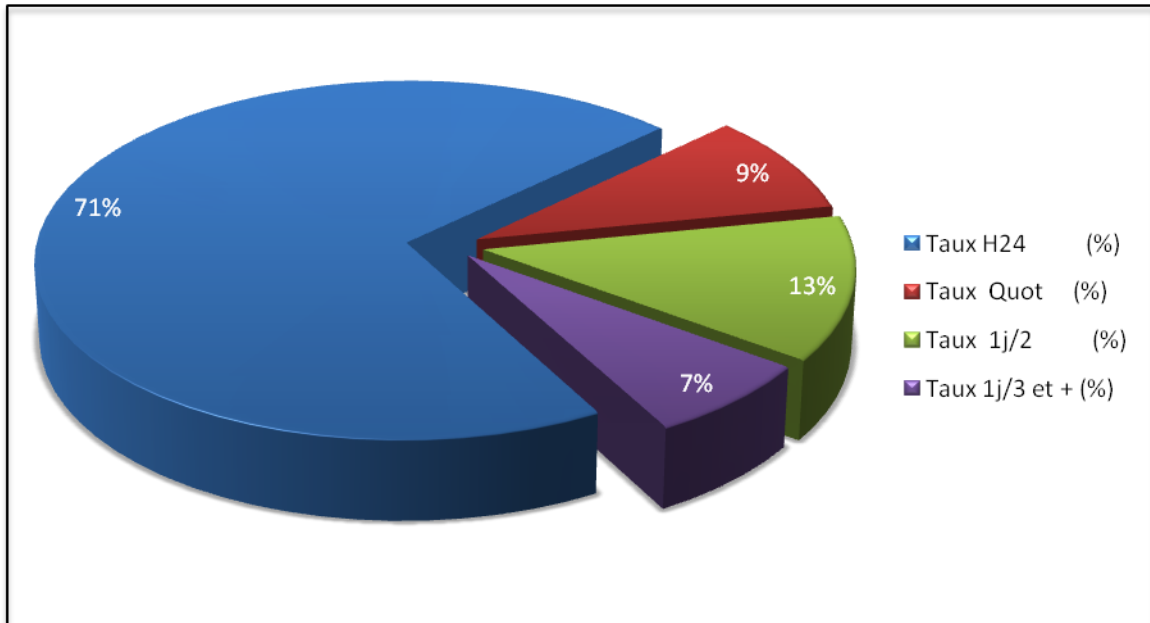


Figure 1.5: horaire de distribution dans le GUT (ADE 2011)

D'après la figure 1.5, on a quatre modes de distribution :

- D'une façon continue (H24) ;
- Quotidiennement ;
- Une journée entre deux (1j/2) ;
- Une journée entre trois ou plus (1j/3).



### 3.3. Les zones de dessert (source ADE):

La distribution est répartir sur le GUT comme suit :

Le Groupement urbain de Tlemcen est réparti sur 14 zones.

#### 3.3.1. Zone 1 :

Alimentée à partir des Réservoirs (2X2000 et 5000 m<sup>3</sup>) Mansourah, Qt=17011 m<sup>3</sup>/j (13000 M3/J de Sekkak, 3150 M3/J de BC1 et 864 du Forage).

- Population 76 636 Habitant ;
- Nombre Abonné 24 942 Abonnée ;
- Fréquence distribution : H24 : 48%, Quotidiennement : 52 % .

Cartier :

- Kiffane Centrale, 28 logements, Pomaria, 41logements ; Fg Kiffane ; kebbassa sup ; Cité Bakhti ; Cité 19 Mai ; BtRTA ; Terrain Benchaib
- Les Dahlias -348 logements ; 1079 logements haut ; Les SAM ; Terrain Moudjahidine ; 322 logements ; Les Duplex ; Cité Bahdja
- 1079logements bas; Cite Policière ; Cite Saira ; Ecole Transport Militaire ; Terrain Aichouba
- 1060 logements Haut ; Hai Nour ; Lotis louhibi ; ENTC ; Caracola ; Ibn Sina ; Mutuelle Hydraulique haut ; Hai Salem ; Village Imama ; 32logements ;
- 1060 logements bas ; Caserne 22 GL;DGSN ; Mutuelle Hydraulique Bas ; cité universitaire 01 et 02 (ROCADE) ; Pole universitaire 01 et 02
- Ponts et chaussées ; Rue bouafia ; Foyer Tlemcenien ; Bel horizon ; Bel Air ; Beau Sejour ; Cerisiers ; 325 logements ; Makhoukh-Bt Sidi Haloui Djedid ; Fedden Sbaa ; Bt Sidi Said ; Ain Karadja; Diarsaboune ; Ain Nedja, 12 logements ; Lotis Benkalfate ; Siege Wilaya ; Sureté nationale ; Cité Pasteur ;
- Cite des Jasmins; Hai Boudiaf ; Lotissement Amir Abdelkader ; Lotissement Ain el

Houtz ; djebel ; Usine OROLAIT; Bayada I et II ; Les Oliviers; Ancien Bréah

### 3.3.2. Zone 2 :

Réservoir Boudjemil 2X2000m<sup>3</sup> A partir SR Boudjemil 80L/S F Bouhanak 10L/S

- Population 21984 Habitant
- Nombre Abonné 5246 Abonnée
- Fréquence distribution : H24 100 %

Cartier :

- 200 logements ; Cite 17 Octobre ; 500 logements ; 276 logements ; Terrain Zouad ; Lotis Communal; lots BADR ; 52 Villas AFIT
- 400 logements , Cites Universitaires ( 900lits ; 1000Lits ) ; Citées Universitaires ( 700lits ; 2000Lits ) ; Cité Universitaire 500 Lits, Hai Nedjma ; Université ABOU BAKR BELKAID ; Cite Militaire; DGSN; Lotis Affak
- 476 logements ; Habak ; Cite Evolutif (Boudjemil)

### 3.3.3. Zone 3 :

Reservoirs Sidi-Chaker, Pépinière ST2 25l/s S/ Fouara 15l/s F/B 10 l/s

- Population 35129 Habitant
- Nombre Abonné 8242 Abo
- Fréquence distribution : Quot 4 % , 1J/2 4 % , 1j/ 3j 92 %

Cartier :

- Ancienne Médina ; Medresse ; Rue Belle Treille ; Bâb El Djiad-Rue docteur Damerdji Tidjani ; Allée des Pins ; BabWahren ; Rue Bataille Fellaoucene ; Fekharine ; Fg Pasteur ; Cite des Ponts et Chaussées
- Kalaa sup ; Djellissa sup ; Terrain Gourmala

- Résidence ArbiTebessi ; Lots Benkalfate ; Lots Belkhoudja ; Rue Fréreszerouk ; Lycée Cdt Farradj
- Cite des Jardins ; Lotissement Benassid ; Hartoune ; Kalaainf ; mechouar ; R'hiba ; Btmetchkana ; Ain Mazouta ; Lycée Yaghmoracene Jeu de boule ; Agadir ; Sidi Lahcene ; Bt 112 logements ; Groupement Gendarmerie ; Djenanesbiai
- RiatHamar ; StadeAkidlotfi

#### **3.3.4. Zone 4:**

Reservoir Sidi-Tahar a partir ST1 15 l/s

- Population 2655 Habitant
- Nombre Abonné 1000 Abo
- Fréquence distribution : H24 33 %, 1j/2j 67 %

Cartier :

- Abbed ; Sidi Boumedienne ; Route des Cascades ; Lotissement Khedim ; Lotissement Benabadji Résidence Wali + 60abonnees (même réseaux) H24

#### **3.3.5. Zone 5 :**

Réservoir Atar a partir SP3 LallaSetti 20 l/s

- Population 2655 Habitant
- Nombre Abonné 1000 Abo
- Fréquence distribution : H24 100 %

Cartier :

- Plateau LallaSetti ; Petit Perdreau ; Attar ; Beni-Boublene ; Boudghene sup

#### **3.3.6. Zone 6 :**

SP4 R Boudghene- et R Petti Mansourah a partir ST1 LallaSetti 17l/s et 40 SP3 (BC1 GUT)

- Population 8377 Habitant
- Nombre Abonné 2180 Abo
- Fréquence distribution : H24 : 21 % 1J/2: 18 % 1J/3:61%

Cartier :

- Hai Wali Mustapha -Village Mansourah
- Cite Hydraulique ; Mutuelle Agricole ; Cite Exécutif ; Terrain Mesli ; Riat El kebir ;  
Division des pompiers ;

CHU Tlemcen -Terrain Larafi ; Terrain Meghraoui ; Terrain Bouayed ; Terrain Ben Hamza ;  
Technicum sidi chaker

### **3.3.7. Zone 7 :**

Reservoir Birouana a partir ST1 25 l/s

- Population 2980 Habitant
- Nombre Abonné 444 Abo
- Fréquence distribution : 1J/2= 100 %

Cartier :

- Birouana Nord ; Birouana Sud ; Lotissement Okbani ; Kalaa sup ; RiatSeffar ; Villa  
Riveau ; CooperatifImmobiliere ; Rue Dali Yahia ; Djellissainf ; Lotissement  
Mokrani ; CE M Sidi Chaker ; Lotissement Boukli

### **3.3.8. Zone 8 :**

Réservoir Zone industrielle et Ain Defla à partir Ain Bendou et F/ FedenSebaa 35 L/S

- Population 6117 Habitant
- Nombre Abonné 1570 Abo
- Fréquence distribution : H24 64 % 1j/2j 36 %

Cartier :

- Village Ain Defla,-Lotissement Ain Defla
- Cité Soitex -Sidi Othmane ; Sidi Daoudi (Refoulement Sp Ain Bendou) ET Zone Industrielle

### 3.3.9. Zone 9 :

Reservoir Safsaf forage Safsaf 2 20 l/s

- Population 2378 Habitant
- Nombre Abonné 1150 Abo
- Fréquence distribution : H24 4 % 1j/3j 96 %

Cartier :

- Village saf-saf-M'digue ; sidi aissa ; Kouasser ; OuledBelgharbi
- Ferme hamadouche ; Ferme falleh ; SOGEDIA

### 3.3.10. Zone 10 :

Réservoir Chetouane 1000 +3000+ CH 250m a partir Forages CH -1CH2 -CH3(41 l/s)

- Population 10318 Habitant
- Nombre Abonné 4465 Abo
- Fréquence distribution : H24 12 % 1j/3j 88 %

Cartier :

- 270 logements ; 50 Logements ; cité mimosa
- Centre chetouane ; Fg chetouane ; Btbouarfa
- Cite des Oliviers
- Cité 162 logements ; cité 125 logements ; Cité DNC ; STEP Ain el Houtz

- Université Chetouane ; Cité universitaire

### **3.3.11. Zone 11 :**

A partir du BC 2 «35L/S »

- Population 2278 Habitant
- Nombre Abonné 1046 Abo
- Fréquence distribution : 1j/2j 35 % ; 1j/3j 65 %

Cartier :

- Centre Ouzidane
- 125 logements
- Sidi Yahia ; Hamri
- Haouch El Waer ; Lotissement Ouzidane ; Chetouane (PB)

### **3.3.12. Zone 12 :**

Réservoir Ain Houtz à partir piquage BP 1100                      14 L/S

- Population 1809 Habitant
- Nombre Abonné 410 Abo
- Fréquence distribution : H24 100 %

### **3.3.13. Zone 13 :**

Réservoir Oudjelida a partir du Sp Ain houtz et forage 40 l/s

- Population 20855 Habitant

- Nombre s Abonné 3958 Abo
- Fréquence distribution : H24 88.6 % Quot 11.4 %

Cartier :

- Section A, B, C et F ; 300 Logements ; 288 Logements ; 275 Logements ; 130 Logements ; 50 Logements ; 44 Logements
- Cité 268 logements ; 250 logements ; 234 logements ; 120 logements ; 80 logements et section D

### **3.3.14. Zone 14 :**

A partir du Forages Koudia

15L/S et 15 L/s a partir de A/Tachfine et For Ain el houtz

- Population 7682 Habitant
- Nombre Abonné 2913 Abo
- Fréquence distribution : 1j/3j 100 %

Cartier :

- Centre Koudia
- Sidi Larbi
- Cité moudjahiddines
- Bâtiment dib mounir

### **3.4. La consommation :**

#### **3.4.1. Le volume consommé ou utilisé :**

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

##### **3.4.1.1. Volume consommé comptabilisé:**

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

- abonnés domestiques : la relève des compteurs est réalisée en général une ou deux fois par an ;
- gros consommateurs (industriels, agriculteurs, services municipaux,...) : la relève est effectuée plusieurs fois par an.

##### **3.4.1.2. Volume consommé non compté:**

Ces volumes sont en général estimés :

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

#### **3.4.2. Types de consommateurs :**

Le réseau de GUT en 2012 alimente environ 135 000 abonnés, correspondant à une



consommation d'environ 10 354 203 m<sup>3</sup> par an sur les 4 catégories (Ménage, Administration, Commerce, Industrie). Les gros consommateurs d'eau sont essentiellement des hôtels et des cliniques, des activités industrielles, les chantiers, les complexes touristiques.

La figure 1.6 représente les types les plus importants de consommateur dans le GUT ainsi le pourcentage de chaque type :

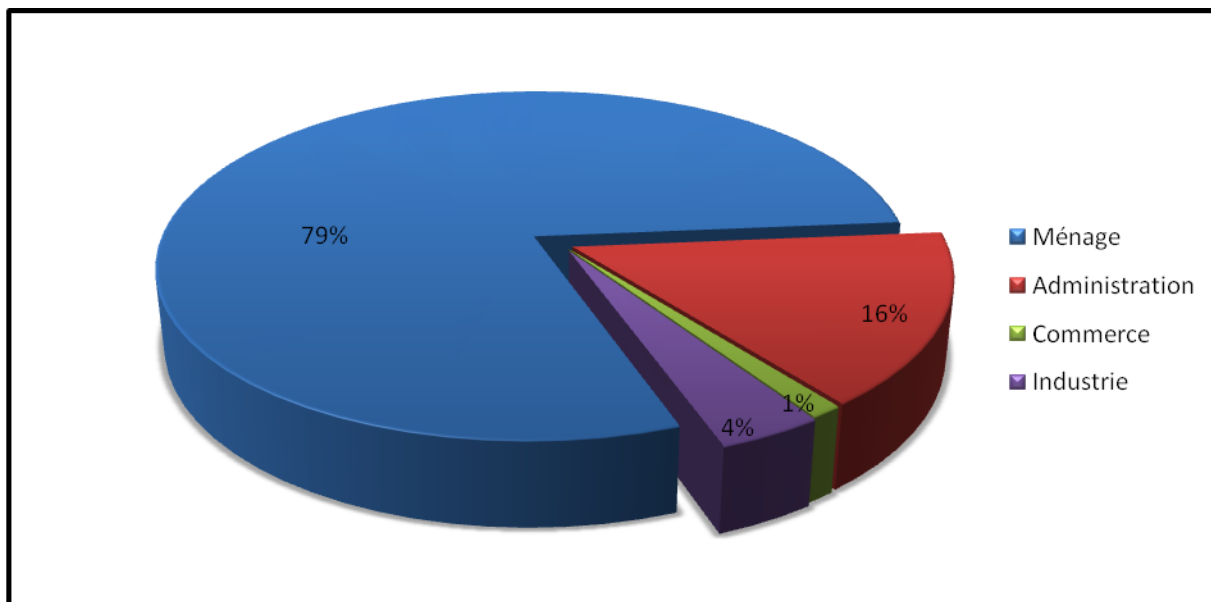


Figure 1.6: type de consommateurs ( ADE 2012)

La catégorie ménage représente le plus grand consommateur dans le réseau du GUT avec 79% suivi par l'administration avec 16% (Figure 1.6).

### 3.4.3. Répartition des consommateurs en 2012 :

Tableau 1.9 : la répartition des abonnés dans l'année 2012 (source 2012 ADE)

Catégorie	Total facturable	Compteur en marche	Compteur a l'arrêt	Sans compteur	Total forfait	Total résilié	Total non branché
<b>ménage</b>	130 141	125 224	953	3964	4917	6324	367
<b>Administration</b>	2067	2004	15	48	63	363	16
<b>Commerce</b>	2043	2010	5	28	33	550	32
<b>Industrie</b>	223	219	2	2	4	285	0
<b>Total</b>	134 551	129 532	976	4043	5019	12 351	8 546

La catégorie ménage représente le plus grand nombre d'abonné est ça explique le grand volume consommé par cette catégorie d'environ 80%, pour la catégorie administration et

commerce on a presque le même nombre de branchement mais pas la même consommation se qui explique que la catégorie commerce consomme beaucoup moins que la catégorie administration (Tableau 9).

#### 3.4.4. Variations annuelle du volume facturé entre (2000-2011) :

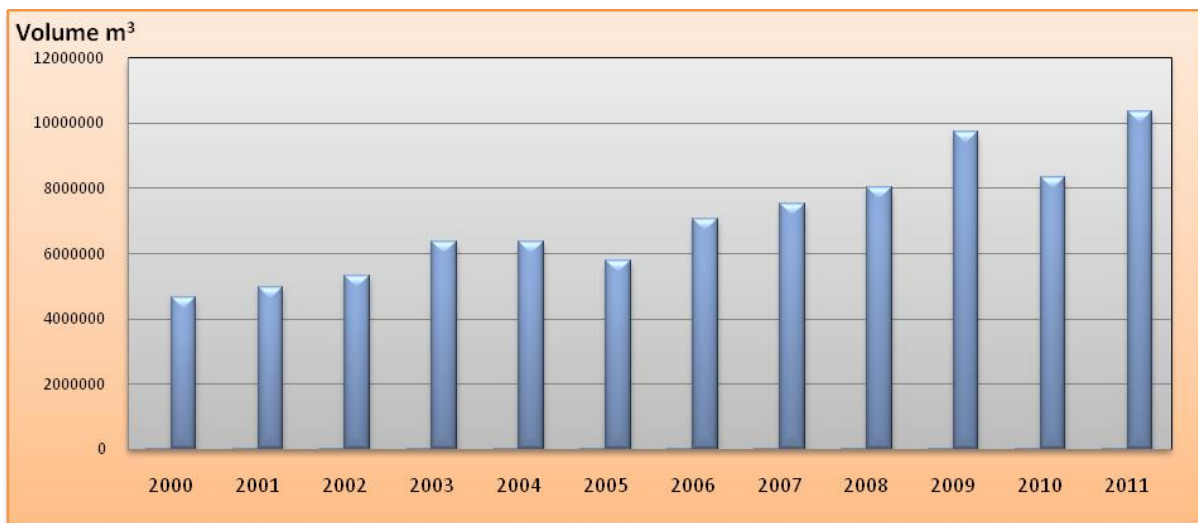


Figure 1.7 : La variation de volume facturé dans le GUT entre (2000-2011) (ADE 2012)

D'après l'histogramme (Figure 1.7) on remarque une augmentation du volume facturé à part les deux années (2005-2010) où on observe une chute de (9% - 14%), cela signifie que l'augmentation dans le volume facturé revient à :

- L'évolution démographique de la ville de Tlemcen ;
- L'augmentation du nombre des abonnés ;
- L'amélioration du niveau de vie (la dotation) ;
- L'amélioration dans la performance du réseau (l'implantation des compteurs, un taux de fuites moine, une grande vitesse d'intervention sur les fuites, minimisé le volume volé par des clandestins non branché légalement et des agriculteurs) ;
- Le développement urbain de la vile de Tlemcen (implantation des usines et des hôtels, les complexes touristique...etc.).

### Variations mensuelle de consommation dans l'année :

Les consommations varient selon le mois de l'année. Pour déterminer les périodes de plus fortes consommations, les volumes mensuels moyens mis en réseau ont été calculés à partir des données de 2002 à 2006, ceci pour s'affranchir des fuites.

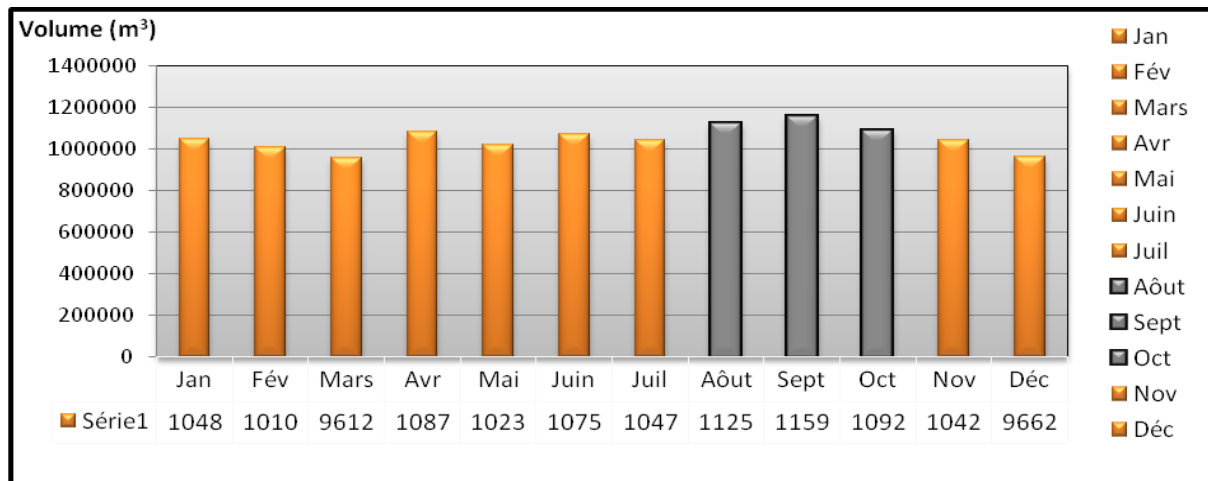


Figure 1.8 : la variation du volume distribué annuellement (ADE 2000-2011)

Durant les mois d'Aout, septembre et octobre, le volume d'eau mis en réseau est plus important.

Le volume moyen mis en réseau durant ces trois mois est de 1 125 606 m<sup>3</sup>/mois, soit **96 452 m<sup>3</sup>/mois** de plus que le volume moyen mis en réseau pour les autres mois.

Cette augmentation de consommation s'explique par un mode de vie différent durant les mois de l'année pour lesquels les températures sont plus élevées. En effet, lorsqu'il fait plus chaud, une grande quantité d'eau est utilisée pour l'hygiène (les douche...), arroser les pelouses et les jardins.

#### 3.4.4.1.L'évolution démographique :

Une évolution démographique aussi importante en 2006 une population desservie de 227041 habitants, en 2011 une population desservie de 247500 habitants, qui veut dire une évolution de 8% seulement dans 4ans.

#### 3.4.4.2.Nombre d'abonné :

Le nombre d'abonné a augmenté de puis l'année 1999 lorsque il a été à 32 283 abonnée, et en 2012 il est à 134 551 abonnée, une augmentation d'environ 100 000 nouveau branchement et sa revient a l'évolution démographique, l'exode rural, et la lutte contre le vole d'eau ainsi et

les piquages illicite (l'implantation des compteurs).

### 3.4.4.3.La Dotation :

La dotation = Volume distribué / la population desservie (source ADE)

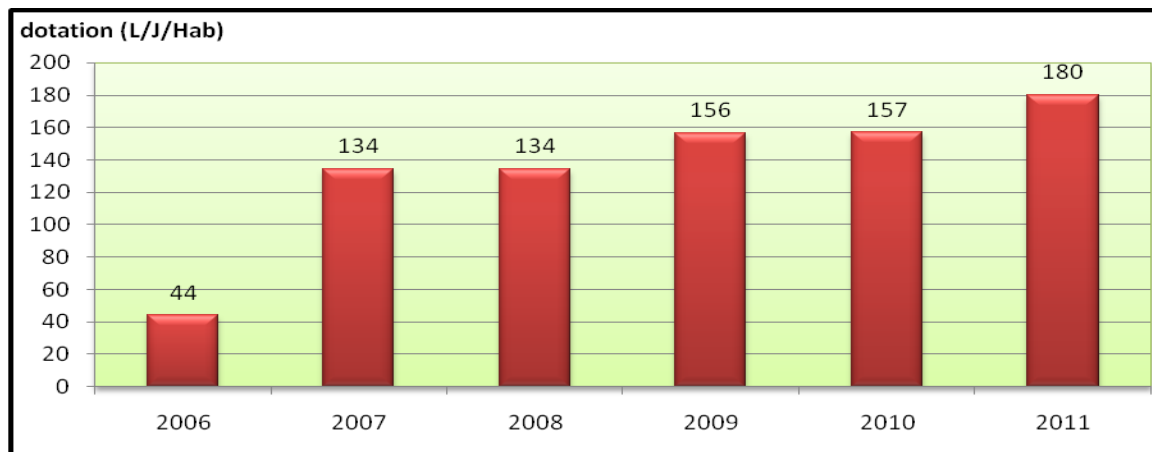


Figure 1.9 : la dotation entre (l/s) (2006-2011) (source ADE)

La ville de Tlemcen a connue une amélioration importante dans la dotation et sa revient au bien être du citoyen et signifié aussi la satisfaction en eau potable.

Cette dotation ne reflet pas la réalité étant donné que parmi les villes gérées il ya des parties qui sont alimentées au gros somme, et d'autre débits qui sont destinés aux zones industrielles, administrations, commerces, et casernes militaires à savoir:

En 2009 un quota de 6148892 m<sup>3</sup>/an est affecté pour les grands consommateurs du Groupement Urbain de Tlemcen:

Tableau 1.10 : les grands consommateurs dans le GUT (ADE 2009)

Les consommateurs	Le volume
<b>Cités Universitaires</b>	741 100 m <sup>3</sup> /an
<b>Universités</b>	454 681 m <sup>3</sup> /an
<b>Hôpital+ Secteurs Sanitaires</b>	641 069 m <sup>3</sup> /an
<b>Lycée -CEM-Ecole:</b>	390 709 m <sup>3</sup> /an
<b>Stade Akid Lotfi</b>	407 801 m <sup>3</sup> /an
<b>ENTC</b>	427 369 m <sup>3</sup> /an
<b>Casernes</b>	507 773 m <sup>3</sup> /an
<b>Bains et Douches</b>	394 675 m <sup>3</sup> /an
<b>Cafétérias</b>	434 695 m <sup>3</sup> /an
<b>Industrie</b>	590 638 m <sup>3</sup> /an
<b>Total</b>	<b>6 148 892 m<sup>3</sup>/an</b>

### **3.5. Les indicateurs de performance :**

Les indicateurs de performance sont des outils destinés à mieux rendre compte de la qualité du service rendu.

L'utilisation de ces données chiffrées peut répondre à plusieurs objectifs :

- Aider la collectivité à suivre l'évolution du service et à contrôler sa gestion ;
- évaluer la qualité des prestations à travers des indicateurs communs ;
- faciliter les négociations lors de l'attribution des contrats de délégation ;
- informer les usagers à travers des indicateurs synthétiques.

Les indicateurs de performance sont de nature à faciliter la maîtrise des services d'eau par les collectivités locales, mais, aussi pertinents soient-ils, ces quelques chiffres ne peuvent pas suffire à traduire la qualité du service.

Pour atteindre ces objectifs, il est indispensable de retenir des indicateurs simples, pertinents, représentatifs et reconnus par l'ensemble des acteurs : collectivités, exploitants, usagers, services de l'Etat....

L'intérêt essentiel de ces outils réside dans le suivi de leur évolution. Il faut donc veiller à ne pas modifier trop souvent les indicateurs choisis.

Les indicateurs peuvent être un outil intéressant de gestion à condition de les utiliser avec prudence:

- Dans le cadre d'une politique contractuelle ;
- En supprimant tous les ajustements ou les corrections sur les valeurs calculées [1].

### 3.5.1. Les différents indicateurs

Ces indicateurs couvrent l'ensemble des domaines liés à la gestion durable des services d'eau : techniques, économiques et relationnels [1].

#### 3.5.1.1. Les indicateurs de base

Le suivi d'un service d'eau nécessite, à minima, la connaissance d'un certain nombre de données relatives au système d'alimentation. Sans être exhaustif, on peut considérer que les valeurs suivantes constituent une base de données indispensable (Tableau 1.11) [1].

Tableau 1.11 : Les indicateurs de base [1]

Données	Commentaires
Nombre de branchements	Le branchement est matérialisé par la canalisation reliant le réseau public aux installations privées.
Nombre d'abonnés	Peut différer du nombre de branchements en cas d'immeubles collectifs bénéficiant d'abonnements individuels.
Nombre d'habitants	Différencier permanents et saisonniers.
Longueur du réseau (km)	Longueur de la totalité des conduites à l'exception des. Il serait intéressant de distinguer les différents matériaux ainsi que les périodes de pose.
Longueur de réseau renouvelé	La réhabilitation est prise en compte si elle prolonge la durée de vie de façon à peu près équivalente.
Volume prélevé	Volume d'eau prélevé dans le milieu naturel.
Longueur de réseau renouvelé	Volume d'eau potable issu des ouvrages de production de la collectivité.
Volume importé	Volume d'eau potable provenant d'un service extérieur
Volume exporté	Volume d'eau potable livré à un service extérieur
Volume mis en distribution	Volume introduit dans le réseau = volume produit + volume importé – volume exporté.
Volume consommé comptabilisé	Volume résultant des relevés des compteurs abonnés.
Nombre total d'analyses	Il s'agit des analyses réglementaires réalisées par la On distinguera les analyses bactériologiques des analyses physico-chimiques.
Nombre d'arrêts d'eau	Les coupures d'eau pour un seul abonné sont exclues.
Nombre de réparations	Nombre de réparations effectuées en un an sur le réseau et les accessoires (vannes, ventouses,...).
Nombre de réclamations écrites	Nombre de réclamations écrites formulées par les abonnés, tous thèmes confondus.
Prix de l'eau	Le prix de l'eau est calculé sur la base d'une consommation moyenne annuelle de 120 m <sup>3</sup> . On identifiera la part des taxes et redevances.
Encours de la dette	Dette contractée par la collectivité pour financer les installations de distribution d'eau.
Epargne brute annuelle	Recettes réelles - dépenses réelles - remboursement de la dette.

Ces données peuvent permettre de calculer quelques indicateurs clés :

Tableau 1.12 : Les indicateurs clé [1]

<b>Indicateurs</b>	<b>Mode de calcul</b>
<b>Qualité de l'eau distribuée (%)</b>	Nombre d'analyses conformes divisé par le nombre total d'analyses.
<b>Continuité de la fourniture (nombre/1000 abonnés)</b>	Nombre d'arrêts d'eau programmés ou non programmés (divisé par le nombre d'abonnés et multiplié par 1000.
<b>Indice linéaire de pertes et d'eau consommée non comptée (m3/j/km)</b>	Volume mis en distribution moins le volume consommé comptabilisé, divisé par la longueur du réseau et par 365.
<b>Rendement primaire du réseau (en %).</b>	Volume consommé comptabilisé divisé par le volume mis en distribution.
<b>Indice linéaire de réparations (nombre/km/an)</b>	Nombre de réparations effectuées divisé par la longueur du réseau en km.
<b>Taux moyen de renouvellement du réseau (%)</b>	Moyenne sur 5 ans du ratio : longueur de canalisations renouvelées par la longueur du réseau.
<b>Durée d'extension de la dette (année)</b>	Encours total de la dette divisé par l'épargne brute annuelle.
<b>Prix du service TTC au m3 pour 120m3 (€/m3)</b>	Prix du service toutes taxes et redevances comprises (€/m3) ramené au m3 pour une consommation de 120 m3.
<b>Taux de réclamations écrites (nombre pour 1000 abonnés)</b>	Nombre total de réclamations écrites divisé par le nombre d'abonnés et multiplié par 1000.

### 3.5.2. Les termes fondamentaux :

Nous rappelons ici les termes usuels qui permettent d'évaluer l'importance des pertes d'eau sur un réseau [1].

#### 3.5.2.1. Le volume prélevé :

C'est le volume prélevé dans le milieu naturel.

#### 3.5.2.2. Le volume mis en distribution :

Il s'agit du volume introduit dans le réseau de distribution d'eau potable.

Il résulte de la somme algébrique des volumes produits, importés et exportés :

- Volume produit : volume issu des ouvrages de production d'eau potable de la collectivité,
- Volume importé (ou acheté en gros) : volume d'eau potable provenant d'un service extérieur,
- Volume exporté (ou vendu en gros) : volume d'eau potable livré à un autre service extérieur [1].

**Volume mis en distribution = volume produit + importé - exporté.**

#### 3.5.2.3. Comparaison entre le volume produit et le volume distribué :

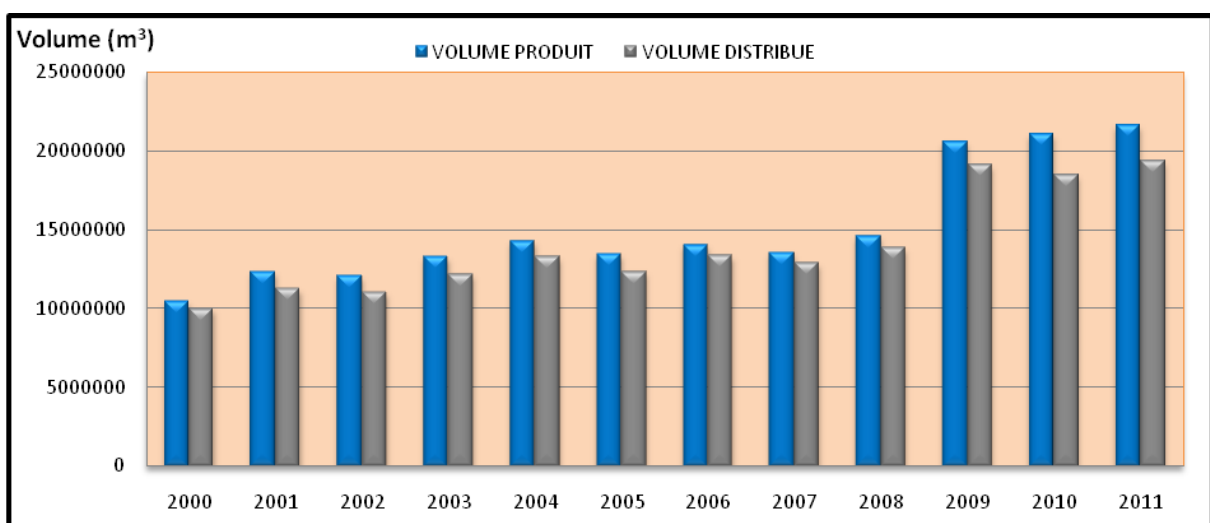


Figure 1.10 : la variation du volume produit et distribué annuellement (source ADE)



On fait la différence entre le volume produit et distribué entre (2000 – 2011) et on déduit la moyenne entre eux, sa nous donne 1 500 000 m<sup>3</sup> (Figure 1.10).

D'après la figure 1.10 la différence entre le volume produit et le volume distribué est environ 8% (1 500 000 m<sup>3</sup>). On la considère comme une valeur d'un volume perdu dans la nature à travers les fuites au niveau des canalisations qui relient les points de production (forages, puits, sources, station de traitement...), et les points de stockage (réservoirs...) par ce que on n'a pas de volume importé ni exporté.

#### 3.5.2.4. Comparaison entre le volume facturé et le volume distribué :

La figure 1.11 représente la différence entre le volume produit et le volume consommé (2000-2011).

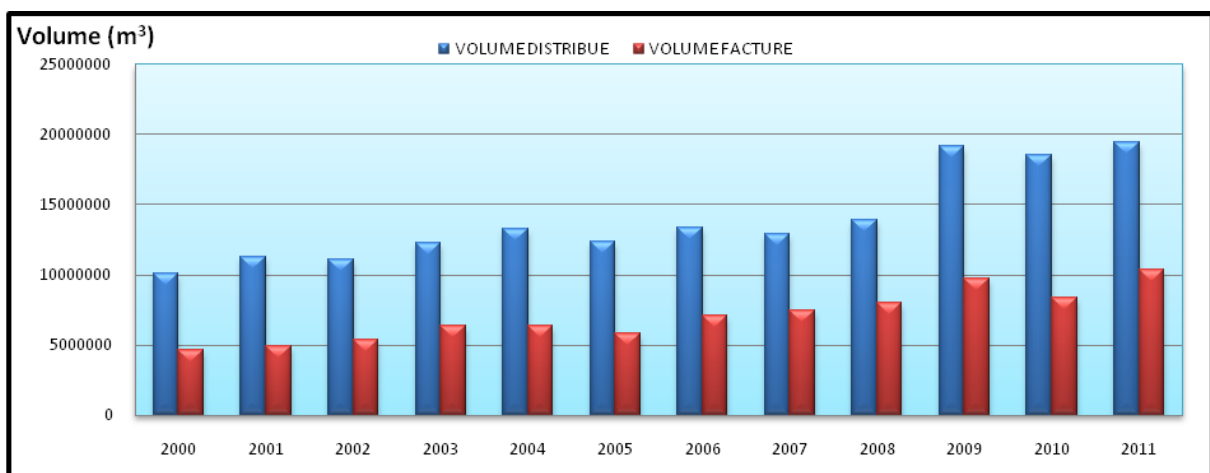


Figure 1.11 : la variation du volume distribué et facturé annuellement (source ADE)

On remarque une différence importante entre le volume facturé et le volume distribué, et elle dépasse parfois les 50%, alors que le volume distribué fait le double du volume facturé pour toutes les années depuis 2000 jusqu'à 2011 (Figure 1.11).

#### 3.5.3. Le taux de réparation de fuite :

Le taux de fuite réparé = Nombres de fuites réparé / Nombres de fuites enregistré (source ADE)

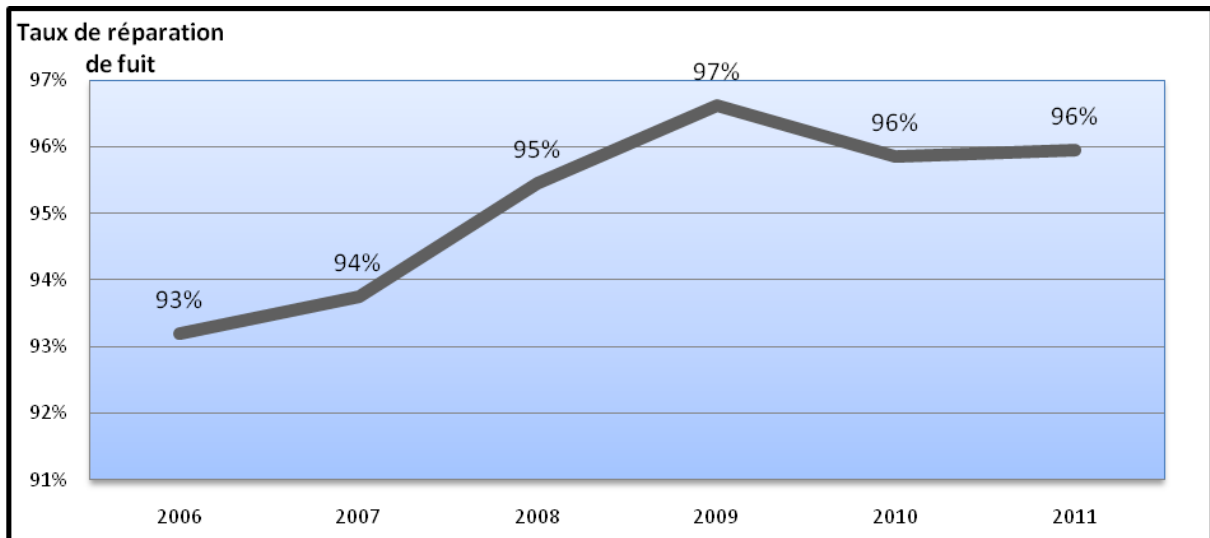


Figure 1.12 : taux de réparation de fuite

Le taux de réparation de fuite augmente depuis le 2006 et il atteint sa valeur maximale en 2009 se que signifié une amélioration dans la performance du réseau (Figure 1.12).

#### 3.5.4. Le rendement :

Le rendement est un indicateur qui permet d'apprécier la qualité d'un réseau. Il représente le rapport entre la quantité d'eau utilisée et la quantité d'eau introduite dans le réseau. Il est exprimé en pourcentage.

Il existe de nombreuses définitions du rendement qui dépendent des volumes pris en compte pour son calcul.

Nous nous limiterons ici à l'expression du rendement primaire et du rendement net.

Pour un service de distribution, l'essentiel est de définir précisément les termes utilisés et d'en suivre l'évolution d'une année sur l'autre [1].

##### 3.5.4.1. Rendement primaire :

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

$$RP = (\text{Volume consommé comptabilisé} \times 100) / \text{Volume mis en distribution} [1]$$

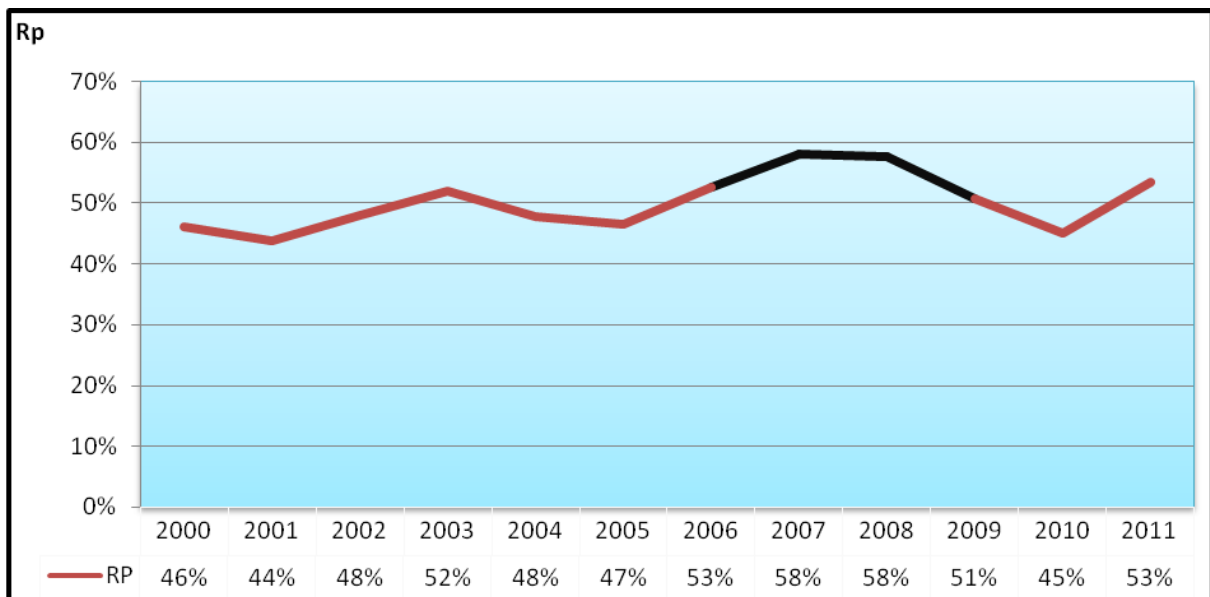


Figure 1.13 : Le Rendement primaire

- La valeur maximale du rendement dans les 11 ans c'est 58% en (2007-2008)
- La valeur minimale du rendement est 44% en (2001)

Les volumes d'eau consommés pour la défense incendie (incendie et essai des poteaux d'incendie) et les besoins du service des eaux (purges sur le réseau, ...) ne sont pas pris en compte dans le volume consommé comptabilisé (Figure 1.13).

Les normes du rendement primaire au niveau international :

Tableau 1.13: les normes du rendement primaire au niveau international

Rendement primaire	< 35	35-55	55-65	65-75	> 75
Commentaire	Très mauvais	Mauvais	Moyen	Bon	Très bon

Alors que les rendements des années 2000 à 2011 étaient mauvais, celui de 2007 et 2008 peut être qualifié de moyen. Grâce à une augmentation de plus de 14% par rapport à l'année 2001, il atteint la valeur de 58%.

Cette augmentation s'explique par :

- La détection et la réparation de nombreuses fuites ;

- La mise en place de nouveaux compteurs.

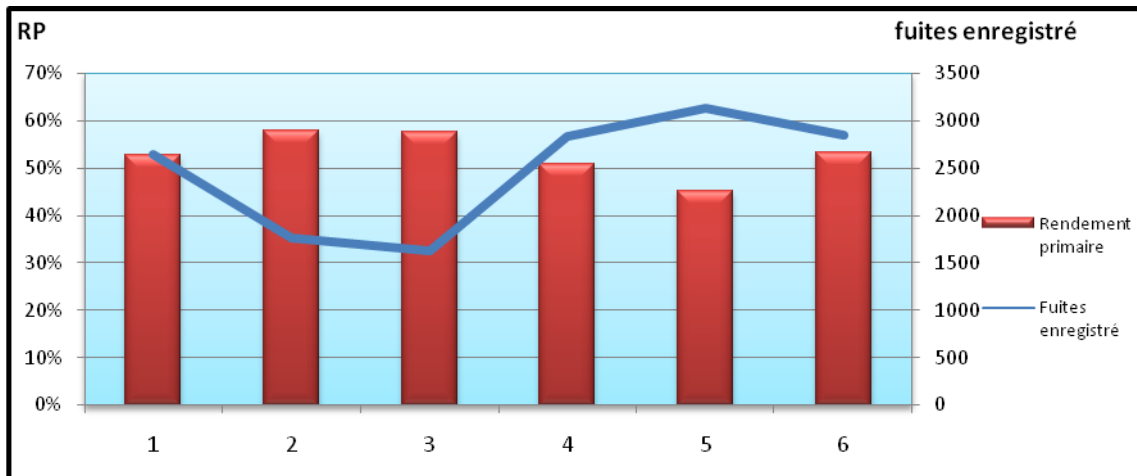


Figure 1.14 : Rendement primaire et Fuite enregistré

On remarque que le nombre des fuites enregistré n'est pas stable et il atteint sa valeur maximale en 2010, et par conséquent on a enregistré un rendement très faible (mauvais) (La figure 1.14).

### 3.5.5. L'indice linéaire de pertes :

Le rendement n'est pas un indicateur toujours pertinent pour apprécier l'état d'un réseau.

Pour ce faire, on utilise de préférence l'indice linéaire de pertes d'eau (ILP) exprimé en mètre cube par jour et par kilomètre de canalisation.

Ce paramètre permet de comparer des réseaux différents par leur longueur et leur configuration [1].

#### 3.5.5.1. L'indice linéaire de perte primaire :

On ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés.

$$\text{ILP primaire} = (\text{V annuel mis en distribution} - \text{V annuel facturé}) / (\text{linéaire de réseau} \times 365) [1]$$

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

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

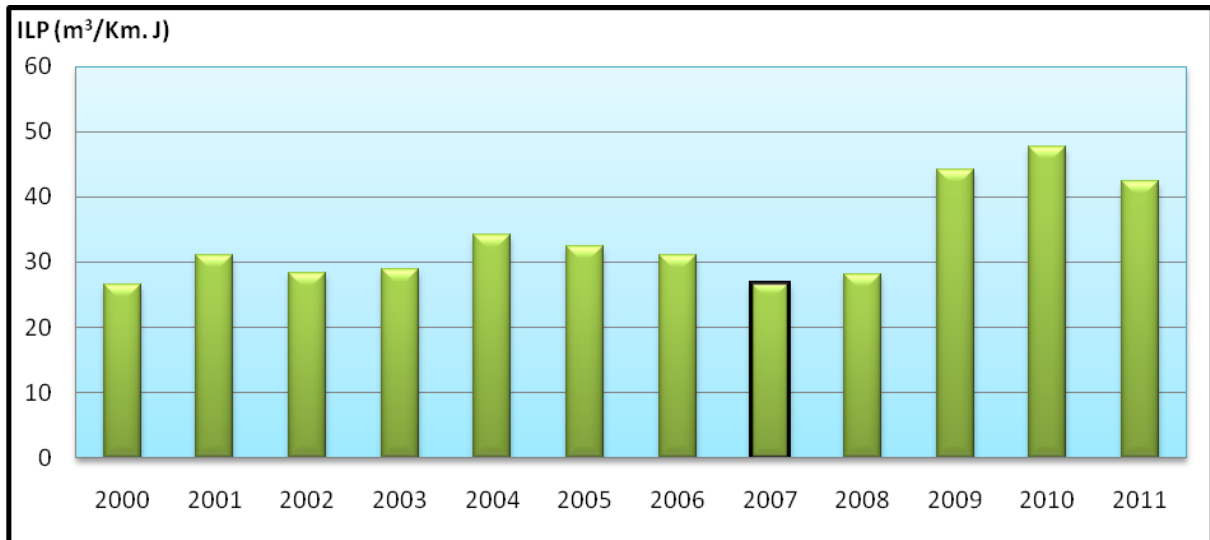


Figure 1.15 : L'indice linéaire de perte (2000 – 2011)

Tableau 1.14: Valeur de référence de l'ILP primaire (calculé hors branchements) : [1]

Indice de perte	Rural	Intermédiaire	Urbain
M³/j/Km	<25 abonnés/Km	<50 abonnés/Km	>50 abonnés /Km
<b>Bon</b>	< 1,5	< 3	< 7
<b>acceptable</b>	1,5 à 2,5	3 à 5	7 à 10
<b>médiocre</b>	2,5 à 4	5 à 8	10 à 15
<b>Mauvais</b>	>4	>8	>15

Le réseau du GUT c'est un réseau moyen urbain car la densité est de 100 abonnée / Km.

Pour l'année 2007 on trouve une valeur de ILP égale a 26,66 ce qui correspondant a une mauvaise valeur de ILP selon les normes du tableau 14.

La situation devienne plus mauvaise dans les trois dernières années (2009 - 2011) car ILP est trop élevé.

### 3.5.6. Indice linéaire de fuite réparé :

L'état du réseau et également la façon dont il est géré par l'exploitant peuvent-être évaluées par le nombre de réparations. L'indice linéaire de réparations est défini par la formule suivante :

$$\text{ILR} = (\text{Nombre de réparations} / \text{Linéaire de canalisations (km)}) [3]$$

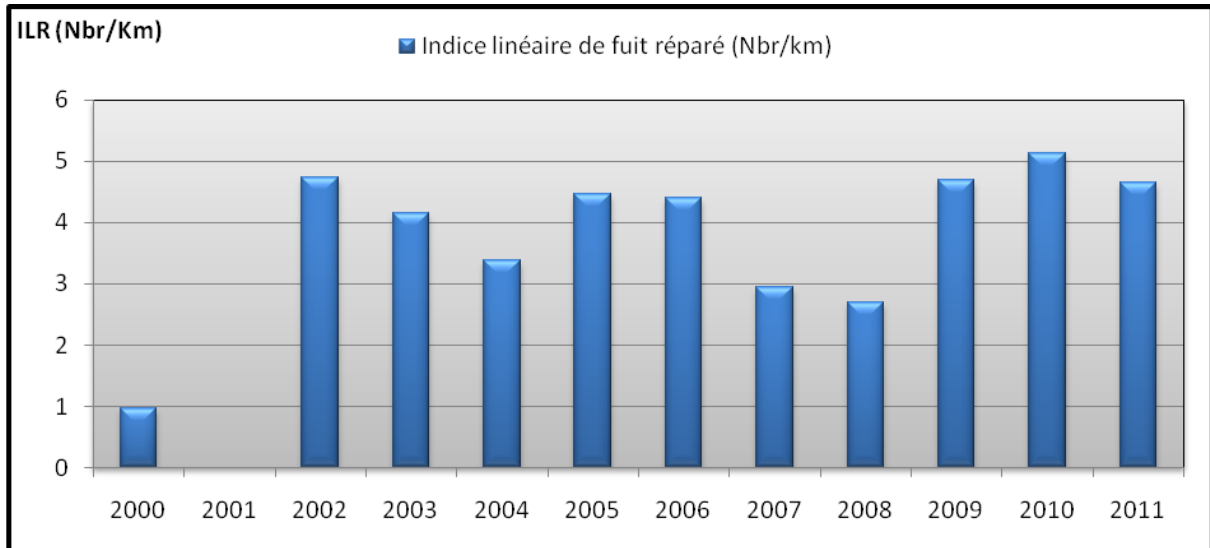


Figure 1.16: Indice linéaire de fuite réparé (Nombre /km)

Entre 2008 et 2009, l'ILR a presque doublé (augmentation du nombre de réparations faites sur le réseau) (Figure 1.16).

### 3.5.7. Comparaison entre l'indice linéaire de perte et le rendement :

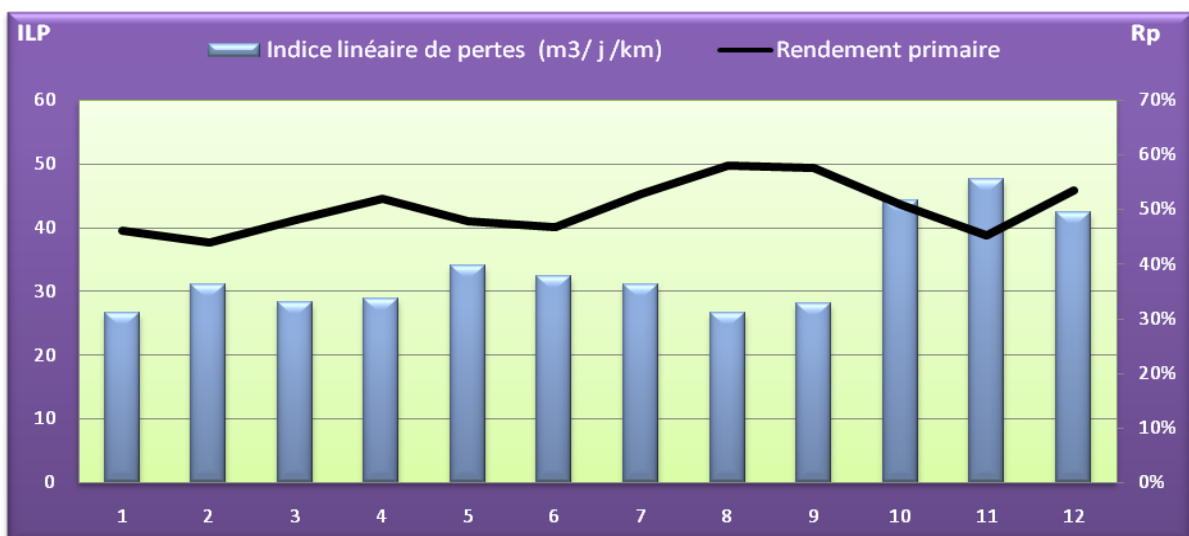


Figure 1.17 : comparaison entre l'indice linéaire de perte et l'indice linéaire de fuite réparé.

Le rendement primaire et l'indice linéaire de pertes se sont deux indicateurs qui apprécient l'état d'un réseau, alors il on le même rôle, dans se graphe et pour chaque année cette relation est évidente, le rendement augment lorsque ILP diminue et l'inverse aussi.

### 3.6. Bilan d'eau et Cercle des Eaux Disparues :

#### 3.6.1. Bilan d'eau et définition :

Un bilan d'eau détaillé est nécessaire pour analyser la source des pertes d'un réseau d'eau.

L'International Water Association (IWA) propose une méthode rigoureuse qui permet de quantifier toutes les pertes et d'évaluer la performance des conduites en elles-mêmes.

Le Cercle des Eaux Disparues (CED) est une méthode adoptée par les centres Lyonnaise des Eaux afin de faire le bilan d'eau des réseaux. Cette méthode se rapproche de celle qui est conseillée par l'IWA.

Voici un tableau résumant la démarche du CED qui s'inspire de la démarche proposée par l'IWA. [1].

Tableau 1.15 : les Détail d'un bilan d'eau et des différentes définitions de volumes [4].

Termes de l'IWA			Termes communs	Thermes du CDE	
volume distribué (1)	volume consommé	volume facturé	volume mesuré	volume consommé (2)	Volume facturé
			volume non mesuré		
		Volume autorisé non facturé	volume de service		
			volume mesuré		
			volume non mesuré		
	pertes	Pertes apparente	erreurs de facturation	pertes par comptage (4)	
			volume détourné		
			sous comptage		
		pertes physiques	fuites visibles		Pertes physiques (3)
			Fuites invisibles		

- Volume distribué (1) = Volume non facturé + Volume facturé [4]

Ce volume correspond au volume introduit dans le réseau auquel on décompte les volumes exportés, cela correspond à la somme du volume pompé dans la bêche d'eau.

- Volume consommé (2)

Il se compose du volume facturé et du volume de service.

Volume facturé : Il résulte de la relève des compteurs des abonnés.

Volume de service : Ce volume est un volume non mesuré mais estimé au plus proche. Il correspond au lavage des réservoirs, aux volumes utilisés lors des purges pour améliorer la qualité de l'eau suite à une plainte ou suite à une réparation de fuite. A ce volume, il est également ajouté les essais de poteaux incendie réalisés par les services de la Lyonnaise des Eaux sur quelques communes du syndicat [4].

- Pertes physiques (3)

D'une manière générale, ce sont les pertes réelles qui correspondent aux défauts du réseau et aux ouvrages de distribution. Ce sont toutes les fuites sur canalisation et sur branchement, les débordements aux réservoirs incontrôlés, les gaspillages par inadvertance (vannes de purges laissées ouvertes) [4].

Ces pertes physiques se découpent en deux parties :

Fuites visibles : Ce sont les fuites qui affleurent à la surface du sol et qui sont signalés soit par la population soit par le personnel.

Fuites invisibles : Ce sont les fuites qui n'affleurent pas à la surface du sol et qui sont détectées par la recherche de fuite (sectorisation et campagne de recherche de fuite)



- Pertes par comptage (4) :

On distingue le sous comptage inévitable du sous comptage dû aux compteurs obsolètes.

Le sous comptage systématique qui touche l'ensemble du parc compteur est dû par exemple au mauvais choix du calibrage. D'autre part, les compteurs clients qui sont mécaniques conduisent très souvent à un sous enregistrement de la consommation et ce pour des débits faibles.

Le sous comptage s'accroît avec l'âge. Par exemple, on considère que les compteurs de diamètre compris entre 20 et 40mm (compteur moyen) âgés de plus de 15 ans ont un sous comptage qui atteint 15% du volume facturé [4].

- Autres pertes (5) :

Volume autorisé non facturé mesuré et non mesuré

Il s'agit des consommations autorisées sur le réseau mais qui ne peuvent pas faire l'objet d'une facturation pour diverses raisons. Ces volumes correspondent par exemple aux essais de poteau incendie par les pompiers, au lavage des rues, à l'arrosage des espaces verts ou toute autre fourniture gratuite.

On distingue volume mesuré qui correspond pour la majeure partie à des dégrèvements, du volume non mesuré qui correspond aux essais de poteau incendie ou à l'arrosage communal.

- Erreurs de facturation :

Ces pertes sont dues aux erreurs de relevés ou de facturation, aux compteurs oubliés ou sous estimés car non accessibles.

- Volume détourné :

Ce sont les volumes soutirés au réseau de manière frauduleuse. Par exemple l'utilisation des poteaux incendie ou les branchements clandestins [4].

### 3.6.2. Cercle des Eaux Disparues :

La méthode du CED propose d'évaluer les différentes pertes qui ont été définies plus haut.

- Evaluation des pertes physiques :

#### Fuites visibles :

Cette évaluation se base sur le nombre de réparations de fuite visible et la pression du réseau.

Elle quantifie le volume d'eau perdu entre le moment où la fuite est signalée et la date de réparation. Ce volume est ainsi sous-évalué car une fuite avant d'être visible peut rester invisible pendant plusieurs jours voire plusieurs mois.

#### Fuites invisibles :

Le volume perdu est estimé à partir du nombre de fuites réparées suite à la recherche de fuite.

On considère que le débit de fuite d'une fuite visible est plus important que celui d'une fuite invisible. Ce volume est évalué en considérant la fuite coulant 365 jours dans l'année avec un débit donné. Ainsi, ce volume n'est pas réel, le résultat du calcul correspond plus à une estimation.

- Pertes physiques minimales

On considère qu'il existe un niveau de pertes physiques calculable sous lequel il est impossible de descendre sur le plan économique. Ce volume correspond au calcul de l'UARL « Unavoidable annual real losses » ou littéralement « pertes réelles annuelles inévitables » que l'on nomme dans le CED pertes physiques minimales [4].

#### 3.6.2.1. Unavoidable Annual Real Losses (UARL):

Cet indicateur a été défini par Allan Lambert [Lambert et al., 1999]. Au cours de ses recherches, il a défini le volume de pertes par kilomètre ou par branchement et par heure en

fonction des trois états d'une fuite définis ci-dessus (fuites diffuses, détectables non localisées, visibles ou localisées).

L'UARL estime le volume incompressible en dessous duquel on ne peut pas descendre dans des conditions économiques acceptables.

Des valeurs de référence sont établies dans le cadre des hypothèses suivantes :

- Infrastructures en bon état ;
- Politique active de recherche des fuites ;
- Réparation rapide des casses et fuites ;
- Pression : 50 mètres de colonne d'eau (mce) [5].

Tableau 1.16: Hypothèse par organe et par type de fuite utilisées pour le calcul de l'UARL [5].

<b>Composante du réseau</b>	<b>Fuites indétectables</b>	<b>Casses répertoriées</b>	<b>Casse non répertoriées</b>
<b>Conduites</b>	20 l/km/h	0.124 casses/km/an à 12 m <sup>3</sup> /h pendant 3 jours	0.006 casses/km/an à 6 m <sup>3</sup> /h pendant 50 jours
<b>Branchements (*)</b>	1.25 l/brcht/h	2.25 ‰ casses/an à 1.6 m <sup>3</sup> /h pendant 8 jours	0.75 ‰ casses/an à 1.6 m <sup>3</sup> /h pendant 100 jours
<b>Conduites de branchements</b>	0.5 l/brcht/h	1.5 ‰ casses/an à 1.6 m <sup>3</sup> /h pendant 9 jours	0.5 ‰ casses/an à 1.6 m <sup>3</sup> /h pendant 101 jours

Après conversion des unités, ces hypothèses déterminent les valeurs globales suivantes :

Tableau 1.17: Volume unitaire par organe et par type de fuite utilisés pour le calcul de l'UARL [5]

Composante du réseau	Fuites indétectables	Casses répertoriées	Casse non répertoriées	Total	Unités
<b>Conduites</b>	9.6	5.8	2.6	<b>18</b>	litre/km/j/mce
<b>Branchements</b>	0.6	0.04	0.16	<b>0.8</b>	litre/brcht/j/mce
<b>Conduites de branchements</b>	16	1.9	7.1	<b>25</b>	litre/km/j/mce

Le calcul de cette valeur est proposé par l'IWA. La formule est la suivante :

$$\text{UARL(litre / jour)} = (A \cdot L_m + B \cdot N_c + C \cdot L_p) \cdot P \quad [4]$$

$L_m$  = Longueur de réseau (km)

$L_p$  = Longueur total des branchements (Km)

$N_c$  = Nombre de branchement

$P$  = Pression de service moyenne en mCE

Avec les valeurs des paramètres suivants :

$A = 18 \text{ l/km/j/mCE}$

$B = 0.8 \text{ l/brch/j/MCE}$

$C = 25 \text{ l/km/j/mCE}$

Les valeurs des paramètres ont été calées à l'issue d'une étude se basant sur 27 réseaux de distribution d'une vingtaine de pays. Rien ne permet d'affirmer qu'une autre étude donnerait le même résultat. De plus, ce calcul est valable pour un réseau avec des conduites en bon état sur lequel est appliquée une politique intensive de recherche de fuite

### 3.6.2.2. Les pertes d'eau :

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

$\text{Pertes d'eau} = \text{volume mis en distribution} - \text{volume consommé}$
--

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

Les pertes en eau sont donc très importantes. Les principales correspondent :

- Aux défauts de comptage (dérive des compteurs, appareils surdimensionnés) ;
- Aux volumes détournés (branchements illicites, piquages avant compteurs, ...) ;
- Aux consommations sans comptages (défense incendie, purges, ...) ;
- Aux fuites [1].

### 3.6.2.3. Principales composantes de ces pertes :

#### • Les défauts de comptage :

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

Le dérive des compteurs : on observe en général un sous-comptage des compteurs avec le temps ;

- Les compteurs bloqués ou faussés ;
- Les appareils surdimensionnés ou mal installés : dans ces circonstances, l'insensibilité aux petits débits peut entraîner une sous-estimation des volumes consommés, surtout sur les « gros compteurs » ;
- les erreurs de lecture.

• **Les gaspillages :**

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

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

• **Les volumes détournés :**

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

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

• **Les consommations sans comptage :**

- défense incendie ;
- bouches d'arrosage et de lavage ;
- sanitaires et fontaines publics ;
- bornes de puisage.

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

• **Les besoins du service des eaux :**

- Purges de réseau ;
- Nettoyage des réservoirs et des canalisations ;
- Lutte contre le gel (écoulement permanent volontaire).

Ces volumes sont également considérés comme des consommations sans comptage.

L'exploitant devra mettre en place des techniques de comptage (mesure, jaugeage, estimation,..) afin d'appréhender au plus juste ces volumes [1].

• **Les fuites :**

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

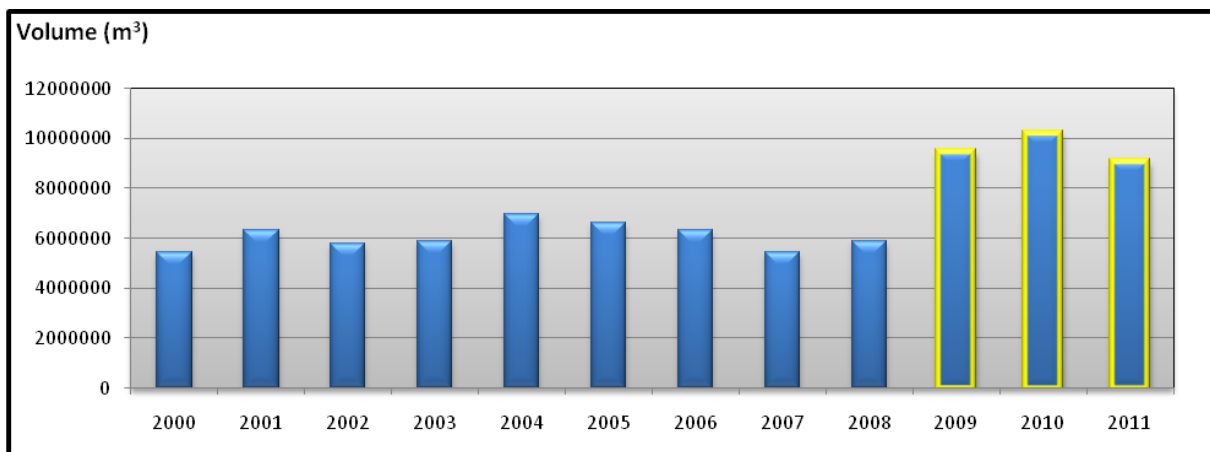


Figure 1.18 : perte d'eau dans le GUT entre (2000 – 2011) (source ADE)

Le volume des pertes d'eau se converge vers les 6 000 000 m<sup>3</sup> depuis l'année 2000 jusqu'à 2008.

En 2009 l'eau comptabilisée comme volume perdue s'évolue d'une façon très remarquable jusqu'à 2011, d'environ 10 000 000 m<sup>3</sup>.

**3.6.2.4. Calcul des volumes des principales composantes du volume distribué :**

D'après IWA dans le tableau 1.15 les composantes d'eau distribuée seront comme suite :

Volume consommé : il se compose de deux types

- Volume facturé
- Volume autorisé non facturé

Volume des pertes : il se compose de deux types aussi

- Volume des pertes apparentes ;
- Volume des pertes physique (perte visible, perte invisible) ;

Avec les données qu'on a (volume distribué, volume facturé), on va le calculer le volume des pertes physique (perte visible, perte invisible), et la somme des deux volumes (volume autorisé non facturé, volume des pertes apparente).

#### 3.6.2.4.1. Calcule du volume des pertes physique : (Unavoidable annual real losses)

Le calcul de l'UARL estime ainsi les pertes par fuite sur le linéaire de canalisation et également sur toute la longueur des branchements que l'on ne peut pas éviter. Ce sont donc toutes les fuites invisibles indétectables.

On applique la loi précédente (UARL) sur notre réseau du GUT :

- Le Lignières de canalisation du réseau est 586 km
- Le Lignières de canalisation du branchement est 1345,51 km (5 m par branchement en moyenne pour environ 134 551 branchements)
- pression de service moyenne retenue de 60 MCE

Le résultat et le suivant :

L'UARL du réseau est estimé à près de **2 956 668,08** m<sup>3</sup>/an et **8100,46** m<sup>3</sup>/jour

On devise cette valeur sur le nombre de branchement sa donne **60,20** l/jour/branchement.

- Le volume facturé : **10 354 203** m<sup>3</sup>/ an
- Le volume des pertes physique : **2 956 668,08** m<sup>3</sup>/an

On déduit le volume perdu, c'est la somme des deux volumes (volume autorisé non facturé, volume des pertes apparente) :

$V \text{ distribué} = V \text{ facturé} + V \text{ autorisé non facturé} + V \text{ des pertes apparente} + V \text{ p. physique (IWA)}$



$V \text{ autorisé non facturé} + V \text{ des pertes apparente} = V \text{ distribué} - (V \text{ facturé} + V \text{ p. physique})$

Le volume perdu ( $V \text{ autorisé non facturé} + V \text{ des pertes apparente}$ ) = **6 101 988,91** m<sup>3</sup>/an

### 3.6.2.5. Calcul des pertes visibles et perte invisible :

D'autre type de calculs peuvent être faite on utilise le tableau d'eau écoulé a partir d'orifices de différent diamètre (Bolte 1991).

Tableau 1.18 : L'écoulement d'eau par différentes orifices [6]

Orifice diamètre (mm)	Litre/Minute	Litre/Heure	M <sup>3</sup> /Jour	M <sup>3</sup> /Mois	M <sup>3</sup> /Année
0,5	0,33	20	0,48	14,4	173
1	0,97	58	1,39	41,6	499
1,5	1,82	110	2,64	79	948
2	3,16	190	4,56	136	1632
2,5	5,09	305	7,3	218	2616
3	8,15	490	11,75	351	4212

10bar 140%

5 bar 100%

3 bar 77%

9 bar 132, 5%

7 bar 118%

2 bar 63%

8 bar 125%

6 bar 108%

1 bar 45%

4 bar

89%

0, 5 bar 26%

Pour déduire la duré d'écoulement d'une fuite avant son réparation est vraiment difficile car sa diffère pour chaque fuit, et ça dépend sur plusieurs paramètres, alors il fallait demander a des experts (agents de réparation de fuites de ADE) pour estimé la valeur.

On suppose une valeur moyenne depuis qu'elle apparait sur le sol jusqu'elle sera réparait.

Comme orifice on a pris une valeur de **2mm**, et une pression de **6bar** pour trois jour successive avant la réparation de la fuite le calcule seras comme suit :

- Durée d'écoulement : au moins 3 jours
- diamètre de 2 mm
- 6 bars de pression
- Nombre de fuites enregistré en 2011 est : 2839 fuites/an
- Nombre de fuites réparé 2724 fuites/an
- Fuites non réparé 115 fuites/an

D'après le tableau on aura :

Un volume  $4,56 \text{ m}^3/\text{jour}$

### **Pertes visibles : (exemple ADE 2011)**

Pertes visibles (Le volume perdu par fuites enregistré) = Le volume perdu des fuites réparé +  
Le volume perdu des fuites non réparé

Le volume perdu des fuites réparé :

On multiplie le nombre des fuites réparé (2724) par le volume déduit du tableau ( $4,56 \text{ m}^3/\text{jour}$ ). Le résultat est multiplié par le coefficient de la pression de service (1,08), ce nous donne le volume perdu par jour. On multiplie ce dernier par 3 jours ce nous donne le volume perdu avant la réparation de la fuite.

- Le volume perdu des fuites réparé est :  $40245,46 \text{ m}^3$

Le volume perdu des fuites non réparé :

On multiplie le nombre des fuites non réparé (115) par le volume déduit du tableau ( $4,56 \text{ m}^3/\text{jour}$ ). Le résultat est multiplié par le coefficient de la pression de service (1,08), ce nous donne le volume perdu par jour. On multiplie ce dernier par 365 jours (on suppose la fuite n'est pas réparé durant l'année) ce nous donne le volume perdu des fuites non réparé.

- Le volume perdu des fuites non réparé est :  $202\,694,4 \text{ m}^3$

115 fuites non réparées nous ont donné un volume important devant 2724 de fuites réparées, et cela revient au paramètre du temps, une s'écoule pendant quelques jours et l'autre durent l'année complète.

Pertes visibles = 242 939,86 m<sup>3</sup>

Pertes physique = perte visible + perte invisible

On a pu calculer le volume des pertes physique par la méthode de « **UARL** »

Le volume des pertes invisible = Pertes physique - perte visible = 2 713 728,22 m<sup>3</sup>

La figure 19 représente les différents volumes après la distribution depuis les réservoirs intermédiaires :

- Volume facturé
- Volume perdu (V autorisé non facturé+V des pertes apparence)
- Volume perdu à travers les fuites (visible et invisible).

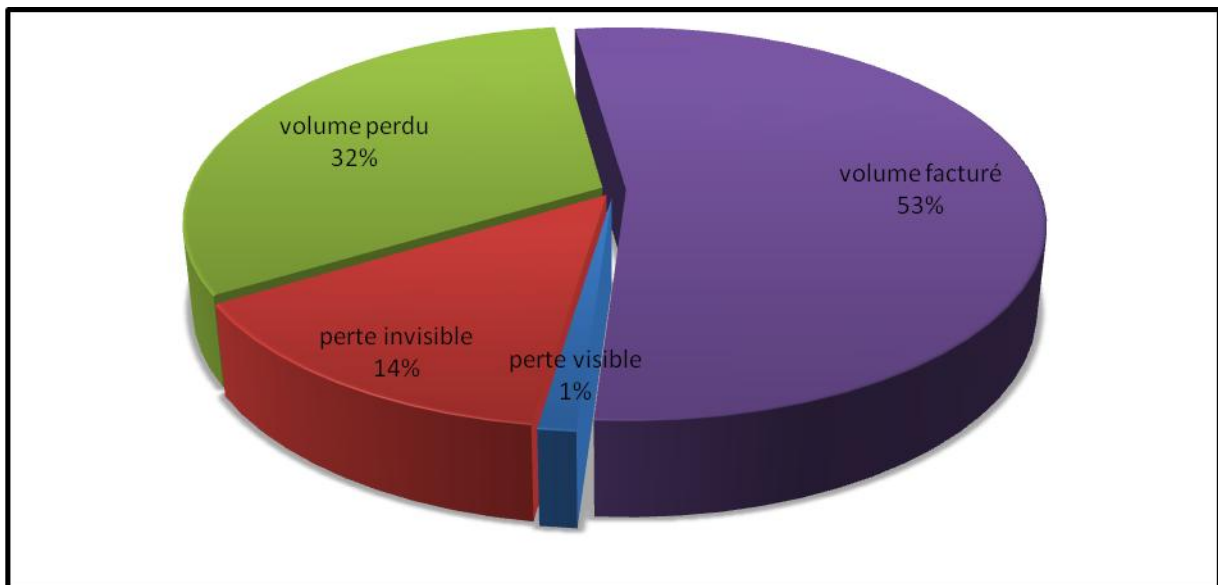


Figure 1.19 : répartition des volumes après la distribution (2011)

On remarque qu'un volume important du volume distribué est considérés comme volume perdu, alors que le volume facturé représente que 53%.

Les pertes par fuite invisible représentent un volume important par rapport à la perte par fuite visible.

# Chapitre II

## 1. Les différents types des pertes :

Dans les réseaux d'eau potable, les pertes en eau peuvent atteindre un niveau élevé.

L'International Water Association les classe en deux catégories : les pertes apparentes et les pertes réelles.

- Les pertes apparentes correspondent à des erreurs de comptage ou à des consommations non autorisées,
- Les pertes réelles comprennent les fuites sur les systèmes de transport et de distribution, ainsi que les fuites et débordements au niveau des réservoirs.

Nous nous intéressons aux seules pertes (fuites) sur le réseau de distribution d'eau potable depuis la sortie du réservoir ou château d'eau jusqu'au compteur de l'abonné. Ces pertes résultent de casses franches généralement réparées rapidement et de fuites non détectées qui proviennent pour la plupart d'une mauvaise étanchéité des canalisations et des organes hydrauliques.

Les fuites non détectées n'entraînent pas d'interruption de service et le système de distribution continue de fonctionner correctement dans la plupart des cas. Les fuites sont la source essentielle des pertes en eau. Ces fuites proviennent essentiellement d'un défaut d'étanchéité des canalisations et des divers accessoires.

Cependant, ces fuites sont responsables de pertes pouvant atteindre 30% du volume d'eau introduit dans le réseau. Dans un contexte de ressources rares, les fuites diminuent d'autant les potentialités d'alimentation.

On peut distinguer trois grandes familles de fuites, par débit de fuite décroissant :

- les fuites visibles, ce sont des fuites dont la présence est visible en surface (écoulement, excavation, etc.),
- les fuites détectables non-visibles, ce sont des fuites non-visibles que l'on peut détecter avec les moyens usuels d'investigation,
- les fuites diffuses, ce sont des fuites qui ne peuvent pas être localisées du fait de leur faible débit [1].

Les différents états d'une fuite.

Trois grandes catégories de fuites peuvent être distinguées :

- Fuites diffuses

Il s'agit généralement du premier état d'une fuite. Ce type de fuite n'est pas détectable car le débit est très faible (suintement).

- Fuites détectables non localisées

Ces fuites ne sont pas visibles en surface mais sont détectables lors de campagnes de recherches de fuites ou du suivi des débits de sectorisation.

- Fuites visibles ou localisées

La présence de ce type de fuites est caractérisée par un écoulement ou par une excavation en surface. Le débit de fuites est généralement important [6].

Le niveau de fuite dépend de paramètres liés :

- aux caractéristiques des conduites (matériau et âge),
- à leur condition de pose (nature du terrain),
- au nombre de branchements,
- à la capacité de l'exploitant à chercher les fuites et à sa réactivité pour les réparer,
- aux conditions de la gestion technique (pression excessive, coup de bélier, air dans les conduites, . . .) [1].

Le but de ce chapitre était d'établir une carte schématisant la répartition et l'évolution des fuites enregistrées sur les conduites du réseau du GUT.

### **1.1.1. La première étape : (la collecte de donnée)**

Pour pouvoir constituer une base de données comportant les données suivantes:

- La date de l'intervention
- Le secteur de l'intervention
- Le quartier de l'intervention
- Type d'intervention

- Le diamètre du conduit

Il fallait procéder a une collecte de données au niveau de l'entreprise exploitante du GUT (Algériennes Des Eaux) et demandé voire les rapports archivé des interventions journalière pour les derniers quatre ans, la documentation se représente comme des bulletins journalière (BRQ).

Bulletins des renseignements quotidiens (BRQ) c'est t'un bulletin qui contient :

- Les rapports des interventions journalières pour sur le GUT ainsi le secteur de Sebdou
- Le volume produit journalière du (BC1 et BC2, ST1, ST2, Barrage Sekkak)
- Des remarques et des observations à la fin du bulletin.

Malgré le manque de données et des difficultés d'accès a ces données on a pu collecter environ mille bulletins.

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAU**

**ALGERIENNE DES EAUX**  
**AGENCE REGIONALE D'ORAN**  
**UNITE A.D.E DE TLEMCEM**  
**CENTRE DE TLEMCEM**

**BULLETIN DE RENSEIGNEMENT QUOTIDIEN**  
**Journée du : 19/07/2009**

Désignation des équipes D'intervention	Heure	Lieu et Nature d'intervention	Fin Trvx
<b>Secteur de Mansourah</b>			
1 <sup>ère</sup> Equipe	08h35	Réparation fuite cité 500 logts.	
2 <sup>ème</sup> Equipe	08h35	Réparation fuites à Ain Nedjar $\phi 100$ en A.E.	
3 <sup>ème</sup> Equipe	08h35	Rénovation réseau à la Cité des jasmins (branchement individuelle)	
	08h35	Rétablissement manque d'eau au Dahlia.	
<b>Secteur de Tlemcen</b>			
1 <sup>ère</sup> Equipe	08h35	Suite des Travaux Rétablissement manque d'eau à Birouana.	
2 <sup>ème</sup> Equipe	08h35	Réparation de différents fuites à Kalaa.	
3 <sup>ème</sup> Equipe			
<b>Secteur de Chetouane</b>			
1 <sup>ère</sup> Equipe	08h35	Réparation fuite d'eau à Kendaia.	
2 <sup>ème</sup> Equipe	08h35	Réparation fuite d'eau sur conduite de refoulement de Ain Bendou an niveau de la Z.I.	
3 <sup>ème</sup> Equipe	08h35	Rétablissement manque d'eau Cité 250 logts Oudjida.	
<b>Secteur de Seb Dou</b>			
1 <sup>ère</sup> Equipe	08h35	Réparation de deux fuites sur conduite $\phi 80$ à Ain El Hadjir.	
2 <sup>ème</sup> Equipe	08h35	Réparation fuite sur vanne $\phi 50$ à Dahn Bourmediene.	
3 <sup>ème</sup> Equipe	08h35	Travail de coupe.	
<b>Volume d'eau produit par :</b>			
-ST 01 : 15983 m <sup>3</sup> .		-BC 01 : 3880 m <sup>3</sup>	
-ST 02 : 6066 m <sup>3</sup> .		-BC 02 : 3590 m <sup>3</sup>	
-SEKKAK : 14151 m <sup>3</sup> .			

**Observation :**

- Arrêt: F. Ain Bendil; F. Ouzidane; 1<sup>ère</sup> pompe Sp Ain Bendou; SP03 (Pompe N°03)
- 2<sup>ème</sup> pompe Sp Bordjema; SP. Bombanek.
- Pollution Village DE Gualte et Natmar (Travaux en cours DHV).

Arrêt Station Ain Bendou le 18/07/2009 à 14h30. Le Chef de Centre  
fuite d'eau à côté de plusieurs BENSEFIA Z.I



بوعزة محمد

Figure 2.1 : Bulletin de renseignement quotidienne



### 1.1.2. La deuxième étape : (Analyse préliminaire)

Une analyse préliminaire du contenu des BRQ nous a permis de filtrer les données et de les rassembler sous forme de tableaux (tableau ...)

Tableau 2.1 : analyse préliminaire du contenu des BRQ

Date	Secteur	Cartier	Intervention	Diamètre	matériau
01/09/09	Tlemcen	Les oliviers	Suite travaux réparation fuite sur conduite	Ø 80/90	A.G
	Tlemcen	Les dahlias	Trvx réparation des fuites sur conduite	Ø 20	PEHD
	Tlemcen	150 logts	Travaux réparation deux fuites sur conduite	Ø50/60	A.G
	Tlemcen	Pasteur	Suite travaux balancement des compteurs	Ø 15	AG
	Tlemcen	Agadir	Trvx réparation des fuites sur conduite	Ø 20	PEHD
	Tlemcen	Kalaa sup	Trvx rénovation conduite	Ø 40	PEHD, L=06 ml
	Tlemcen	Saf Saf	Trvx réparation deux fuites sur branchement	Ø15/21	A.G

- Date : la date de l'intervention.
- Secteur : le secteur d'intervention (Tlemcen, Chetouane, Mansourah).
- Cartier : le cartier d'intervention.
- Intervention : toutes les interventions faites sur le lieu d'incident (réparation de fuite, pose de compteur, changement de vanne, manque d'eau, renforcement, pose de conduit, rénovation, terrassement, etc.....).
- Diamètre : le diamètre du conduit.
- Type de matériau.

### 1.1.3. La troisième étape : (Analyse des donnés)

Une analyse détaillée des données nous a permis d'établir un classement de toutes les interventions de type réparation de fuite par commune (tableau...).

Le diamètre 15/21 (les conduites de branchement) est exclu de notre analyse.

Tableau 2.2 : Exemple d'un tableau final

Date	Secteur	Cartier	Précision	Diamètres	Type de conduit	Intervention	NB	NBT
	Mansourah	Cité des fleurs	Bloc A	ø 33/42	AG	Travaux de réparation 02 fuites sur conduite	2	8
	Mansourah	Cité des fleurs	Bloc A	ø 33/42	AG	Travaux de réparation 02 fuites sur conduite	2	
	Mansourah	Cité des fleurs	Bloc A	ø 33/42	AG	Travaux de réparation 02 fuites sur conduite	2	
	Mansourah	Cité des fleurs	Bloc A	ø 33/42	AG	Travaux de réparation 02 fuites sur conduite	2	
	Mansourah	Cité des Jasmins	Bloc C	ø 200	AE	Réparation de fuites sur conduite	1	2
	Mansourah	Cité des Jasmins	Bloc C	ø 200	AE	Réparation de fuites sur conduite	1	
	Mansourah	Cité des jasmins	Bloc H	ø50	AG	Réparation de fuite sur vanne de branchement	1	2
	Mansourah	Cité des jasmins	Bloc H	ø50	AG	Réparation de fuite sur vanne de branchement	1	

NB : c'est le nombre de fuites réparées par intervention.

NBT: c'est le nombre total des fuites pour la même conduite.

#### 1.1.4. Quatrième étape : (réalisation de la carte)

Le résultat final de l'analyse des données c'est la réalisation d'une carte schematisant la répartition et l'évolution des fuites enregistrées sur les conduites du réseau du GUT.

La réalisation de la carte repose sur les étapes suivantes:

- Préparé une carte actualisé du réseau : il fallait complet la carte sur logiciel MAP INFO alors on dessiné les conduit qui manque et on introduit les informations qui identifier cette conduit (diamètre, longueur...) comme le réseau de Bouhanak qui été redessiné.
- L'échelle : La représentation de ces fuites réparé sur une carte, est de coloré les conduites de réseau selon le nombre des fuites.

Entre 1 et 4 fuites, la couleur verte

Entre 5 et 9 fuites, la couleur violet

Entre 10 et 14 fuites, la couleur bleu

Plus de 15 fuites, la couleur rouge



La coloration des conduites de réseau nécessite une bonne connaissance des cartiers est des conduites responsable de ces fuites. Avec l'aide des cartes du GUT et des agents de l'ADE qui ont participe a la réparation de ces fuites, on a affecte les différents couleurs sur les la carte selon le nombre de fuites et par consequent on a représenté environ 1500 fuites réparé durent les derniers quatre années dans leur endroit exacte.

## 1.2. La répartition des fuites réparées en fonction du matériau et le diamètre :

### 1.2.1. Commune de Chetouane :

Le nombre des fuites réparé au niveau de la commune Chetouane est de 204 fuites.

Le diamètre des conduites réparé est compris entre 33 mm et 400 mm, 57 % des conduites réparé ayant un diamètre supérieur ou égal à 80 mm.

Une des particularités du réseau de Chetouane est qu'il est extrêmement maillé, caractéristique d'un secteur urbanisé.

#### 1.2.1.1. Diamètre:

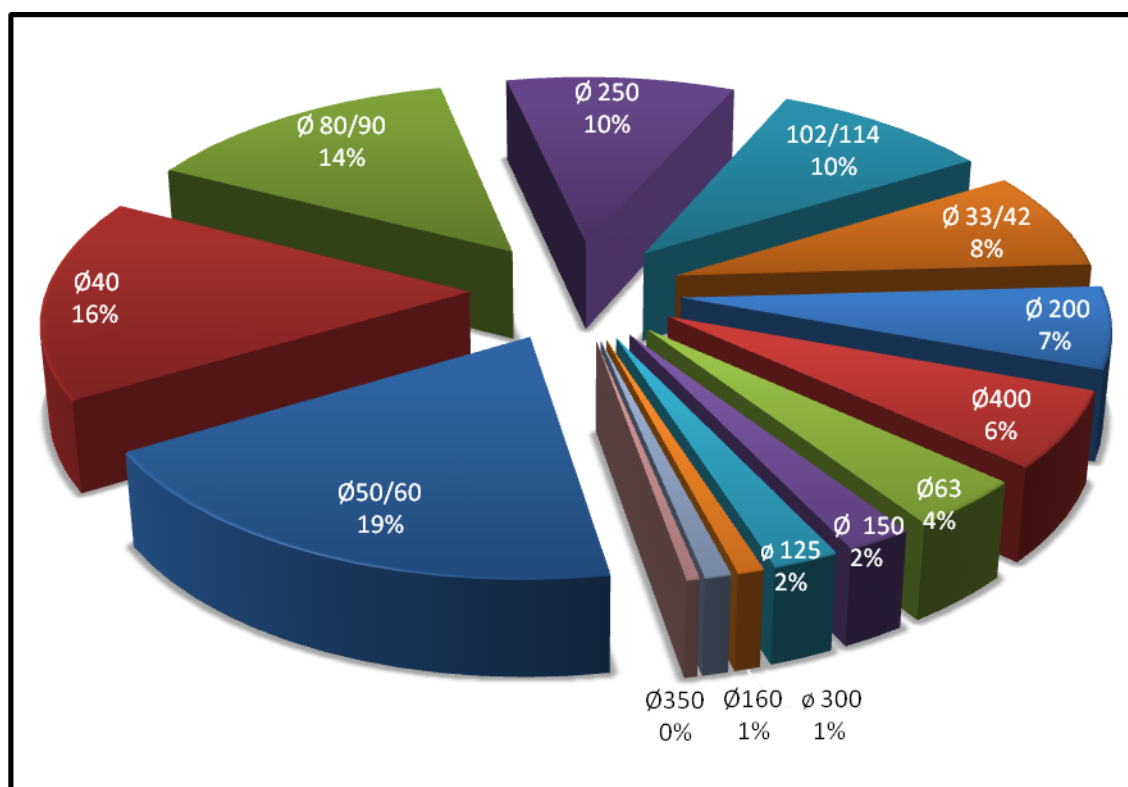


Figure 2.1: Répartition des ruptures en fonction du diamètre (mm) dans le réseau de Chetouane

La figure 2.1 représente les diamètres des fuites réparées dans le réseau de Chetouane entre 2009 et 2012.

### 1.2.1.2. Matériau:

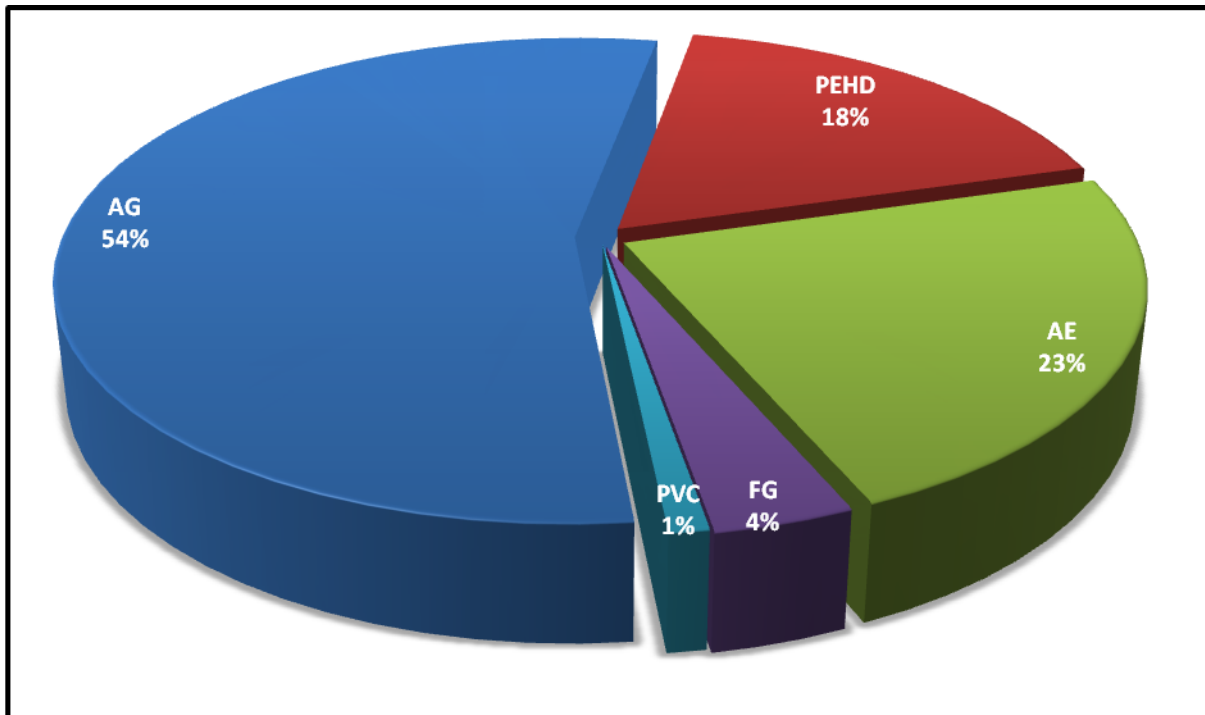


Figure 2.2: Répartition des ruptures en fonction du matériau dans le réseau de Chetouane

Les conduites responsables des fuites dans le réseau de Chetouane sont en Acier Galvanisé avec 54 % suivi par Acier Enrobé avec 23 %, PEHD avec 18 %, la Fonte Grise avec 4 % et enfin le PVC avec 1%.

### 1.2.2. Commune de Tlemcen:

Le nombre des fuites réparé au niveau de la commune Tlemcen est de 806 fuites.

Le diamètre des conduites réparé est compris entre 33 mm et 350 mm, 74 % des conduites réparé ayant un diamètre inférieur ou égal à 80 mm.

Le réseau de Tlemcen est un ancien réseau compris en un mélange entre le réseau maillé et le réseau ramifié.

### 1.2.2.1. Diamètre:

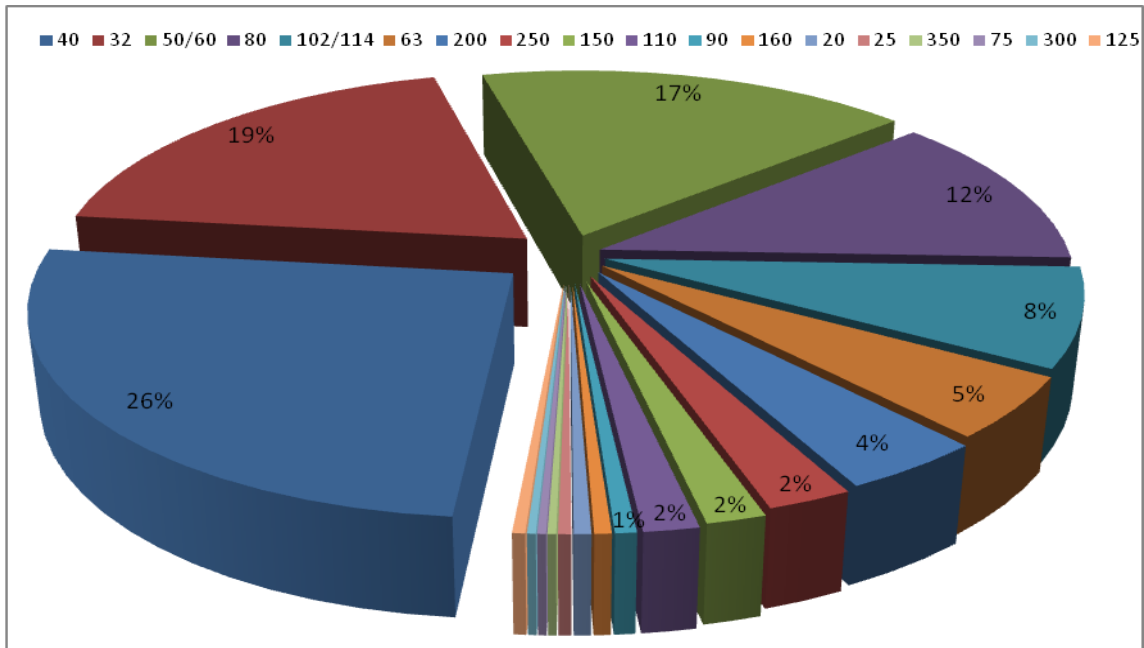


Figure 2.3: Répartition des ruptures en fonction du diamètre (mm) dans le réseau de Tlemcen

La figure 2.3 représente les diamètres des fuites réparées dans le réseau de Tlemcen entre 2009 et 2012.

### 1.2.2.2. Matériau:

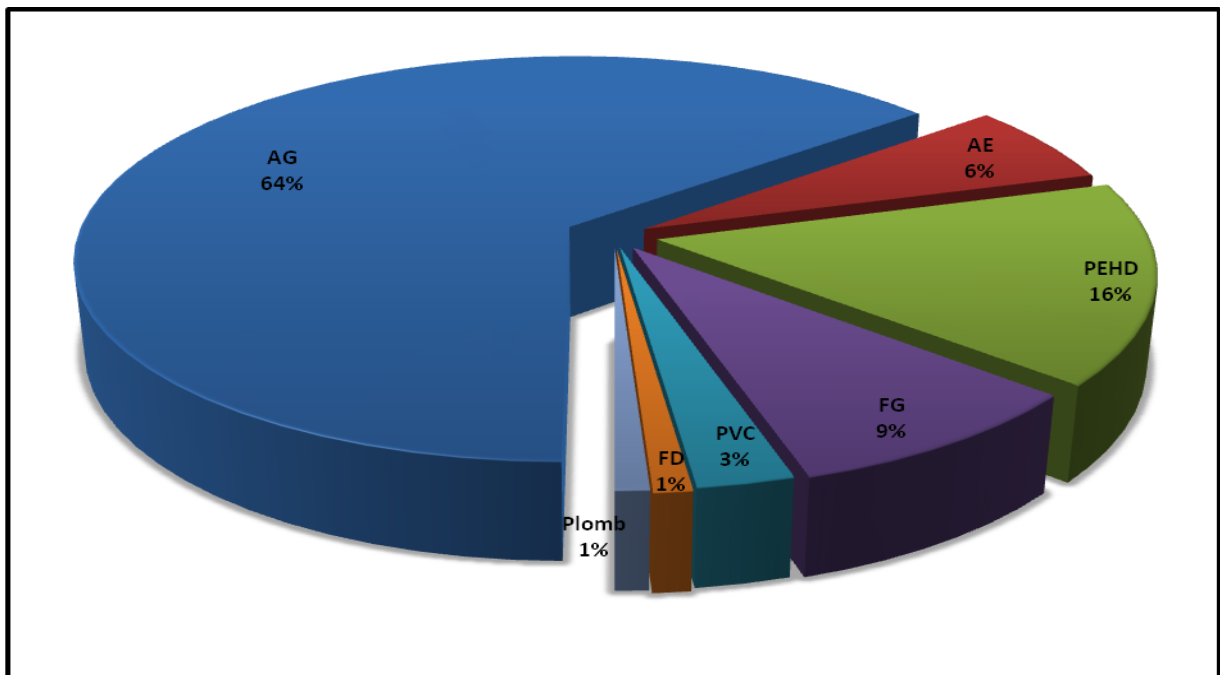


Figure 2.4: Répartition des ruptures en fonction du matériau dans le réseau de Tlemcen

Les conduites responsables des fuites dans le réseau de Tlemcen sont en Acier Galvanisé avec 64 % suivi par PEHD avec 16 %, la Fonte Grise avec 9%, Acier Enrobé avec 6 %, PVC 3%, Fonte ductile 1% et enfin le Plomb avec 1%.

### 1.2.3. Commune de Mansourah:

Le nombre des fuites réparé au niveau de la commune Mansourah est de 470 fuites.

Le diamètre des conduites réparé est compris entre 33 mm et 600 mm, 63 % des conduites réparé ayant un diamètre inférieur ou égal à 80 mm.

Le réseau de Mansourah est un nouveau réseau compris en un mélange entre un réseau très maillé et un réseau ramifié.

#### 1.2.3.1. Diamètre:

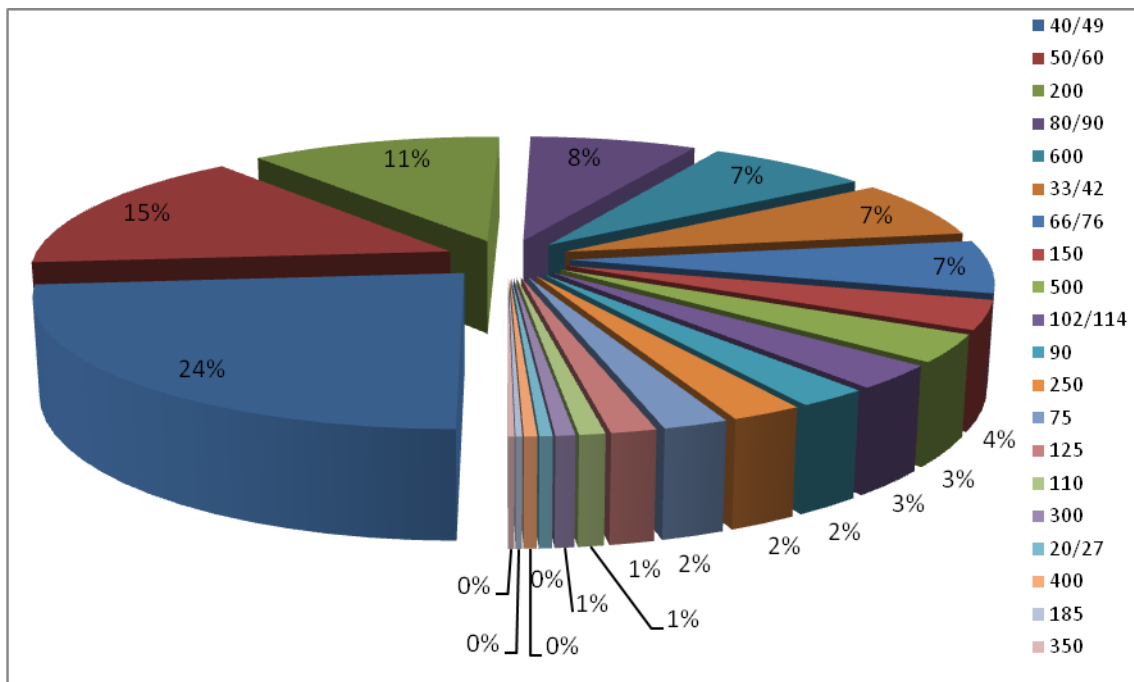


Figure 2.5: Répartition des ruptures en fonction du diamètre (mm) dans le réseau de Mansourah

La figure 2.5 représente les diamètres des fuites réparées dans le réseau de Mansourah entre 2009 et 2012.

### 1.2.3.2. Matériau:

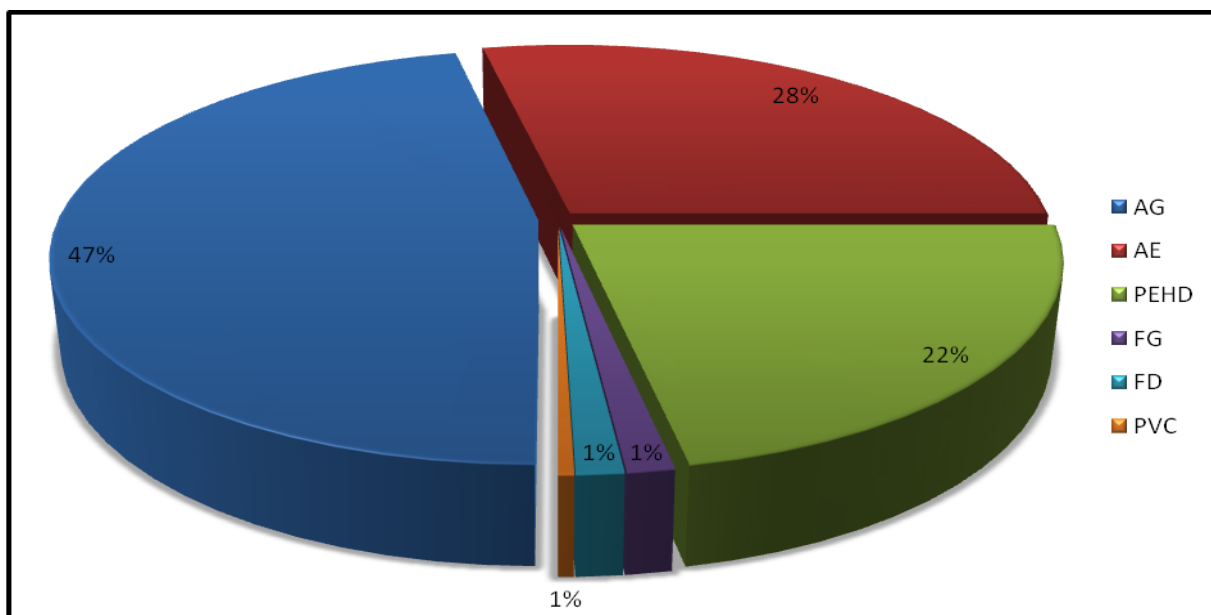


Figure 2.6: Répartition des ruptures en fonction du matériau dans le réseau de Mansourah

Les conduites responsables des fuites dans le réseau de Mansourah sont en Acier Galvanisé avec 47 % suivi par AE avec 28 %, PEHD 22%, et enfin Fonte Grise, PVC, Fonte ductile avec 1%.

### 1.3. Le groupement urbain de Tlemcen :

Nombre des fuites réparés :

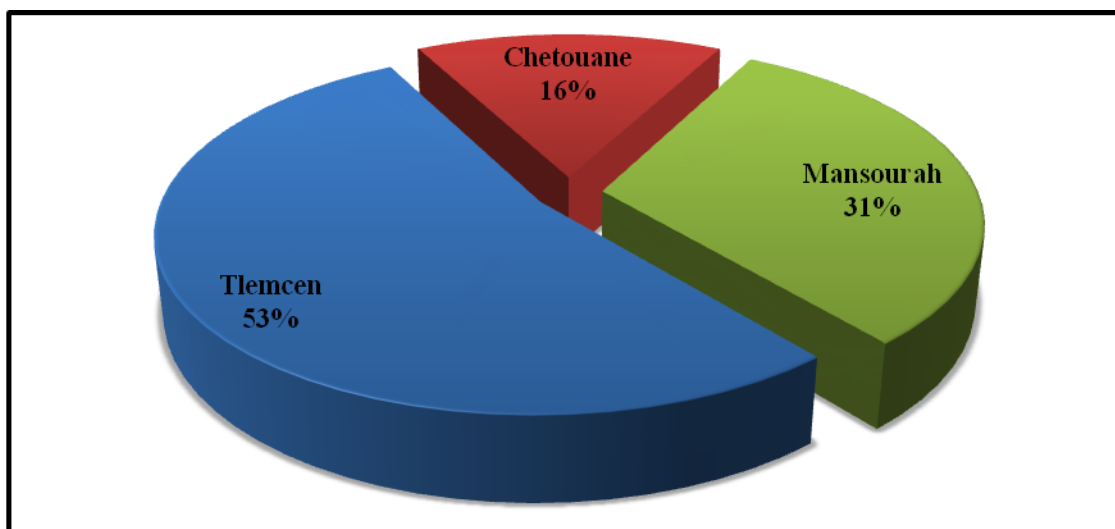


Figure 2.7: Répartition des ruptures dans le réseau du GUT



La commune de Tlemcen représente le nombre le plus élevé des fuites réparé et sa signifié qu'elle enregistré le plus nombre de fuit dans ces années, et sa revient a plusieurs paramètre :

- Un réseau ancien
- La forte pression
- Agressivité du sol

La commune de Mansourah représente un nombre élevé aussi par apport a la taille de sont réseau et on particulier le secteur de Bouhanak qui a enregistré un nombre très élevé de fuite réparé d'environ 307 fuite on peu traduire sa en 65% c'est une valeur énorme, et sa revient a :

- L'agressivité de sol : car la plus part du réseau de Bouhanak est en Acier Galvanisé et fonte ductile et la région de Bouhanak est connue par un sol argileux, ces deux matériaux sont très sensible devant l'argile, c'est pour sa la plus par du réseau de Bouhanak c'est un réseau corrodé.
- La haute pression.

### 1.3.1. Répartition des fuites par type de matériau :

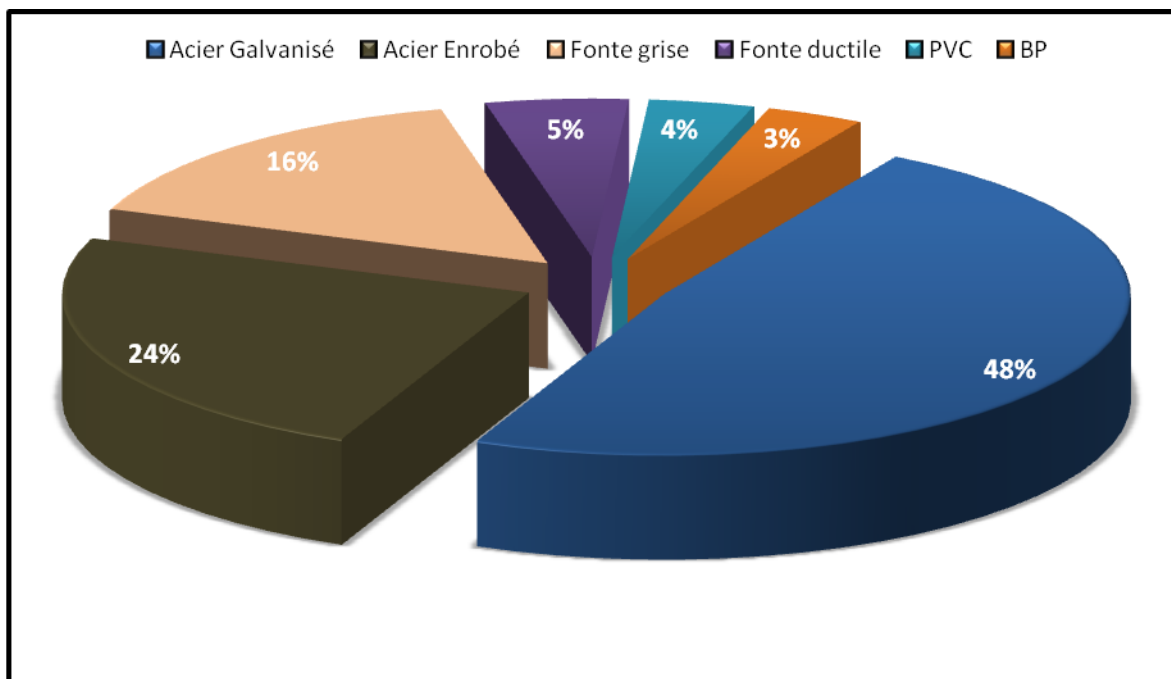


Figure 2.8 : Les types des matériaux les plus utilisé dans le GUT (source 2004 ADE)

L'Acier Galvanisé représente le matériau le plus utilisé dans le réseau du GUT avec 47,13%, il se suivi par l'Acier Enrobé avec 23,45%, et enfin la Fonte grise avec 15,39%.

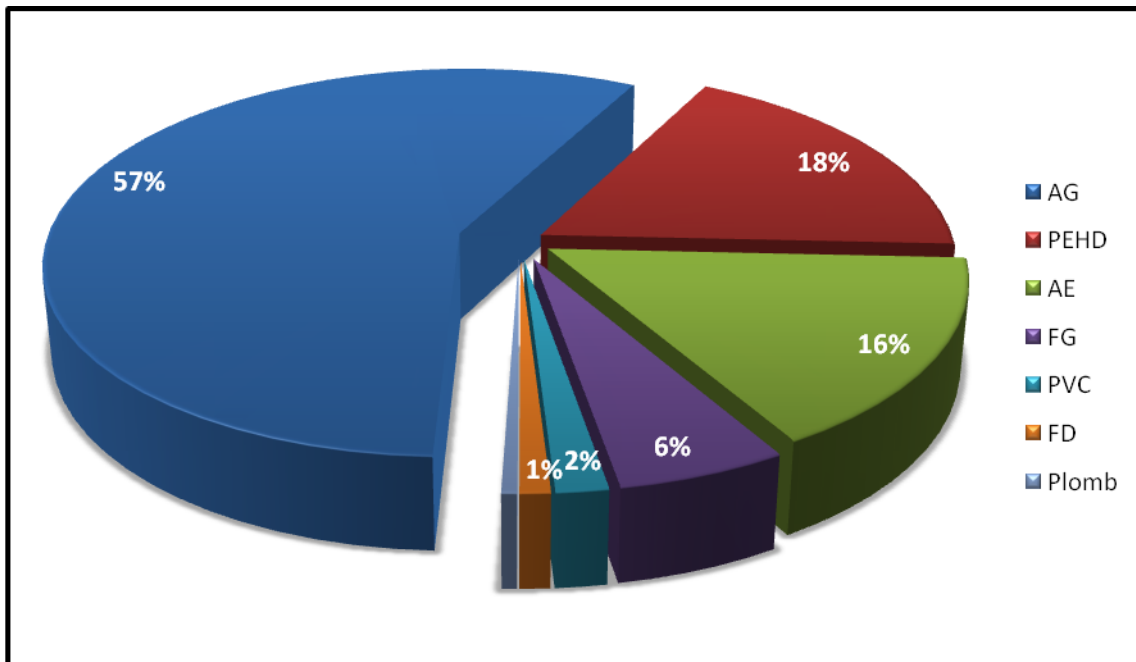


Figure 2.9 : Répartition des ruptures en fonction du matériau dans le réseau du GUT

L'Acier Galvanisé c'est le matériau le plus responsable des ruptures dans le réseau du GUT avec 57%, suivi par le PEHD avec 18 %, Acier Enrobé 16 % et enfin la Fonte Grise avec 6 %

### 1.3.2. Répartition des fuites par diamètre :

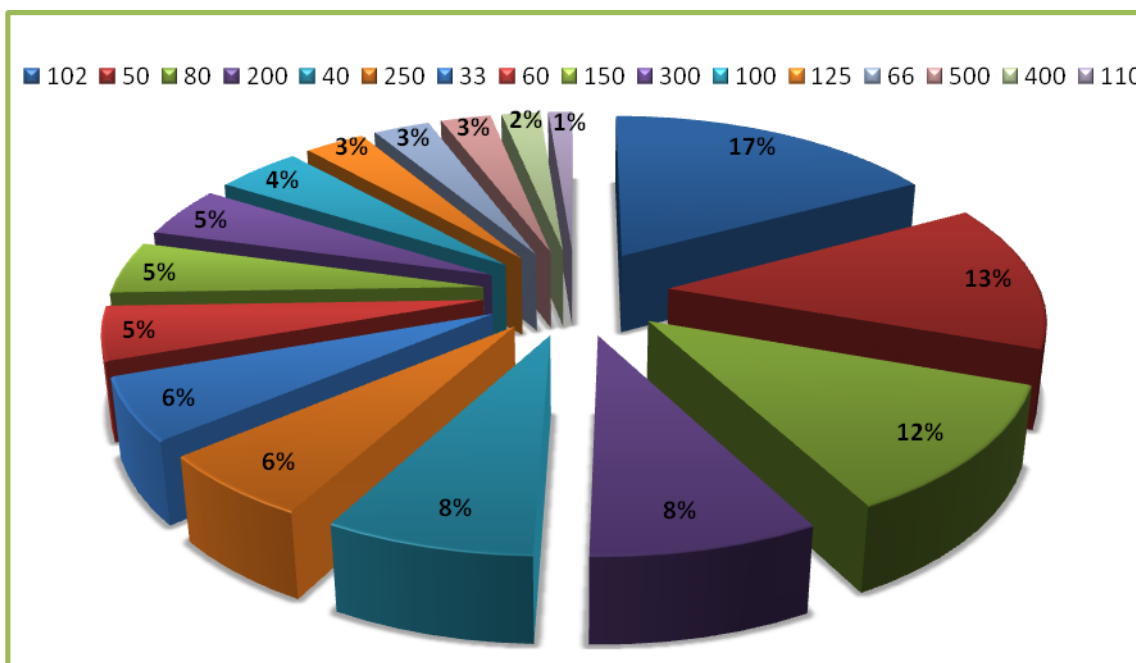


Figure 2.10 : Les diamètres les plus récentes dans le GUT (source 2004 ADE).

74,81% des conduites sont entre un interval de diamètre « 20 – 150 »

Le diamètre le plus utilisé c'est le 102 avec 17 % il se suivi du diamètre 50 avec 13% et le diamètre 80 avec 11,30%. On remarque que les trois diamètres sont construite du même matériau « Acier Galvanisé ».

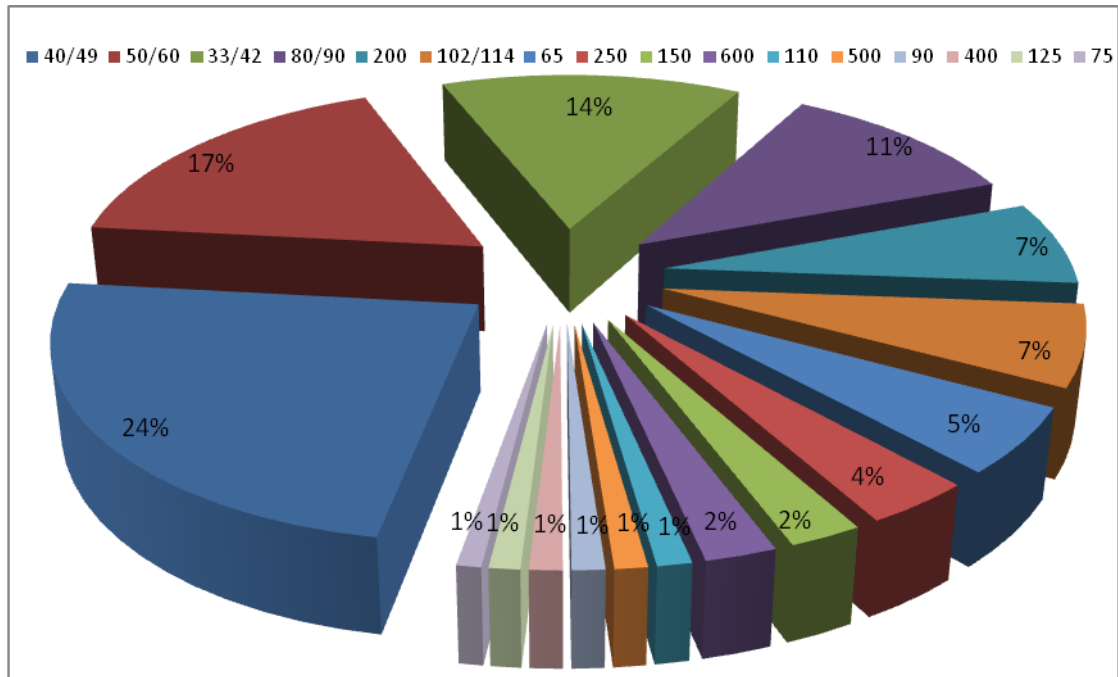


Figure 2.11 : Répartition des ruptures en fonction du diamètre (mm) dans le réseau de GUT

Le nombre des fuites réparé sur le GUT est de 1510 fuites.

Le diamètre des conduites réparé est compris entre 33 mm et 600 mm, 66 % des conduites réparé ayant un diamètre inférieur ou égal à 80 mm. Ces diamètre sont misent pour la distribution.

La figure 2.11 représente les diamètres des fuites réparées dans le réseau du GUT entre 2009 et 2012.

## 1.4. La répartition des fuites réparées par commune et les zones noires suivant la carte:

### 1.4.1. Le GUT

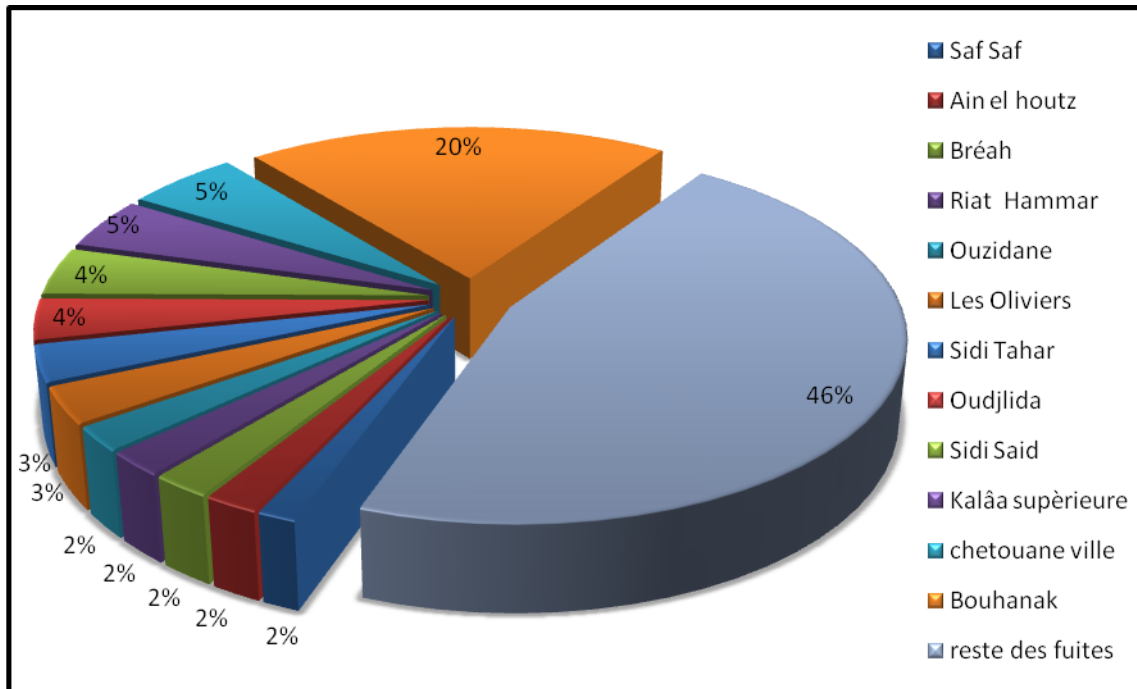


Figure 2.12: les zones noires dans le GUT

Les zones noires dans le GUT représente le plus grand nombre de fuit réparé, entre les quatre années de notre études les zones noires sont responsable responsables de 54% de ces fuites.

#### 1.4.1.1. Mansourah :

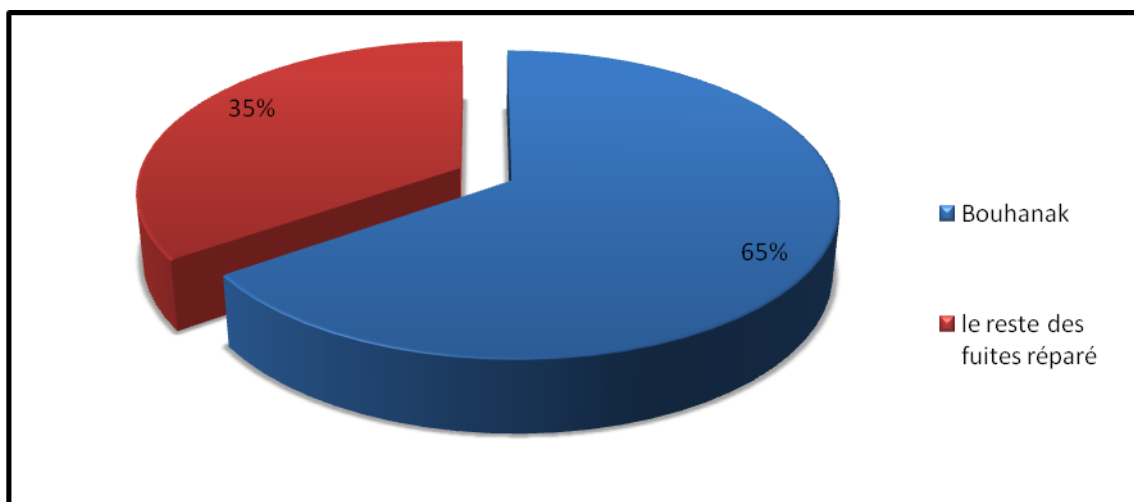


Figure 2.13: les zones noires dans la commune de Mansourah

Le nombre de fuit réparé est de 470, le nombre de fuite réparé dans la zone de Bouhanak est de 307 fuit.

- Bouhanak : les ruptures au niveau de Bouhanak représente 63% des fuites pour la commue de Mansourah

#### 1.4.1.2. Tlemcen :

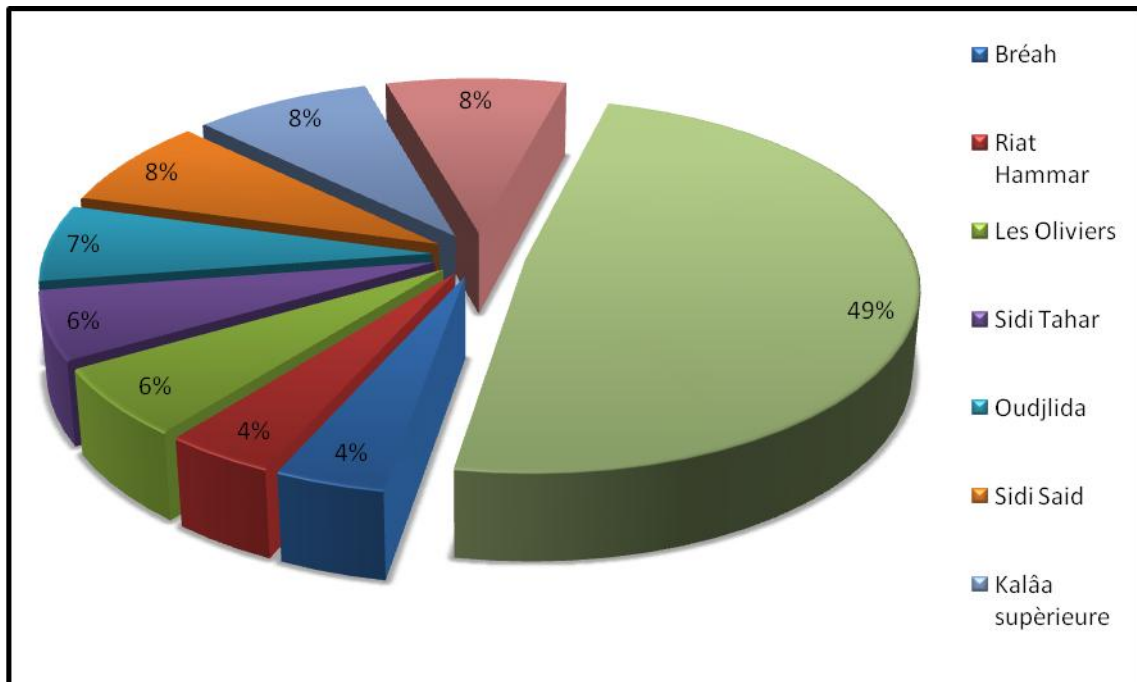


Figure 2.14 : les zones noires dans la commune de Tlemcen

Le nombre de fuit réparé est de 806, le nombre de fuite réparé dans les zones noires est de 414.

- Les oliviers :
- Koudia :
- Oudjlida :
- Sidi Said :
- Riat El Hammar :
- Bréah :
- Sidi Tahar :

Les zones noires au niveau de la commune de Tlemcen représentent 51% des fuites réparé de l'ensemble des fuites dans cette commune

#### 1.4.1.3. Chetouane :

Le nombre de fuit réparé est de 234, le nombre de fuite réparé dans les zones noires est de 162.

- Ain El Houte :
- Chetouane ville :
- Saf Saf :
- Ouzidane :

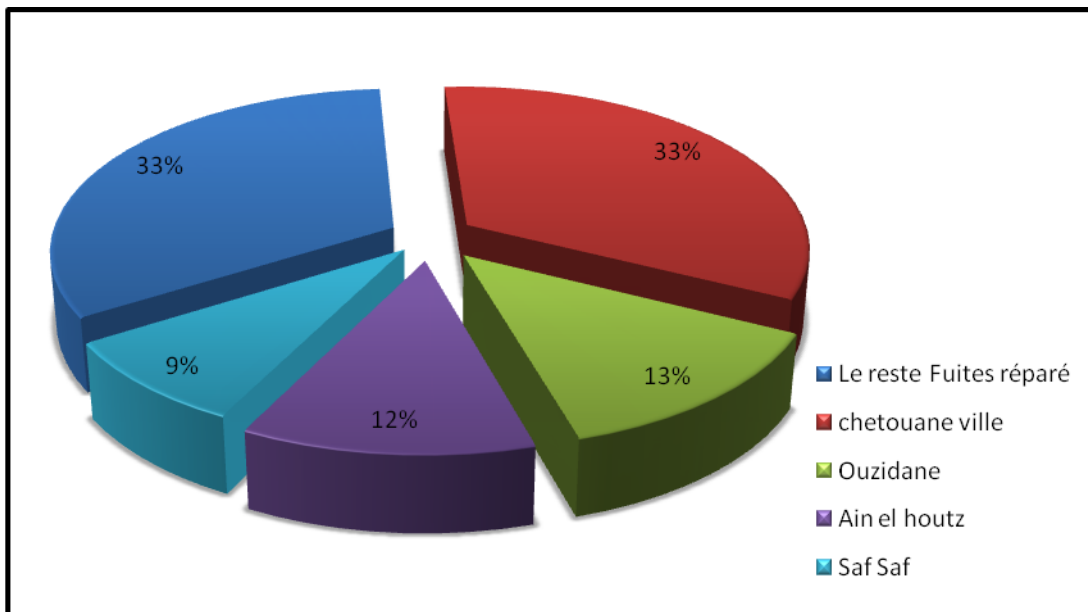


Figure 2.15 : les zones noires dans la commune de Chetouane

Les zones noires au niveau de la commune de Chetouane représentent 67% des fuites réparé de l'ensemble des tous les fuites de cette commune.

Suivant la carte on remarque des zones très dense avec des couleurs, ces zones représente les zones noire dans le GUT, le nombre des ruptures dans ces zones est énorme pour des cause multiple parmi eu :

- conditions initiales de pose : choix des matériaux, technique de raccordement, soin apporté aux travaux.
- nature du terrain : la fonte ductile non protégée est sensible à un sol corrosif.
- qualité du remblai : le remblai est à exécuter avec soin pour les PVC.
- qualité de l'eau : le dépôt de fer et de manganèse accélère la corrosion interne
- l'hydraulique : coup de bélier, pression statique trop élevée
- environnement en surface : la fonte grise est particulièrement sensible à un trafic dense, les courants vagabonds accélèrent la corrosion des fontes non protégées.
- la densité des accessoires réseaux : la multiplication des accessoires augmente la probabilité de fuite.
- les phases de gel/dégel des sols provoquent des phénomènes de dilatation et contraction des matériaux. La fonte grise est particulièrement sensible à ce phénomène.

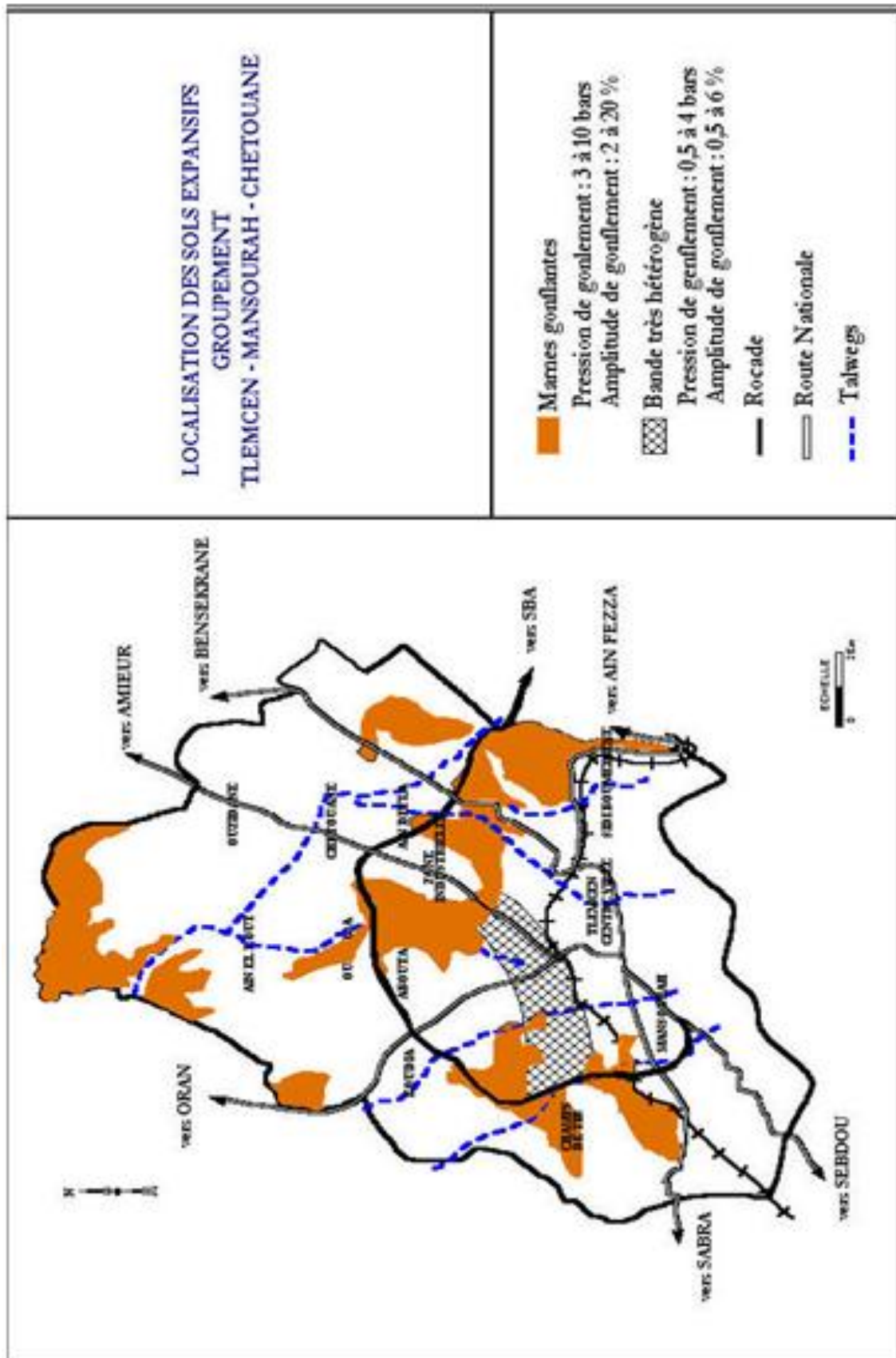


Figure 2.16 : Localisation des sols expansifs au niveau du GUT



La projection de la carte de répartition des fuites réparées sur la carte de la figure 5.16, explique les ruptures dans la zone de Bouhanak et les Oliviers, car d'après cette figure on remarque que le sol de ces deux zones c'est du marne gonflons qui exerce une pression entre 3 a 10 bar sur les canalisations. Le matériau des ces canalisations c'est de l'Acier Galvanisé et la Fonte ductile qui on une grande sensibilité a se type de sol, cela explique le nombre élevé des fuites réparé dans ces deux zones et prouve impact du sol sur le réseau.

#### **1.4.2. D'autres causes de fuite :**

- Les phases de gel et dégel affectant la fonte grise sont probablement une des causes majeures. En effet, la moitié des réparations de fuite survient pendant la période de froid (de novembre à février soit 1/3 de l'année). Ces phases de refroidissement ou réchauffement intense provoquent la dilatation du matériau. Or l'élasticité de la fonte grise est plus faible que celle des autres matériaux. Ainsi, elle est plus fragile vis-à-vis du risque de casse.
- L'âge, la nature du terrain et les conditions de pose sont des facteurs aggravant le risque de casse sur la fonte grise en cas de gel ou de dégel.

Enfin, de façon générale, il est difficile de déterminer la cause d'une fuite au moment de sa réparation. En effet, la technique de réparation des fuites pratiquée quasiment systématiquement est la pose d'un manchon de réparation, ne permettant pas d'observer l'état intérieur de la conduite.

Le potentiel de réduction des fuites se heurte aux limitations suivantes :

- les fuites détectables non-visibles s'écoulent de leur apparition jusqu'à leur détection puis leur réparation, durée qui ne peut être nulle ;
- les fuites visibles s'écoulent pendant le temps nécessaire à leur réparation, temps qui n'est jamais nul.
- les fuites diffuses s'écoulent en permanence, par nature elles ne peuvent pas être totalement éliminées ;
- la qualité du service fixe une limite aux réductions de pression permettant d'en réduire le débit.

Il existe quatre familles d'actions pour lutter contre les pertes :

- La recherche active de fuites permet de réduire les pertes dues aux fuites détectables non-visibles ;
- La rapidité d'intervention permet de réduire les pertes dues aux fuites visibles ou détectées en réduisant leur temps d'écoulement ;
- Le contrôle de la pression permet de réduire les pertes dues aux fuites de tous types en réduisant leur débit d'écoulement, elle permet par ailleurs de réduire le nombre de casses ;
- La gestion patrimoniale ciblée (renouvellement ou réhabilitation des canalisations, branchements et autres organes du réseau), réduit le nombre de fuites de tous types sur les organes concernés.

# Chapitre III

## **1. Introduction :**

Le réseau de distribution d'eau potable de GUT a un pourcentage de pertes en distribution d'environ 47% (20% volume perdu par des fuites) pour l'année 2011. Les pertes les plus importantes ne sont pas dues à un nombre important de fuites ou à des fuites de fort débit. Elles sont la plupart du temps occasionnées par des fuites de faible débit non visibles. Une petite fuite, non signalée et ne présentant aucun inconvénient pour les usagers du service des eaux peut durer des mois, voire des années.

Une fuite de 40 m<sup>3</sup>/h sera sauf exception détectée puis réparée rapidement. Le volume perdu par cette fuite sera ainsi limité à quelques centaines de mètres cube au maximum. Alors qu'avec un débit moyen de 2,2 m<sup>3</sup>/h, une fuite non signalée représente un volume annuel de près de 20 000 m<sup>3</sup>.

La sectorisation permet, en tenant compte des disparités du réseau, de détecter plus facilement et plus rapidement les fuites non visibles. Il s'agit d'un outil d'aide à la gestion des fuites.

### **1.1. La Sectorisation**

La sectorisation consiste à diviser un réseau d'eau potable en tronçons homogènes. L'étude de ces différents secteurs permet d'établir un diagnostic de l'état du réseau. Les volumes relatifs aux différents secteurs sont mesurés, enregistrés puis transmis à un poste central.

La sectorisation permet de détecter les fuites et participe ainsi efficacement à l'amélioration du rendement des réseaux.

#### **1.1.1. Pourquoi mettre en place une sectorisation :**

Face à la nécessité de réduire les pertes par fuite, une sectorisation complète du réseau s'est imposée ainsi qu'une recherche régulière et intensive de fuite grâce aux techniques de pré localisation acoustique.

Les indicateurs actuellement utilisés pour analyser l'état d'un réseau sont annuels et à l'échelle du service. Il est donc nécessaire d'utiliser une échelle d'espace et de temps plus restreinte afin d'optimiser la gestion des réseaux.

La sectorisation permet de réaliser un suivi journalier des débits sur des secteurs définis. Le débit de nuit est représentatif du débit de fuites car durant cette période les consommations

sont relativement faibles. Un suivi journalier des débits de nuit sur chaque secteur constitue un premier niveau de pré localisation. Ce suivi permet de :

- Détecter plus rapidement les fuites
- Prioriser les campagnes de recherche de fuites
- Suivre plus précisément l'évolution d'un réseau

### **1.1.2. Principe de la sectorisation :**

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.
- Etude des évolutions.
- Calcul des indices.

Le principe est de suivre l'évolution des débits de nuit transitant dans les secteurs parallèlement à l'évolution des volumes journaliers distribués. De l'analyse de ces données, on peut définir les secteurs les plus fuyards. Le secteur présentant la plus grande perte par fuite sera prioritaire sur les autres pour la recherche de fuite.

La sectorisation des réseaux, consiste en l'installation de compteurs judicieusement positionnés qui permettent, en cas de fuite, de pré-localiser le tronçon défectueux. Ainsi, plus le nombre de compteurs de sectorisation est important, plus la pré-localisation d'une fuite peut être précise, et moins la réparation sera difficile à entreprendre. En dehors de la problématique des fuites, ces compteurs permettent aussi une meilleure perception du fonctionnement des réseaux, en localisant notamment les gros consommateurs.

L'étanchéité des vannes :

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

### **1.1.3. La démarche de diagnostic :**

La réalisation d'un diagnostic de réseau nécessite la mise en place d'une démarche progressive et organisée. Le diagnostic de réseau peut s'inscrire dans un contexte plus global d'étude du système d'alimentation en eau potable incluant, par exemple, la modélisation, le schéma directeur ou l'amélioration de la gestion des installations [1].

#### 1.1.4. La réalisation d'un diagnostic du réseau est désormais obligatoire avec l'application de la loi Grenelle 2.

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

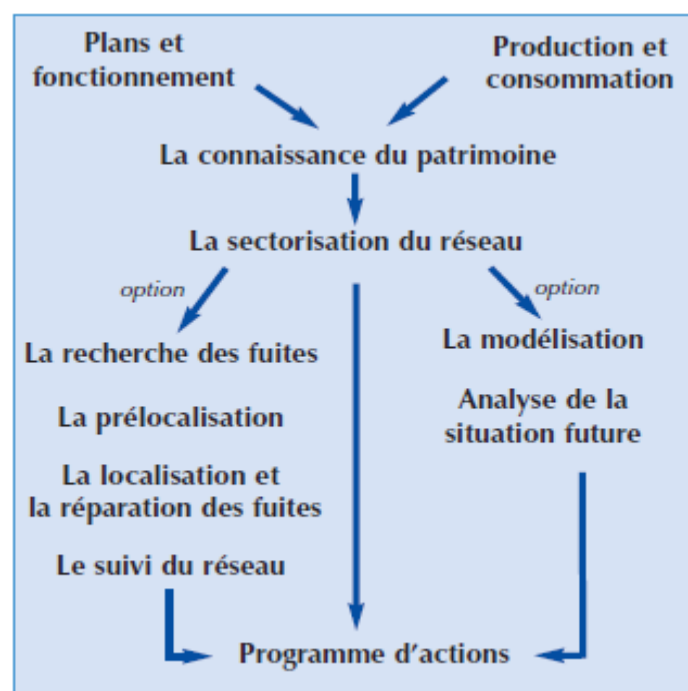


Figure 3.1 : Les étapes de diagnostic [1]

Le diagnostic peut constituer un outil de réorganisation du réseau (mise en place de nouveaux maillages, déconnection de réseaux, renforcement de réseaux, mise en place d'équipements de pression). En particulier une réorganisation de l'étagement des pressions doit permettre de réduire les contraintes sur certains secteurs et réduire considérablement les fuites.

Le diagnostic sert à d'affiner l'état des lieux, la finalité étant d'identifier les causes des mauvaises performances. Il peut être complété par un outil de modélisation qui présente

un intérêt pour l'aide à la décision pour les extensions ou modifications de réseaux. La modélisation nécessite toutefois une excellente connaissance du réseau.

#### **1.1.5. Les niveaux de sectorisation :**

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

La phase précédente du diagnostic revêt ici une. Les fonctions de chaque niveau sont les suivantes :

##### **1.1.5.1. Premier niveau de sectorisation :**

Les plus grands réseaux, villes et conurbations, peuvent avoir un 1er niveau de sectorisation alimentant entre 10 000 et 200 000 branchements.

Pour les réseaux de taille moins importante et pour les syndicats intercommunaux, ce 1<sup>er</sup> niveau de sectorisation est usuellement organisé sur la base des zones d'influences des différentes ressources en eau et des étages de pression.

La définition de ce 1er niveau est usuellement simple et rapide, ne nécessitant pas d'études particulières et notamment pas un modèle mathématique.

On instrumente usuellement tous les ouvrages du réseau (stations de pompage, réservoirs, séparation des étages de distribution).

Ce 1er niveau est dans tous les cas nécessaire et il est permanent. En effet, il est vraisemblable que le réseau de distribution présente des disparités significatives en terme de sols, d'état des conduites et branchements, de niveau de fuites, de coût de l'eau (différentes ressources, différentes élévations), de solutions pour la mise en œuvre d'une politique active de recherche de fuites.

Une étude des pertes au niveau de la totalité du réseau masque ces disparités et donc les opportunités d'amélioration.

C'est à ce 1er niveau que doit être suivi un réseau et menée l'étude technico-économique sur son état et les dispositions à prendre pour son amélioration.

Les vannes d'isolement entre secteurs de distribution de ce 1er niveau doivent être en parfait état de fonctionnement et bien connues de l'exploitant.

Les opérations de secours entre secteurs de distribution, exceptionnelles en cas de non comptabilisation des volumes échangés, doivent être parfaitement maîtrisées de façon à conserver le caractère pérenne du secteur de distribution.

La consommation des clients doit être non ambiguë, ce qui suppose que chaque client soit rattaché à un secteur de distribution.

Devront pouvoir également être rattachés ou évalués, pour chaque secteur de ce 1er niveau, les incidents sur le réseau ainsi que les coûts de l'eau mise en distribution mais également les coûts unitaires des travaux de renouvellement et d'entretien.

Les appareils de comptage permettant de mesurer les volumes et débits entrant ou sortant des secteurs de distribution de ce 1er niveau doivent être raccordés au système de télégestion lorsqu'il existe afin de pouvoir s'assurer au jour le jour qu'il n'y a pas de dysfonctionnement de ces appareils.

Les volumes et débits ainsi mesurés peuvent, notamment pour les secteurs de distribution de petite taille être également utilisés pour le suivi des volumes mis en distribution, voire pour le suivi des débits nocturnes et la pré-localisation par manœuvre des vannes (voir 2ème et 3ème niveaux ci-après.)

Lors de la réalisation d'une étude diagnostic de réseau, il est nécessaire qu'une telle sectorisation existe avant la réalisation des campagnes de mesure.

Il est fréquent que cette phase de réalisation du 1er niveau soit insérée dans l'étude diagnostic (permettant de compléter les appareils de comptage existants), le chargé d'études étant responsable de sa définition.

En effet, une étude diagnostic réalisée sur la base de données et de mesures provenant d'appareils de comptage à poste fixe permet de tenir compte, mieux qu'avec une seule campagne de courte durée (usuellement quelques jours) de l'évolution des consommations des usagers mais également de l'évolution des pertes. Les appareils installés permettront de suivre l'évolution du réseau qu'il s'avère indispensable de pouvoir réaliser.

Sur chacun des secteurs de ce premier niveau, une relève annuelle de l'ensemble des systèmes de comptage permettra d'obtenir les différents volumes mis en distribution. La connaissance des volumes consommés, grâce au rattachement de chaque abonné à un des secteurs,



permettra ainsi de calculer par zone les indicateurs annuels de rendements et d'indices de pertes (ILP). Par rapport aux indicateurs calculés pour l'ensemble du réseau, on pourra faire ressortir des disparités entre secteurs et identifier les plus fragiles sur lesquels porteront en priorité les efforts d'amélioration.

- les secteurs sont isolés de façon permanente (sauf situation exceptionnelle),
- les points de mesure sont situés généralement sur les principaux ouvrages,
- le suivi des points de mesure permet le calcul des indicateurs techniques (rendement et indices de pertes) sur chaque secteur [7].

#### **1.1.5.2. deuxième niveau de sectorisation :**

Contrairement au 1er niveau, ce 2ème niveau n'est pas indispensable pour le suivi économique des pertes sur le réseau (il est cependant fortement recommandé par la Commission Locale de l'Eau).

C'est à l'étude technico-économique, à réaliser notamment après une campagne de recherches de fuites, de conclure sur sa nécessité.

Ce deuxième niveau pourra n'être appliqué qu'à une partie du réseau de distribution sur la base :

- De points de comptage existants ;
- Des conclusions de l'étude technico-économique ;
- D'opportunités se présentant de mettre en place à moindre frais des compteurs de sectorisation (réhabilitation d'ouvrages, travaux de renouvellement du réseau).

La taille de ces secteurs de distribution (donc permanents) sera fonction de celle des secteurs du 1er niveau.

Seront suivis :

- L'évolution du volume mis en distribution et ceci de manière permanente ;

- L'évolution du débit minimum nocturne (usuellement volume sur une plage horaire adaptée à la consommation des usagers, par exemple entre 2 et 3h du matin lorsque cet indicateur est pertinent).

Pour les secteurs de distribution ne comprenant pas (ou très peu) de conduites en matériaux plastiques, ce niveau de sectorisation est usuellement suffisant compte tenu des derniers développements dans les outils de pré-localisation de fuite (pré-localisateurs acoustiques, certains pouvant également situer la fuite)...

En l'absence de ce 2ème niveau de sectorisation, les résultats de la campagne de recherche de fuites ne peuvent être quantifiés de façon suffisamment fine pour juger de la nécessité de recommencer.

Une baisse insuffisante des volumes mis en distribution, peut en effet être due à la réparation de fuites de très faible débit (elles font souvent beaucoup de bruit), mais également à l'apparition de nouvelles fuites proches de celles venant d'être réparées.

D'autres fuites restent indétectées, masquées par les précédentes ou présentant un bruit trop faible pour être déclarées à coup sûr comme « fuite ».

L'évolution des prix et des techniques permet aujourd'hui que ce 2ème niveau fasse l'objet d'un suivi par la télégestion (c'est même fortement recommandé par la Commission Locale de l'Eau).

Les derniers développements dans ce domaine permettent aujourd'hui de rapatrier quasiment de tout point du réseau de distribution d'eau des informations de débit/volume à partir d'appareils de comptage isolés.

Des enregistreurs de données équipés de modem, raccordés à la tête émettrice du compteur, permettant de communiquer, sans nécessité de raccordement à une source extérieure de courant, avec le poste central de télégestion (via le réseau téléphonique, GSM ou réseau radio).

- Ceci permet de suivre, au choix de l'exploitant :
- Les volumes journaliers mis en distribution :
- Les volumes nocturnes sur une plage horaire ;
- Les débits minimums ;

- Les indices linéaires de pertes rapportés aux indices linéaires de consommation ;
- Une combinaison de ces paramètres...

Des seuils d'alarme peuvent être paramétrés, mettant en évidence l'apparition de nouvelles fuites.

Il est également souhaitable pour ce 2ème niveau, que la consommation des clients soit non ambiguë, ce qui suppose que chaque client soit rattaché à un secteur de distribution.

Lors de la réalisation d'une étude diagnostic, et en conclusion (même si l'opportunité de la mise en place d'un certain nombre d'appareils de comptage peut se présenter à l'amont de la réalisation des campagnes de mesures en complément du 1er niveau de sectorisation), il appartient au chargé d'études conjointement avec le gestionnaire du réseau de bien analyser l'opportunité de la création de ce deuxième niveau de sectorisation et d'en définir chaque secteur.

Pour les réseaux importants, l'assistance d'une modélisation mathématique s'avère nécessaire afin de vérifier que les débits de pointe peuvent transiter malgré la fermeture de vannes sur le réseau, et que la qualité de l'eau n'est pas dégradée du fait de ces fermetures de vannes.

En plus de la mise en place de nouveaux points de comptage, il convient de remplacer toutes les vannes séparant deux secteurs pour lesquelles il y aurait un doute sur la facilité de manœuvre et la qualité de l'étanchéité.

Des purges peuvent également se révéler nécessaires sur des extrémités d'antennes créées du fait de la fermeture de vannes. Les limites des secteurs de distribution doivent parfaitement être maîtrisées par le gestionnaire du réseau, les secours entre secteurs de distribution devant rester possibles.

Enfin sur chacun des secteurs du deuxième niveau, on mesurera les volumes mis en distribution et en particulier le débit minimum nocturne (usuellement sur une plage horaire adaptée à la consommation des usagers, par exemple entre 2 et 3 heures du matin). Cette valeur déduction faite des consommations nocturnes connues (industriels, gros consommateurs, artisans, ...) pourra être assimilée aux fuites et permettra de calculer l'indice linéaire de fuites (ILF) par secteur. La comparaison des valeurs orientera les priorités dans la recherche précise de fuites.

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

Ce 2e niveau de sectorisation sera appliqué sur tout ou partie du réseau en fonction des possibilités hydrauliques d'isoler un secteur, des possibilités de comptage et des conclusions déduites de l'analyse du 1er niveau de sectorisation [7].

### **1.1.5.3. Troisième niveau de sectorisation :**

Ce Troisième niveau de sectorisation d'aide à la pré-localisation de fuites par manoeuvre de vannes, autrefois fréquent (compteurs en by-pass de vanne en regard) apparaît aujourd'hui moins nécessaire du fait du développement des pré-localisateurs acoustiques de fuites.

Indépendamment du fait qu'il est de plus en plus difficile (et cher) de mobiliser du personnel la nuit pour ce type de travail, les manoeuvres de vannes sur des réseaux vétustes peuvent générer de nouvelles fuites.

Les pré-localisateurs de fuites ont cependant des limites en termes de détection, notamment pour les réseaux constitués de matières plastiques.

La réalisation de ce 3ème niveau doit également résulter d'une étude technico-économique qui en définit l'importance.

Le linéaire de conduites pour un secteur (ou sous-secteur) ne doit pas être trop important afin de permettre en deux ou trois nuits maximum d'avoir, par des fermetures de vannes successives, évalué par tronçons le débit nocturne duquel est déduit le débit de fuites. Il est souhaitable ainsi de ne pas dépasser une longueur de 15 Kms.

Les compteurs sont habituellement posés en « ligne », les compteurs posés en by-pass concernant plus particulièrement les conduites de diamètre important ou de refoulement.

Sur des secteurs de très petite longueur, la pré-localisation pourrait être effectuée de jour, à une période de faible fluctuation des débits, par exemple entre 14h30 et 16h, plage horaire à valider par une analyse de débit. Les résultats peuvent être parfois douteux, notamment en cas d'étanchéité des vannes non garanties. Un débit de plusieurs centaines de l/h peut ainsi être attribué à tort à un tronçon de conduite.

Pour la localisation des fuites, la pré-localisation réalisée sur de courts tronçons permet l'utilisation de méthodes non acoustiques comme l'injection d'hydrogène dans la conduite lorsque les techniques acoustiques traditionnelles ont échoué.

Le développement d'une sectorisation pérenne est préférable à la répétition de campagnes ponctuelles, qui plus adaptées à la résolution de problèmes sur des réseaux de taille limitées avec des configurations complexes (résolution de points noirs) [7].

#### **1.1.6. Sectorisation et recherche de fuite :**

##### **1.1.6.1. Analyse des débits de nuit :**

Les débits de nuit calculés entre 2h et 3h du matin sont susceptibles de refléter le niveau de fuite d'un secteur. En effet, à ce moment de la journée, les abonnés consomment peu voire pas du tout, sauf si le secteur comporte des consommateurs de nuit (industriels par exemple).

Dans ce cas, il est nécessaire de retrancher le débit des consommateurs de nuit. Dans le cas où il n'y a pas de consommateur de nuit connu, on considère que 80% du débit de nuit représente le débit réel de fuite, 20% du reste du débit de nuit représente les consommations résiduelles (fuites chez les abonnés, électroménager programmable de nuit...).

Il n'est pas rare que la plage horaire 2h-3h du matin ne soit pas tous les jours adaptée pour évaluer les débits de nuit. En effet, pour un même secteur, la plage horaire du minimum de consommation peut fluctuer d'un jour à l'autre voire se retrouver durant la journée (couramment l'après-midi). Il est alors intéressant de rechercher le débit minimum journalier [4].

##### **1.1.6.2. Débits de fuites :**

L'analyse des débits de nuit et donc des débits de fuite permet de déceler généralement des fuites de quelques m<sup>3</sup>/h. Un débit de fuite de 2 m<sup>3</sup>/h représente 17 000 m<sup>3</sup> sur une année, ce qui, pour le réseau du GUT représente tout de même 0,2% de rendement. Une telle fuite est généralement non visible car ne fait pas surface et ne dérange aucunement les usagers. Par contre, une fuite de 20 m<sup>3</sup>/h sera sauf cas exceptionnel signalée et ne représentera que

quelques centaines de m<sup>3</sup> d'eau perdus dans l'année. Ainsi la sectorisation et la recherche active de fuite sont essentielles pour espérer augmenter le rendement du réseau [4].

#### **1.1.6.3. Analyse du volume journalier :**

L'apparition d'une ou de nouvelles fuites sur un secteur se traduit par une augmentation simultanée du débit de nuit et du volume journalier distribué au secteur. Lorsque les débits ne peuvent pas être suivis, une augmentation sur plusieurs semaines du volume journalier et la comparaison à un historique de données permet de conclure l'apparition de nouvelles fuites [4].

#### **1.1.6.4. La délimitation des secteurs :**

La subdivision du réseau en zones distinctes ne répond pas à une méthodologie précise et doit être réalisée au cas par cas en fonction du contexte local. On peut cependant donner quelques consignes générales :

- On cherchera à définir des secteurs hydrauliquement séparés les uns des autres et les plus homogènes possible vis-à-vis des critères suivants :

- urbanisation
- usages de l'eau
- type de réseau,...

- Les volumes mis en distribution dans chaque secteur sont calculés à partir d'un ou plusieurs points de mesure. On s'efforcera de limiter le nombre de points d'acquisition de données à 3 ou 4 par zone et on mettra en place des dispositifs de validation pour les points clés (double comptage, étalonnage,...).

- Le réseau d'alimentation en eau potable évolue dans le temps. La sectorisation devra donc être modifiable pour tenir compte des nouvelles configurations :
  - Extension de l'urbanisation
  - Interconnexion.
  - Nouvelle ressource [1].

#### **1.1.7. Critères de mise en place de la sectorisation :**

Les secteurs sont établis en fonction de différents critères :

### **1.1.7.1. Hydraulique :**

Les zones sectorisées sont définies en fonction des infrastructures (réservoirs, stations de pompage) ainsi que des débitmètres existants.

Les secteurs doivent être formés des entités hydrauliques. La pression et les possibilités de démaillages sont les principales caractéristiques prises en compte lors de la réalisation d'une sectorisation.

### **1.1.7.2. Disposition du réseau :**

Usuellement, le nombre d'utilisateurs est compris entre 500 et 3000. Lorsque la taille de la zone est trop importante, l'analyse des données est plus difficile (phénomène de lissage des données) et la pré-localisation est moins fine. Mais une zone trop petite rend la sectorisation difficilement exploitable (débit trop faible ce qui implique un problème de mesure). De plus, la mise en œuvre peut rapidement atteindre un coût élevé (installation de débitmètres et de vannes).

### **1.1.7.3. Aspect économique :**

La mise en place d'une sectorisation ne doit pas engendrer un surcoût disproportionné par rapport à l'économie d'eau réalisée. En effet, la mise en place systématique de sectorisation n'est pas une solution pérenne dans la gestion des réseaux [8].

### **1.1.8. Les appareils de comptage pour la sectorisation des réseaux :**

Les appareils de comptage installés en limite des secteurs de distribution du premier niveau devront mesurer avec une faible erreur et une bonne durabilité les volumes introduits dans le réseau, condition indispensable pour avoir une bonne appréciation du niveau des pertes. Pour les appareils des deuxième et troisième niveaux, une exigence supplémentaire est la capacité à mesurer les débits minimum, représentatifs des fuites.

C'est pourquoi, les mesures des volumes annuels des secteurs de niveau 1 seront effectuées grâce à des compteurs mécaniques fixes et les mesures de débits nocturnes seront réalisées à l'aide de sondes électromagnétiques à insertion. Les sondes sont sensibles aux perturbations hydrauliques : coudes, pompes, vannes,... Leurs emplacements ont été déterminés de façon à avoir des longueurs droites amont et aval d'au minimum 25 mètres [2].

### **1.1.8.1. Les appareils de comptage :**

- **Les “petits” compteurs:**

(Diamètre de canalisation 15 à 50 mm)

Ils sont utilisés pour enregistrer la consommation des abonnés domestiques.

Il existe différentes technologies : les compteurs volumétriques et les compteurs de vitesse à turbine (jet unique ou jet multiple) [1].

- **Les “gros” compteurs:**

(Diamètre de canalisation 50 à 800 mm)

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

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

- **Les débitmètres électromagnétiques:**

(Diamètre de canalisation 50 à 5000 mm)

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

- **Les débitmètres à insertion:**

(Diamètre de canalisation 50 à 8000 mm).

- **Les débitmètres à ultrasons:**

(Diamètre de canalisation 50 à 8000 mm)

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

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



### 1.1.8.2. Les contraintes techniques:

Un compteur ou un débitmètre doit :

Indiquer avec précision le volume d'eau qui le traverse (erreur de mesure minimum),

- Être fiable dans le temps avec un entretien restreint,
- Créer le moins possible de perte de pression,
- Résister aux pressions du réseau,
- Être facile à relever.
- Le choix et le dimensionnement: Pour choisir un appareil, il faut tenir compte :
  - De la nature et de la qualité de l'eau,
  - Des conditions de pression,
  - Des conditions d'installation (accès, positionnement, encombrement, accessoires,...),
  - Des conditions de lecture (directe, à distance,...),
  - De la précision souhaitée, et surtout des débits d'utilisation (permanent, minimum, maximum, exceptionnel).

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

- Les conditions de pose:

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

Il faut être particulièrement vigilant sur les points suivants :

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

- La relève:

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

#### **1.1.9. La gestion des appareils de comptage:**

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

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

L'exploitant d'un réseau d'eau constate, après calcul, un rendement net de son réseau de 82%. Mais, il s'avère, après vérification par étalonnage que le compteur de l'unique captage sur compte de 19% !

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

## **1.2. Méthodologie permettant de suivre des débits de sectorisation :**

Le débit de nuit peut être scindé en deux parties :

- Les consommations (après compteur).
- Les fuites (avant compteur).

Chacune de ces parties est composée d'une part courante et d'une part exceptionnelle.

Le caractère exceptionnel correspond à une casse pour une fuite ou à une consommation particulière (type arrosage).

L'objectif de la lutte contre les fuites est la minimisation de la part courante du débit de fuites. La part courante des consommations constitue un bruit de fond a priori peu variable.

Les historiques obtenus dans le cadre de l'étude permettent de suivre les débits de nuit depuis l'emplacement des appareils.

L'objectif de ce suivi est d'établir un moyen permettant de mieux quantifier le débit de fuites en s'affranchissant des débits liés à la consommation.

L'étude de l'historique des débits a permis d'identifier plusieurs points importants dans le traitement des données de débits de sectorisation :

#### **1.2.1.1. Estimation des consommations**

Plusieurs techniques permettent d'estimer les consommations moyennes sur un secteur. Ces méthodes ne prennent pas en compte les consommations exceptionnelles. Or, le suivi des débits dans le cadre de l'étude montre que l'impact des consommations exceptionnelles sur le débit de nuit est important. Ceci rend ces méthodes inappropriées au pas de temps journalier.

#### **1.2.1.2. Changement d'échelle de temps**

L'évolution du débit de nuit journalier est très chaotique et donc difficilement exploitable.

Les consommations exceptionnelles impactent le débit de nuit de manière ponctuelle.

Contrairement aux fuites courantes, les fuites exceptionnelles sont réparées rapidement, elles impactent donc ponctuellement le débit de nuit. Ainsi, l'échelle hebdomadaire est préférée au pas de temps journalier pour faciliter la compréhension et le suivi des courbes.

#### **1.2.1.3. Utilisation de filtres**

Les données renvoyées par les instruments de mesures télé gérés sont parfois aberrantes.

Des filtres ont donc été mis en place pour supprimer les données manifestement erronées.

- Les débits moyen et nocturne doivent être positifs
- Le débit moyen doit être supérieur au débit de nuit
- Une semaine doit contenir au moins 4 jours avec des données valides [8].

### **1.3. Les points de mesure :**

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

#### **1.3.1. Les mesures de débit:**

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

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

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

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

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

#### **1.3.2. Les mesures de niveau:**

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

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

### **1.3.3. Les mesures de pression:**

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

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

## **1.4. L'acquisition et l'interprétation des données :**

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

### **1.4.1. Le suivi annuel**

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

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

### **1.4.2. Le suivi ponctuel**

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

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

La mesure du débit nocturne de chaque zone est réalisée à partir d'enregistrements en continu et simultanés des débits entrants et sortants ainsi que des niveaux des réservoirs. La durée minimale des mesures est d'une nuit. Il est cependant préférable de travailler sur plusieurs journées de mesures pour s'affranchir de certaines erreurs. Pour l'enregistrement des données,

on utilise des enregistreurs autonomes (loggers) qui, après programmation, sont connectés sur site au dispositif de mesure (compteur, débitmètre, capteur de niveau).

### **1.4.3. Le suivi permanent**

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

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

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

L'évolution des volumes journaliers,

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

## 2. La sectorisation du réseau de BOUHANAK :

### 2.1. Présentation du réseau :

Le réseau du Bouhanak c'est in réseau qui se situent en oust sud de la ville de Tlemcen, c'est un nouveau réseau si on le compare avec le réseau du GUT.

#### 2.1.1. Caractéristiques du réseau :

##### 2.1.1.1. Conduits :

- La longueur : une longueur de 28 Km
- Type du matériau de conduits et la longueur de chaque type : Acier enrobé, Acier galvanisé, Fonte ductile, pvc.

Le tableau suivant représente la longueur et le fonctionnement de chaque conduite ainsi le diamètre réputé.

Tableau 3.1 : caractéristiques des conduits en Acier Galvanisé

Acier Galvanise										
DIAMETRE	33	40	50	66	80	102	150	250	400	450
LONGUEUR	3 095	2 295	760	3 917	555	2 493	5	10	160	700
NOMBR DE CONDUIT	116									
LONGUEUR TOTAL	14 730									

- **Acier Galvanise :**

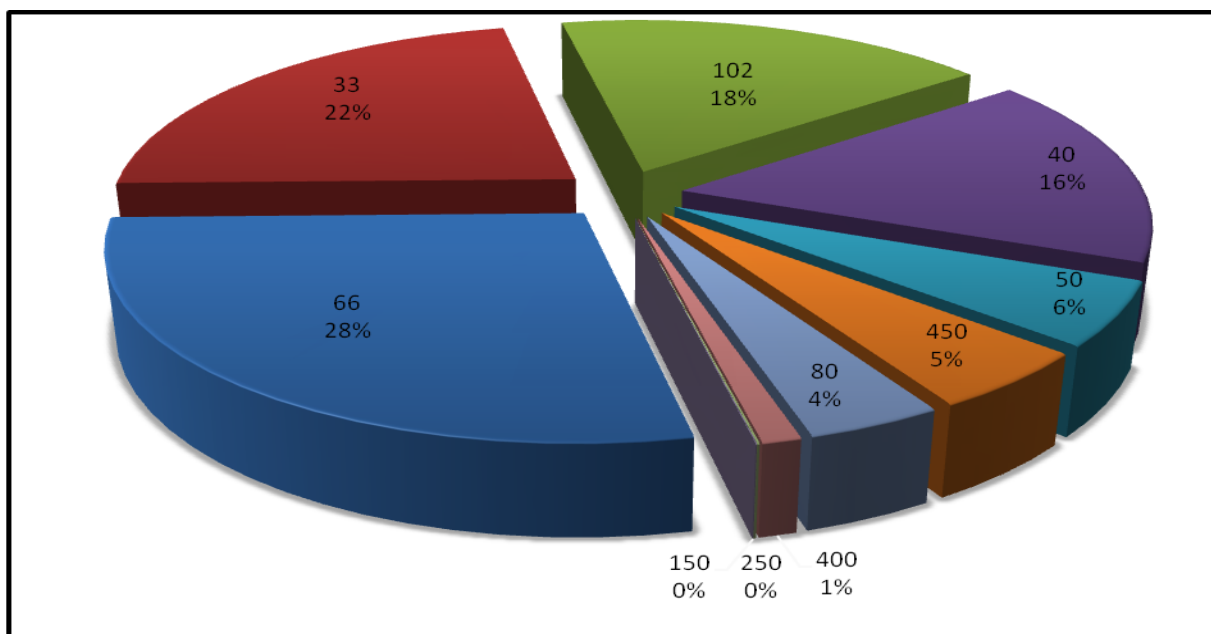


Figure 3.2 : Les diamètres des conduites en Acier Galvanisé.

Pour l'acier galvanisé le diamètre le plus utilisé c'est le 66 mm avec 28 %, après en trouve le 33mm avec 22% et le 102mm avec 18% ainsi le 40mm avec 16%.

Les conduites de l'acier galvanisé sont de diamètre inférieur de 100 mm se qui explique la nature de leur fonctionnement dans notre cas et c'est purement pour la distribution d'eau potable.

- **Fonte ductile :**

Tableau 3.2 : caractéristiques des conduits en Fonte ductile (source ADE).

<b>Fonte ductile</b>								
DIAMETRE	100	150	200	250	300	350	400	500
LONGUEUR	340	360	1 523	2 244	798	559	1 273	503
NOMBRE DE CONDUITE	51							
LONGUEUR TOTAL	7 450							



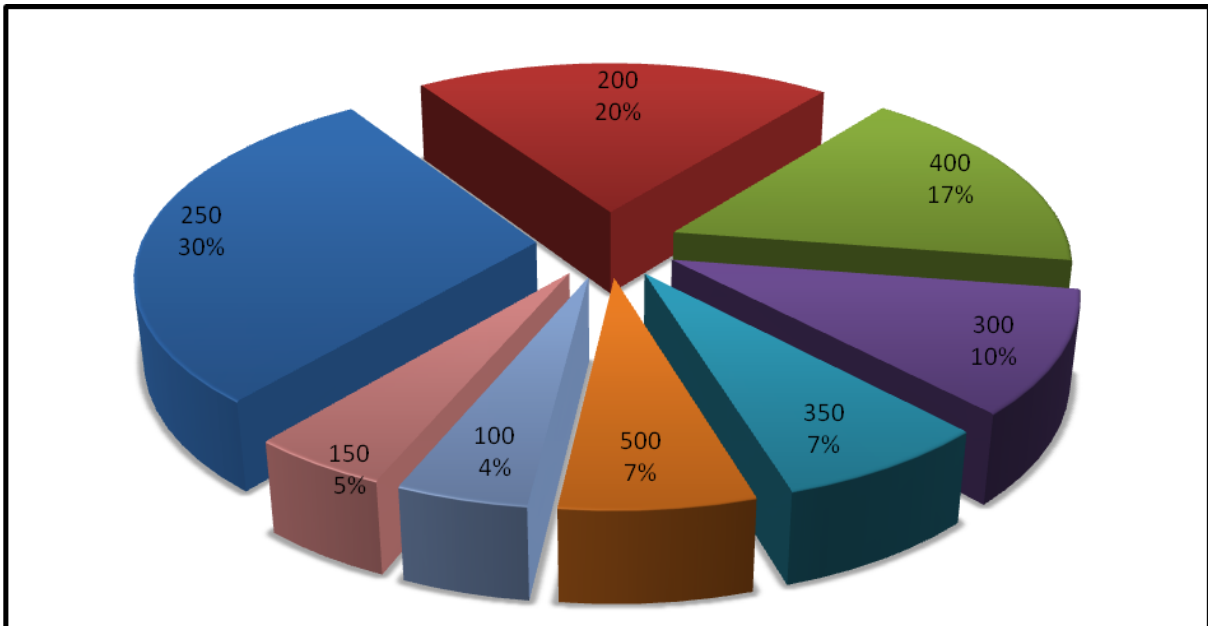


Figure 3.3 : Les diamètres des conduites en fonte ductile.

Pour la fonte ductile le diamètre le plus utilisé c'est le 250 mm avec 30 %, après en trouve le 200mm avec 20% et le 400mm avec 17% ainsi le 300mm avec 10%.

On remarque que la plus part des conduite de la fonte ductile est supérieure de 300mm jusqu'à 500mm se qui veut dire que la fonte ductile est utilisé pour les grands transferts et les conduites de refoulement.

- **Acier enrobé :**

Tableau 3.3 : caractéristiques des conduits en Acier Enrobé (source ADE).

Acier enrobé								
DIAMETRE	66	102	150	200	250	300	400	450
LONGUEUR	50	100	565	505	1910	748	350	150
NOMBRE DE CONDUITE	25							
LONGUEUR TOTAL	4998							

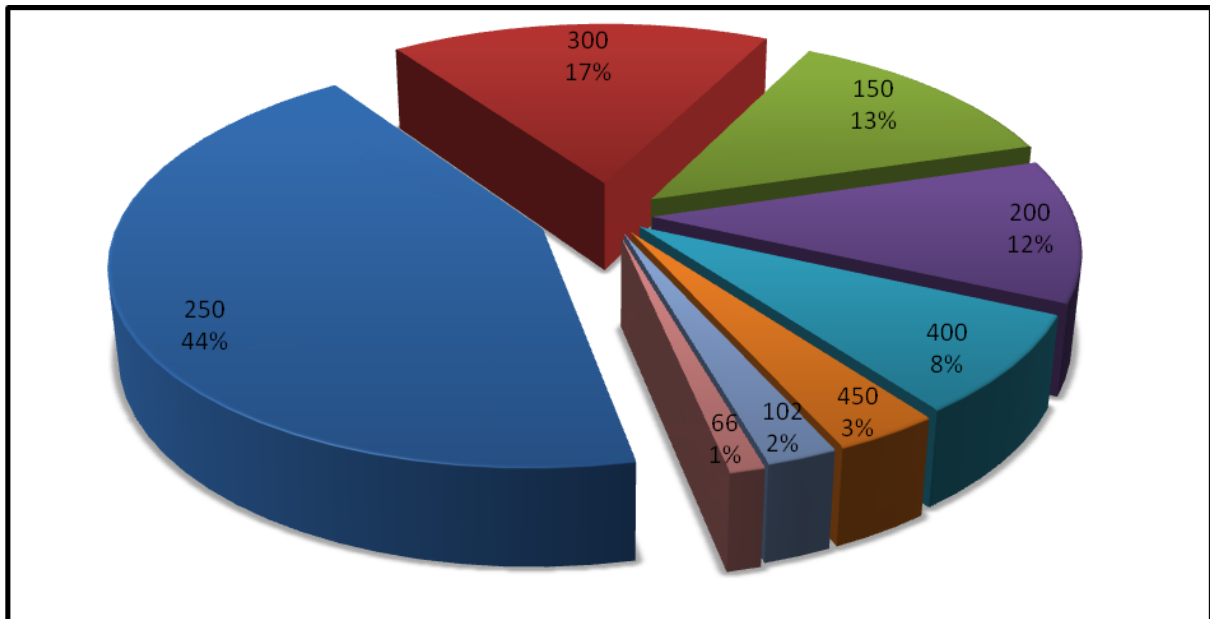


Figure 3.4 : Les diamètres des conduites en fonte ductile.

Pour l'acier enrobé le diamètre le plus utilisé c'est le 250 mm avec 44 %, après on trouve le 300mm avec 17% et le 150mm avec 13% ainsi le 200mm avec 12%.

La même chose pour l'acier enrobé on remarque que la plus part des conduites sont supérieures de 300mm jusqu'à 500mm ce qui veut dire que la fonte ductile est utilisée pour les grands transferts et les conduites de refoulement.

**PVC** : une conduite avec une longueur de 525 m et un diamètre de 125 mm

Tableau 3.4 : La longueur des conduits dans le réseau

Matériaux	AG	FD	AE	pvc
Longueur (m)	14730	7450	4998	525

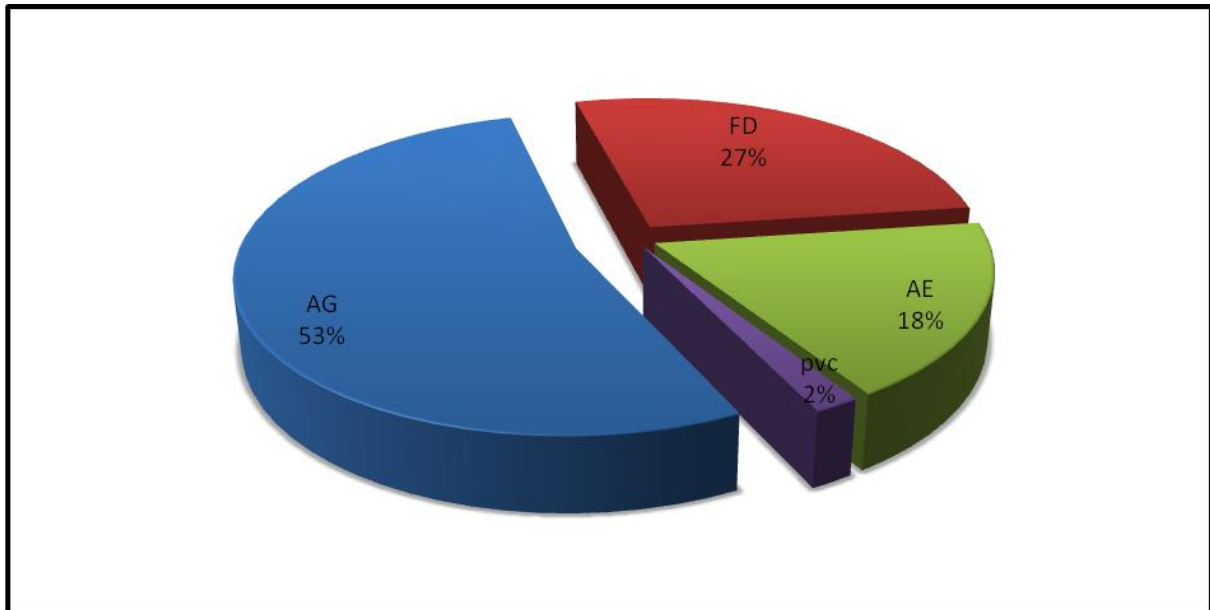


Figure 3.5 : Les conduites les plus utilisées dans le réseau de Bouhanak.

L'acier galvanisé c'est le matériau le plus utilisé avec 53% il se suit par la fonte grise et l'acier enrobé avec 27 et 18 %, et sa démontre aussi que l'acier galvanisé est utilisé purement pour la distribution.

#### 2.1.1.2. Type de sol et le relief :

La nature du sol de Bouhanak c'est un sol argileux et rocheux (d'après la carte géologique), se qui cause la corrosion gonflement – tassement, l'affaissement et effondrements

Le gonflement et retrait des argiles raides Certaines argiles et marnes raides mises en présence d'eau ont tendance à gonfler en absorbant l'eau. Ce gonflement peut exercer de fortes pressions sur la canalisation, elles peuvent être suffisamment importantes pour la déformer et occasionner des fissures.

Par contre, si les argiles perdent l'eau par dessiccation par exemple, il y a un phénomène de retrait qui se produit. Ainsi, lorsqu'une canalisation se trouve dans une argile soumise à des cycles de « gonflement - tassement » par suite des fluctuations de la présence d'eau, elle peut subir un désordre important.

Le relief du Bouhanak est classé comme un relief accidenté à cause de la différence de dénivellation entre les réservoirs et branchements des abonnés du a la forte pression produit, ainsi une mauvaise alimentation et de faible pression lorsque qui concerne les point haut du réseau.

Figure 3.6 : plan de réseau de Bouhanak

Caractéristiques du réseau Bouhanak :

- **Population :** 21 984 Habitant
- **Nombre Abonné :** 5 246 Abonnée
- **Fréquence distribution :** H24 100 %
- **Les cités alimentées :**

200logts ; Cite17 Octobre ; 500logts ; 276logts ; Terrain Zouad ; Lotis Communal; lots BADR ; 52 Villas AFIT, 400logts, Cites Universitaires ( 900lits ;1000Lits ) ;Citées Universitaires ( 700lits ;2000Lits ) ; Cité Universitaire 500 Lits, Hai Nedjma ; Universite ABOU BAKR BELKAID ;Cite Militaire; DGSN; Lotis Afak , 476logts; Habak ; Cite Evolutif (boudjemil)

### **2.1.2. Sectorisation du réseau Bouhanak :**

La sectorisation constitue non seulement un outil de diagnostic l'état et du fonctionnement d'un réseau à un instant donné, mais surtout un outil de gestion du patrimoine au quotidien.

Elle consiste à subdiviser un réseau en secteurs cohérents de comportement homogène pour permettre une analyse critique du fonctionnement par l'identification d'anomalies locales.

Elle peut se concevoir suivant trois étapes distinctes avec des prestataires différents :

- La conception ;
- La mise en place des outils de mesure ;
- L'acquisition des données et l'interprétation [7].

#### **2.1.2.1. La conception :**

La conception (délimitation de secteurs) s'appuie bien entendu sur l'audit réalisé à l'amont et sur les caractéristiques physiques du réseau et ses principaux nœuds (stockages, réservoirs, reprises, etc.), ainsi que sur son fonctionnement.

La délimitation tendra à proposer des secteurs homogènes selon des critères tels que l'urbanisation, les usages, la nature du réseau, etc.

Ces propositions comprendront :

Un plan de sectorisation ;

- La carte d'identité de chaque secteur qui doit permettre de justifier la délimitation proposée en indiquant le ou les critères sur la base desquels l'homogénéité et la cohérence doivent être ;
- Les équipements à mettre en place et, le cas échéant, ceux à modifier ;
- Pour chaque secteur, les données à collecter (relevés des compteurs, marnage de réservoir, etc...), les fréquences d'acquisition, les formules de calcul.

Il faut noter que :

- L'élaboration d'une proposition de sectorisation est un exercice relevant du cas par cas, la transposition de « recette » n'étant pas concevable ;
- Un plan de sectorisation n'est pas définitif, le recul et la meilleure connaissance du réseau ainsi que de nouvelles données (évolution de l'urbanisme, variation du nombre d'abonnés, arrivée ou départ de gros consommateurs) peuvent imposer des subdivisions ou re-délimitations, le rajout de compteurs ;
- Des redondances sont à prévoir pour l'acquisition des données les plus importantes (double mesure ou surtout redondance et possibilité de recoupement);
- La sectorisation de doit jamais, sauf exception justifiée, se traduire par un démaillage permanent du réseau.
- Une fois la sectorisation mise en place, il est préconisé d'effectuer les relèves d'abonné par secteur, afin d'établir une approche annuelle des rendements par secteur [7].

## **2.2. La mise en place des outils de mesure :**

Les besoins en mesures nouvelles, y compris tous les points de comptage (production, traitement, interconnexions, distribution).

- Le choix du compteur doit se faire sur la base des débits à mesurer et non pas uniquement au vu du diamètre des canalisations [7].

### **2.3. L'acquisition des données et l'interprétation :**

L'exploitation d'une sectorisation s'appuie sur :

Des données de comptage, notamment issues de nouveaux équipements mis en place ;

D'autres données du fonctionnement du réseau indispensables pour valider les observations, analyser et interpréter les phénomènes observés. Pour ce dernier point, on retiendra les éléments du type :

- Fonctionnement des pompes ;
- Marnage des réservoirs ;
- Synchronisation des horloges ; etc.

Ceci nécessite des validations passant par :

- La vérification des caractéristiques des pompes par tarage ;
- La vérification des volumes des réservoirs (cubatures) et des positions des sondes de mesure ; etc.

S'agissant des données issues de comptage, la connaissance du dispositif en place est nécessaire (âge des compteurs, types des compteurs) pour évaluer l'ordre de grandeur des erreurs de mesure.

La phase acquisition et interprétation des données impliquera obligatoirement l'exploitant.

Cette phase :

- Sera réalisée obligatoirement dans le cadre d'une prestation spécifique pour le diagnostic initial
- Pourra être, pour l'exploitation courante faire l'objet d'une prestation spécifique quel que soit le mode d'exploitation du service ou être intégré dans le contrat de délégation d'exploitation par avenant le cas échéant.

Il est important de préciser que les données alors acquises par l'exploitant au titre de la sectorisation sont la propriété du maître d'ouvrage qui les met à la disposition de l'exploitant (et non pas l'inverse). En matière de système d'information et de livrables d'exploitation, sont à préciser lors de la mise en place du dispositif les pas de temps d'acquisition, les formats

de stockage des données brutes, les traitements effectués, les formats de stockage des données traitées, les conditions de restitution au maître d'ouvrage (en cas de délégation) et notamment la fréquence et les formats.

Il convient à ce titre de distinguer l'exploitation des données suivant l'échelle de temps :

- Au quotidien : casses ;
- Mensuel : débits de fuites ;
- En annuel : diagnostic global du secteur et du réseau.

Dans tous les cas, il est absolument nécessaire que les données brutes soient conservées sous forme informatique, ce qui est maintenant possible compte tenu des coûts faibles des supports de stockage informatiques.

Les données doivent être archivées dans une base de données structurée comportant au minimum la date et l'heure à la seconde près de la valeur enregistrée. Les feuilles de résultat horaires, quotidiennes, hebdomadaires ou mensuelles sont considérées comme des dérivés de cette base de référence [7].

### **2.3.1. Les indicateurs à produire par secteur :**

En supplément des indicateurs et données de performance identifiés au niveau de la structure distributrice et qui font l'objet de documents spécifiques édités par le Commission

Locale de l'Eau, celle-ci préconise pour une bonne gestion du réseau d'eau potable la connaissance et la publication :

- Des consommations nocturnes minimales mesurées au pas de temps de 60 minutes) permettant de calculer un indice linéaire de perte matérialisé en graphe annuel, mensuel et journalier.
- Des volumes consommés par secteur, au pas de temps journalier permettant de calculer un indice linéaire de perte matérialisé en graphe annuel, mensuel et journalier.

Il semble ainsi particulièrement intéressant de réaliser les documents suivants qui seraient à publier dans le rapport annuel pour une bonne information des décideurs et usagers:

- « Indices linéaires de perte » : voir exemple en annexe 1
- « Indices linéaires de consommation et indices de consommation par abonné » [7].



Figure 3.7 : premier niveau de sectorisation

## **2.3.2. Niveau de sectorisation de Bouhanak**

### **2.3.2.1. Premier niveau de sectorisation :**

On a divisé le réseau en deux secteurs, avec une vanne sur la conduite qui relie le réseau de ces deux, juste quelque mètre avant la vanne on a placé un compteur.

- Le rôle de la vanne sa nous donne le pouvoir pour contrôler le volume et le débit entrant depuis le premier secteur au deuxième secteur.
- Le rôle du compteur c'est le comptage du volume entrant et partager entre les deux secteurs pour déterminer le volume distribué dans chaque secteur, pour faire les calculs des indicateurs.

Le premier niveau de sectorisation du réseau de Bouhanak est composé de deux zones, à savoir la partie gauche et la partie droite. Ce choix a été dicté par la structure physique du réseau. Ainsi, par un souci de préservation de la qualité de l'eau distribuée, seuls deux secteurs ont été retenus.

- Les volumes mis en distribution sur chacun de ces deux secteurs seront mesurés à l'aide de 4 compteurs C1, C2, C3 et C4, ces compteurs sont installés au niveau de chaque entrée de secteur et chaque sortie de secteur, dans notre exemple, C3 et C4 sont installés à l'entrée du premier secteur, C1 est installé à la sortie de premier secteur et l'entrée du 2ème secteur, C2 est installé à l'entrée du 2ème secteur.
- Les points de mesure sont situés généralement sur les principaux ouvrages
- C5, C6 mesure le volume sorti des deux réservoirs, avec ces deux compteurs on aura le volume mis en distribution, ainsi ces deux compteurs peuvent être utilisés pour la mesure du débit de nuit.
- C7, C8 mesure le volume produit par la station de pompage Sp1 et le forage.
- Les volumes consommés seront comptés au niveau des abonnés avec des compteurs métrologiques de classe C.

Dans la subdivision de notre réseau on s'est basé sur les critères suivant :

- Type de réseau (structure physique) : Dans le premier secteur le réseau se caractérise par un maillage forte et très dense surtout dans le quartier de El Habek , 476 Log , 52 Villa , alors que le réseau du 2eme secteur se caractérise par un faible maillage si ce n'est pas un réseau ramifié comme 500 Log.
- La longueur du réseau de premier secteur est de 12 Km alors que le deuxième secteur est de 15 Km, c'est une valeur proche ce qui favorise la subdivision de cette manière.
- Type de conduit (matériau) : pour le premier secteur les conduits sont en Acier Galvanisé pour le 2eme secteur on a une diversité de matériaux, Fonte Ductile, Acier Galvanisé, Acier Enrobé.
- Type d'urbanisation : l'urbanisation du premier secteur est un mélange entre résidentiel et zone d'activité ainsi elle est très dense au contraire du 2eme secteur l'urbanisation est d'un type résidentiel et elle est moins dense que la première.
- Type de consommation : c'est une consommation domestique standard, et une base de demande presque la même répartie sur toutes les abonnés des deux secteurs.
- Nombre d'abonné : le nombre d'abonné du premier secteur est d'environ 2800 abonnés, le deuxième secteur est d'environ 2400 abonnés, c'est une valeur proche.
- Fréquence de distribution : les deux secteurs sont alimentés H24
- Problème de pression : le premier secteur se caractérise par une faible pression alors que le 2eme est l'inverse car on a une forte pression jusqu'à 16 bar.
- Type de sol ; c'est un sol homogène rocheux et argileux
- La facilité de séparer entre les deux secteurs nous a permis de choisir cette subdivision

Tableau 3.5 : caractéristiques des deux secteurs

Secteur	Caractéristiques des usagé			Caractéristiques du réseau			
	NBR d'abonné	Type d'urbanisation	consommation	Type de réseau	Linéaire de canalisations (Km)	Matériaux et rugosités mm	
1	2800	Résidentielle	Domestique	Très maillé	12,14	Acier galvanisé	0.5
2	2400	Résidentielle	Domestique	très peu maillé	15,83	Fonte ductile	0,85
						Acier galvanisé	0.5
						Acier Enrobé	0,15
						Acier galvanisé	0,5
						Acier enrobé	0,15
						PVC	0,005
Acier galvanisé	0.5						

#### Calculs de Secteur 1 :

• **Nombre d'abonné et habitation** : environ 2 800 abonné et équivalent de 11 000 habitant.

• **Le Réseau** : longueur de conduites environ 12,14 Km, le matériau de construction de conduite c'est l'Acier Galvanisé et la Fonte ductile et des trace de l'Acier Enrobé.

• **Les cartiers concernés** : 400logts, Lotis Communal; lots BADR ; 52 Villas AFIT, 400logts, 476logts; Habak ; Cite Evolutif (Boudjemil), Cité Universitaire 500 Lits.

• **Le Rendement :**

$Re = (V \text{ consommé facturé} / V \text{ volume distribué}) \quad [2]$
--

$$Re = ( Vc / ((V \text{ compteur 5} + V \text{ compteur 6}) - (V \text{ compteur 1} + V \text{ compteur 2})) ) \times 100$$

- **Le volume des pertes :**

$V_{\text{pertes}} = (V_{\text{compteur 5}} + V_{\text{compteur 6}} - V_{\text{compteur 1}} - V_{\text{compteur 2}}) - V_{\text{consommé par les usagers du secteur 1}}$

Duquel sera déduit :

- **l'indice linéaire de pertes :**

$ILP \text{ m an km} = (V_{\text{pertes sur le réseau 1 m an}}) / \text{Linéaire de canalisations km}$	[2]
--	-----

$$= (V_{\text{pertes sur le réseau 1 m an}}) / 12,14$$

- **Indice linéaire de fuites :**

$ILF(m/j/km) = (Q_{\text{nocturne minimum}} (m^3/h) \times 24 \text{ heures}) / \text{linéaire de canalisations (Km)}$	[2]
--	-----

Pour le débit nocturne on pourra faire des mesures de débit entre l'intervalle de [2 – 3] h du matin pour les deux secteurs et pour plusieurs jours et à la fin on prend la valeur minimale entre ces valeurs.

Il sera possible de déterminer l'indice linéaire de fuites sur chacun des deux secteurs, en réalisant deux campagnes de mesures à l'aide de sondes débit métriques. Une première campagne, en plaçant une sonde à la sortie du réservoir, qui permettra de déterminer le débit de fuites sur l'ensemble du réseau. Une deuxième campagne, en plaçant deux sondes, une sur chacune des canalisations permettant d'alimenter le secteur 2 et on aura le débit de fuite du secteur 2, la différence entre ces deux campagnes de mesure permettra de déterminer le débit de fuites sur le secteur 1.

Figure 3.8 : schéma du premier secteur

## Secteur 2 :

- **Nombre d'abonné et habitation :** environ 2 700 abonné et équivalent de 10 800 habitant.
- **Réseau :** longueur de conduites environ 12 616 m, le matériau de construction de conduite c'est l'Acier Enrobé et la Fonte ductile et des trace de l'Acier Galvanisé.
- **Les cartiers concernés :** Cites Universitaires ( 900lits ;1000Lits ) ;Citées Universitaires ( 700lits ;2000Lits ) , Hai Nedjma ; Université ABOU BAKR BELKAID ;Cite Militaire; DGSN; Lotis Afak.

### Calcule du 2eme secteur :

- **Rendement :**

$$Re = (Vc/Vd)$$

$$Re = (Vc / (V \text{ compteur 1} + \text{Volume compteur 2}) \times 100$$

- Le volume des pertes :

$V \text{ pertes} = (V \text{ compteur 5} + V \text{ compteur 6} - V \text{ compteur 4} - V \text{ compteur 3}) - V \text{ consommé par les usagers du secteur 2}$

- **l'indice linéaire de pertes :**

$$ILP \text{ m an km} = (V \text{ pertes sur le réseau 2 m an}) / \text{Linéaire de canalisations km}$$

$$= (V \text{ pertes sur le réseau 2 m an}) / 15,83$$

- **Indice linéaire de fuites :**

$$ILF (m^3/j/km) = (Q \text{ nocturne minimum (m}^3/\text{h)} \times 24 \text{ heures}) / \text{linéaire de canalisations (Km)}$$

Pour le débit nocturne on pourra faire des mesures de débit entre l'intervalle de [2 – 3] h du matin pour les deux secteur et pour plusieurs jours et a la fin on prend la valeur minimal entre ces valeurs. Il sera possible de déterminer l'indice linéaire de fuites sur chacun des deux secteurs, en réalisant deux campagnes de mesures à l'aide de sondes débit métriques. Une première campagne, en plaçant une sonde à la sortie du réservoir, qui permettra de déterminer le débit de fuites sur l'ensemble du réseau. Une deuxième campagne, en plaçant deux sondes, une sur chacune des canalisations permettant d'alimenter le secteur 2 et on aura le débit de fuit du secteur 1, la différence entre ces deux campagnes de mesure permettra de déterminer le débit de fuites sur le secteur 2.

Figure 3.9 : schéma du deuxième secteur



### 2.3.2.2. 2ème niveau de sectorisation :

Les deux zones du premier niveau de sectorisation ont été décomposées en sous-zones, deux sous-secteurs pour le secteur 1 et 4 sous-secteurs pour le secteur 2.

Plusieurs paramètres ont été pris en considération pour déterminer ces zones, à savoir :

- la structure physique du réseau ;
- le type d'urbanisation et de consommation ;
- le type de réseau et de matériau/rugosité le composant.
- Le linéaire de canalisation

Tableau 3.6 : caractéristiques des sous-secteurs

Secteur	Caractéristiques des usagé		Caractéristiques du réseau			
	Type d'urbanisation	consommation	Type de réseau	Linéaire (Km)	Matériaux et rugosités mm	
1.1	Résidentielle	Domestique standard	Très maillé	7,667	AG	0.5
1.2	Résidentielle	Domestique standard	Très maillé	4,482	AG	0.5
	Zone d'activité	Faible	Sans maillage		AG	0.5
2.1	Résidentielle	Domestique standard	Maillé	7,504	FD AG	0,85 0,5
2.2	Résidentielle	Domestique standard	Sans maillage	3,237	AE	0,15
2.3	Résidentielle	Domestique standard	Très peu maillé	3,280	AG AE PVC	0,5 0,15 0,005
2.4	Résidentielle	Domestique standard	Maillé	1,813	Acier galvanisé	0.5

### **Première Méthode :**

Sur chacun des secteurs du deuxième niveau, on mesurera les volumes mis en distribution et en particulier le débit minimum nocturne (usuellement sur une plage horaire adaptée à la consommation des usagers, par exemple entre 2 et 3 heures du matin). Cette valeur faite des consommations nocturnes connues (industriels, ...) pourra être assimilée aux fuites et permettra de calculer l'indice linéaire de fuites (ILF) par secteur, 80% des débits nocturne sont concerné par des fuites.

La comparaison des valeurs orientera les priorités dans la recherche précise de fuites [2].

### **Deuxième Méthode :**

Sur ces sous-secteurs, seront mesurés de façon simultanée les débits entrants et sortants.

La durée minimale des mesures sera d'une nuit. Cependant, il sera préférable de travailler sur plusieurs journées de mesures pour s'affranchir d'éventuelles erreurs. Ces mesures permettront de déterminer les débits de fuites des différents sous-secteurs.

Néanmoins, pour l'un d'entre eux, à savoir le secteur 1.1, le débit de fuites ne sera pas déterminé directement car cela nécessiterait une sonde débit métrique supplémentaire. Comme pour la détermination du débit de fuite du secteur 1 à l'aide des sondes, nous calculerons le débit de fuites sur le sous-secteur 1.1 à partir des mesures effectuées sur les autres sous-secteurs.

$$Q_{\text{fuites 1.1}} = Q_{\text{fuite}} - (Q_{\text{fuite1.2}} + Q_{\text{fuite2.1}} + Q_{\text{fuite2.2}} + Q_{\text{fuite2.3}} + Q_{\text{fuite2.4}})$$

A partir des débits de fuites, il sera possible de calculer les indices linéaires de fuites sur chacun des secteurs. Suivant les résultats obtenus, les efforts seront portés sur l'un ou l'autre des sous-secteurs [2].

- **Indice linéaire de fuites :**

$$ILF(m/j/km) = (Q_{\text{nocturne minimum}} (m^3/h) \times 24 \text{ heures}) / \text{linéaire de canalisations (Km)}$$

Le deuxième niveau de sectorisation associée à l'usage des pré-localisateurs acoustiques permettra de localiser les fuites plus aisément.

Figure 3.10 : deuxième niveau de sectorisation

### **2.3.2.3. 3ème niveau de sectorisation :**

Pour pouvoir pré localiser une fuite détectée sur l'un des sous-secteurs définis précédemment, un troisième niveau de sectorisation a été prévu.

Sur ces sous-secteurs seront déterminés, comme pour les secteurs du niveau précédent, les débits de fuites. Une fois le secteur prioritaire pour la diminution des pertes d'eau identifié. Il s'agit ensuite de localiser précisément les fuites avec une manœuvre de vannes alors que on ne devrait pas dépasser une longueur de 15 Kms pour les tronçons de fermeture ainsi il faut faire attention à l'étanchéité des vannes, la détection des fuites ce fait aussi avec des appareils de pré-localisation telle que les sondes débit métrique et se que on a utilisé dans le 3eme niveau de sectorisation alors que on a installé plusieurs prise pour placé les sondes sur le réseau et avec des compagne de mesure et des sonde mobile on pour faire du mesure sur le tronçon désiré, après la détection des fuites on pourras suivre une stratégie pour les réparer et d'assurer le suivi du réseau.

#### **Remarque :**

- Grâce au modèle mathématique du réseau réalisé avec le logiciel Epanet, il a été possible de vérifier que la fermeture des vannes, utilisées pour isoler les différents secteurs, n'entraînait pas une diminution de la qualité de distribution de l'eau.
- L'étanchéité des vannes utilisées pour isoler les différents secteurs doit être garantie pour que les mesures réalisées soient exploitables.
- Le réseau d'eau potable évolue dans le temps. La sectorisation devra donc être modifiée dans le temps pour intégrer les nouvelles configurations.

#### 2.3.2.4. Récapitulatif :

##### Matériel :

Le matériel nécessaire à la sectorisation du réseau de Bouhanak est le suivant :

- **4 compteurs** de vitesses ou (volumétrique) pour les mesures permanentes ;
- Les compteurs utilisés pour la mesure des volumes consommés par les abonnés domestiques sont de type (DQRTS-SNR) de diamètre 15/21, et une classe métrologique C.
- **3 sondes électromagnétiques à insertion** pour les mesures des débits minimum nocturne.

De plus, pour pouvoir introduire les sondes dans les canalisations et réaliser les mesures aux différents endroits, il sera nécessaire de réaliser des prises en charge, à savoir :

- **11 prises** pour la sectorisation de niveau 2, aux emplacements « sonde 1 » à « sonde 11 » ;
- **4 prises supplémentaires** pour la sectorisation de niveau 3, aux emplacements « sondes 12 » à « sonde 15 ».

##### Démarche :

La sectorisation permet de quantifier les pertes en eau par secteur de réseau. Les premières mesures serviront de référence, elles permettront de faire un diagnostic de l'état du réseau pour ensuite suivre son évolution et détecter l'apparition de nouvelles fuites. Mais, elles permettront également par identification des zones pour lesquelles les pertes en eau sont les plus importantes de réaliser des pré-localisations acoustiques des fuites.

La démarche à suivre pour identifier les zones sur lesquelles les efforts doivent être concentrés, peut être synthétisée par le tableau de la page suivante.

### **1ere NIVEAU :**

Zones mesurées :

- Totalité du réseau
- Secteur 2

Mesure déduite :

- Secteur 1

### **2eme NIVEAU :**

- Si  $ILP(\text{secteur 1}) > ILP(\text{secteur 2})$

Zones mesurées :

- Secteur 1.2

Mesure déduite :

- Secteur 1.1

- Si  $ILP(\text{secteur 1}) < ILP(\text{secteur 2})$

Zones étudiées :

- Secteur 2.1
- Secteur 2.2
- Secteur 2.3
- Secteur 2.4

### **3eme NIVEAU :**

- Si  $ILF_{\text{max}} = ILF(1.1)$

Zone étudiée :

- Secteur 1.1.1

Mesure déduite :

- Secteur 1.1.2

- Si  $ILF(1.1.1) > ILF(1.1)$

- Fuite dans la zone 1.1.1

- Si  $ILF(1.1.1) < ILF(1.1)$

- Fuite dans la zone 1.1.2

- Si  $ILF_{max} = ILF(2.1)$

Zone étudiée :

- Secteur 2.1.1

Mesure déduite :

- Secteur 2.1.2

-Si  $ILF(2.1.1) > ILF(2.1)$       -Si  $ILF(2.1.1) < ILF(2.1)$

- Fuite dans la zone 2.1.1      - Fuite dans la zone 2.1.2

- Si  $ILF_{max} = ILF(1.2)$

Zone étudiée :

- Secteur 1.2.2

Mesure déduite :

- Secteur 1.2.1

Si  $ILF(1.2.2) > ILF(1.2)$       -Si  $ILF(1.2.2) < ILF(1.2)$

- Fuite dans la zone 1.2.2      -Fuite dans la zone 1.2.1

- Si  $ILF_{max} = ILF(2.2)$

Zone étudiée :

- Secteur 2.2.1

Mesure déduite :

- Secteur 2.2.2

-Si  $ILF(2.2.1) > ILF(2.2)$       -Si  $ILF(2.2.1) < ILF(2.2)$

-Fuite dans la zone 2.2.1      -Fuite dans la zone 2.2.2

- Si  $ILF_{max} = ILF(2.3)$

Zone étudiée : - Secteur 2.3.1

Mesure déduite : - Secteur 2.3.2

-Si  $ILF(2.3.1) > ILF(2.3)$       -Si  $ILF(2.3.1) < ILF(2.3)$

-Fuite dans la zone 2.3.1   -Fuite dans la zone 2.3.2

- Si  $ILF_{max} = ILF(2.4)$

Zone étudiée :

- Secteur 2.4.1

Mesure déduite :

- Secteur 2.4.2

-Si  $ILF(2.4.1) > ILF(2.4)$       -Si  $ILF(2.4.1) < ILF(2.4)$

-Fuite dans la zone 2.4.1   -Fuite dans la zone 2.4.2

### **2.3.3. Les fuites (pertes physiques) :**

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

Parmi les principales causes de fuites, on retiendra :

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

La grande majorité des fuites provient des branchements, depuis le dispositif de prise en charge jusqu'au compteur de l'utilisateur [1].



#### **2.3.4. La localisation des fuites :**

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

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

L'eau sous pression qui s'échappe par une défectuosité de la conduite génère des vibrations acoustiques.

Ces bruits, dont la fréquence varie de quelques hertz à quelques kilohertz selon les caractéristiques de la fuite et de la canalisation, se propagent à grande vitesse à la fois sur la conduite (sur de longues distances) et dans le sol (sur des distances de quelques mètres le long du tracé de la conduite). Il s'agit donc d'écouter, d'enregistrer et d'analyser ces bruits [1].

##### **2.3.4.1. Le pré localisation des fuites:**

- Les mesures de nuit :

On mesure de nuit, entre 1h et 4h, les volumes enregistrés sur un compteur de zone après fermetures successives et à intervalles réguliers

(15 à 30 minutes) des vannes de sectionnement du secteur analysé. En isolant ainsi chaque ramification du réseau, on quantifie les fuites par tronçons mettant en évidence les parties du réseau les plus affectées.

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

- Le camion de quantification :

Cette méthode mise en œuvre par des sociétés spécialisées, consiste à mesurer en continu les débits de consommation à l'intérieur d'une maille. Après avoir isolé du réseau quelques centaines de mètres de conduites et vérifié l'étanchéité des vannes, on réalimente le quartier via un camion de quantification équipé d'appareils de mesures : débitmètre et manomètre enregistreurs. Le débit consommé dans la maille est analysé avec précision (5 mesures par

seconde) et sa valeur minimum représente le "débit de perte" de la maille : fuite, consommation permanente, usage public, ...

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

- Les enregistreurs de bruits :

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

Ces capteurs sont programmés et installés sur le réseau pendant la journée. Ils sont placés sur les points d'accès du réseau (poteaux d'incendie, robinets de branchement, bouches à clé)... et espacés de 50 à 200 mètres.

Ils enregistrent automatiquement le niveau de bruit minimum de la conduite. Ces appareils "travaillent" généralement la nuit qui est la période idéale pour déceler les bruits de fuites (pression maximum, bruits parasites minimum).

Après quelques heures ou une nuit de mesure, par des tuyaux souples à partir d'un hydrant extérieur à la maille. L'alimentation s'effectue les données sont interprétées directement sur place ou à l'aide d'un logiciel associé aux capteurs et permettent de soupçonner la présence de fuites entre les deux enregistreurs.

Le déplacement des enregistreurs de bruit sur une zone permet d'affiner la pré-localisation.

Les évolutions sont nombreuses sur ce type de matériel : transmission des données par voie radio ou GSM, mémorisation du bruit, multi corrélation [1].

#### **2.3.4.2. La localisation précise des fuites:**

- Les amplificateurs mécaniques

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

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

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

- Les amplificateurs électroniques:

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

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

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

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

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

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

- La corrélation acoustique :

La corrélation acoustique est apparue en

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

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

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

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

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

- Le gaz traceur:

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

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

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

- La détection des canalisations : un outil complémentaire à la recherche de fuites

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

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

On distingue :

- La détection électromagnétique (conduites métalliques) : détection du signal électromagnétique créé autour de la conduite par le passage d'un courant électrique,
- La détection électromagnétique d'une sonde introduite dans la canalisation,
- Les méthodes acoustiques : détection d'une onde sonore transmise à la canalisation par un vibreur [1].

### **2.3.5. La réparation des fuites:**

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

Lorsqu'une fuite est détectée, une réparation est programmée. La rapidité de programmation et d'intervention permet de limiter le volume perdu. Ainsi, cette étape est toute aussi importante dans la limitation des pertes liées aux fuites.

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

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

Les réparations des fuites doivent être réalisées immédiatement après leur localisation, si possible dans l'année qui suit, de façon à pouvoir mesurer l'efficacité de ces réparations [1].

### **3. Présentation de la modélisation :**

La modélisation du fonctionnement du réseau cherche à décrire le comportement hydraulique des différents dispositifs du réseau. L'intérêt est de reproduire ce qui se déroule en réalité dans le réseau à l'aide d'un modèle hydraulique.

La représentation et la précision du modèle sont tributaires des objectifs du service de l'eau et des analyses escomptées ; le niveau de détail conditionne donc les résultats de la modélisation.

Dans le cadre du schéma directeur, l'objectif du modèle hydraulique est de représenter au mieux le fonctionnement réel et de permettre de simuler un fonctionnement en pointe de consommation, en situation de crise et en situation future ainsi que les propositions d'aménagements. Un modèle numérique tel qu'EPANET est un outil puissant de calcul hydraulique et permet de localiser rapidement les zones problématiques. [8]

Une représentation numérique virtuelle du réseau de distribution d'eau potable permettant de simuler, d'une part, son fonctionnement dans son état actuel et, d'autre part, l'effet de modifications des infrastructures existantes ou des conditions d'exploitation. [9]

#### **3.1. PRINCIPE DE LA MODELISATION :**

L'étude d'un réseau d'eau potable qui fait appel à un logiciel de modélisation mathématique est réalisée en 4 étapes distinctes, à savoir :

- La collecte des données du réseau et de son fonctionnement ;
- L'élaboration du modèle du réseau ;
- Le calage du modèle ; Il consiste à comparer et ajuster les résultats du modèle aux mesures réalisées sur le terrain.
- La réalisation de l'étude pour laquelle le modèle a été crée [2].

#### **3.2. OBJECTIFS ET LIMITES DE LA MODELISATION :**

**[10]**

L'objectif de la modélisation pour la collectivité distributrice est double :

- Permettre d'estimer les besoins en renforcement et en extension du réseau en terme d'infrastructure ;
- Permettre d'obtenir une vision du fonctionnement du réseau en toute condition au degré de précision désiré.

La précision d'une telle modélisation est naturellement liée à la qualité des données entrantes dans le modèle. A ce titre l'étape d'Audit de l'AEP préalablement réalisée a permis de collecter les données nécessaires. Le titulaire du marché s'attachera néanmoins à porter un regard critique sur ces données et émettre des doutes sur l'identification correcte des abonnés et compteurs le cas échéant.

### **3.3. Présentation du logiciel EPANET**

#### **3.3.1. Description du logiciel**

EPANET a été développé par la Division de Ressources et d'Alimentation en Eau du Laboratoire National pour l'Investigation sur la Gestion de Risques, de l'Agence d'Environnement des États Unis (Water Supply and Water Resources Division of the U.S. Environmental Protection Agency's National Risk Management Research Laboratory).

EPANET est un logiciel qui permet le calcul des réseaux de distribution d'eau potable, tant en mode statique qu'en mode dynamique. Il donne le débit à chaque conduite, la pression à chaque nœud, l'âge et la qualité de l'eau. Epanet dispose d'un puissant moteur de calcul hydraulique ayant les caractéristiques suivantes :

- La taille du réseau étudié est illimitée.
- Le calcul des pertes de charges dues à la friction se fait à l'aide des formules de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach et Chezy-Manning.
- Il inclut les pertes de charges singulières aux coudes, aux tés etc....
- Il peut modéliser les pompes à vitesse fixe ou variable.
- Il peut calculer l'énergie consommée par une pompe et son coût.
- Il peut modéliser différents types de vannes, des clapets de non-retour.
- Les réservoirs peuvent avoir des formes variées (variation du diamètre avec la hauteur)
- Il peut modéliser des consommations dépendantes de la pression

- Le fonctionnement de la station de pompage peut être piloté par des commandes (heures de mise en marche/ d'arrêt en fonction du niveau du réservoir) ou par des commandes élaborées plus complexes [11].

### **3.3.2. La collecte des données du réseau :**

La collecte des données du réseau de Bouhanak a été faite depuis le département de l'exploitation de l'ADE ainsi le centre de l'ADE IMAMA, le bureau d'étude de CTH, la direction de DHW de Tlemcen.

Les données collectées :

- Les cartes du réseau d'AEP actuel et ancien
- Des cartes topographiques pour déduire les altitudes des ouvrages
- Des données sur les sources de production et son taux de production
- Des données sur la consommation annuelle et la dotation
- Des données sur l'horaire de distribution
- Des données sur le nombre d'habitant actuel
- Des données sur les quartiers desservis
- D'après le travail qui été fait dans le 2eme chapitre on a pu déduire les zones sensible et les zones noire de fuites
- Historique des problèmes connue au niveau de ce secteur pour les comparais avec les résultats de notre logiciel après la simulation
- A carte géologique et du sol du territoire pour déduire l'influence du sol sur le réseau

### **3.3.3. Construction du modèle :**

L'utilisation du logiciel est sujette à la connaissance d'un certain nombre d'informations tant pour les nœuds que pour les conduites du réseau. Ces informations sont appelées données d'entrée. Il s'agit :

Pour les conduites :

- De la longueur (m)
- Du diamètre intérieur (mm)
- De la rugosité



Pour les nœuds :

- De l'altitude (m)
- De la demande de base (L/s)

Le réseau de (Bouhanak) a été construit à l'aide du logiciel Epanet à partir des plans et de la base de données de l'ADE, et à l'aide des logiciels suivant :

- Epanet : pour schématiser le réseau et introduire les informations nécessaires pour faire une bonne simulation
- Autocad : on a utilisé les cartes du réseau Bouhanek sur ce logiciel pour désigner le schéma des conduits.
- MAP INFO : on a retiré les informations de type de conduite et leurs matériaux de construction, pour introduire la valeur de la rugosité ainsi leur diamètre sur.
- Google Earth : on a déduit les altitudes des nœuds, et la longueur des conduits, ainsi on a fait un calage pour notre réseau de l'Epanet sur le Google Earth pour que le schéma soit réel on a passé les conduits par leur chemin dans la réalité.

Des mesures de altitude ont été prises de logiciel de Google Earth et confirmé par le bureau d'étude du Contrôle technique hydraulique (CTH) de la Wilaya de Tlemcen et d'autres mesures de débit sur quelques points (la sortie de la station de pompage SP1, la sortie de la station de pompage du Forage). Des données de rugosités ont été affectées aux canalisations et on les a introduites on se base sur le type de matériaux de chaque conduit.

On a commencé par l'implantation des ressources (station de pompage 1 et le forage) on a introduit la valeur d'altitude, après on s'est dirigé vers les ouvrages de stockage (deux réservoirs identiques d'un volume de 2000 m<sup>3</sup> pour chacun) on a introduit leurs dimensions et leurs altitudes.

Après l'implantation des ouvrages de stockage et les ressources qui alimentent le système il fallait construire notre réseau d'AEP, on a commencé par implanter les nœuds et introduire leurs altitudes on a utilisé le logiciel Google Earth pour que les données soient réelles et même l'endroit géographique pour que on aura le schéma réel du réseau.

#### **3.3.4. Modélisation des nœuds et des conduites :**

Les canalisations sont modélisées par des arcs possédant un nœud à chaque extrémité. Les altitudes sont renseignées au niveau des nœuds et la longueur, le diamètre, la rugosité et les singularités de la conduite sont renseignés au niveau de l'arc.

Les nœuds ont été reliés entre eux par des conduits de différents diamètres et différents types, ont utilisé des plans depuis Map Info et AutoCAD on a pu introduire des données réelles des diamètres et la rugosité, pour la longueur des conduites on a fait un calage de notre schéma sur une carte satellite de Google Earth et on a pu déduire la longueur on utilise des outils de ce logiciel.

#### **3.3.5. Affectation des consommations dans Epanet :**

Pour la demande de base des nœuds on n'a pas trouvé de données réelles alors l'introduction de cette catégorie de données a été faite comme suit :

Dans Epanet, les consommations sont affectées aux nœuds situés aux extrémités des canalisations.

Cette répartition spatiale des consommations sur le réseau est réalisée à partir des données d'une estimation approximative où les branchements des abonnés sont positionnés sur les différentes canalisations. La variation des consommations au cours de la journée est supposée et déduite de la base de données de l'ADE.

On connaît la consommation des habitants et la dotation dans ce secteur ainsi le nombre d'habitants, alors avec des photos satellitaires de Google Earth on a essayé de faire le calcul du nombre de maisons et avec une moyenne de nombre d'habitants de chaque maison on a su la consommation de chaque nœud sur le réseau, pour la consommation des zones d'activité on n'a pas de données ni une méthode pour le calculer alors on a supposé la consommation ainsi de d'autres nœuds.

### 3.3.6. Modélisation de la pompe :

En règle générale, une pompe est modélisée grâce à sa courbe caractéristique. Cependant, ces données n'ont pas pu être retrouvées pour les pompes du réseau de Bouhanak.

Une petite recherche de l'impact de leur fonctionnement sur le réseau, a permis de constater que lorsque les pompes sont en marche, le débit refoulé peut être considéré constant et égal à 80 l/s pour SP1 et 10 l/s pour le forage.

Après schématisé le réseau on a introduit un fond de plan d'une image satellitaire de la zone de Bouhanak sous le schéma du réseau et on a ajusté le réseau (conduit, nœud, réservoir, station de pompage ...).

### 3.3.7. Courbe de modulation:

Après introduire tout les information et les donnée que on avais, maintenant on devait construire une courbe de modulation pour la consommation des abonnés au cour de la journée, on n'a pas trouvé des donnée sur sa, mais après une intimation avec les agents de l'ADE on a supposé une courbe de consommation au cours de la journée.

Tableau 3.8 : les caractéristiques des ouvrages

Réseau	Nombre	Caractéristiques
Ressources	2 (conduite 1100 mm Beni Behdel, Forage Bouhanak)	Une altitude de 757 et 702 m au niveau de la mer Une continuité de production annuelle
Ouvrage de stockage	2 réservoirs identiques	2 000 m <sup>3</sup> pour chacun, une altitude de 846 m au niveau de la mer.
Nœuds	170	L'altitude et entre 838 et 696 m, une base de demande entre 1 et 0,1 l/s
Conduits	193	Diamètre entre 500mm et 33mm et trois types de conduit. Une longueur de 27 703m, et une rugosité entre 0,85 et 0,15mm
Pompes	2	Avec une production de 80 et 10 l/s

### **3.4. Modélisation des consommations :**

#### **3.4.1. CALAGE DU MODELE :**

##### **Objectif :**

Le calage a pour objectif de rapprocher le comportement du modèle de celui du système réel. Il s'agit de rendre le modèle représentatif de la réalité. Pour cela, des mesures de altitude on été pris.

##### **La pression :**

D'après des rapports de terrain on a pu déduire des problèmes récents de manque de pression et un excès de pression déclaré par les habitants de la zone de Bouhanak, les mêmes problèmes on était trouvé après la simulation de Epanet, comme le cartier de El Hebek on été face a manque d'eau et une faible pression qui gêne le distribution et parfois il rend impossible, le même problème a été trouvé sur le terrain.

Contrairement on a trouvée une forte pression vers le cartier de Affek, 300 Log, 17 Octobre, 200 Log ,400 Log, 500 Log... et sa ce n'est pas une coïncidence car ces cartier la sont connue par le nom de « la zone noir » ou la plus part des fuites son enregistré au niveau de ces cartiers.

Figure 3.11 : La répartition de la pression au niveau du réseau de Bouhanak

Figure 3.12 : la répartition de la pression sur le réseau de Bouh

Figure 3.13 : la répartition du débit dans le réseau de Bouhanak

## Débit :

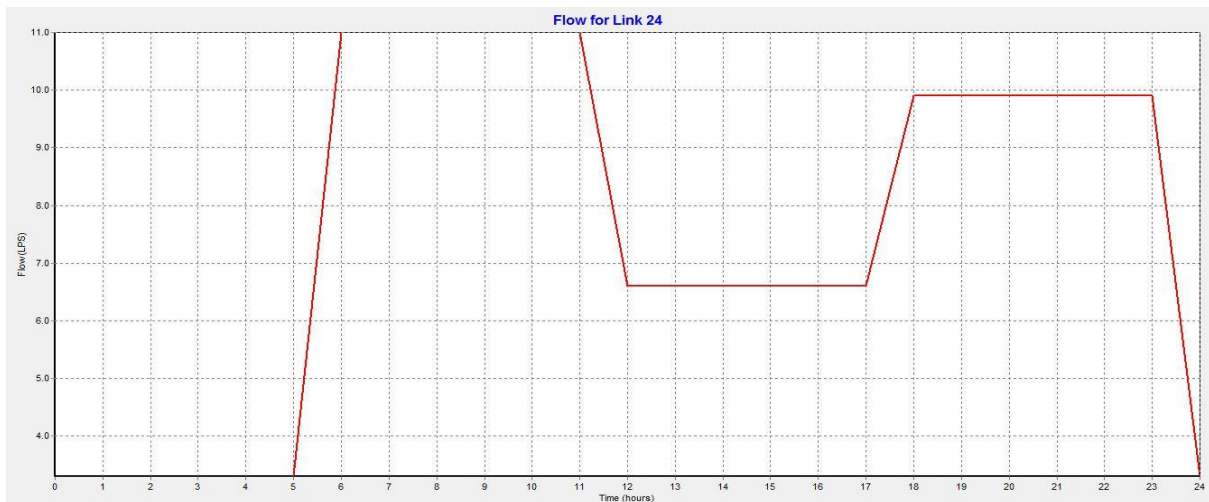


Figure 3.14: le débit qui alimente 200log, 300log, Affak, 17 oct

La conduite 24 alimente quatre cartiers (**200log, 300log, Affak, 17 oct**) avec un débit max de 11 l/s, et un débit min de 3,5 l/s, sur quatre tranches pendant la journée.

C'est une consommation de :

- 75,6 m<sup>3</sup> depuis minuit jusqu'à 5h00 du matin
- 257,4 m<sup>3</sup> depuis 6h00 du matin jusqu'à midi
- 121,5 m<sup>3</sup> depuis midi jusqu'à 17h00
- 225,99 m<sup>3</sup> depuis 17h00 jusqu'à 24h

Le volume totale consommé dans une journée de ces quatre cartiers est de : 680,49m<sup>3</sup>

## Débit produit et débit consommé :

Figure3.15 : le débit produit et le débit distribué dans 24 H



Le volume produit dans une seul journée est de : 7 992 m<sup>3</sup>

Le volume consommé dans une seul journée est de : 7129,8 m<sup>3</sup>

On remarque que le volume produit est plus grand que le volume distribué, la différence entre les deux volumes est de 862,2 m<sup>3</sup> et c'est le volume qui reste dans les deux réservoirs après les 24 heures.

### Vitesses d'écoulement :

Les vitesses d'écoulement les plus faibles se situent vers les 400 Log, 500 Log, la conduit qui aliment les 52 villas et la conduit 72 sur le schéma. Dans ces derniers conduits la vitesse est entre (0,08 et 0,03).

Le moment de mesure influe aussi sur les résultats de la vitesse, car la consommation pendant la journée n'est pas stable et la plus faible c'est dans la nuit.



Figure 3.16 : Courbe de modulation de la consommation

La figure 5 représente les différents heures de consommation la plus faible, c'est dans la nuit, ce qui explique la variation de la vitesse dans la journée.

Il est possible d'affecter plusieurs types de consommation à chaque nœud : un volume de consommation domestique, industriel, ou « autre ». Une seule courbe de consommation horaire sera affectée aux volumes de consommation domestique et industrielle pour tous les nœuds du réseau.



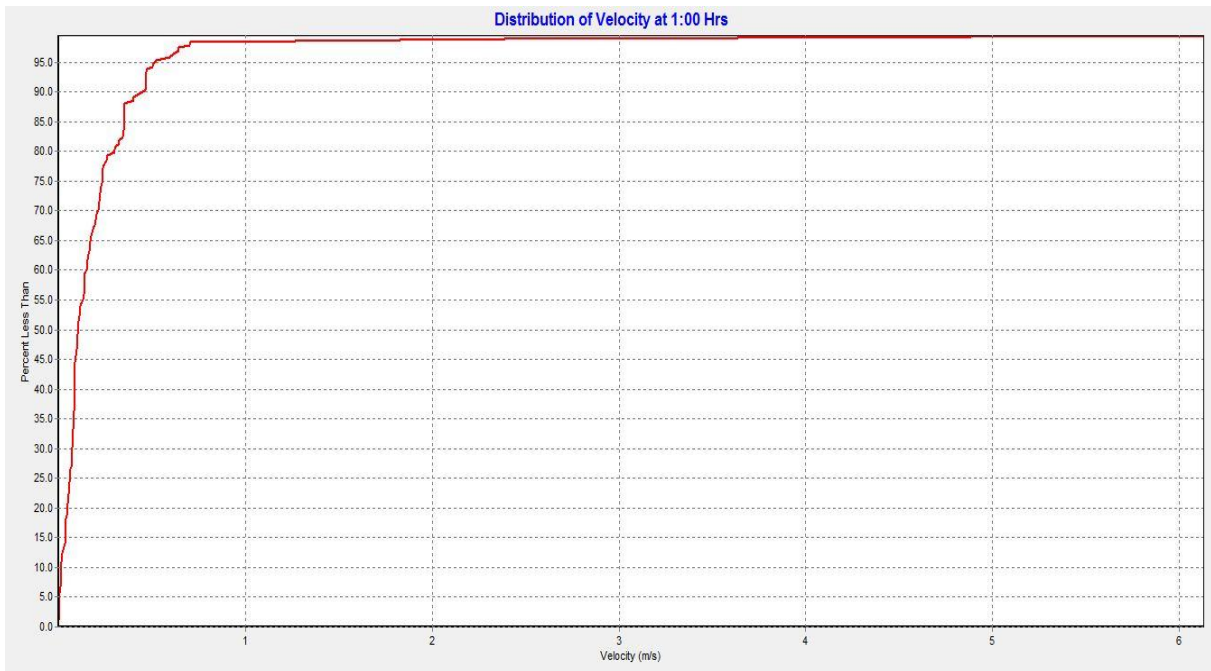


Figure 3.17 : La répartition de la vitesse a 1h00 du matin dans notre réseau

A ce moment et d'après la figure 6 La vitesse d'écoulement moyenne sur l'ensemble du réseau s'élève à 0,1 m/s.

Dans 20% des canalisations, la vitesse moyenne est inférieure à la valeur limite de 0,02 m/s, et dans d'autres canalisations elle converge vers le 0 m/s, en dessous de laquelle la stagnation entraîne des problèmes de corrosion et de dépôts.

Près de 80 % des canalisations ont des vitesses inférieures à 0,2 m/s. Or, ce n'est que pour des vitesses supérieures que les conséquences de stagnation disparaissent.

Le manque de vitesse dans le réseau revient à la faible demande de consommation à cet heure.

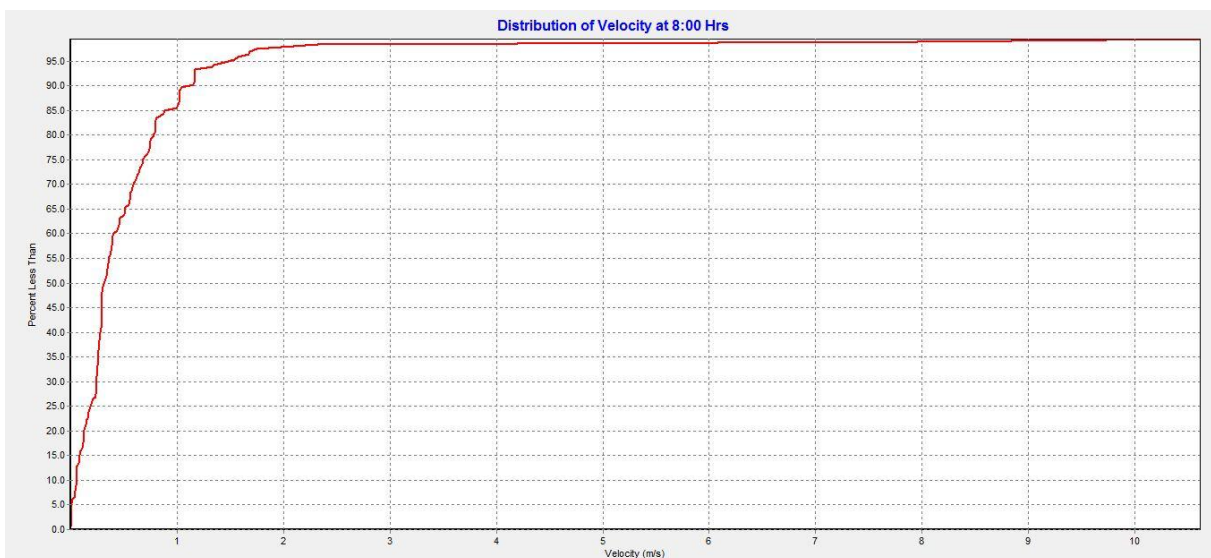


Figure 3.18 : La répartition de la vitesse a 8h00 du matin dans notre réseau

A 8h00 du matin 20% de la vitesse est supérieur a 1 m/s, et 80 % des vitesses est inferieur a 1 m/s, sa explique le facteur du moment de mesure.

Une vitesse de 1 m/s c'est un bon signe car elle n'aide pas a stagnation, le dépôt, et puis la corrosion.

### **Zones à problèmes :**

Le recoupement de ces différents critères permet d'identifier 5 zones à problèmes.

Il s'agit de :

#### **3.4.1.1. La zone El hebek : un réseau construit avec l'acier galvanisé**

- Débit insuffisant qui traduit un manque d'eau
- Une faible pression dans le parti haut, une altitude de 810 m
- De faible vitesse pour tout la journée, la vitesse est inferieur a 0,24 m/s
- Une stagnation entraîne des problèmes de corrosion et de dépôts
- Nombre de fuit important, 26 fuites enregistré dans les dernier 24 mois d'après l'étude fait dans le 2eme chapitre

#### **3.4.1.2. La zone de 476 Log :**

- Nombre de fuit important, on a enregistré 23 fuites dans les dernier 24 mois
- Un réseau corrodé
- Une faible vitesse inferieur a 0,20 m/s et parfois moine

#### **3.4.1.3. La zone de 500 Log : un réseau construit avec l'acier galvanisé**

- Nombre de fuit élevé (32 fuites dans les dernier 24 moi)
- Un réseau corrodé du a l'agressivité du sol (sol argileux)
- Une forte pression qui dépasse 12 bar

#### **3.4.1.4. La zone de 400 Log :**

- Nombre de fuit élevé (27 fuites dans les dernier 24 moi)
- Un réseau corrodé du a l'agressivité du sol (sol argileux)
- Une forte pression qui dépasse 14 bar

#### **3.4.1.5. La zone de Affek, 200 Log, 300 Log, 17 Octobre :**

- Nombre de fuit élevé (66 fuites dans les dernier 24 moi)
- Un réseau corrodé du a l'agressivité du sol (sol argileux)
- Une forte pression qui dépasse 16 bar

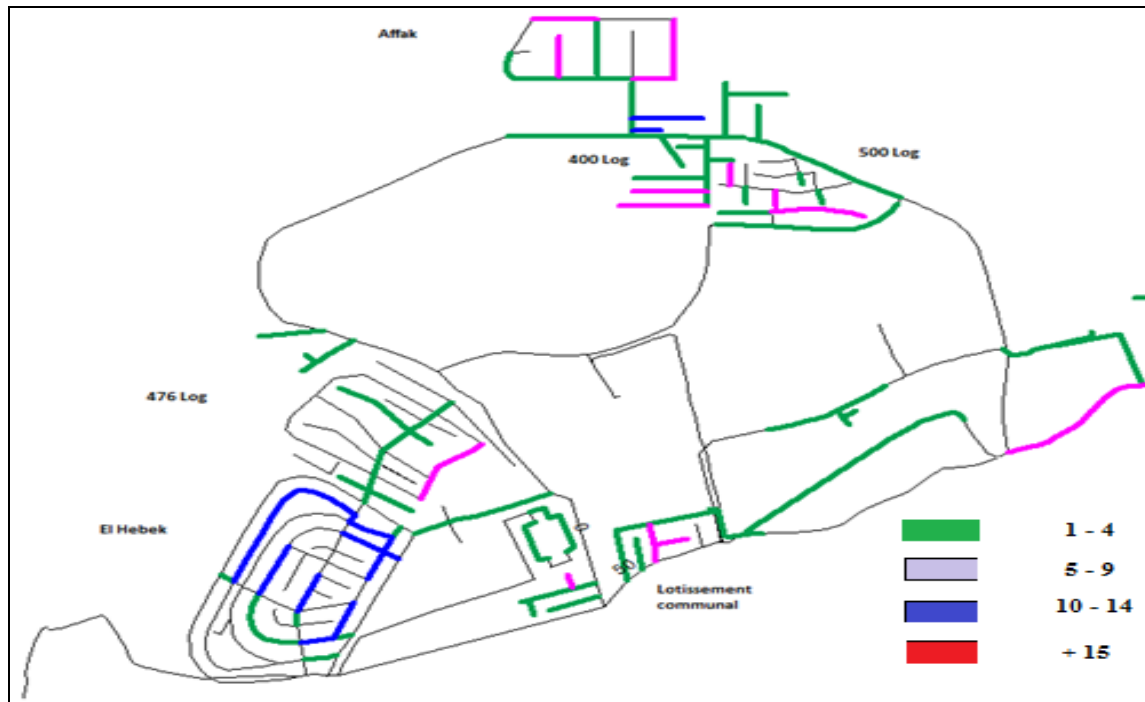


Figure 3.19 : la répartition des fuites réparées sur le réseau de Bouhanak

La figure 3.18 c'est une étude expérimentale sur terrain qui représente la répartition des fuites réparées pris de la carte d'études qu'on a faites dans le chapitre 2. Cette carte indique plus les tronçons et les zones exacts des fuites réparés pendant les quatre dernières années.

Les zones a problèmes précédent qui représente les problèmes détectés avec la modélisation du secteur de Bouhanak sont identique sur la figure 3.18, se qui prouve l'efficacité de modèle que on a fait

## **3.5. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS**

### **3.5.1.1. Problèmes de forte pression :**

On peu installant des appareils de réduction ou régulation de pression dans la phase amont des zones qui souffre de la forte pression, exactement au niveau de lotissement Tagrat et au niveau de pole de l'université.

Ainsi on peu installé aussi des cheminé de décharge, des châteaux d'eau, des réservoirs intermédiaire a ciel ouvert ou cassé la pression venu des deux réservoirs et la rendre a la pression atmosphérique toujours au niveau de ces deux points.

Si on installe des châteaux d'eau alors il faut bien étudier leur hauteur pour que on auras pas un autre problème de faible pression au niveau des abonnés de Affek et 500 Log.

### **3.5.1.2. Problèmes de stagnation et faible vitesse :**

Ce problème on le trouve beaucoup au niveau d'El Habek et Lotissements Affek, mais ce n'est le même cas de problème.

Au niveau d'El Habek et 476 Log la faible vitesse cause une stagnation et un dépôt puis une corrosion, ce problème est dû aussi à la faible pression, on peut éviter se problème si on installe des vannes et on applique une sectorisation avec les vannes comme la figure suivante.

Figure 3.20 : Solution proposé pour El Hebek

On installe deux vannes de sectionnement au niveau des deux cartiers: 500 lits universitaires et 400 log CNEP, on lance une simulation au niveau de logiciel Epanet:

- on remarque une amélioration au niveau de la vitesse de la distribution

Cette solution peut nous résoudre le problème de manque d'eau dans la estival lorsque on auras une forte demande.

Le problème de stagnation dans Affak qui cause des dépôts qui entraîne :

- Une mauvaise qualité d'eau lorsque elle dépasse les valeurs maximal du temps de séjour.
- Une forte perde de charge,

Alors installe des purges pour vidé les conduits.

### **3.5.1.3. Problèmes des fuites dans 500 Log et 400 Log: (sol argileux)**

Ce problème est due a une agressivité du sol sur le matériau de la conduit, car la plus part du réseau de ces deux cartier ce sont des conduit en Acier Galvanisé, et ce type de matériau est connue par sa faible résistance devant un terrain aggressive tell que l'argile, cette agressivité cause une forte corrosion au niveau des conduits.

On peut proposer une solution comme on change les conduits en PEHD qui a une fort résistance devant ce type de sol.

Les fuites sont due aussi a la forte pression au niveau des ces cartiers, et on a donné des solutions a ce cas avant.

## 4. Conclusion

Les pertes en eau de notre réseau sont essentiellement dues aux fuites invisibles comme le montre l'analyse de cette étude. Les outils mis en place sont donc essentiels dans ce combat permanent contre les pertes en eau par fuite. Il s'agit donc d'exploiter les données de la sectorisation afin de lancer la recherche de fuite sur les secteurs les plus fuyards.

Cette étude a permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

La sectorisation permet de prioriser les zones de recherches, d'estimer le potentiel de réduction espérée et de suivre les résultats. Elle facilitera, par la prise en compte des disparités du réseau, la détection des fuites. Le suivi renforcé des pertes en eau améliorera l'efficacité du réseau.

Les différentes actions proposées permettront d'améliorer la gestion du fonctionnement du réseau, mais également la gestion du patrimoine et des fuites.

Les deux logiciels EPANET et MAP INFO ont été d'une aide précieuse pour réaliser cette étude.

La représentation du réseau sur un logiciel telle que MAP INFO donne une connaissance extrêmement détaillée de chaque tronçon du réseau qui sera une faveur à l'entreprise exploitante du réseau.

Confirmation du potentiel de la modulation de pression :

- La modélisation est un réel outil d'aide à la décision.
- Le lien entre la pression et la répartition de fuite a été mis en évidence.
- La pression a une influence notable sur l'apparition de fuites.
- Les consommations et le réseau évoluant constamment, la mise à jour du modèle est indispensable pour que ce dernier reste exploitable.

## Références Bibliographiques :

[1] JM. Martin, L. Chappert et K. Mabillon, B. Bremond et E. Renaud, C. Renault F. Guhl et C. Bouey, B. de Grissac et F. Lapuyade, JL. Célerier, D. Cuaz et F. Hertz, Connaissance et maîtrise des pertes dans les réseaux d'eau potable, étude de l'agence de l'eau Abour-Garonne, 2005.

[2] Géraldine BERNHARD, OPTIMISATION DE LA GESTION D'UN RESEAU DE DISTRIBUTION D'EAU POTABLE, Mémoire de fin d'études 2007

[3] L'entreprise SAGE, Rendement des réseaux d'eau potable, article de l'entreprise SAGE2004.

[4] Edouard COUSSY, AMELIORATION DU RENDEMENT ET DE LA QUALITE DE L'EAU D'UN RESEAU D'EAU POTABLE, Mémoire de fin d'étude 2008

[5] Mamadou Toumani SISSOKO, Maitrise des pertes d'eau potable méthodes d'évaluation de la pression caractérisant une zone de desserte, Mémoire de fin d'études, 2010.

[6] AUBIN Céline. Étude du potentiel des actions de réduction des fuites des réseaux d'eau potable. Rapport Stage PFE. 2010.

[7] L'entreprise SAGE, Module sectorisation des réseaux d'eau potable, article de l'entreprise, 2004.

[8] AUBIN Céline, Étude du potentiel des actions de réduction des fuites des réseaux d'eau potable, STAGE PFE, 2011.

[9] Mr. LIRATNI Moufdi, guide méthodologique pour le diagnostic des réseaux de distribution d'eau potable, étude d'un model, 2011.

[10] L'entreprise SAGE, Module modélisation du réseau d'alimentation en eau potable, article de l'entreprise, 2004.

[11] Présentation du logiciel EPANET (en ligne) Disponible sur :

<http://www.scribd.com/doc/73755804/92/Presentation-du-logiciel-EPANET>