



Lyonnaise Des Eaux
de Casablanca - LYDEC -
Département Performance
Réseau Eau



Université Cadi Ayyad
Faculté des Science et Techniques
Guèliz de Marrakech - FSTG -
Département Sciences de la Terre

Rapport de projet de fin d'études.

Pour l'obtention du diplôme de
Licence ès Sciences et Techniques
Option : Eau et Environnement.

**L'amélioration du rendement du réseau d'AEP de
Casablanca:
Plan d'action pour la réduction des eaux non facturées
(Renouvellement du patrimoine).
[Application à l'étage 85 modulé et non modulé (Projet 2014)].**

Réalisé par :

- *Mlle OUMAIMA BENARINA.*
- *Mlle SOUKAINA HILALI.*

Encadrées par :

- Pr M'BARK AGOUSSINE : Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques Marrakech.
- Mr ABDLKADER TEFFAL: Chef Département Exploitation Lydec de Casablanca.

Soutenu, le 25 juin 2013, devant le jury composé de :

- Pr M. AGOUSSINE, Professeur à la FST -Marrakech.
- Mr A. TEFFAL, Lydec de Casablanca
- Pr K. EL HARIRI, Professeur à la FST - Marrakech

Encadrant
Co-encadrant
Examinatrice

2012-2013

On dédie ce modeste travail à ...

A nos parents... Aucune dédicace, aucun mot ne saurait exprimer tout le respect, toute l'affection et tout l'amour qu'on vous porte.

*Merci de nous avoir soutenus et aidés à surmonter tous les imprévus de
La vie.*

Merci à notre tante Bahija qui a veillé sur nous pendant notre stage.

Que ce travail, qui représente le couronnement de vos sacrifices généreusement consentis, de vos encouragements incessants et de votre patience, soit de notre immense gratitude et de nos éternelle reconnaissances qui si grande qu'elle puisse être ne sera à la hauteur de vos sacrifices et vos prières pour nous. ... Que Dieu vous garde.

A nos très chers frères et sœurs. . .

A nos très chers amis. . .

A toute la famille BENARINA, HILALI, ELHAOU, BOUSSANE...

Je dédie ce travail à la mémoire de mon grand-père qui a éclairé mon chemin par ses prières et ses bénédictions qui m'ont été d'un grand secours pour mener mes études tu resteras toujours dans mon cœur. OUMAIMA

Et la mémoire de ma mère celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, celle que j'ai tant voulu avoir à côté de moi... Ton amour restera gravé à toujours dans mon cœur. SOUKAÏNA.

A tous ceux que nous aimons et qui nous aiment

Que ce travail soit le témoin de toute notre affection.

OUMAIMA et SOUKAÏNA

Remerciement:

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à SERGE LESCOVET pour nous avoir accueilli dans son entreprise et permis de découvrir les différentes fonctions de l'exploitation de l'eau potable ainsi que les mécanismes de l'entreprise ;

- A.TEFFAL, notre maître de stage pour nous avoir accueilli dans son équipe, pris en charge, confié des tâches, fait confiance, conseillé, encouragé...

- à notre parrain M. AGOUSSINE pour son souci quant à l'aboutissement de notre projet et qui a veillé de près à l'élaboration de ce travail.

Nous tenons aussi à exprimer notre reconnaissance envers R.ELGORFTE et RETTAB, A.

ABOURABIA pour toute l'aide qu'ils nous ont généreusement fournis et le temps qu'ils nous ont consacré.

Nous avons eu le privilège de travailler parmi votre équipe et d'apprécier vos qualités et vos valeurs. Votre sérieux, votre compétence et votre sens du devoir nous ont énormément marqués.

Par la même occasion nous n'oublierons pas de remercier profondément F.TAGHLABI, LAAFIF et LHLOU pour tous les conseils qu'ils nous ont généreusement donnés.

On tient à remercier aussi toutes les équipes de recherche de fuite (du jour et de la nuit) et de la sectorisation pour tous les sorties de terrain qu'ils ont guidé.

Veillez trouver ici l'expression de notre respectueuse considération et notre profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et humaines.

Nous remercions les membres du jury qui nous ont honorés en acceptant avec grande sympathie de siéger parmi notre jury. Les étudiants, le corps enseignant et les professionnels, pour avoir animé cette année ;

Enfin, pour toutes les personnes qui nous ont apportés aide et encouragements, ce travail est pour nous l'occasion de vous témoigner notre vive gratitude et nos sentiments les plus respectueux.

Introduction:

La réduction des pertes est devenue la préoccupation majeure des gestionnaires et des exploitants des réseaux de distributions d'eau afin d'améliorer leur rendement, d'une part la problématique de la préservation des ressources en eau, et d'autre part les coûts croissants de la production et l'exploitation, ce qui les a poussés à établir un plan d'action à base d'un diagnostic approfondi des causes qui entraînent les pertes afin de réduire la quantité des eaux non facturées.

Le plan inclus :

- Le programme de renouvellement des compteurs.
- Le renouvellement du réseau.
- La recherche des fuites par méthode acoustique.
- Les enquêtes du service anti-fraude.

Notre projet se base sur le renouvellement du réseau pour cela il est nécessaire d'effectuer une analyse multicritère des défaillances et vieillissement du réseau d'eau potable de la Grand Casablanca, afin d'établir un programme de renouvellement futur (notre projet est destiné à l'année 2014/2015).

Il est donc primordial d'avoir une connaissance des caractéristiques du réseau, de l'ensemble des facteurs menant à la nuisance des canalisations et des paramètres du renouvellement.

De ce fait, nous avons élaboré une analyse détaillée de l'étage prioritaire : l'étage 85 (situé au centre de Casablanca. C'est le plus important de la Ville, avec un réseau d'environ 1000 km de conduites, et un volume distribué d'environ 160.000 m³/j, plus du tiers du volume total distribué par Lydec).

Les étapes suivies au sein de notre application :

- Calcul du débit minimum de nuit et le débit de perte (à l'aide des données de la sectorisation).
- Détermination de zones fuyardes.
- Détermination de secteurs fuyards.
- Détermination de steps fuyards (Grâce au calcul de l'indice linéaire de perte).
- Détermination de quartier fuyard (En se basant sur l'âge et la nature des canalisations).
- Détermination des rues à renouveler.
- Calcul des gains.

LISTE DES FIGURES :

Figure 1: La réparation du capital de la LYDEC.	10
Figure 2: Source d'alimentation en Eau de LYDEC.	12
Figure 3: L'évolution du rendement de 1998 à 2015. (Rapport ENF2012).....	13
Figure 4: Cercle des eaux non facturé (Rapport ENF2012).....	14
Figure 5:Réseau de distribution Eau potable- Etage de pression (Rapport ENF2012).	17
Figure 6: schéma du cycle des pertes en eau.	19
Figure 7:Développement de la modulation de pression à Casablanca (Rapport ENF2012).	20
Figure 8:Vanne de stabilisation de pression (Rapport ENF2012).	21
Figure 9:Les différents sous-étages de l'étage 85 (Rapport ENF2012).	21
Figure 10: Schéma des étapes de la division du réseau.	22
Photo 11: Insertion du débitmètre.	24
Photo 12: Data-Logger connecté a une PDA.	25
Photo 13: l'extraction des données du Data-Logger.	25
Photo 14: Cello.....	26
Photo15: Cello lors de sa programmation.	26
Figure 16: Exemple de données récupéré par la B.D.L.T pour l'étage 85.....	27
Figure 17:Exemple de données récupéré par la B.D.L.T pour l'étage 85 non modulé.	27
Figure 18:Exemple de données récupéré par la B.D.L.T pour l'étage 85 modulé.	28
Figure 19: Répartition des méthodes utilisées dans la recherche des fuites (Manuel Métier Réseaux 2007).....	29
Figure 20: Figure illustrant la méthode d'écoute directe au sol (Manuel Métier Réseaux 2007).	30
Figure 21: Les différentes composantes du pré-logue fixe.	31
Figure 22:Principe de la pré-localisation (GIRONDE S. version juin 2004).....	31
Photo 23: pré-logue mobile.	32
Figure 24: formule de calcul de la corrélation. (GIRONDE S. version juin 2004)	33
Photo 25: Marquage du point de fuite.	34
Photo 26: la technique de corrélation moderne.....	35
Photo 27: des corrélateurs (transmetteur et l'émetteur)	36
Figure 28: schéma décrivant l'ancien méthode de corrélation.	36
photo 29: Photo des boites du gaz traceur.	37
Figure 30: Les conduites principales de l'étage (General Water Savings 2011).....	52
Figure 31: Répartition de l'étage 85 (General Water Savings 2011).	53
Figure 32: Plan de sectorisation permanent de l'étage 85 modulé (General Water Savings 2011).	54
Figure 33: Plan de sectorisation permanent de l'étage 85 non modulé (General Water Savings 2011).	55
Figure 34: Histogramme illustrant la variation du débit du 2011 à 2013.....	56
Figure 35: Répartition du linéaire de la zone 1 en fonction de la période de pose.	58
Figure 36: Répartition du linéaire de la zone 10 en fonction de la nature de la canalisation.	59
Figure 37; Répartition du linéaire de la zone 11 en fonction du linéaire.	60
Figure 38; Répartition des matériaux de la zone 11.	60
Figure 39: Répartition des secteurs de la zone 10.....	61
Figure 40: Débit de pertes et résultats des fuites de la zone.....	61
Figure 41: Répartition des secteurs sur la zone 11.	62
Figure 42: histogramme du débit de pertes est résultats des fuites.	62

Figure 43: Représentation des secteurs 3 et 4 sur la carte.....	63
Figure 44: Débit de perte et résultats des fuites du secteur 3 zone 10.....	64
Figure 45: Débit de perte et résultats des fuites du secteur 4 zone 10.....	64
Figure 46: Représentation du secteur 3 zone 11 sur la carte.....	65
Figure 47: Débit de perte et résultats des fuites du secteur 3 zone 11.....	65
Figure 48: Localisation des quartiers fuyards sur la carte.....	67
Figure 49: Histogramme des fuites invisibles des quartiers.....	69
Figure 50: histogramme des fuites visibles des quartiers.....	69
Figure 51: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour la zone 1.....	79
Figure 52: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour la zone 2.....	80
Figure 53: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour la zone 3.....	80
Figure 54: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour la zone 4.....	81
Figure 55: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour la zone 5.....	82
Figure 56: Répartition des matériaux sur la zone 1.....	83
Figure 57: Répartition du linéaire en fonction de la période de pose de la zone 1.....	83
Figure 58: Représentation des secteurs de la zone 1.....	85
Figure 59: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour le secteur 1 de la zone 1.....	85
Figure 60: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour le secteur 1 de la zone 1.....	86
Figure 61: Répartition du matériel de canalisation dans le secteur 1 de la zone 1.....	86
Figure 62: Répartition des canalisations par année de pose dans le secteur 1.....	87
Figure 63: Répartition du matériel dans le secteur 2 de la zone 1.....	87
Figure 64 : Répartition des canalisations par année de pose pour le secteur 2.....	88
Figure 65: Situation des quartiers sur la zone 1 (Carte à jour).....	92
Figure 66: Répartition de certain quartier sur la carte.....	94

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1: Liste des D.P.....	11
Tableau 2: Répartition des étages de pression (Rapport ENF2012).....	17
Tableau 3: des matériaux (HORRA M. R 2008 – 2009).....	44
Tableau 4:FACTEURS INFLUENCANT LA DÉGRADATION :	46
Tableau 5: Synthèse des techniques utilisées.....	47
Tableau 6: LONGUEUR DES RÉSEAUX D'EAU POTABLE DE CASABLANCA (SIG LYDEC 2009).....	49
Tableau 7: RÉPARTITION DU RÉSEAU D'INFRASTRUCTURE PAR MATÉRIAU (DEEA LYDEC/2009).....	49
Tableau 8: RÉPARTITION DU RÉSEAU DE DESSERTE PAR MATÉRIAU (SIG LYDEC 2009).....	50
Tableau 9:PÉRIODE D'UTILISATION DES MATÉRIAUX DANS LE RÉSEAU De Casablanca (SIG LYDEC/ 2009).....	50
Tableau 10: Liste des caractéristiques des appareils installés (General Water Savings 2011).....	53
Tableau 11 : Linéaire des zones de l'étage 85 modulé (General Water Savings 2011).....	54
Tableau 12: Linéaire des zones de l'étage 85 non modulé (General Water Savings 2011).....	55
Tableau 13: Tableau des zones.....	56
Tableau 14: Tableau des quartiers fuyards.....	66
Tableau 15: fuites détecté par quartier.....	68
Tableau 16: Tableau des quartiers fuyards par date de pose.....	70
Tableau 17: Tableau des quartiers fuyards par nature de canalisation.....	71
Tableau 18: Tableau des caractéristiques des steps des zones 10 et 11.....	72
Tableau 19 : les steps fuyards.....	75
Tableau 20: les fuites par step 2012.....	76
Tableau 21: Fuites par steps 2013.....	77
Tableau 22: Steps vulnérable et ancien.....	78
Tableau 23: Résultats des rues a renouvelé.....	78
Tableau 24: Fuites visible par secteur de relève.....	84
Tableau 25: linéaire et pourcentage du matériel.....	86
Tableau 26:linéaire et pourcentage des canalisations par années de pose.....	87
Tableau 27: linéaire et pourcentage du matériel.....	88
Tableau 28: Pourcentage des canalisations par année de pose dans les quartiers.....	93
Tableau 29: Tableau 26: Pourcentage des canalisations par nature dans les quartiers.....	93
Tableau 30:Emplacement du pré-logue par quartier, step et rue.....	95
Tableau 31: Historique des fuites des rues.....	96
Tableau 32: Résultats de la recherche.....	96
Tableau 33: Les bénéfices en cts.....	97
Tableau 34: Les bénéfices en cts.....	97

LISTE DES ABREVIATIONS:

- PHD : Polyéthylène à haute densité.
- PVC : Polychlorure de Vinyle.
- BC : Béton compensé.
- AC : Amiante ciment.
- PE : Polyéthylène.
- FG : Fonte grise.
- FD : Fonte ductile.
- B.D.L.T : Base de données à long terme.
- D.P : délégation préfectoral.
- B.D.D : Base de données.
- D.N : Diamètre.
- I.L.P : indice linéaire de perte.
- D.M.N : débit minimum de nuit.
- D.E.M : Débitmètre électromagnétique.
- I.L.P : indice linéaire de perte.
- I.L.R (ou I.R) : indice linéaire de réparation.
- B.C : bouche à clé.

TABLE DES MATIERS :

<i>On dédie ce modeste travail à</i>	1
Remerciement:	2
Introduction:	3
LISTE DES FIGURES :	4
LISTE DES TABLEAUX :	6
LISTE DES ABREVIATIONS:	7
TABLE DES MATIERS :	8
CHAPITRE 1 : GENERALITE.	10
I. PRESENTATION DE LA LYDEC:	10
1. HISTORIQUE DES SOCIETES DE DISTRIBUTION DANS LA WILAYA DE CASABLANCA :.....	10
2. CAPITAL DE LA LYDEC.....	10
3. ACTIVITES DE LA LYDEC :.....	10
4. REPARTITION DES PRINCIPAUX SERVICES DE LA LYDEC.....	11
I. ALIMENTATION EN EAU POTABLE DU GRAND CASABLANCA:	11
1. Sources d'alimentation :.....	11
2. <i>Circuit de l'eau potable au grand Casablanca :</i>	12
II. DEFINITION DU RENDEMENT:	13
III. PROJET DES EAUX NON FACTURE :	14
1. LE CERCLES DES EAUX DISPARUES:.....	14
2. PLAN D'ACTION POUR LA REDUCTION DES PERTRS PHYSIQUE :.....	15
IV. REPARTITION DES ETAGE DE PRESSION :	16
CHAPITRE 2 : L'AMELIORATION DU RENDEMENT :	19
I. MODULATION (gestion de pression) :	19
1. DEFINITION:.....	19
2. LE PRINCIPE :.....	20
II. SECTORISATION:	22
1. ETAPE DE LA SECTORISATION:.....	23
III. RECHERCHE DES FUITES:	28
1. METHODE ACOUSTIQUE:.....	28
2. Cas particulier :.....	37
CHAPITRE 3: LE RENOUVELLEMENT DES RESEAUX URBAINS D'EAU POTABLE.	38
I. Présentation :	38

II.	Des définitions générales:	38
1.	Type de canalisation :	38
2.	MATÉRIAUX DES CONDUITES D’EAU POTABLE	38
	DÉGRADATIONS DES CONDUITES D’EAU POTABLE :	45
3.	ACTONS DE MAINTENANCE DES CONDUITES :	46
III.	La décision de renouvellement :	48
IV.	STRATEGIE A SUIVRE POUR LE RENOUVELLEMENT DU PATRIMOINE CASABLANCA 2014 :	49
1.	PRESENTATION DU RESAU DE CASABLANCA :	49
2.	INVENTAIRE DU PATRIMOINE RÉSEAU D’EAU POTABLE DE CASABLANCA :	49
Chapitre 4 : Application sur l’étage 85 (renouvellement du patrimoine projet pour 2014):		51
I.	PRESENTATION SOMMAIRE DE L’ETAGE 85 :	51
1.	PRESENTATION SOMMAIRE DES ETAGES 85 REGULE ET INDUSTRIEL :	52
II.	Etude du réseau d’eau potable de l’étage 85 non modulé :	55
1.	DETECTION DES ZONES :	56
2.	DETECTION DES SECTEURS :	60
3.	DETECTION DE STEP :	71
III.	Etude du réseau d’eau potable de l’étage 85 modulé :	79
1.	Etude des zones :	79
2.	Etude des secteurs :	85
3.	Etude des step :	89
4.	Etude des quartiers :	91
5.	Identification des rues :	94
<i>Conclusion</i> :		97
CONCLUSION GENERALE		98
Référence bibliographique :		99

CHAPITRE 1 : GENERALITE.

I. PRESENTATION DE LA LYDEC:

1. HISTORIQUE DES SOCIETES DE DISTRIBUTION DANS LA WILAYA DE CASABLANCA :

La responsabilité de distribution a été prise en charge par plusieurs sociétés :

Depuis mars 1914 jusqu'à 1961, la concession de distribution d'eau, de gaz et d'électricité a été confiée à une société privée S.M.D (Société Marocaine de Distribution).

En 1962, la régie de Distribution d'Eau et d'Electricité (R.A.D), qui est un établissement public doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière a pris la place de S.M.D. Elle se charge d'assurer à l'intérieur de la wilaya de Casablanca la distribution de l'eau et de l'électricité et le service de l'assainissement (1985)

En aout 1997, la Lyonnaise Des Eaux de Casablanca (LYDEC) a pris en charge la gestion des services de distribution d'électricité, d'eau potable et du service d'assainissement grâce à la convention liant la Communauté Urbaine de Casablanca (autorité délégante) et la société LYDEC.

2. CAPITAL DE LA LYDEC

Le capital social de LYDEC est de 800 millions de dirhams, réparti comme suit :



Figure 1: La répartition du capital de la LYDEC.

3. ACTIVITES DE LA LYDEC :

- Depuis l'arrivée de la LYDEC, plus d'efforts ont été fournis :

Le service à la clientèle.

La distribution de l'électricité : LYDEC a largement investi pour que l'électricité devienne une énergie sûre et largement disponible ;

La distribution de l'Eau : LYDEC a investie trop afin d'assurer l'amélioration de la qualité de l'eau, la société a pris en charge la lutte contre les pertes en eau et l'entretien ainsi que renouvellement des branchements et sociaux.

L'assainissement : la priorité est donnée d'une part, à la lutte contre les inondations avec l'entretien et le remplacement des réseaux anciens, le traitement des eaux usées afin de protéger l'environnement et d'autre part, au renforcement des infrastructures accompagnant la croissance de la ville.

Ces activités ont approvisionné un Rendement actuelle de 75% et sont effectués sur un linéaire total du réseau d'eau potable(Casablanca) de 5000Km Pour Un nombre d'habitants de: 1000000 habits Et une consommation journaliers de: 394000m3/jour.

4. REPARTITION DES PRINCIPAUX SERVICES DE LA LYDEC :

Les activités opérationnelles de gestion de la clientèle grand public et d'exploitation des réseaux tertiaires d'eau de la Wilaya du Grand Casablanca sont assurées par 7 délégations Préfectorales, regroupées dans la direction des opérations.

Tableau 1: Liste des D.P.

DP	Nom
1	Casa Anfa
2	HayHassani–Ain chock
3	Derb Sultan- El Fida
4	BenM'Sick - Sidi Othman
5	Ain Sebaa – HayMohammadi
6	Sidi Bernoussi – Zenata
7	Mohammadia

Les délégations préfectorales couvrent l'ensemble du territoire de la gestion déléguée. L'accueil et la gestion de la clientèle sont assurés au sein de 15 agences clientèle.

Les activités d'accueil et de gestion de la clientèle des grandes entreprises, des administrations et des lotisseurs sont centralisées au sein de la direction des opérations. L'exploitation et la conduite des réseaux primaires et des grands ouvrages sont centralisées au sein de la direction exploitation eau et assainissement et la direction exploitation électricité. La direction générale et l'ensemble des fonctions supports organisées en directions sont répartis sur les sites de DIOURI et d'HASSAN 1er.

I. ALIMENTATION EN EAU POTABLE DU GRAND CASABLANCA:

1. Sources d'alimentation :

L'alimentation en eau potable de la ville de Casablanca s'effectue à partir de plusieurs ressources principales dont l'origine est différente à savoir :

- ONEP : 67,9% (Oueds Bou Regreg et Oum Er Rbia)
- SEOR : 30,5% (Oued Oum Er Rbia)
- LYDEC : 1,6% (Trois forages)

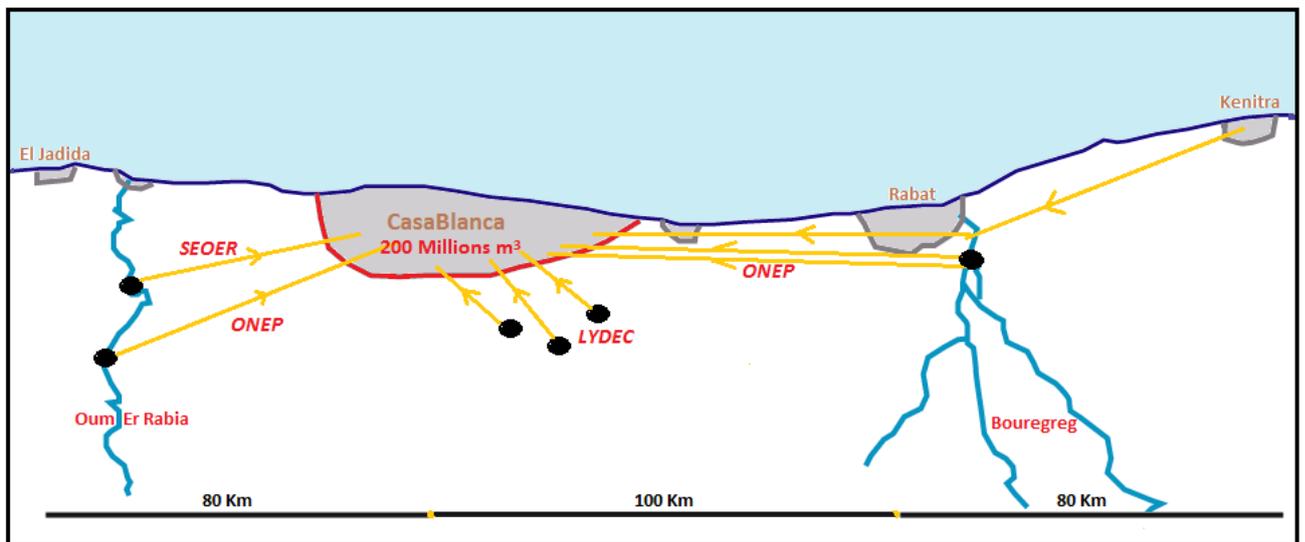


Figure 2: Source d'alimentation en Eau de LYDEC.

2. Circuit de l'eau potable au grand Casablanca :

L'eau consommée à Casablanca et à Mohammédia effectue un long parcours durant son cycle de vie. Elle est puisée, traitée, consommée, puis prétraitée avant son rejet dans l'océan

Le circuit de l'eau potable du grand Casablanca se déroule en six étapes qui sont :

- A. Captation:** consiste à capter l'eau qui est puisée dans les rivières régulées par des barrages-réservoirs, ces derniers contiennent plusieurs milliards de m³, permettant d'assurer la sécurité d'approvisionnement même en période de sécheresse.
- B. Potabilisation:** L'eau brute des rivières, est décantée, filtrée et désinfectée dans trois grandes usines de production d'eau potable. Elle est ensuite acheminée dans les feeders jusqu'aux réservoirs de stockage de LYDEC.
- C. Transport et Stockage:** A son arrivée à Casablanca et à Mohammédia, l'eau potable est stockée dans 36 réservoirs, qui assurent une réserve de sécurité de 24 heures et à nouveau réajusté au chlore avant sa distribution.
- D. Distribution aux consommateurs:** L'eau arrive aux consommateurs par un réseau de canalisations de près de 4200 Km et quinze stations de pompage permettant d'assurer des hauts étages. LYDEC distribue plus de 500 Millions de litres d'eau par jour.
- E. Assainissement:** LYDEC assure la gestion de l'assainissement liquide de Casablanca à travers 4058 km de collecteurs et 29 stations d'assainissement qui envoient les eaux usées vers la station de prétraitement d'El Hank.
- F. Restitution en milieu naturel:** Grâce à la station d'El Hank, les effluents sont refoulés par un émissaire marin de 4Km de long. Ce procédé de rejet permet une biodégradation naturelle en milieu marin, tout en préservant la zone côtière de toute pollution massive.

II. DEFINITION DU RENDEMENT:

Le rendement d'un système de distribution est un concept important, puisqu'il fournit une image globale du fonctionnement de ce dernier.

Depuis 1998, plusieurs actions ont été menées dans le cadre des plans annuels de réduction des eaux non facturées (ou plans ENF - Eaux Non Facturées) afin d'améliorer progressivement le rendement du réseau de distribution des eaux.

Les pertes du réseau de distribution sont définies comme étant la différence entre le volume mis en distribution dans le réseau et le volume consommé par les clients.

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Volume consommé par les clients}}{\text{Volume mise en distribution}}$$

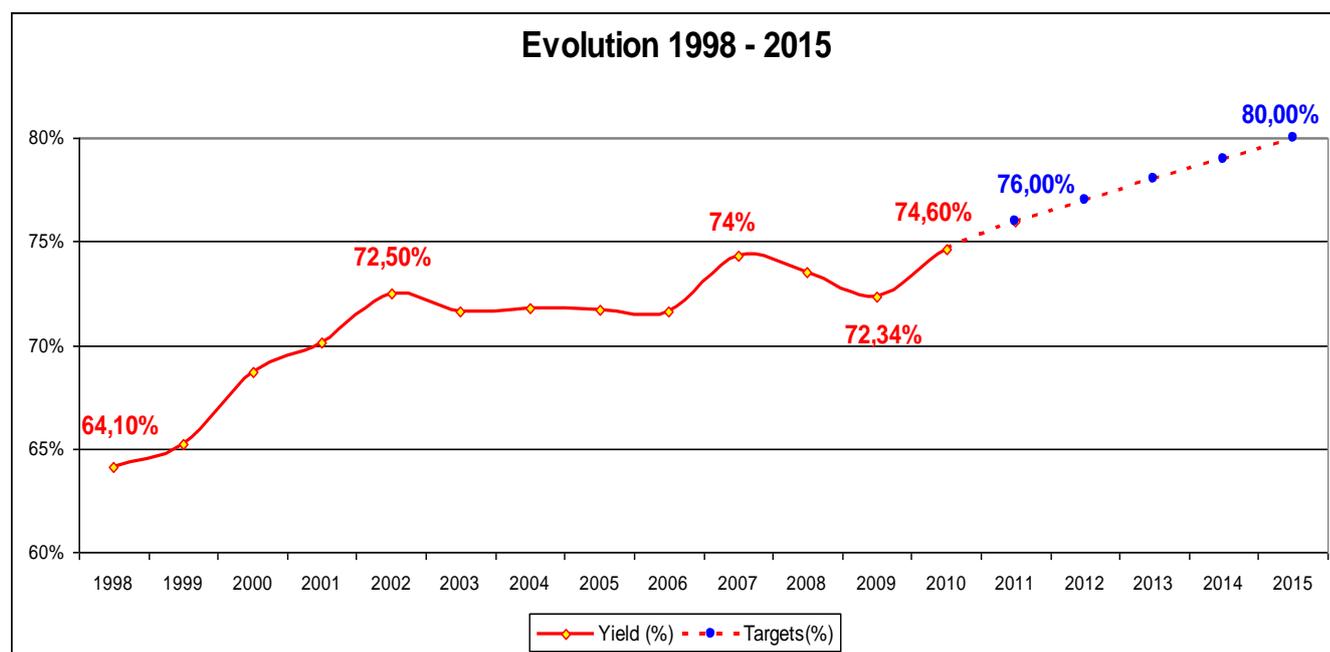


Figure 3: L'évolution du rendement de 1998 à 2015. (Rapport ENF2012)

La réduction des pertes est la préoccupation majeure des gestionnaires et des exploitants des réseaux de distributions d'eau afin d'améliorer leur rendement. D'une part, la problématique de la préservation des ressources en eau, et d'autre part les coûts croissants de production et d'exploitation, ce qui a poussé LYDEC à établir un plan d'action à base d'un diagnostic approfondi des causes qui entraînent les pertes afin de réduire la quantité des eaux non facturées.

Le plan inclus :

- Le programme de renouvellement des compteurs.
- Le renouvellement du réseau.
- La recherche des fuites par méthode acoustique.
- Les enquêtes du service anti-fraude.

III. PROJET DES EAUX NON FACTURE :

Les eaux non facturées (E.N.F) concernent les eaux mises en distribution et qui ne sont pas facturées aux clients, ils peuvent concerner les consommations illégales ou le volume perdu par l'intermédiaire des fuites, des sous-comptages...

Il est calculé comme étant la différence entre les volumes mis en distribution dans le réseau, pendant une période donnée et les volumes consommés facturés aux consommateurs.

$$\text{E.N.F} = \text{volume introduits} - (\text{volume facturé} + \text{volume exportés}).$$

1. LE CERCLE DES EAUX DISPARUES:

Le cercle des eaux disparues permet d'identifier les types de pertes dans un cercle afin de permettre la bonne compréhension de ces paramètres.

On distingue trois types dont on juge leur impact sur le réseau de distribution important :

Les pertes physiques.

Les pertes commerciales.

Les pertes de comptage.

Le cercle des Eaux disparues (CED) permet d'identifier et de représenter les types de pertes dans un cercle afin de permettre la bonne compréhension des causes de la dégradation du rendement ce qui rendra possible par la fin l'élaboration d'un plan d'action efficace.

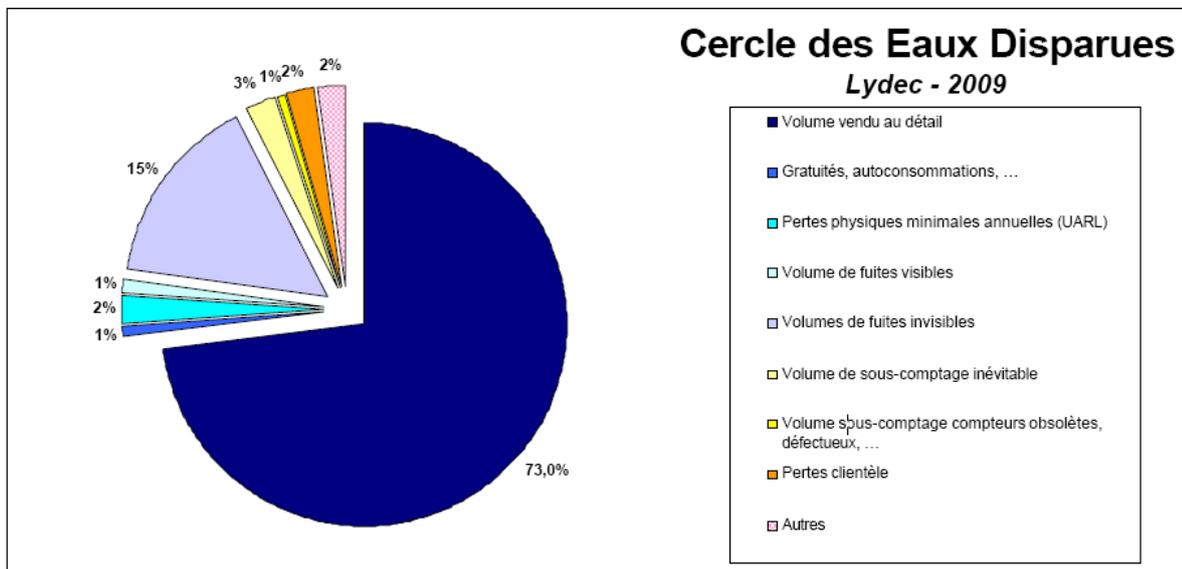


Figure 4: Cercle des eaux non facturées (Rapport ENF2012).

Différents types des pertes:

Les pertes commerciales :

Ils résultent le plus souvent des fraudes de divers nature notant évidemment les branchements clandestine (non enregistré), et des erreurs concernant la gestion clientèles (estimation de consommation par qu'il n-y a pas de compteur, erreur dans le relevé de compteur...)

La perte commerciale et la plus difficile à apprécier, elle s'évalue par différence :

Perte commercial estime= volume produit-Volume consommées enregistre ou estimé-pertes physique estime- perte de comptage estimé.

Les pertes de comptage :

Le compteur est la caisse enregistreuse de la compagnie, la plupart des pertes concerne l'état du compteur (vieillesse) et sa qualité qui se dégrade par le temps, et bien sûr son type.

Les pertes physiques :

Il représente la majorité des eaux non facturés, elle est définie comme étant la somme des fuites concernant le réseau de distribution, et les défaillances des canalisations et des branchements.

Ils sont divisés en 2 catégories :

- Les fuites visibles : Ils sont généralement communiqués par le public, client ou personnel de l'entreprise, il regroupe tous les écoulements anormaux sur la surface du sol. Ces fuites sont celles qui entraînent automatiquement une intervention sur le réseau.
- Les fuites invisibles: sont des fuites qui n'ont pas été vues sur surface, ils nécessitent des visions stratégiques et des analyses multicritères afin d'utiliser les différents systèmes et techniques de détection de fuites.

Dans tous les cas, toute fuite d'eau engendrant des dégâts sur le réseau exige une intervention afin de remettre en service la conduite en question et rétablir le fonctionnement normal du système de distribution d'eau potable.

2. PLAN D'ACTION POUR LA REDUCTION DES PERTES PHYSIQUES :

Pour augmenter la valeur d'un rendement, il faut définir et mettre en œuvre un plan d'action. Un tel plan d'action ne peut être conçu que sur la base d'un diagnostic approfondi des causes qui ont entraîné les pertes d'eau.

IL est important de signaler que le plan d'action nécessite 2 étapes importantes : l'élaboration et le suivi.

A partir du cercle des eaux disparues on peut élaborer un plan général pour chaque volet.

Le plan visant la réduction des pertes physique :

Comprendra donc :

Fuites invisible :

- Acquisition du matériel de détection de fuites : pré-localisation géophone, corrélateur acoustique, data-loggers.
- Campagne systématique de détection et de réparation de fuites invisible.
- Contrôle par suivi systématique des débits de nuit.
- Sectorisation du réseau.

Le diagnostic final permet de répondre à un certain nombre de question :

- Combien de fuites invisibles trouvera-t-on par km de réseau ?
- Débit de fuites récupéré par réparation de fuite.

Le taux de retour des anomalies reste un inconnu à mettre en évidence.

Fuites visibles :

La plupart des fuites visible ne sont pas signalés, ce qui nécessite des visites systématique du réseau par des inspecteurs

Le volume de pertes générées par les fuites visibles est en fonction de deux paramètres :

- Le nombre de fuites en instance de réparation.
- Le temps qui s'écoule entre le moment ou la fuite se produit et le moment où elle est réparée.

Donc le plan d'action comportera :

- Réduction du nombre des fuites en instance de réparation.
- Réduction du délai de réparation.
- Campagne de sensibilisation du public pour signaler les fuites visible.
- Eventuellement visite de terrain systématique pour détecter les fuites visible.

IV. REPARTITION DES ETAGE DE PRESSION :

Le réseau de Casablanca s'étend sur plusieurs km (48000 km), il s'est divisé on étage de pression avec des réservoirs pr

opres à chaque cote, équipée de plusieurs débitmètres et de régulateur de pression (dans le cas d'une modulation) permettant de contrôle le bon fonctionnement du réseau de distribution.

Tableau 2: Répartition des étages de pression (Rapport ENF2012).

Etage de pression	Linéaire (en km)	Etage de pression	Linéaire (en km)
55 modulé	22	96	386
55 non modulé	25	140	1144
85 modulé	460	110	238
85 non modulé	400	58	240
85 Industriel	31	160	171
60	128	82 et 92	74 et 21
115	40	153	38
55 Dar Bouazza	60	180	37

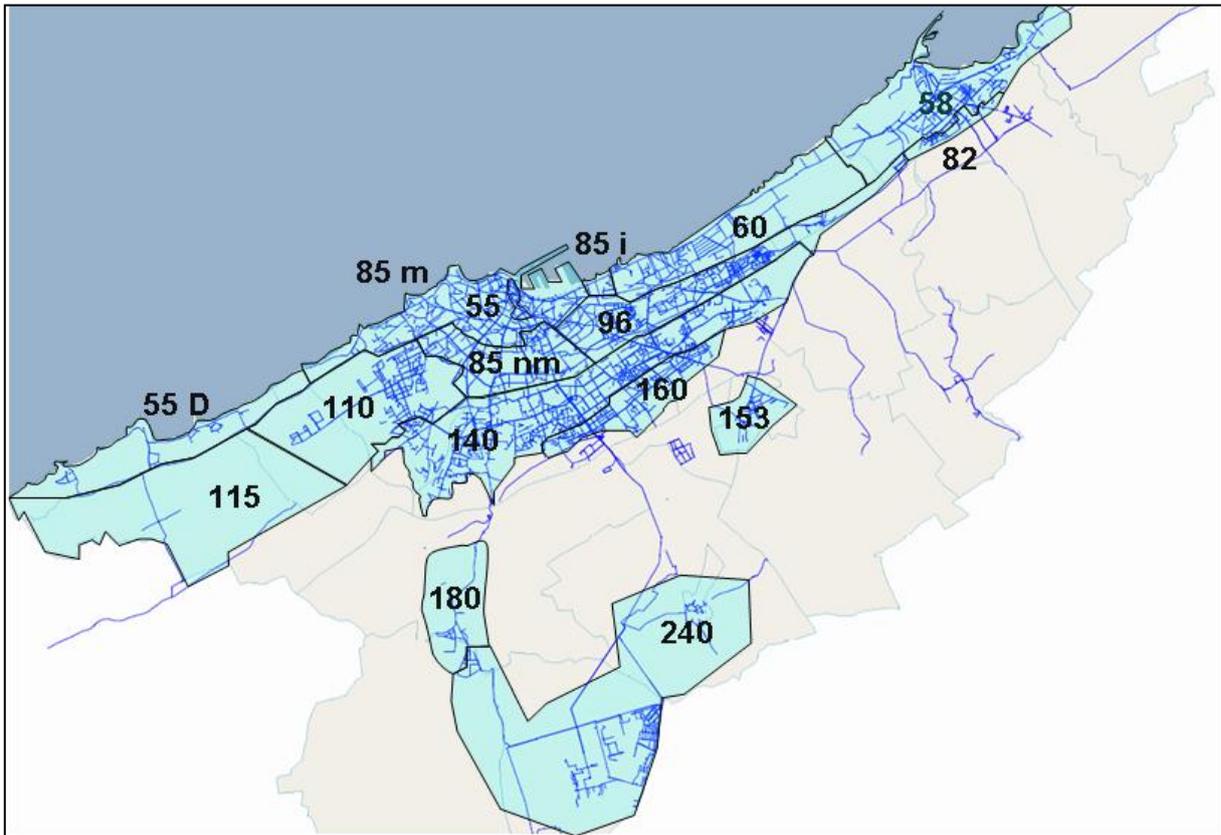


Figure 5: Réseau de distribution Eau potable- Etage de pression (Rapport ENF2012).

L'étage 140 : l'étage le plus étendue de Casablanca, situé au sud de l'autoroute urbain de la zone de l'ISSASFA à L'ouest d'ANASSI à l'est.

L'étage 240 : S'étend vers l'est jusqu'à mediouna village et vers l'ouest jusqu'à la zone Industrielle d'OULAD SALLEH.

L'étage 160 : localise au centre de Casablanca, et au sud de l'étage 140.

L'étage 55 : Il enveloppe presque la totalité de l'ancienne médina et une partie du centre urbain.

L'Etage 58 Mohammedia : Il enveloppe la plus grande partie de la ville de Mohammedia, depuis la zone industrielle le long de la route côtière a l'ouest, jusqu'à MANSOURIA à l'est.

L'étage 96 : Se situe à l'est de la ville, il enveloppe la zone situe entre l'autoroute et la voie ferré, il se propage jusqu'a la zone industriel de Mohammedia.

L'étage 85 : (Objet de notre étude) situé au centre de Casablanca. Il est constitué d'un réseau d'environ 1000 km de conduites, et un volume distribué d'environ 160.000 m³/j, il comprend, entre autres, tout le Centre-Ville, le quartier des affaires, la zone portuaire et la totalité du front de mer urbanisé. Il intègre aussi la zone industrielle située à l'est du port, à côté de l'Etage 60.il est considéré comme étant l'étage le plus important vu qu'une consommation dépassent le tiers de l'ensemble du réseau est enregistré dans cette étage, ce qui le rend le suivi de son fonctionnement obligatoire.

CHAPITRE 2 : L'AMELIORATION DU RENDEMENT :

Elle consiste en d'autre terme à la minimisation des pertes physique, à l'aide de l'ensemble des méthodes et techniques exercé sur le réseau, afin d'atteindre une valeur de 80% souhaité. C'est méthodes sont

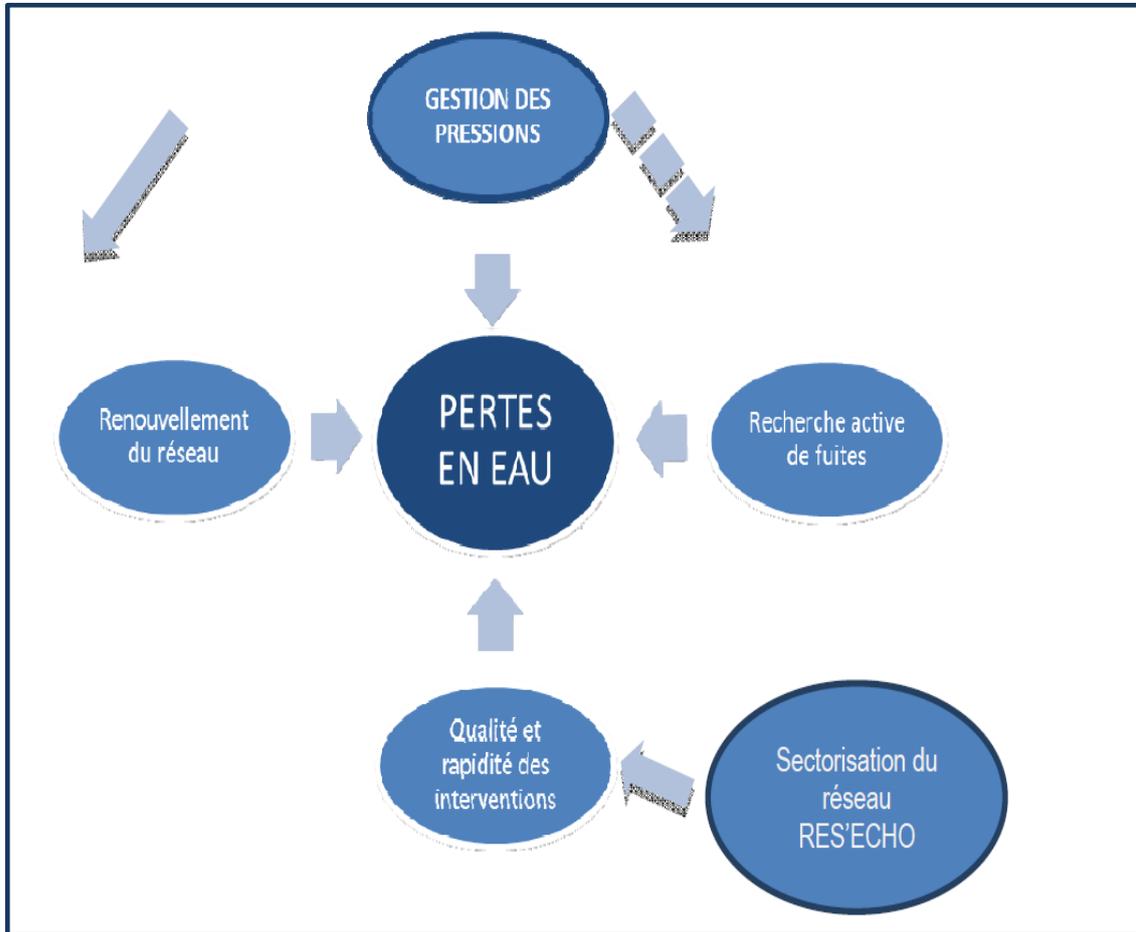


Figure 6: schéma du cycle des pertes en eau.

I. MODULATION (gestion de pression) :

1. DEFINITION:

La modulation est définie comme étant la régulation de la quantité de la pression d'eau délivrée, elle a comme objectif :

- Réduction de pression.
- Limite des pertes d'eau dans les secteurs modulés (diminution de débit de perte).
- Réduction de la fréquence des casses.

Remarque : La modulation peut ne pas inclure un étage a sa totalité puisque certaine sous étage ne nécessite pas d'intervention, soit la demande en eau et élevé ou leur dénivelé n'est pas assez élevé par rapport au réservoir.

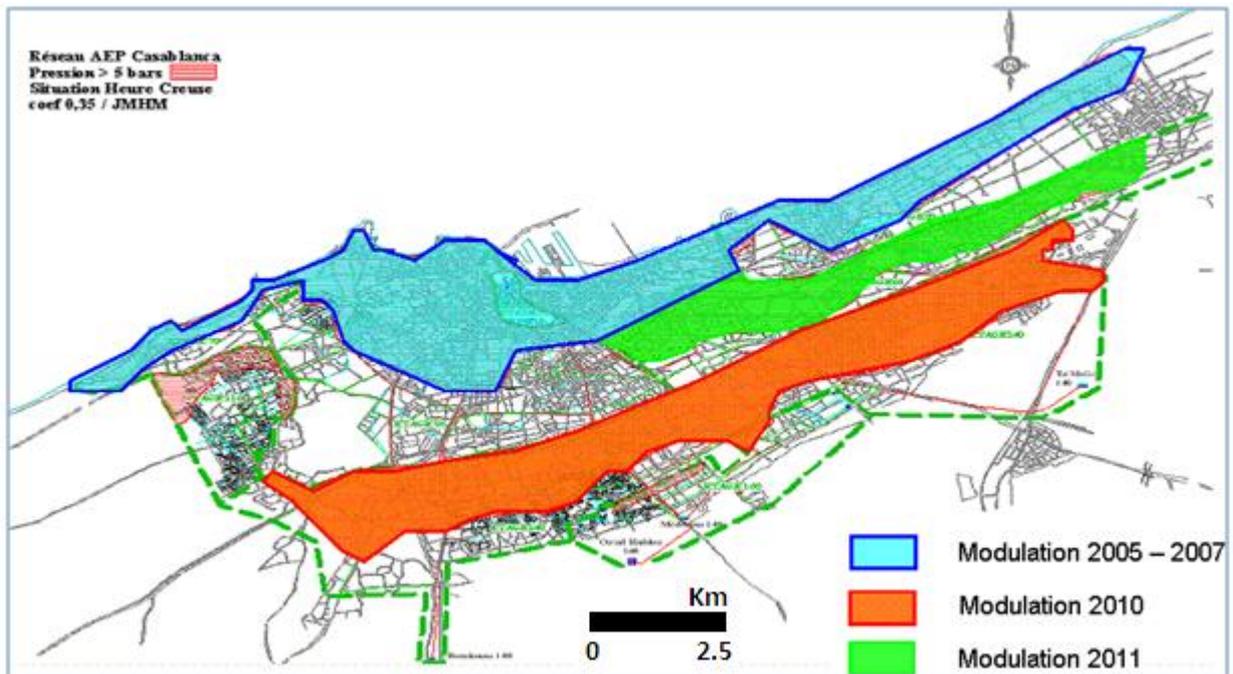


Figure 7: Développement de la modulation de pression à Casablanca (Rapport ENF2012).

2. LE PRINCIPE :

Aux points d'entrée de ces étages sont installées des vannes modulantes permettant de réguler la quantité et la pression d'eau délivrée. Cette stratégie permet d'adapter la distribution d'eau à la demande de consommation des abonnés en fonction des horaires. En contrôlant ainsi la desserte, on limite ainsi les pertes d'eau sur les secteurs modulés, en particulier durant la nuit.

a) Description de la vanne de régulation :

C'est une vanne de régulation qui permet de compenser les pertes de charge de façon

Très souple : en période de forte consommation ou le jour (respectivement en période de faible consommation ou la nuit), il est capable d'augmenter (respectivement de diminuer) les pressions dans le réseau.

Il en existe deux types actuellement :

À commande électronique et à commande hydraulique.

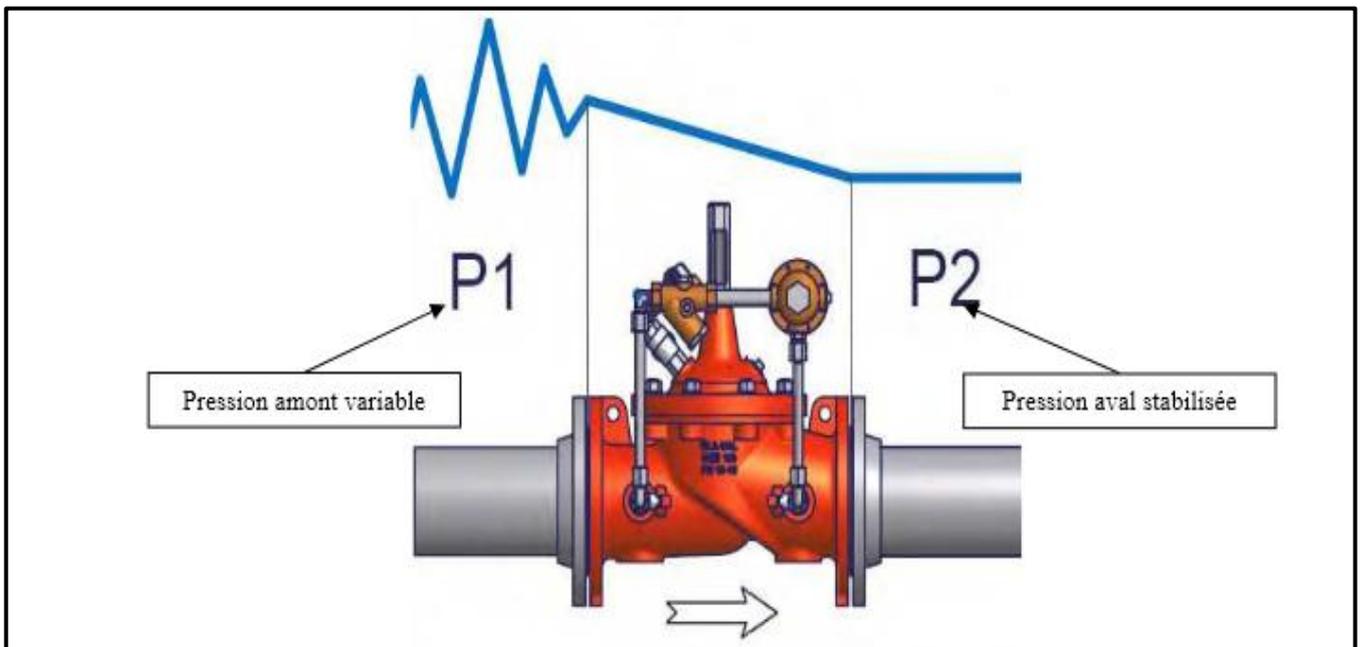


Figure 8:Vanne de stabilisation de pression (Rapport ENF2012).

EXEMPLE D'ETAGE MODULE 85 (objet de notre projet) :

Il se divise en plusieurs sous étage, notamment :

L'étage 85 non module (non régulé), l'étage 85 modulé (régulé) et l'étage 85 industriel.

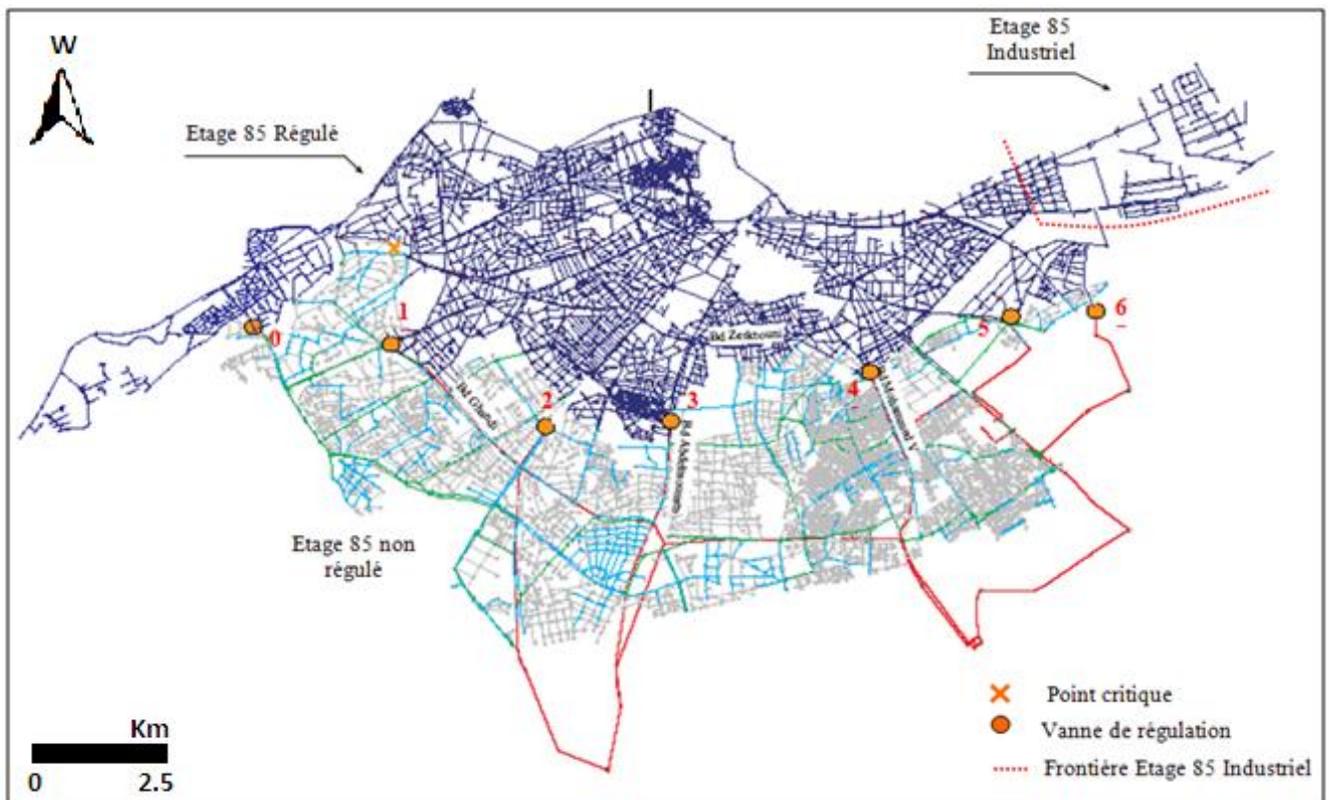


Figure 9:Les différents sous-étages de l'étage 85 (Rapport ENF2012).

II. SECTORISATION:

La sectorisation est la division d'un réseau d'eau en plusieurs zones de comportement homogène pour mesurer des paramètres essentiels (débit et la pression) en permanence ou de façon temporaire.

Les zones sont ensuite divisées en secteurs, isolés entre eux par des vannes fermées et un nombre de points d'échange limités (points d'entrée ou de sortie) et équipés d'un appareil de comptage.

Le découpage d'un réseau en secteur est l'étape la plus importante d'une sectorisation: il s'agit de trouver une taille d'un secteur qui soit suffisamment faible pour donner des informations précises mais également, assez vaste pour limiter le nombre de secteurs nécessaires pour couvrir une zone donnée.

En pratique, la taille d'un secteur varie entre 5 km et 50 km de réseau (voire 100 km pour les réseaux importants).

Par conséquent la sectorisation du réseau de Casablanca consiste à diviser les grands étages de distribution de plusieurs centaines de kilomètres, voire mille en secteurs de plusieurs dizaines de kilomètres.

Ce projet vise l'amélioration du rendement du réseau eau, en particulier la réduction des pertes physiques.

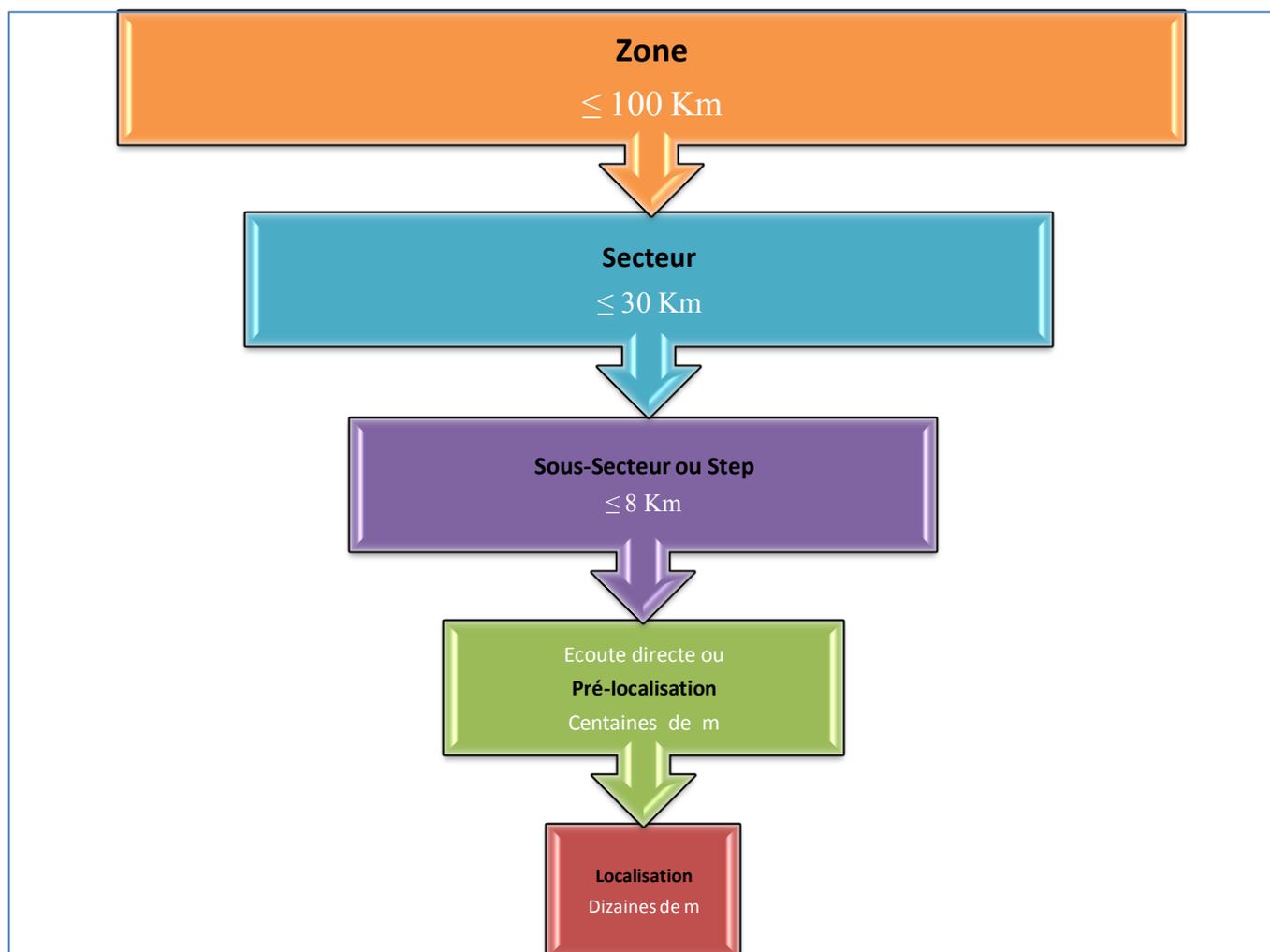


Figure 10: Schéma des étapes de la division du réseau.

Il consiste à isoler des zones, ce qui permettra par conséquent :

- de manière permanente : mieux contrôler la distribution de l'eau.
- de manière périodique sur des linéaires très réduits lors des campagnes de mesures spécifiques à la recherche des fuites.

Les zones définies sont généralement isolée hydrauliquement du reste du réseau par la fermeture de vannes. Leurs taille permettent de mesurer les débits de nuits entrants et sortants par des points de mesures, existants ou créés, équipés par des appareils de comptages permanents ou mobiles. Le débit minimum nocturne ainsi mesuré pour chaque zone, lors d'une plage horaire où il n'y a pas de consommation (Généralement entre 2h et 3h) et qui permet d'identifier les zones ou les secteurs fuyardes (On prend en considération que pour le réseau de Casablanca la valeur de départ retenue est 0,5l/s/km).

Les fuites sont plus faciles à détecter et à quantifier quand le secteur d'intervention est réduit et son débit est mesuré.

1. ETAPE DE LA SECTORISATION:

La sectorisation se résume en trois étapes distinctes :

- **la conception :**

Elle constitue l'étape de base et Celle qui prend la majorité du temps dans le processus de sectorisation d'un réseau.

- Préparation sur plan :

C'est une phase importante qui a pour objectif de connaître la structure et le fonctionnement du réseau, de collecter auprès des services compétents les éléments techniques concernant le réseau et de procéder par la suite au pré découpage du réseau en zones, secteurs puis steps.

- Opération sur le terrain

Vérification et Mise au point (Etablir le plan définitif de chaque zone et sa sectorisation en Secteurs et steps)

- **la mise en place des appareils de mesure :**

- Les appareils utilisés :

- Compteur mécanique : Il s'agit principalement de compteur de vitesse à hélice axiale.
- Débitmètre électromagnétique : Il s'agit d'un débitmètre équipé d'un capteur électronique intégré, qui génère un champ magnétique dans le fluide, perpendiculairement au sens d'écoulement. Cette gamme d'appareil peut être fixe ou mobile. (RETTAB ABDELILLAH, 2010),



Photo 11: Insertion du débitmètre.

- Débitmètre à ultrasons : Il s'agit d'un débitmètre équipé de deux capteurs ultrasoniques externes placés sur la conduite. Le principe de base étant que la vitesse de propagation d'un signal ultrasonique dans un liquide dépend de la vitesse d'écoulement de ce dernier. Cette gamme de compteur peut être fixe ou mobile.
- Enregistreur de données débit et pression :

Enregistreur 2 type :

« Data Logger » est un instrument électronique qui enregistre des données provenant de divers appareils de mesures. Il peut avoir 1 à 4 voies d'enregistrement. Certains d'entre eux peuvent avoir des capteurs de pression intégrés. Pour une campagne de mesure, un « Data Logger » possédant un capteur de pression intégré et deux voies pour l'enregistrement des débits est fortement recommandé. La lecture des données est faite par raccordement simple ou par infrarouge au PC ou PDA.



Photo 12: Data-Logger connecté a une PDA.



P.D.A.

Data-Logger.

Photo 13: l'extraction des données du Data-Logger.

Cello : enregistreur et transmetteur de données équipée d'un modem GSM avec 2 entré compteur calculant le débit de départ et de retour et une autre entré calculant la pression, son avantage se résume au fait qu'on peut l'installé dans les points à risque d'accident ou des zones d'embouteillage , il envoie directement les données à la BDLT (Base de Données de Long Terme) chaque jours à 7h du matin.

Lydec suit un nouveau plan qui permettra de remplace tous les Data-logger par des Cello ainsi l'enregistreur sera permanent et les équipes n'interviendront qu'au cas où il n'envoie plus des SMS.



Photo 14: Cello.



Photo15: Cello lors de sa programmation.

- l'acquisition des données et l'analyse.

Les données reçus sont sous la forme suivante.

Exemple de l'étage 85 :

Données du débit pour :

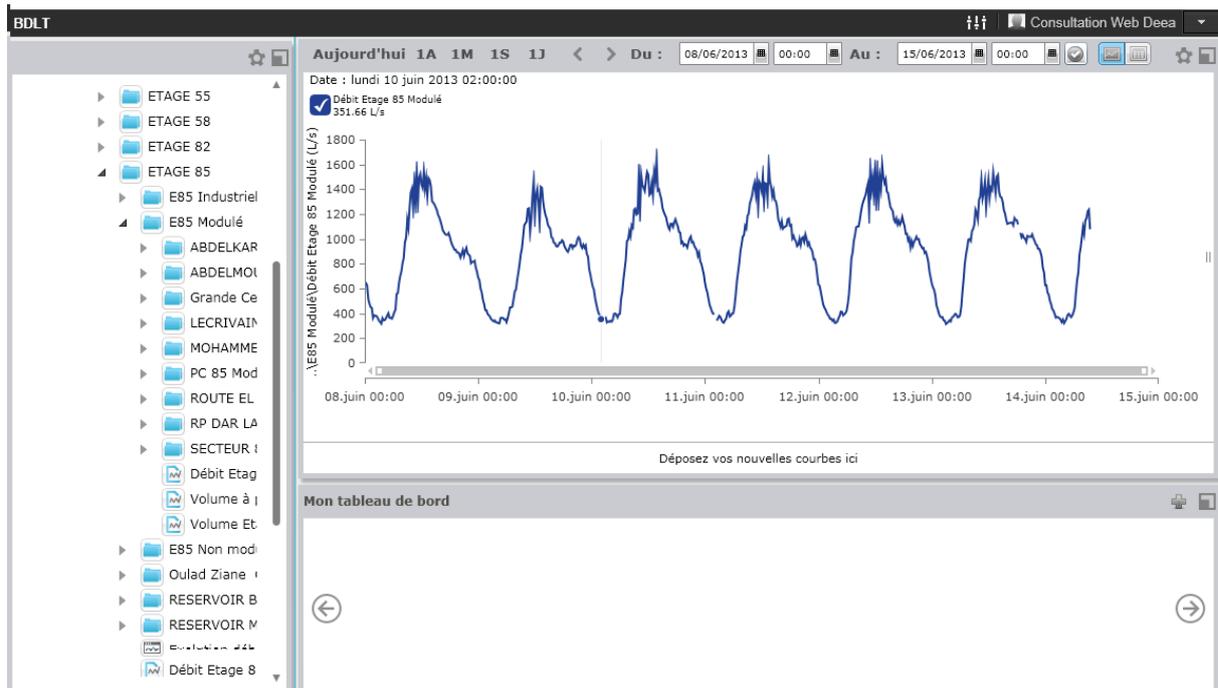


Figure 16: Exemple de données récupéré par la B.D.L.T pour l'étage 85.

Etage 85 non modulé :

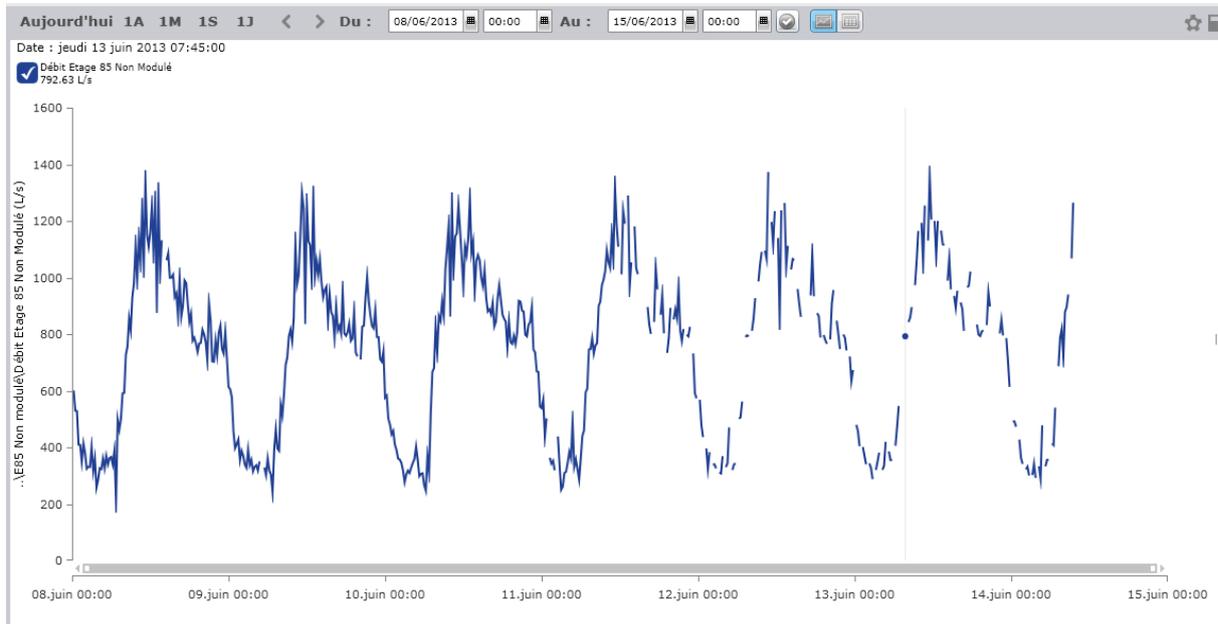


Figure 17: Exemple de données récupéré par la B.D.L.T pour l'étage 85 non modulé.

Etage 85 modulé :

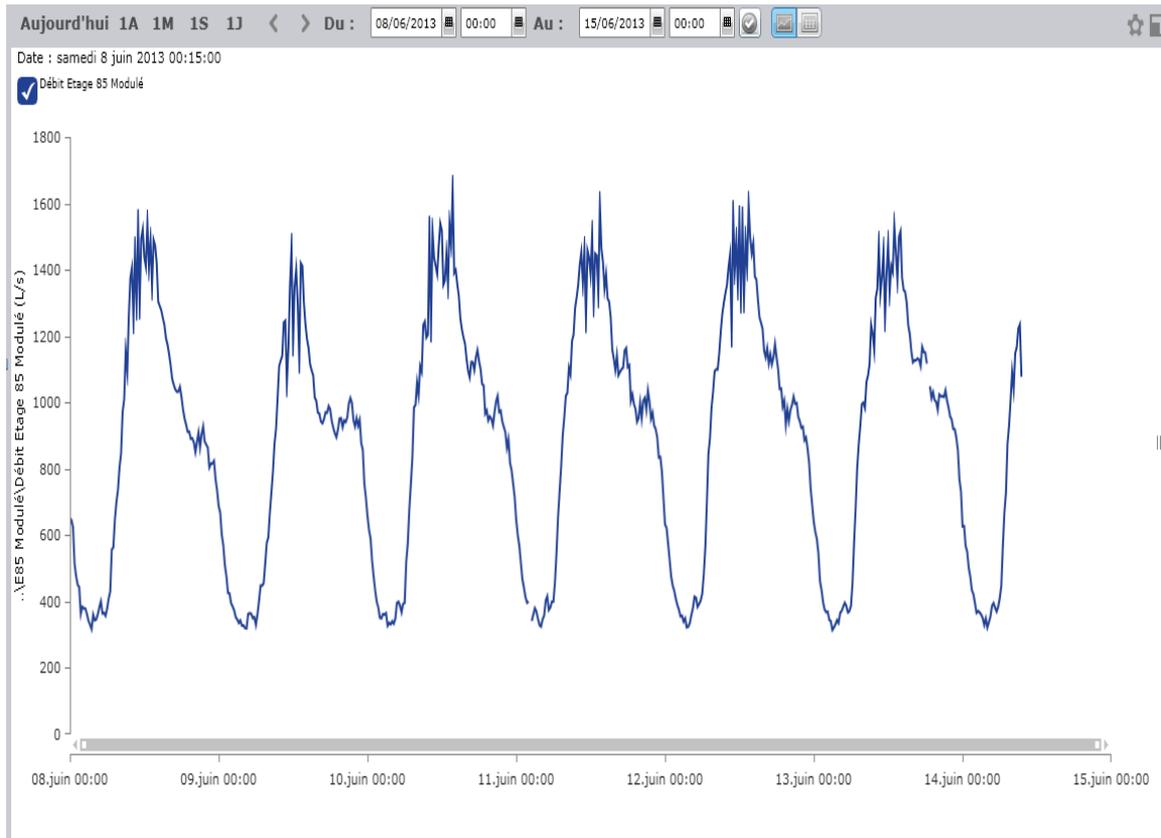


Figure 18:Exemple de données récupéré par la B.D.L.T pour l'étage 85 modulé.

III. RECHERCHE DES FUITES:

1. METHODE ACOUSTIQUE:

L'eau en s'échappant d'un orifice, génère un bruit détectable par :

- L'écoute directe sur la canalisation ou sur sol.
- Pré-localisation.
- Corrélation.

a) L'écoute directe :

C'est une technique d'auscultation simple, ne demandant qu'un appareillage réduit. Cependant, cette technique exige de la part de l'opérateur, une expérience confirmée et une oreille exercée. Elle a fait ses preuves dans les zones comprenant un nombre important de branchement.

Mode d'utilisation :

La méthode consiste à écouter le long de la conduite, directement au sol ou sur les accessoires de préférence la nuit, les bruits des vibrations émanant d'une fuite.

L'utilisation de cet équipement nécessite une bonne connaissance du réseau et une expérience auditive pour différencier les bruits de fuites et les bruits parasites (bruits ambiants, circulation, vent, etc.). L'intervention peut être effectuée par un seul opérateur :

- Connecter le micro de sol et le casque d'écoute à l'amplificateur.
- Faire une écoute pour mémoriser les bruits ambiants.
- Commencer la détection en effectuant des écoutes tous les 1 mètre, environ.
- Faire des écoutes de plus en plus rapprochées,
- Localiser le pic le plus élevé;
- Marquer un point de repère à la peinture.
- Ecouter autour de ce point, pour s'assurer que le bruit émane réellement d'une fuite et non d'un tirage.
- Marquer le point de fuite pour les équipes de réparations et remplir la fiche de fuite et de vanne.

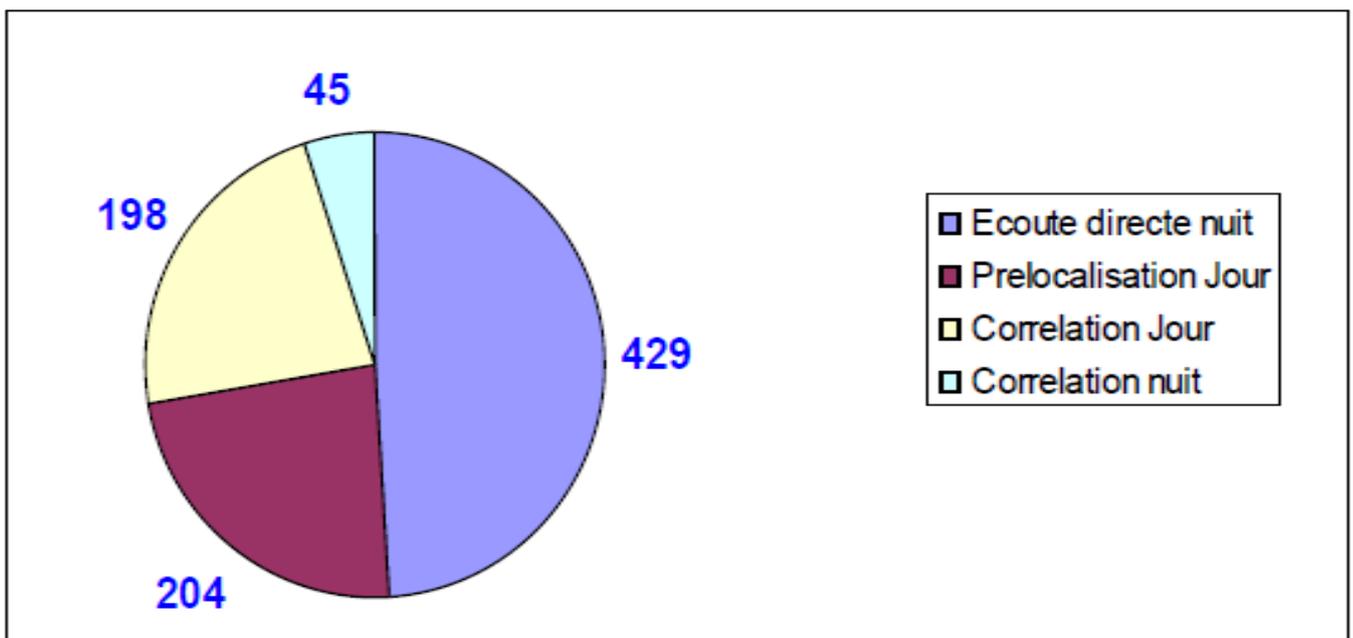


Figure 19: Répartition des méthodes utilisées dans la recherche des fuites (Manuel Métier Réseaux 2007).

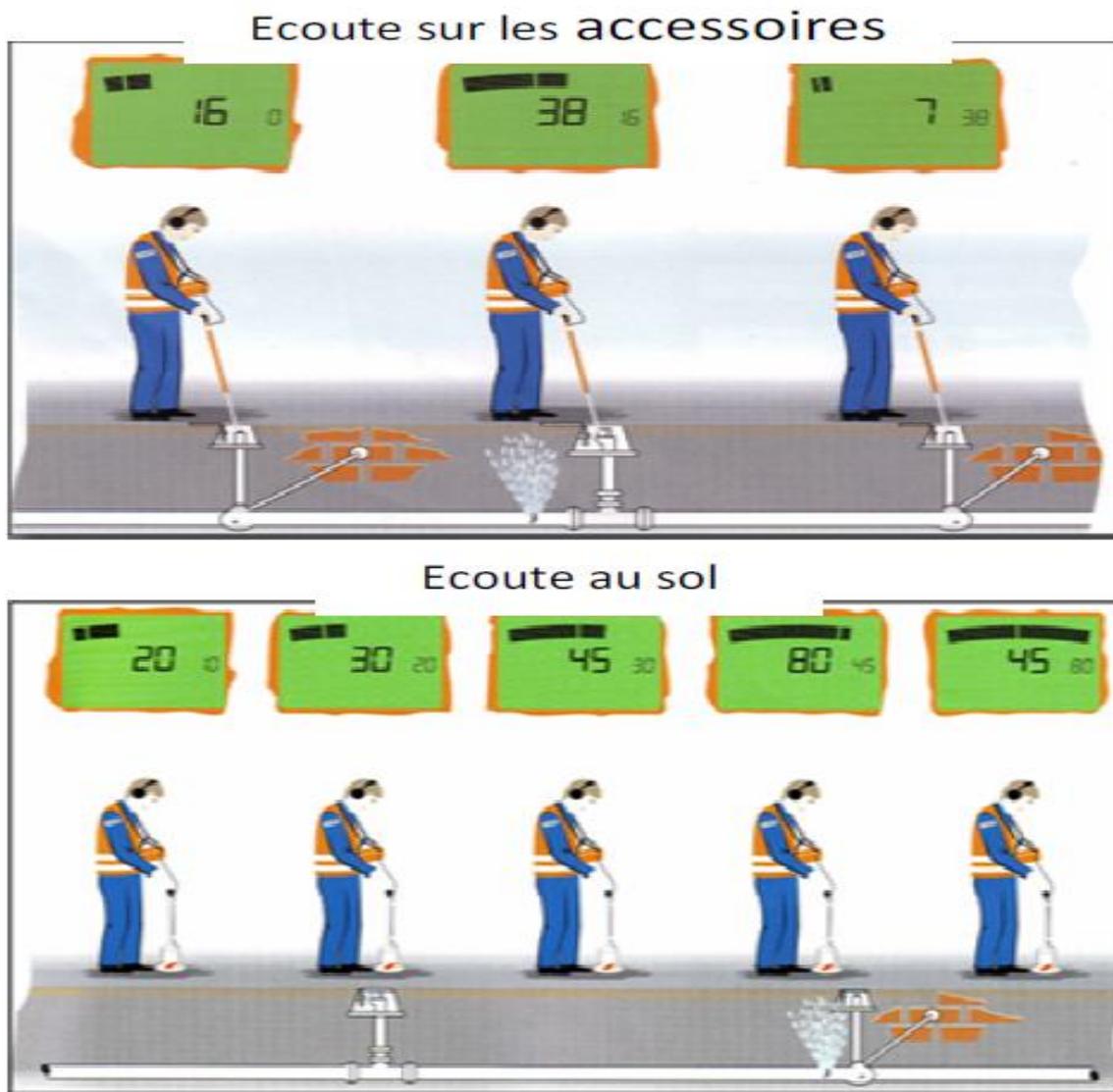


Figure 20: Figure illustrant la méthode d'écoute directe au sol (Manuel Métier Réseaux 2007).

b) Pré-localisation :

Cette opération s'effectue à l'aide d'enregistreur de bruit installé dans des zones dans on enregistre un haut DMN et débit de perte sur des points d'écoute de réseau (le plus souvent les têtes de vanne), analysant le bruit secteur par secteur pendant les heures de faible consommation (entre 2h et 4h du matin). La pose de ces capteurs est soit provisoire (pré-localisateur mobile), soit permanente (pré-localisation à poste fixe), généralement utilisée pour les zones à taux de fuites très élevé (le plus souvent 85 modulé et 85 non modulé). Cette solution complémentaire permet de réduire davantage le temps de localisation de la fuite aussi une faible mobilisation des équipes de recherches de fuites.

Cette méthode a permis d'identifier pendant les heures de faible consommation les tronçons potentiellement fuyards. Deux cas se présenter :

Absence de bruit permanent → Pas de fuites.

Présence de bruit → Présomption de fuites.

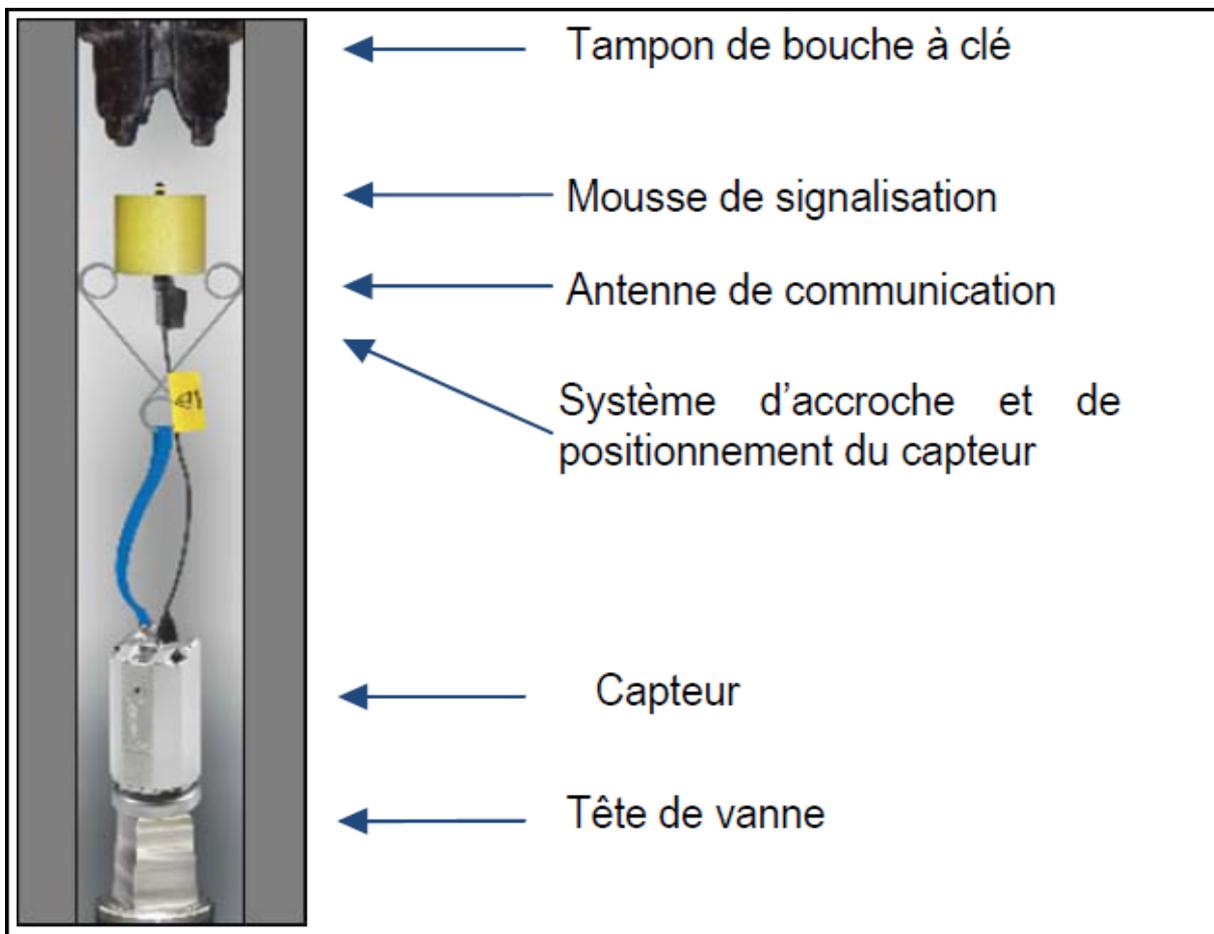


Figure 21: Les différentes composantes du pré-logue fixe.



Figure 22: Principe de la pré-localisation (GIRONDE S. version juin 2004).

Mode d'utilisation :

Cette méthode consiste à installer dans un secteur déterminé, plusieurs capteurs au contact de la conduite par l'intermédiaire de points d'accès (vannes, BCC, BI, etc.). Les données enregistrées sont récupérées pour les analyser soit directement sur le site grâce à des appareils portatifs c'est la pré-localisation mobile, ou transmise par GSM sur un ordinateur ou sur un cellulaire pour la pré-localisation fixe :

- Programmer les capteurs à l'aide du logiciel fourni
- Repérer le secteur sur le plan.
- Vérifier sur le terrain l'accessibilité des vannes.
- Reporter et numéroter sur le plan les vannes accessibles (la numérotation des vannes doit correspondre au trajet d'installation).
- Etablir un tableau mentionnant le numéro de la vanne avec le numéro de série du capteur correspondant en respectant les distances entre capteurs.
- Installer les capteurs en respectant l'ordre de la tournée.



Photo 23: pré-logue mobile.

c) Localisation :

La corrélation :

L'objectif de la corrélation est de déterminer, avec précision, la position exacte d'une fuite.

Le corrélateur utilise comme principe la ressemblance entre 2 signaux résultant du bruit de fuite, il détermine alors la différence des temps de propagation du bruit grâce à deux capteurs,

Placé aux 2 extrémités de la canalisation, ce qui permet de situer précisément l'emplacement de la fuite sur le tuyau enterré.

➤ Corrélateur acoustique :

Il s'agit d'un microprocesseur composé d'une unité centrale et de deux amplificateurs munis de capteurs de vibration (accéléromètres), placés sur deux points en contact avec la conduite (vannes, ...)

On mesure le signal acoustique émis par la vibration de la fuite. Les informations captées par les 2 capteurs de vibration sont transmises à l'unité centrale par radio.

Des paramètres tel que le diamètre de la canalisation, son matériau, la distance entre les deux capteurs, doivent être connus et entrés. L'emplacement de la fuite est calculé au moyen de la formule suivante :

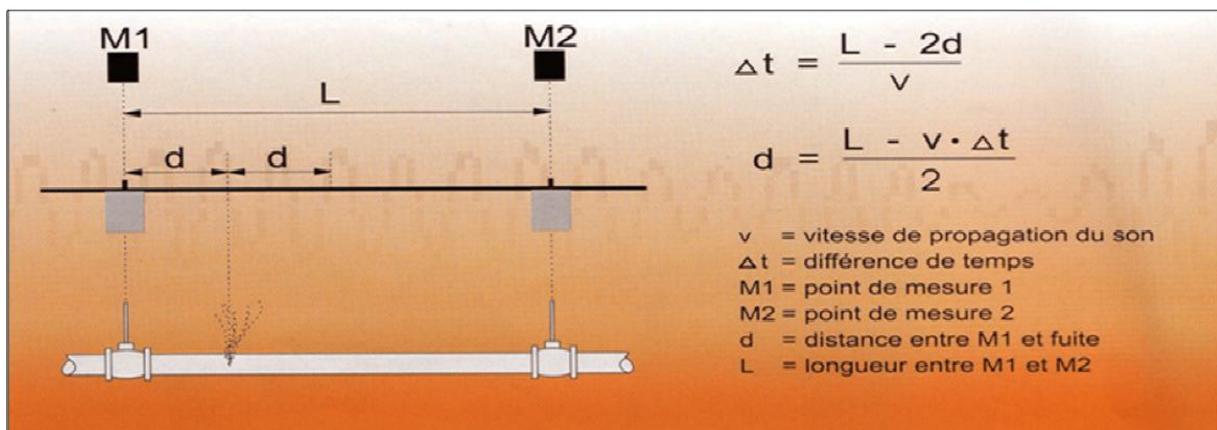


Figure 24: formule de calcul de la corrélation. (GIRONDE S. version juin 2004)

➤ Mode d'utilisation :

L'utilisation du corrélateur nécessite une bonne connaissance du réseau, des plans mis à jour mentionnant les différents diamètres et matériaux des conduites. L'intervention doit être effectuée par deux opérateurs minimum.

- Chercher deux points d'accès sur la conduite (vannes...).
- Mesurer à l'aide d'un odomètre la distance qui sépare les deux capteurs.
- Vérifier sur les plans le diamètre et le type de matériau de la conduite
- Entrer les données nécessaires à la corrélation (diamètre et type de matériau de la conduite, distance entre les deux capteurs).
- Lancer le calcul de la corrélation.

Lorsque le corrélateur détecte un bruit, qui se matérialise sur l'écran de l'unité centrale par un diagramme faisant apparaître un pic net ainsi que sa distance par rapport aux 2 capteurs, il reste à déterminer si on est en présence d'une fuite ou d'un tirage, l'appareil ne faisant pas la différence. Pour cela, il faut répéter le calcul de la corrélation à plusieurs reprises. Si la position du pic change, il s'agit d'un tirage.

- Lire sur l'écran la distance de la crête par rapport à un des deux capteurs
- Avec l'odomètre mesurer la distance donnée par rapport à un capteur le sol.
- Faire un point à la peinture.
- Parfois les paramètres rentrés peuvent être erronés, telles que distances entre capteurs, diamètres de conduites et matériaux, ceci entraîne des erreurs sur la position réelle de la fuite. Pour la confirmer, il faut utiliser le microphone de sol.
- Marquer le point de fuite pour les équipes de réparations et remplir la fiche de fuite.



Photo 25: Marquage du point de fuite.

Il peut arriver que le corrélateur une position de fuite près d'un capteur, celle-ci peut s'avérer en dehors du tronçon concerné. Pour s'assurer de sa position exacte, il faut :

- Changer la position d'un capteur pour élargir le tronçon,
- Procéder comme précédemment jusqu'à la localisation finale.



Photo 26: la technique de corrélation moderne.



Photo 27: des corrélateurs (transmetteur et l'émetteur)

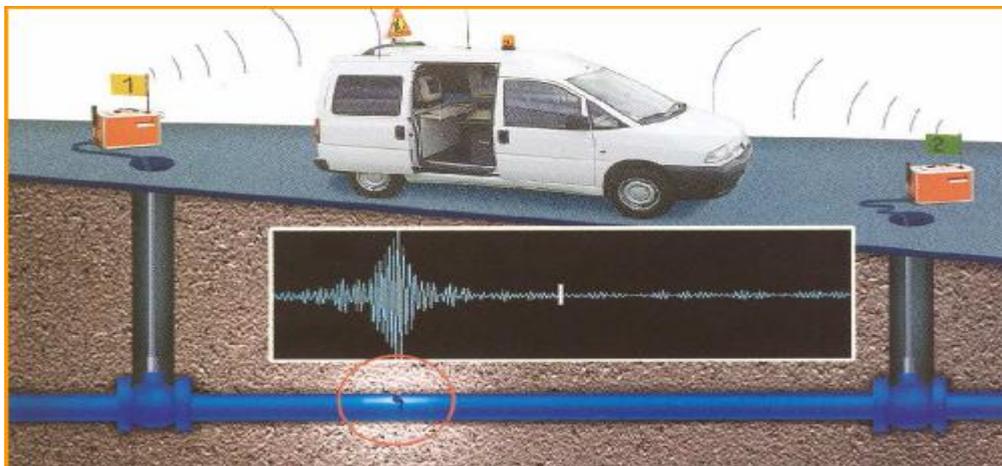


Figure 28: schéma décrivant l'ancien méthode de corrélation.

2. Cas particulier :

a) Gaz traceur :

Ce procédé permet de localiser les fuites sur un réseau d'eau sur lequel les méthodes acoustiques ne sont pas efficaces et plus particulièrement :

- les canalisations de gros diamètre ;
- les conduites PE, PVC ou amiante-ciment avec peu de points d'accès ;
- les réseaux à faible pression.

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, injecté dans la canalisation, est entraîné par la vitesse de l'eau et s'échappe par l'orifice de la fuite, il est ensuite détecté à la surface du sol à l'aide d'un appareillage approprié. La mise en œuvre délicate de ce procédé demande un opérateur expérimenté.



photo 29: Photo des boites du gaz traceur.

CHAPITRE 3: LE RENOUVELLEMENT DES RESEAUX URBAINS D'EAU POTABLE.

I. Présentation :

Le système de distribution a pour objectif la fourniture d'eau en quantité et qualité satisfaisantes, à des conditions spécifiques, sans nuisance pour le système et pour l'environnement. En outre, l'accomplissement de la mission doit garantir la non-nuisance aux biens et aux personnes. Les réseaux de distribution d'eau potable ayant une durée de vie limitée, leur vieillissement se traduit invariablement par une nette augmentation des défaillances, ce qui engendre d'importants surcoûts couplés au risque d'avoir à renouveler en urgence des canalisations dont l'état de dégradation est avancé.

À cet effet, plusieurs techniques ont été utilisées afin de mieux comprendre et de prévoir ce processus de dégradation. Nous nous intéresserons dans ce projet à l'analyse des mesures du débit minimum nocturne et des défaillances des conduites d'eau potable en nous appuyant sur des données historiques, et en utilisant le SIG POUR LES METTRE A JOUR qui permet la prise en compte d'un grand nombre de variables explicatives et de données. Nous mettrons ainsi en évidence une méthode technique et économique utilisable pour la prise de décision: l'analyse des défaillances et de leurs conséquences, envisagée sous des angles économiques (perte et gain du patrimoine), permettant ainsi de construire une approche d'optimisation du renouvellement des conduites et branchements en 2014.

II. Des définitions générales:

Tout d'abord, il est nécessaire de donner quelques définitions propres à ce rapport et faire quelques remarques sur la base de données du SIG.

Tuyau : Élément cylindrique permettant le transport de l'eau potable. Les matériaux les plus Utilisés de nos jours sont le PVC (polychlorure de vinyle), la fonte et le PEHD (Polyéthylène haute densité).

1. Type de canalisation :

Tuyau : Élément cylindrique permettant le transport de l'eau potable. Les matériaux les plus Utilisés de nos jours sont le PVC (polychlorure de vinyle), la fonte et le PEHD (Polyéthylène haute densité).

Canalisation : Ensemble formé par l'assemblage de plusieurs tuyaux. La canalisation a une réalité physique et peut être constituée de plusieurs tuyaux en série de matériaux différents.

Tronçon : Partie du réseau digitalisée sous forme d'une ligne continue. Tous les tuyaux Constituant le tronçon ont les mêmes caractéristiques (date de pose, matériau, diamètre ...).

FEDEER : conduite dont le diamètre dépasse 400 mm

2. MATÉRIAUX DES CONDUITES D'EAU POTABLE

Les matériaux pour les conduites d'eau potable peuvent être classés en trois grandes

Familles :

- Métalliques.
- A base de ciment.
- Organiques.

a) Matériaux métalliques :

- La fonte :

Les conduites en fonte peuvent être distinguées en deux catégories :

- Fonte grise : où le graphite se présente sous forme de lamelles ;
- Fonte ductile : où les particules de graphite apparaissent comme de petites sphères obtenues par adjonction d'une petite quantité de magnésium dans la fonte désulfurée et qui éliminent tout risque de propagation des ruptures.

C'est donc par un apport technologique peu complexe que l'on passe d'une fonte grise à une fonte ductile.

Les conduites en fonte grise sont reconnues pour leur :

- Bonne résistance à la compression.
- Résistance à la fatigue et à l'abrasion.

Quant à la fonte ductile, elle possède les qualités suivantes :

- Une bonne résistance à la traction grâce à la forme sphérique du graphite.
- Un bon comportement vis-à-vis des pressions internes, mais aussi par rapport aux impacts et chocs répétitifs engendrés par l'eau.
- Une bonne résistance à la corrosion par rapport à la fonte grise.
- Une durée de vie plus longue.

Comme la fonte ductile conserve toutes les qualités de la fonte grise et y ajoute une résistance à la traction et aux chocs, on comprend que la fabrication de la fonte grise pour les canalisations a disparu au profit de la fonte ductile. Toutefois les conduites en fonte ductile sont sujettes à la corrosion, ainsi leur utilisation préconise un revêtement extérieur en cas de corrosivité élevée du sol et un revêtement intérieur en mortier de ciment en cas d'agressivité de l'eau.

Les conduites en fonte ductile peuvent être envisagées à partir du diamètre DN60mm jusqu'au diamètre 2000mm. Elles supportent de grandes pressions (PMA) allant de 64 bars pour le diamètre 60mm jusqu'à 25 bars pour le diamètre 1800mm.

- L'acier :

Les conduites en acier utilisées dans le réseau d'eau potable diffèrent par la technique d'assemblage utilisée. Ainsi on distingue les tubes assemblés par joints et les tubes soudés.

Les conduites en acier ont l'avantage de :

- Absorber des efforts très importants sous faible épaisseur ;
- Faire face aux pressions de service les plus élevées que l'on puisse rencontrer dans un réseau d'eau potable ;
- Présenter une bonne étanchéité.

Toutefois, elles présentent certains défauts :

- Une très grande sensibilité à la corrosion externe et interne, nécessitant ainsi un Revêtement extérieur et intérieur de la conduite.
- Une sensibilité par rapport à la pose de la conduite, susceptible d'avoir des

conséquences néfastes sur la longévité de l'ouvrage.

Le revêtement des conduites en acier concerne l'ensemble de la structure (Conduite + raccords). C'est pourquoi le choix de l'acier est limité au niveau du réseau de distribution d'eau potable, car il nécessite d'énormes précautions au niveau de chaque branchement. Aussi ces exigences sur l'acier entraîne-t-elle un coût de construction élevé par rapport aux autres matériaux comme la fonte ductile.

Les conduites en acier s'étalent sur un diamètre allant de 150mm à 800mm. Elles résistent à des pressions maximales admissibles (PMA) allant de 15bars pour le DN 800 à 30 bars Pour le DN 150.

- **Le plomb :**

Pendant longtemps, les conduites en plomb ont été utilisées pour les branchements d'eau et pour les installations intérieures.

Actuellement, il faut reconnaître que le plomb subit une désaffection, et ce pour plusieurs raisons :

- Poids élevé des conduites en plomb.
- Mauvaise résistance aux actions mécaniques extérieures.
- Apparition de matériaux plus légers (matériaux plastiques).

Cependant, la raison la plus exigeante est l'action nocive des sels de plomb sur la santé humaine. En effet, sur le long terme, un risque toxicologique dû à l'absorption d'eau contenant des concentrations excessives en plomb est à craindre ; ces émissions sont d'autant plus importantes que le pH de l'eau est faible. Par conséquent, l'utilisation du plomb dans les installations nouvelles est interdite dans de nombreux pays parmi lesquels figure le Maroc.

b) Matériaux à base de ciment :

- **Amiante ciment :**

Les conduites en amiante-ciment présentent plusieurs qualités, on présente ci-dessous les principales :

- Une très bonne résistance à la traction, et donc une bonne résistance aux moments d'ovalisation résultant des charges extérieures.
- Une imperméabilité due à l'adhérence de l'amiante et du ciment.
- Une légèreté avantageuse au point de vue du transport et de la manutention.
- Une résistance élevée à la corrosion.
- Une résistance aux produits chimiques courants, aux bactéries et aux agents atmosphériques.

Les principaux points faibles d'une conduite en amiante ciment résident dans :

- Sa sensibilité aux chocs.
- L'exposition risquée des travailleurs à l'amiante, lors de travaux d'entretien sur ces canalisations.

En effet, l'ingestion dans l'appareil pulmonaire de poussière d'amiante constituée de fibres très fines peut conduire à des irritations graves pouvant provoquer des maladies graves et même mortelles.

Ainsi, certains pays ont jugé qu'il était prudent de ne pas poursuivre son utilisation dans ce domaine, parmi lesquels figure le Maroc, qui a pris la décision de ne plus utiliser les conduites en amiante ciment dans son réseau de distribution.

- **Béton :**

Les conduites en béton sont utilisées sous trois formes. En effet, on distingue les conduites en béton armé, à âme en tôle ou en béton précontraint.

Les différents types de conduites en béton, mentionnés ci-dessus, présentent des avantages l'une par rapport à l'autre :

- Du fait de l'épaisseur relativement forte des conduites en béton armé, ces dernières Résistent bien aux efforts d'ovalisation.
- Du fait de l'assemblage bout à bout par soudure des âmes en tôle, l'étanchéité des Conduites à âme en tôle est absolue.
- En ce qui concerne les conduites en béton précontraint, elles présentent une réponse à l'inconvénient majeur du béton à savoir sa mauvaise résistance à la traction alors même que sa résistance à la compression est excellente. Ainsi, les contraintes de traction étant annulées, les conduites en béton précontraint permettent d'éviter la fissuration et diminuer le risque d'éclatement de la conduite.

Du fait de la grande porosité de ces matériaux, l'eau retenue dans les pores dissout les bases et la chaux, contenues dans le matériau. De plus, au contact d'eaux très agressives, ces matériaux se dégradent et le sable de surface se détache des parois.

Les conduites en béton précontraint existent pour une gamme de diamètre allant de 250 à 2000 mm et peuvent supporter des pressions atteignant les 40 bars pour des diamètres de 400-500 mm et de l'ordre de 30 bars au-delà de 1000 mm

c) Matériaux organiques :

Les conduites en matière plastique sont les dernières venues sur le marché des matériaux pour conduites d'eau potable. On retrouve dans cette catégorie : le Polychlorure de Vinyle(PVC), le Polyéthylène (PE) et le Polyester Renforcé de Verre(PRv).

- **PVC :**

Les conduites en PVC sont qualifiées par leur :

- Résistance à l'abrasion.
- Résistance à la corrosion.
- Légèreté et facilité de mise en œuvre (manipulation et raccord);
- Flexibilité.
- Grande qualité alimentaire.
- Insensibilité aux courants vagabonds.
- Résistance aux agressions d'ordre chimique.

Toutefois, les conduites en PVC présentent certains points faibles caractérisés par:

- Une sensibilité aux variations de température ;
- Une sensibilité à la lumière (noircit et devient cassant) ;
- Un risque de relargage de certaines substances chimiques en cas de température élevée.
- Une fragilité aux dépressions (coups de bélier) ;
- Une ovalisation des conduites sous l'effet des charges.

Les conduites en PVC concernent une gamme de diamètre (extérieure) allant de 20 mm à 800 mm, Vis-à-vis des pressions, les gammes présentes sur le marché atteignent une pression nominale de 16bars.

- **PE :**

Les conduites en PE existent en deux catégories :

- Haute densité (PEHD) : employées dans les canalisations.
- Basse densité (PEBD) : employées pour les branchements.

Les avantages offerts par les conduites en polyéthylène sont incontestables. En effet, les Conduites en polyéthylène sont :

- Robustes.
- Résistantes aux fluides agressifs et à la corrosion.
- Absorbant des coups de pression, des vibrations et mouvements du sol.
- Légères et très flexibles (pose économique).
- Résistantes aux ultraviolets.

Il faut aussi reconnaître aux conduites en PE la possibilité de soudage pour former un système anti fuite.

Toutefois, la résistance à la compression du PE est beaucoup plus faible que celle du PVC, ainsi il se déforme beaucoup plus facilement sous l'action d'une contrainte extérieure.

De plus, les conduites en PE sont très sensibles au changement de température et de pression et sont par la suite sujet au fluage et à la fissuration.

Le risque de perméation est aussi présent pour les conduites en PE, ce qui limite leur utilisation dans les sols contaminés.

Concernant la gamme de diamètres utilisés pour les conduites en PEHD, elle varie de 20mm à 1000 mm, avec des pressions nominales pouvant atteindre les 16 bars.

- **PRV :**

Le PRV est un matériau plastique composite très utilisé pour de nombreuses pièces très exposées mécaniquement et/ou thermiquement.

Ces conduites présentent plusieurs avantages :

- Une grande résistance à toute forme de corrosion intérieure et extérieure (courant vagabond, terrains agressifs) et une grande résistance chimique (pH de 1 à 10), ainsi, il n'y a pas besoin de doublures, de revêtements, de protection cathodique ou d'autres formes de protections contre la corrosion.
- Une grande résistance mécanique (comportement très proche de la Fonte) ;
- Une grande résistance aux pressions internes (testées à deux fois la pression nominale).
- Une grande stabilité de forme et une bonne résistance à la flexion ;
- De faibles coûts de maintenance. Essentiellement grâce aux caractéristiques hydrauliques constantes dans le temps ;
- Une installation facile et économique, y compris la manipulation, (faible poids, coûts de transport réduits) ;

- Une grande résistance aux UV.

Les conduites en PRV sont produites dans des diamètres nominaux allant de DN 300mm à DN 3000mm. D'autre part, elles sont disponibles dans des classes de pression allant de PN1 à PN32.

(HORRA M. R 2008 – 2009)

Cependant, ce matériau a vu le jour récemment dans le domaine de la distribution d'eau potable. Son retour d'expérience reste limité

d) Synthèse :

On propose de récapituler dans le tableau ci-après, les avantages, inconvénients et la gamme de diamètre et pression des matériaux présentés précédemment, en omettant les cas de l'amiante ciment et le plomb pour les raisons expliquées précédemment.

Remarque :

Les matériaux présents sur le périmètre de l'étage étudié (85 modulé et non modulé) sont les suivants :

Tableau 3: des matériaux (HORRA M. R 2008 – 2009).

Matériau	Avantages	Inconvénients	Gamme de pression et diamètre
Fonte grise	-Bonne résistance à la compression et à l'abrasion	-Sensibilité aux chocs et à la traction	-Diamètre : DN60 à DN1000
Fonte ductile	- Bonne résistance à la compression/traction	- Résistance aux grandes Pressions -Bonne résistance aux chocs -Risque de corrosion en cas d'agressivité du sol et de l'eau →protection interne et externe	-Diamètre : DN60 à DN2000 -Pression : PMA entre 25bars et 40 bars
Acier	- Bonne étanchéité, -Capacité d'absorber des efforts importants sous faible épaisseur	- Exige une protection intérieure et extérieure contre la corrosion	-Diamètre : DN 150 à DN800 -Pression : PMA Jusqu'à 30 bars
Béton	Précontraint Bonne résistance mécanique	-Risque de relargage de produits	-Diamètre : DN 250 à 2000 mm -Pression : PMA jusqu'à 40 bars
PVC	- Inertie vis-à-vis de la corrosion, - Légèreté	- Sensibilité à la température - Relargage de certaines substances -Perméation (hydrocarbures)	-Diamètre : DE20 à DE800 - Pression : jusqu'à PN16
PE	- Résistance à la corrosion, - Flexibilité, - Légèreté	- Sensibilité à la température -Nécessite un savoir-faire spécifique pour la réalisation des raccords (avec soudage) - Risque de perméation. (hydrocarbures)	-Diamètre : DE de 20 mm à 1000 mm - Pression : jusqu'à PN16
PRV	-Inertie vis-à-vis de la corrosion -Légèreté -Grande résistance mécanique	Pas de retour d'expérience	-Diamètre : DN300 à DN3000 mm - Pression : jusqu'à PN32

DÉGRADATIONS DES CONDUITES D'EAU POTABLE :

a) Facteurs participant à la dégradation des conduites d'eau :

Les facteurs de désordre internes ou externes participant à la dégradation des canalisations peuvent être classés en trois catégories :

- Facteurs liés à l'eau distribuée.
- Facteurs liés à la conduite.
- Facteurs liés à l'environnement de la conduite.

Facteurs liés à l'eau :

Les facteurs liés à l'eau concernent :

- La qualité de l'eau : En effet, l'eau peut avoir une influence sur les parois de la conduite selon que l'eau soit corrosive, incrustante, turbide ou douce.
- Température : une brusque diminution de la température peut entraîner une contraction de la canalisation, d'où une fragilisation des tuyaux.
- Vitesse d'écoulement : Une grande vitesse de l'eau dans les canalisations favorise la corrosion et génère des contraintes mécaniques excessives. A l'inverse, une faible vitesse induit une augmentation relative des temps de séjour de l'eau dans les conduites, favorisant la sédimentation et l'amorce de nouvelles formes de corrosion.
- Pression : les grandes pressions peuvent engendrer des fissurations, voire des éclatements de la conduite. Le phénomène du coup de bélier peut conduire aussi à la rupture de la conduite.

Facteurs liés à la conduite :

La conduite peut elle-même contribuer à sa dégradation. On cite ci-après l'influence de chaque facteur lié à la conduite :

- Le diamètre : les petits diamètres sont les plus sensibles aux efforts de traction.
- Le matériau : chaque matériau de conduite d'eau potable présente un comportement spécifique qui réagit différemment aux conditions d'exploitation de la conduite.
- Conditions de pose : le choix du matériau utilisé pour le remblai, et le soin apporté lors de la pose ont une incidence primordiale sur le vieillissement des canalisations. Entartage : Le terme d'entartrage désigne l'action des sels minéraux de l'eau qui, sous l'effet de la température, se précipitent sous la forme de dépôts plus ou moins durs et adhérents aux parois. L'origine de ce phénomène réside dans le transport d'une eau incrustante.

Par conséquent, la formation de ces dépôts calcaires a des répercussions internes sur la qualité de l'eau en favorisant le développement des bactéries comme les légionnelles et sur son écoulement par réduction de la section utile de la conduite.

Facteurs liés à l'environnement de la conduite :

Les facteurs liés à l'environnement de la canalisation peuvent être partagés comme suit :

- L'agressivité du sol : elle peut engendrer une corrosion externe au niveau de la paroi de la conduite pouvant aller jusqu'à la perforation et même la rupture mécanique.
- Le trafic : on considère sous l'appellation trafic, le poids des véhicules et leur fréquence de passage qui génèrent des problèmes de fatigue et de surcharge.
- Les charges des terrains : qui correspondent aux poids des terres au-dessus de la conduite. Ces charges induisent des mouvements de terrains (effondrements, glissements, tassements...) qui provoquent un déboîtement de la conduite.
- Les travaux avoisinants : une ouverture de tranchée contenant déjà une conduite d'eau potable peut, soit la casser directement, soit déstabiliser le lit de pose et provoquer des glissements ou ruptures. Une conduite peut aussi être fragilisée à cause d'engins utilisés lors des chantiers.

b) Synthèse :

Le tableau suivant résume les principaux facteurs susceptibles d'avoir une incidence sur l'apparition de dégradations :

Tableau 4:FACTEURS INFLUENCANT LA DÉGRADATION :

Facteurs liés à l'eau distribuée	Facteurs liés à la conduite	Facteurs liés à l'environnement de la conduite
-Nature de l'eau -Température de l'eau -Vitesse véhiculée -Pression véhiculée	- Matériau -Diamètre -Conditions de pose -Entartage	-Agressivité du sol -Trafic -Charges des terrains -Travaux avoisinants

3. ACTONS DE MAINTENANCE DES CONDUITES :

Une fois le tronçon à risque identifié, le choix entre des travaux de réparation, réhabilitation ou de renouvellement se pose.

Ci-après seront présentées les principales techniques qui peuvent être exécutées dans un réseau de distribution d'eau potable.

a) Techniques de réparation :

Les accidents techniques les plus fréquents à réparer sont la rupture des conduites et les fuites sur joints, pièces de raccordement. Les modalités d'exécution des réparations sont définies selon la nature et l'importance de l'accident. Les techniques les plus utilisées sont les manchons de réparation, les coquilles et l'électro fusion (pour les matériaux plastiques).

b) Techniques de réhabilitation :

Par définition, la réhabilitation consiste en une remise en état d'une conduite dégradée en vue de restituer les propriétés initiales ou bien d'en améliorer certaines.

Les techniques de réhabilitation existantes sont nombreuses. Pour la plupart, elles sont spécifiques à un problème donné et à l'objectif visé : restructuration, consolidation, rétablissement de bonnes conditions hydrauliques d'écoulement, étanchement, ...

On peut classer ces techniques selon trois grandes familles :

Techniques de nettoyage :

Les méthodes de nettoyage non agressif s'intéressent aux problèmes de la qualité de l'eau. Elles sont utilisées pour éliminer les dépôts qui causent la coloration de l'eau. Diverses méthodes s'inscrivent dans cette catégorie, on cite les plus importantes et les plus utilisées à savoir :

- Les purges ;
- Nettoyage par les chasses d'eau ;
- Nettoyage par introduction d'un mélange air-eau ;
- Nettoyage par éléments abrasifs ;
- Nettoyage par jets d'eau sous pression.

Techniques non structurantes de revêtements :

Parmi les méthodes qui s'inscrivent dans cette catégorie on retrouve les différentes techniques de revêtement et le chemisage. Elles sont utilisées d'une part pour améliorer la qualité de l'eau en réduisant la corrosion des conduites, et d'autre part pour améliorer la capacité hydraulique des conduites qui sont rugueuses.

Techniques de remplacement :

Les techniques de remplacement peuvent être classées de la manière suivante :

- Pose en tranchée ouverte ;
- Pose sans tranchée :

Méthodes structurantes de revêtement : tubage avec et sans espace annulaire:

- Techniques destructives : remplacement après éclatement, remplacement après extraction.
- Forage et fonçage.

Pour les petites collectivités, la méthode traditionnelle de pose par tranchée ouverte reste la solution la plus adaptée, d'un point de vue technique et économique. Toutefois, les procédés sans tranchée peuvent s'avérer utiles lors de chantiers particuliers (traversée de voies-ferrées, routes et Autoroute, centre-ville...).

Une présentation des différentes techniques de remplacement est présentée en annexe 1.3.

c) Synthèse :

Dans le but d'aider chaque gestionnaire d'eau dans la prise de décision du choix du procédé, on propose de synthétiser l'ensemble des techniques de réparation, réhabilitation et remplacement des canalisations dans le tableau ci-après :

Tableau 5: Synthèse des techniques utilisées.

	Réparation	Réhabilitation	Remplacement
TEHNIQUES	-Manchon de réparation -Coquille de réparation -Electro fusion(PEHD)	-Nettoyage non agressif ; -Nettoyage agressif ; -Revêtements et chemisage.	-Pose en tranchée ouverte -Pose sans tranchée (tubage, techniques destructives, forage, fonçage...).
POINTS FORT	-Remédier au problème de fuites sur conduites, joint, emboîtement.	-Améliorer la qualité de l'eau ; -Améliorer la capacité de la conduite ; -Coût économique	-Indépendance vis-à-vis des obstacles urbains (sans tranchée) ; -Rétablissement totale du fonctionnement de la conduite.
POINTS FAIBLE	-Réparation locale ; -Non recommandée pour de multiples interventions sur le même tronçon.	-Méthodes non structurantes -Nécessite une bonne tenue mécanique de la conduite.	-Coût élevé ; -Gênes engendrées par le chantier (tranchée ouverte).

III. La décision de renouvellement :

Le vieillissement d'une canalisation d'eau potable et sa dégradation progressive se manifestent au fil du temps par une diminution des performances hydrauliques du réseau, mais également par des ruptures, les pertes et les casses qui augmentent et qui entraînent différents types de dommages influençant aussi la qualité de l'eau dans la présente étude, nous abordons le vieillissement des conduites.

Le mauvais fonctionnement hydraulique du réseau, se traduit par :

- Une augmentation du DMN accompagné par une augmentation des pertes
- une chute de pression, lorsque la section utile de la canalisation diminue à cause de l'entartrage ou de protubérances dues à la corrosion, (augmentation du niveau d'obstruction) – des fuites diffuses, diminuant le rendement du réseau,

Ces différentes détériorations engendrent des pertes d'eau (et par conséquent une augmentation de la production), un accroissement des dépenses d'énergie lié à l'augmentation des temps de pompage, et des interventions directes sur le réseau. Divers dommages sont également engendrés, telle la mauvaise qualité de l'eau, les fuites diffuses qui déstabilisent la conduite en érodant le lit de pose, les ruptures qui provoquent des inondations, des coupures du trafic sur les chaussées, des coupures d'eau, des dommages chez les particuliers et des plaintes des abonnés. Une décision de renouvellement doit donc combiner à la fois une analyse technique des défaillances et une analyse économique rationnelle des choix possibles.

Les politiques de renouvellement varient selon la hiérarchie donnée à des critères spéciaux. Et suit un plan basé sur ces derniers. Les principaux paramètres à enquêter pour cibler les conduites et branchements à renouveler sont les suivants :

- le DMN : débit minimum de nuit augmente d'une façon remarquable dans le cas de la présence de fuites diffuse (pas de grands consommateurs)
- les pertes : quand les pertes dépassent 1.7l/km dans le milieu urbain cette conduite nécessite une réparation ou un renouvellement
- l'âge de la canalisation : les canalisations sont renouvelées quand elles dépassent un certain âge (50ans). Cet âge « seuil » est fonction de plusieurs paramètres tels que les matériaux, la nature du terrain,
- la nature de la canalisation : les conduites en fonte grise sont les plus anciens il présente un risque de dégradation de la qualité de l'eau aussi de rupture et de casse.
- les fuites : les zones fuyardes et les conduites contenant beaucoup de fuites nécessitent un renouvellement
- la fréquence des fuites ou des ruptures : la fréquence des fuites ou des ruptures observées sur chaque canalisation peut être retenue comme règle discriminante. Cette fréquence s'exprime le plus souvent en nombre de fuite par an on parle de taux de réapparition de fuite et par unité de longueur et dans ce cas on parle de LIP : indice linéaire de perte;
- la durée de vie économique : elle intègre différents éléments tels que le coût annuel de réparation, le coût du renouvellement, la capacité du système et son adéquation aux besoins, la qualité de l'eau distribuée, les risques pour la sécurité des biens et des personnes, la réaction des usagers face

IV. STRATEGIE A SUIVRE POUR LE RENOUELEMENT DU PATRIMOINE CASABLANCA 2014 :

LYDEC a placé l'amélioration du rendement du réseau d'eau potable parmi ses priorités. Une série d'actions se traduisent par plusieurs opérations incluant le renouvellement des conduites et les branchements d'eau potable.

1. PRESENTATION DU RESAU DE CASABLANCA :

Afin de donner une vue sommaire du réseau d'eau potable de Casablanca, on propose de mettre le point sur :

- L'inventaire du patrimoine réseau : linéaire, diamètres, matériaux...
- Les caractéristiques de l'environnement du réseau : ressources en eau, pressions, qualité de l'eau...

2. INVENTAIRE DU PATRIMOINE RÉSEAU D'EAU POTABLE DE CASABLANCA :

a) Linéaire réseau eau potable :

Le patrimoine réseau représente un linéaire total de 4816 km en eau potable. Ce dernier est décomposé en réseau d'infrastructure (primaire) et réseau non-structurant (desserte) qui se distingue par le diamètre des conduites et les matériaux qui les composent. Aussi, ils sont confiés en exploitation à deux directions distinctes, respectivement la direction d'Exploitation Eau et Assainissement et la direction des Opérations.

Le réseau d'infrastructure correspond aux canalisations dont le diamètre est ≥ 400 mm alors que le réseau secondaire comprend les canalisations dont le diamètre est < 400 mm

Type de réseau Diamètre (mm) Linéaire (km) %linéaire total.

Tableau 6: LONGUEUR DES RÉSEAUX D'EAU POTABLE DE CASABLANCA (SIG LYDEC 2009)

Réseau d'infrastructure ≥ 400	227	5%
Réseau de desserte < 400	3963	95%
Total	4190	100%

b) Matériaux :

Une description des réseaux d'eau potable en fonction des matériaux est présentée dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 7: RÉPARTITION DU RÉSEAU D'INFRASTRUCTURE PAR MATÉRIAU (DEEA LYDEC/2009).

Matériau (m)	Linéaire	% du Linéaire d'infrastructure
Béton Précontraint	181 428	80%
Béton Armé	14 950	7%
Fonte	14 498	6%
Amiante Ciment	11 500	5%
Inconnu	4 600	2%
Total	226 976	100%

Tableau 8: RÉPARTITION DU RÉSEAU DE DESSERTE PAR MATÉRIAU (SIG LYDEC 2009).

Matériau Linéaire (m)	% du Linéaire De desserte
Amiante Ciment	987 535 25%
Fonte	1 459 375 37%
PVC	683 235 17%
Polyéthylène	24 462 < 1%
Inconnu	807 617 20%
Total	3 962 223 100%

On observe que :

- Pour les réseaux d'infrastructure : Il est presque exclusivement en béton précontraint ;
- Pour les réseaux de desserte :
- 37% du réseau est constituée de conduites en fonte grise et ductile ;
- Le reste du réseau est composé essentiellement d'amiante ciment et de

PVC.

Il apparaît que le réseau d'infrastructure est constitué principalement des conduites de diamètre 600 mm

c) Historique de pose :

Les données historiques de pose sont issues des enregistrements du SIG. On remarque d'après le tableau ci-dessous que certaines périodes étaient plus propices à l'utilisation de certains matériaux :

Tableau 9:PÉRIODE D'UTILISATION DES MATÉRIAUX DANS LE RÉSEAU De Casablanca (SIG LYDEC/ 2009).

Période d'installation	Matériaux posés majoritairement Autres matériaux posé
< 1961	Fonte Grise Béton
1961 – 1969	Fonte Grise Béton, Fonte Ductile
1970 – 1991	Fonte Ductile Amiante Ciment
1992 – 1998	Amiante Ciment Fonte Ductile
1999 – aujourd'hui	PVC Fonte Ductile

Concernant le réseau primaire, le béton précontraint est le matériau le plus utilisé sur toutes les périodes d'installation.

Chapitre 4 : Application sur l'étage 85 (renouvellement du patrimoine projet pour 2014):

Dans le cadre de l'intervention « Task Force » de réduction des pertes sur le réseau d'eau potable, Lydec a confié à PM General Water Savings la réalisation des missions suivantes sur l'Etage 85:

- La division des réseaux des Etages 85 Régulé et non Régulé en secteurs étanches, à créer périodiquement pour mesurer leur débit de nuit à l'aide de débitmètres portables ; cette division comprend le dessin des secteurs, puis sa validation sur le terrain avec vérification d'étanchéité par arrêt d'eau ; elle comprend aussi le dessin de la division en « steps » de ces secteurs
- La mesure du débit de nuit sur les secteurs de l'Etage 85 non Régulé à l'issue de leur création
- La mesure périodique du débit de nuit sur les secteurs créés dans l'Etage 85 Régulé, validation sur le terrain, pour les secteurs fuyards de cet Etage, du tracé et de l'étanchéité des « steps » dessinés, réalisation des step-tests sur ces secteurs et de la détection de fuites sur leurs « steps » fuyards
- La maintenance des résultats de réduction des pertes obtenus dans l'Etage 85 Industriel, et, à mesure de la présente campagne, dans l'Etage 85 Régulé

C'est lors des missions réalisées sur l'Etage 85 en 2005 et 2006 (création des Etages 85 Régulé et Industriel), Lydec a pris un projet de sectorisation permanente de l'Etage.

I. PRESENTATION SOMMAIRE DE L'ETAGE 85 :

L'Etage 85 est situé au centre de Casablanca. C'est le plus important de la Ville, avec un réseau d'environ 1000 km de conduites, et un volume distribué d'environ 160.000 m³/j, plus du tiers du volume total distribué par Lydec.

L'Etage comprend, entre autres, tout le Centre-Ville, le quartier des affaires, la zone portuaire et la totalité du front de mer urbanisé. Il intègre aussi la zone industrielle située à l'est du port, à côté de l'Etage 60.

Le schéma ci-dessous présente l'Etage et ses conduites principales.

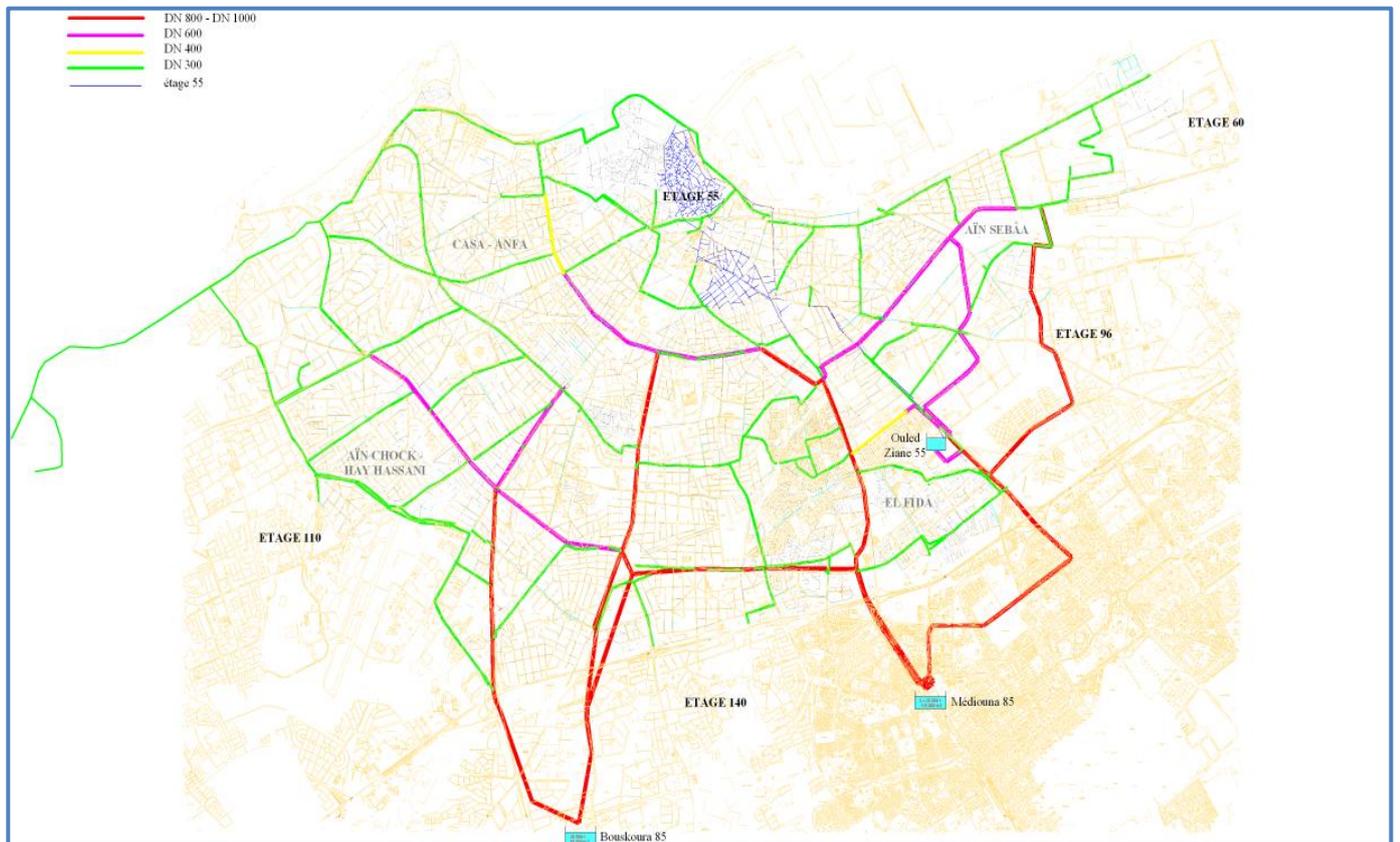


Figure 30: Les conduites principales de l'étage (General Water Savings 2011).

A l'intérieur de l'Etage 85 se trouve une petite zone de distribution indépendante, l'Etage 55, située à cote basse dans le Centre-Ville et près du Port ; elle est alimentée à partir du réservoir d'Ouled Ziane, qui peut être rempli à partir de l'Etage si besoin est.

L'Etage est alimenté par deux groupes de réservoirs en équilibre (cote radier 85 m, TP 89 m) situés au sud-ouest (Bouskoura) et sud-est de la zone (Mediouna). La charge disponible aux réservoirs varie entre 87.5 et 88.5 m selon l'heure de la journée.

De ces deux groupes partent six conduites de 800 et 1000 mm, qui descendent vers la mer ; à mesure, certaines s'interrompent ou sont réduites ; à mi-hauteur restent cinq alimentations, trois de diamètre 800 mm, deux de 600 mm, raccordées entre elles plus à l'aval par une transversale est-ouest de 600 et 400 mm, qui suit l'axe Bd Zerktouni - Av. de la Résistance - Rue d'Ifni - Av. Moulay Youssef, de la cote 7 à l'ouest à la cote 22 m à l'est.

L'Etage va de la cote 60 m au sud, le long de l'Autoroute, à la cote 5 m au nord, au bord de l'eau. La baisse du niveau du sol est douce et régulière, excepté à l'ouest, où la Colline d'Anfa Supérieure, proche de la mer, l'interrompt pour culminer à 60 m, avant une chute rapide.

1. PRESENTATION SOMMAIRE DES ETAGES 85 REGULE ET INDUSTRIEL :

La frontière sud des Etages Bas suit aussi une transversale est-ouest le long de la cote 35 m, sauf à l'est, où elle descend à la cote 21. Les cinq alimentations principales citées plus haut et deux alimentations secondaires sont équipées d'une vanne de régulation de pression.

La carte ci-après montre en bleu foncé l'extension approximative des deux zones alimentées à pression régulée.

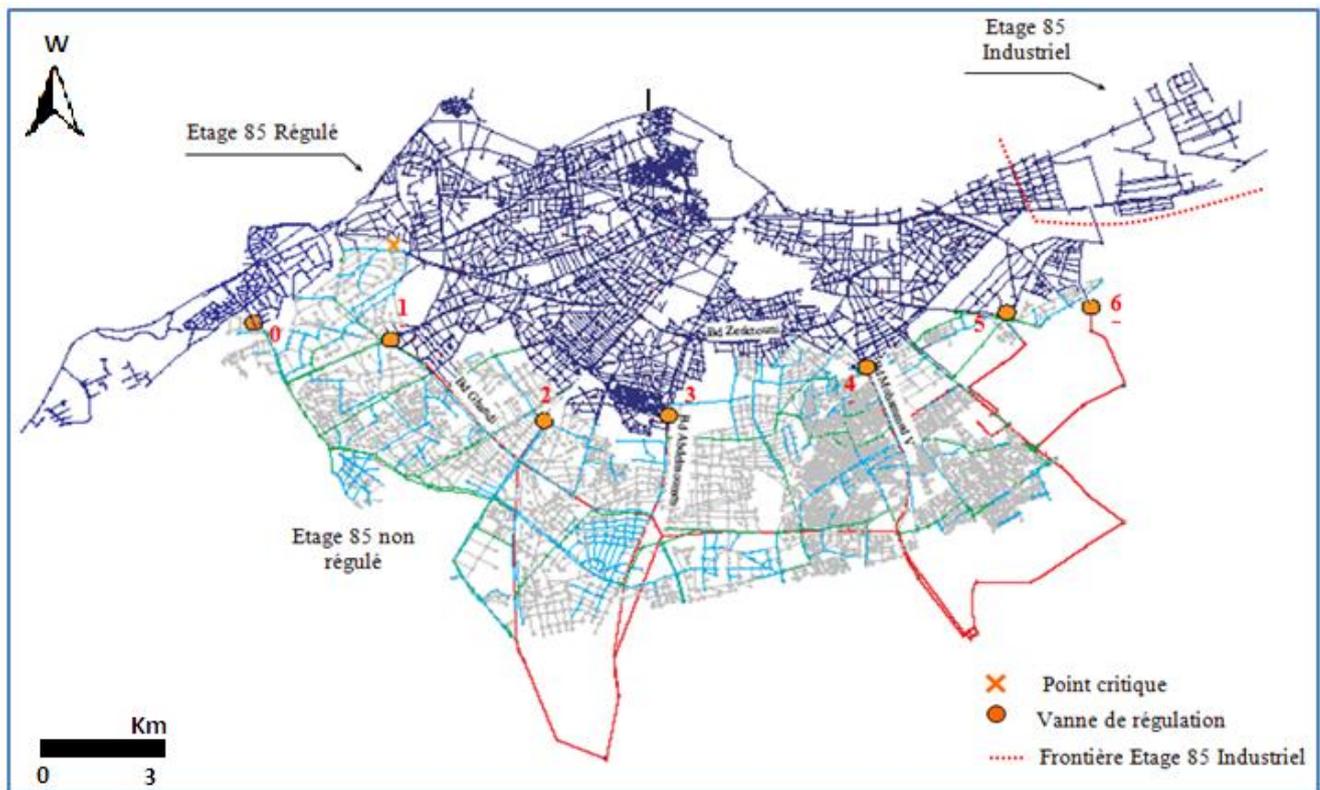


Figure 31: Répartition de l'étage 85 (General Water Savings 2011).

A l'est, l'Etage 85 Industriel a été isolé ; il est alimentée par la seule conduite de 800 mm Ben M'Siq, équipée de la vanne de contrôle située à l'emplacement 6. Ses frontières correspondent à peu près à celles de l'ancien Etage 70 Industriel. Le volume distribué y est de l'ordre de 10.000 m³/j.

La partie principale de l'Etage 85 Régulé est alimentée par les six autres vannes, et intègre l'ancien Etage 70 Ouest. La vanne numérotée « 0 » de la carte est une de ses deux anciennes alimentations ; l'autre régulateur a été mis hors service. Le volume journalier distribué dans cette zone est de l'ordre de 80.000 m³/j.

A l'ouest encore, la partie haute de la colline d'Anfa a été isolée, et est maintenant alimentée à partir d'un sur-presseur, situé juste à côté de la vanne 1. Au nord, cette zone sur-pressée partage une frontière commune avec l'Etage 85 Réduit.

La liste ci-dessous indique les caractéristiques des appareils installés aux sept points d'entrée des Etages bas :

Tableau 10: Liste des caractéristiques des appareils installés (General Water Savings 2011).

Numero	Appareille
0.	300 mm Grande Ceinture : vanne de régulation de 200 mm et compteur de 100 mm
1.	300 mm Khattabi : vanne et débitmètre électromagnétique de 300 mm
2.	600 mm El Jadida : vanne et débitmètre électromagnétique de 400 mm
3.	800 mm Abdelmoumen : vanne et débitmètre électromagnétique de 600 mm
4.	800 mm Mohamed V : vanne et débitmètre électromagnétique de 600 mm
5.	600 mm L'Ecrivain : vanne et débitmètre électromagnétique de 400 mm
6.	800 mm Ben M'Siq : vanne et débitmètre électromagnétique de 400 mm

La charge aval des vannes de régulation garantit une pression de 20 à 25 m aux points critiques, selon la période de la journée ; elle varie de 78 à 58 m à l'entrée de l'Etage 85 Régulé, et de 61 à 48 m à celle de l'Etage 85 Industriel.

Le projet consiste à diviser les 1000Km du réseau de l'étage en onze zones permanentes de 75 à 100 Km ; la sectorisation périodique a permis de découper encore en secteurs chaque zone qui sera divisé par la suite en steps.

Le projet est présenté sous format électronique ARCGIS. Les vannes de frontière d'étage y sont indiquées en rouge, celles de frontière de Zones numérotées en vert.

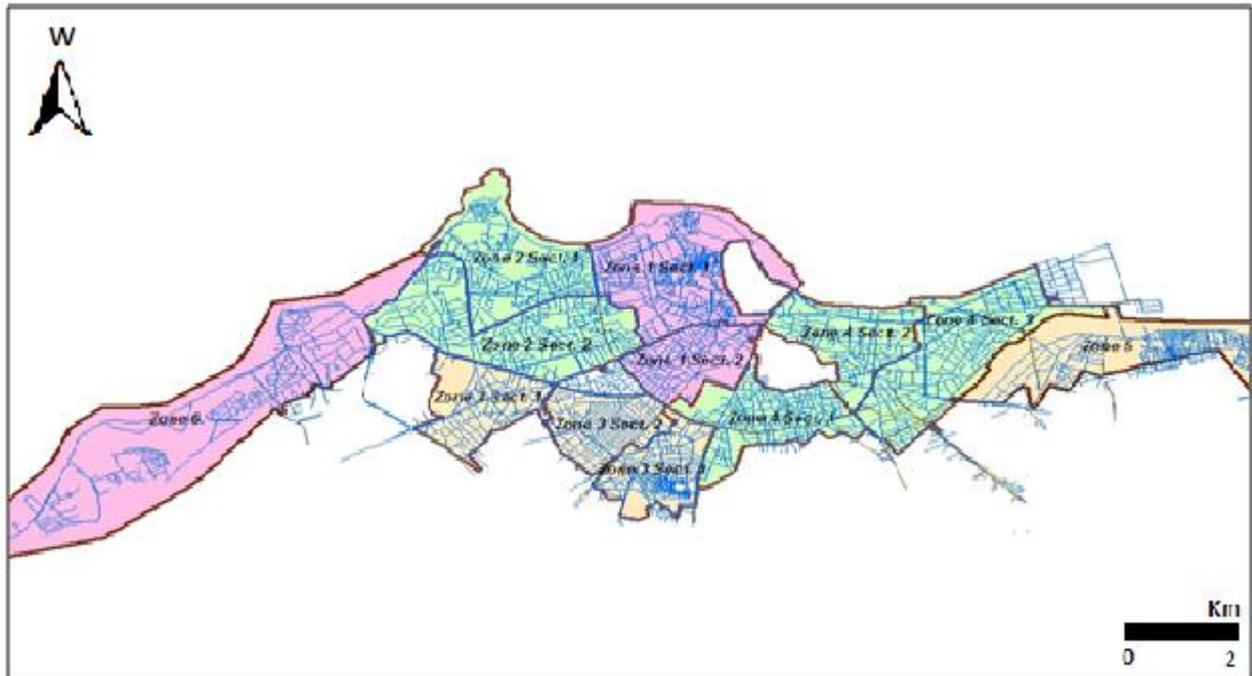


Figure 32: Plan de sectorisation permanent de l'étage 85 modulé (General Water Savings 2011).

Tableau 11 : Linéaire des zones de l'étage 85 modulé (General Water Savings 2011).

Zone	Linéaire (Km)
1	77
2	90
3	89
4	60
5	93
6	51

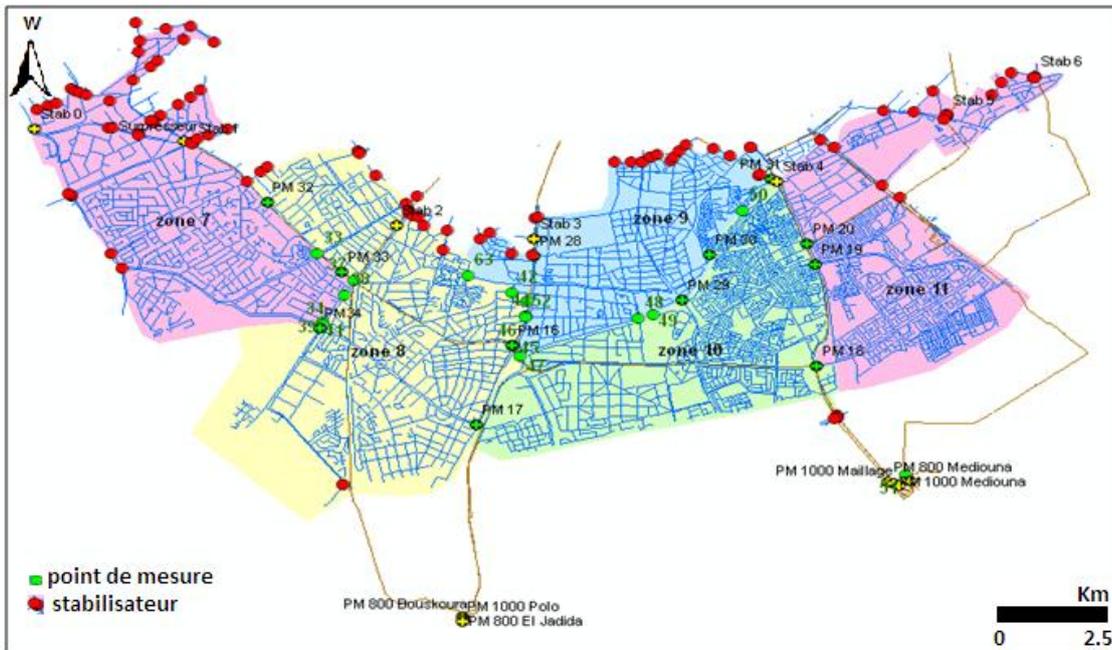


Figure 33: Plan de sectorisation permanent de l'étage 85 non modulé (General Water Savings 2011).

Tableau 12: Linéaire des zones de l'étage 85 non modulé (General Water Savings 2011).

Numéro	Linéaire(Km)
7	85
8	78
9	65
10	127
11	120.54

II. Etude du réseau d'eau potable de l'étage 85 non modulé :

La sectorisation des zone a permis de calculé le débit minimum de nuit grâce aux débitmètres électromagnétique installé à l'entrée et sortie de chaque secteur et de chaque step.

Le débit de nuit permet de calculer le débit de perte exprimé sous la formule suivante :

$$\text{Débit de perte} = \text{D.M.N} - (\text{débit de référence} + \text{débit des grands consommateurs} + \text{débit des bornes fontaine})$$

Après avoir fait une mise à jour à l'historique de mesure du DMN et de perte des 3années précédentes sous forme de tableau on a pu détecter les zones à fort débit de perte :

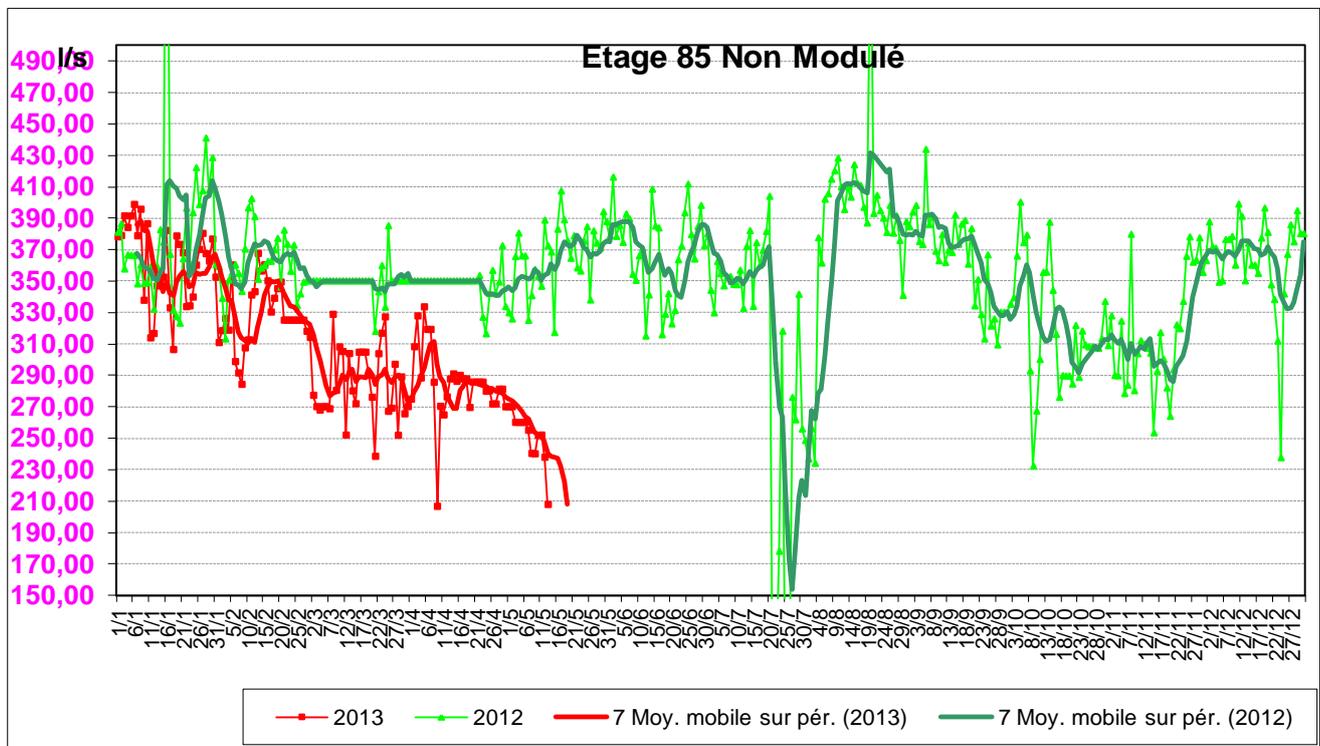


Figure 34: Histogramme illustrant la variation du débit du 2011 à 2013.

Au cours des années le DMN de l'étage 85 non modulé diminue grâce à la sectorisation et la détection et la réparation des zones fuyardes.

1. DETECTION DES ZONES :

Tableau 13: Tableau des zones.

							nombre de fuite fuite		
		année	semaine	DMN	perte	linéaire	conduite	branchement	sous plaque
zone7	totale	2012	2	26,16	-18,04	88,39			
	secteur 1	2012	2	13,28	1,52	23,52	1	3	1
3			29,66	17,9			1		
2013		5	27,33	14					
		7	25,66	15,96	6		9	6	
		12	17,66	5,9	5		18	6	
zone 8	secteur 2	2011	47	19,59	6,26	26,66			
		2012	2	26,71	13,38				
	4		28,66	15,33	4		3	1	
	3		0,33	0,00					
	2013	5	10,22	-3,11					
		7	24,00	10,67	2		5	2	
		12	21,05	7,72					
secteur 3	2011	22	3,88	-5,83	19,41				
	2012	11	5,78	-3,93					
	2013	21	10,83						
secteur 4	2012	2	52,73	29,52	46,43	1	1		

	secteur 5	2013	12	47,37	46,08				
zone 9	secteur 1	2012	2	9,65		36,96	1		
		2013	18	32,75					
	secteur 2	2012	2	17,90	2,85	30,1	7	11	5
		2013	18	31,60	16,55				
zone 10	secteur 3	2012	3	47,73	33,12	29,12	54	87	79
	secteur 4	2012	3	47,73	33,04	28,58	22	46	50
zone 11	secteur 1	2011	40	20,04	4,35				
			47	23,45	7,76		2	14	18
		2012	2	31,86	16,17		8	9	11
			11	33,00	17,31		12	8	20
			25	23,00	7,30		4+4	6+11	21+1
		2013	16	18,28	2,59		6	8	2
			21	16,00	0,31			4	
	secteur 2	2011	40	17,8	7,12	20,57		4	
			47	21,0	10,34			1	2
		2012	2	15,02	4,38			9	40
			11	13,6	2,93		1	5	17
			25	11,3	0,68		4+4	6	21+1
		2013	10	13,61	2,97				
	14		14,90	4,26	3	4	7		
	secteur 3	2011	40	36,2	18,72	33,12	1	4	3
			47	31,7	14,16		4	3+1	15
		2012	2	31,93	17,37		2	14	
			11	40,0	22,44		9		
			25	43,3	25,82		17+2	3	
		2013	10	44,36	26,85			8	5
	14		40,73	23,22	2	8	5		
	secteur 4	2011	40	13,2	4,33	16,2			
			47	14,1	5,32				
		2012	2	16,11	7,29				
			11	14,6	6,111				
			25	24,4	10,25				
		2013	10	17,28	12,28				
14	5,69		0,69						
secteur 5	2011	40	9,6	4,29					
		47	5,4	0,15					
	2012	2	8,03	2,74					
		11	Mésuré avec secteur 4						
		25	Mésuré avec secteur 4						
	2013	10							
14		18,30	13,28						

Les débits de nuit mesurés dans le cadre du programme de sectorisation permanente sur l'étage 85 non modulé indiquent des pertes importantes dans les zones 10, 11, et 8. Et cible en mm temps les zones fragiles (10,11) qui nécessitent une sectorisation périodique et l'intervention d'une équipe de détection de fuites.

Zone 10 : se trouve au centre de l'étage ayant le plus grand linéaire de 127km la majorité de son réseau est d'un âge qui dépasse 50ans ce qui explique la nature de matériel dominant étant la fonte de grise tous ces paramètre augmente de sa vulnérabilité aux défaillances.

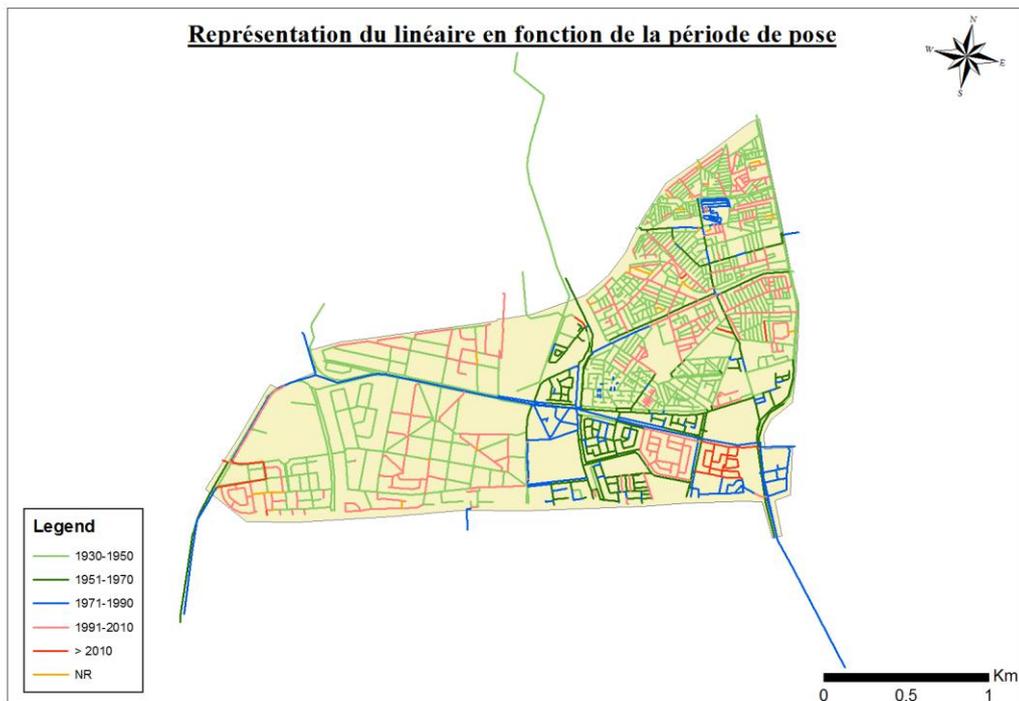


Figure 35: Répartition du linéaire de la zone 1 en fonction de la période de pose.

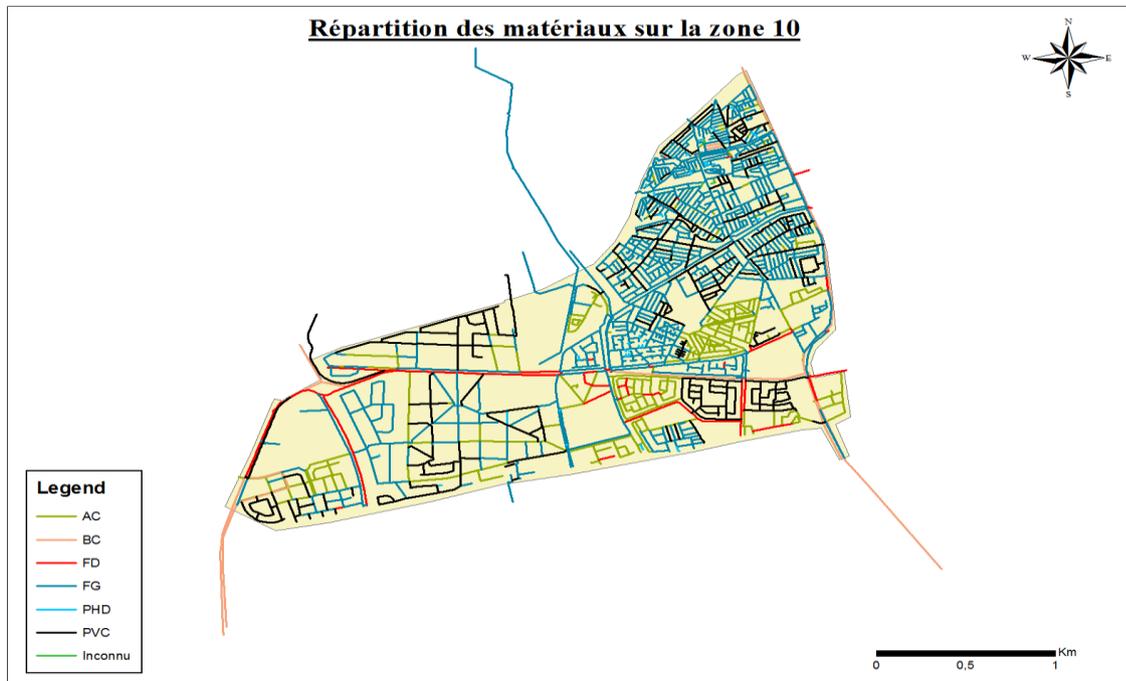


Figure 36: Répartition du linéaire de la zone 10 en fonction de la nature de la canalisation.

Zone 11 : se trouve dans la partie EST de l'étage. avec un pourcentage fort d'ancien conduite de type fonte grise son réseau se caractérise par un débit de perte élevée dans certains secteur variant de 20 à 23l.

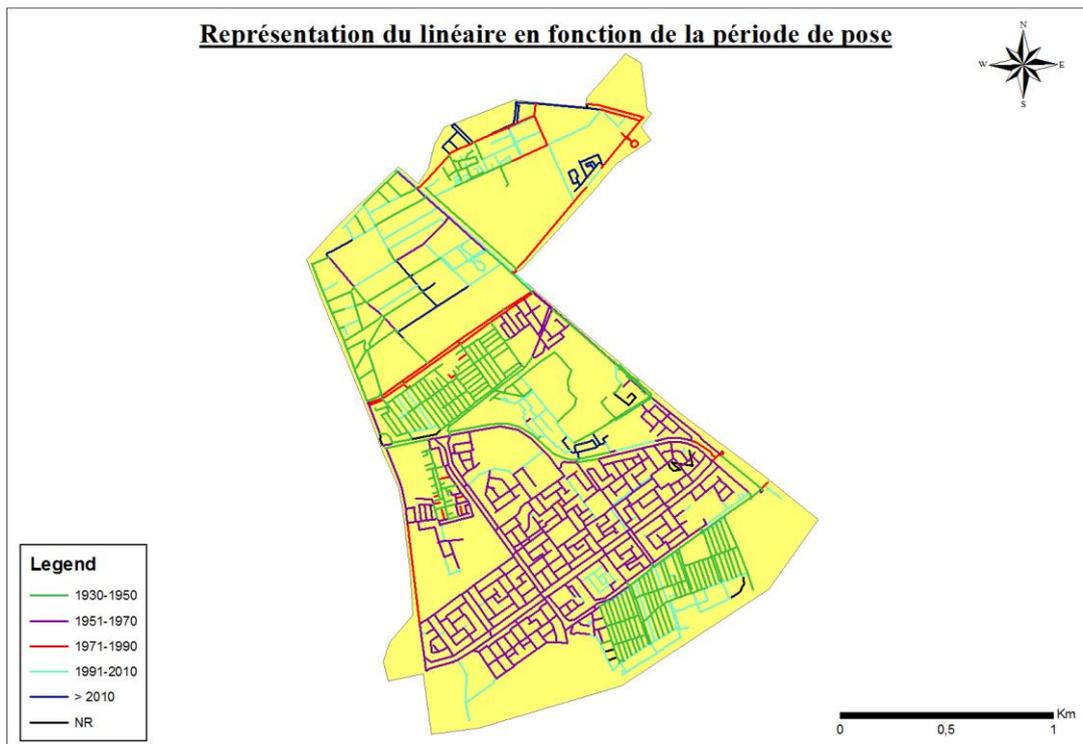


Figure 37; Répartition du linéaire de la zone 11 en fonction du linéaire.

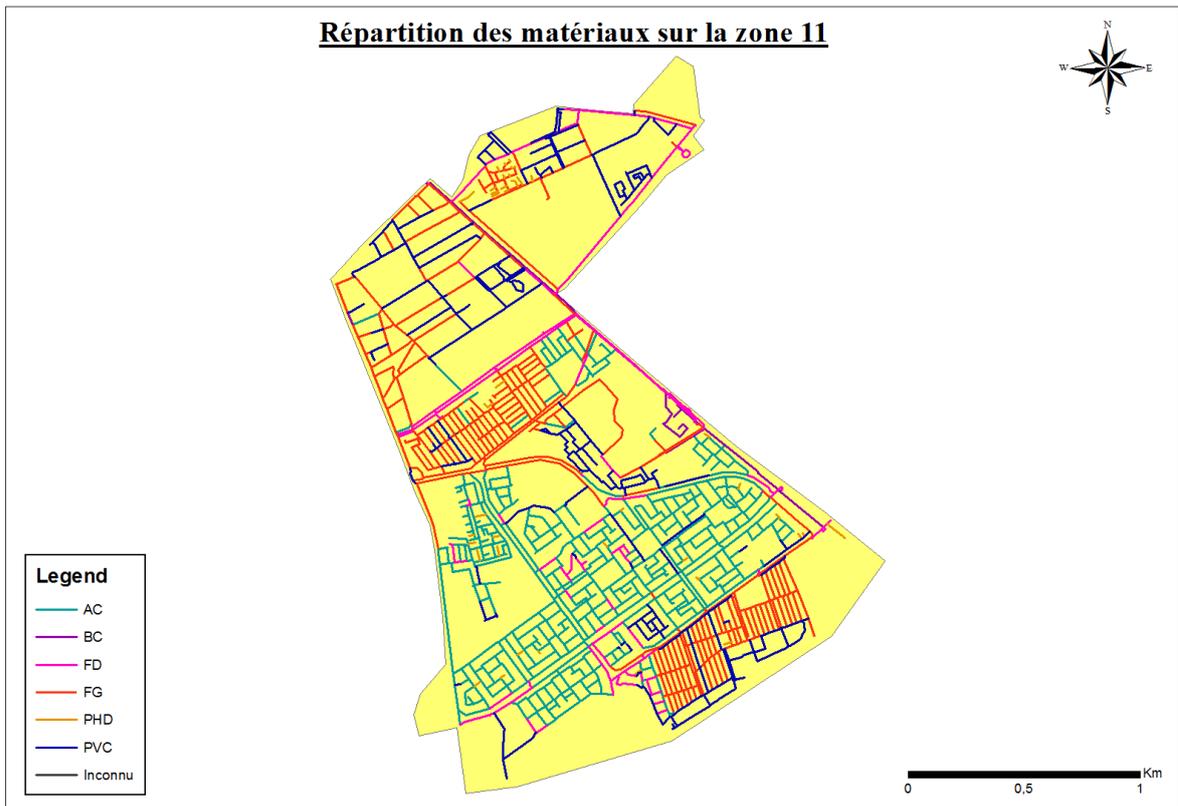


Figure 38; Répartition des matériaux de la zone 11.

2. DETECTION DES SECTEURS :

Afin de déterminer dans les zones 10 et 11 les secteurs délicats on s'est appuyé sur deux indicateurs :

- DMN : débit minimum nocturne des secteurs effectuer grâce au mesure de la sectorisation périodique (installation de débitmètres électromagnétique dans les entrées et sorties des secteurs)
- Nombre de fuite invisible : les bases de données des fuites sont faites grâce à l'ensemble de fuites détectées par l'équipe de recherche de fuite et additionner sous forme d'un fichier Excel contenant tous les informations propos d'une fuite.

Zone 10 : la zone 10 est divisé en 4 secteurs

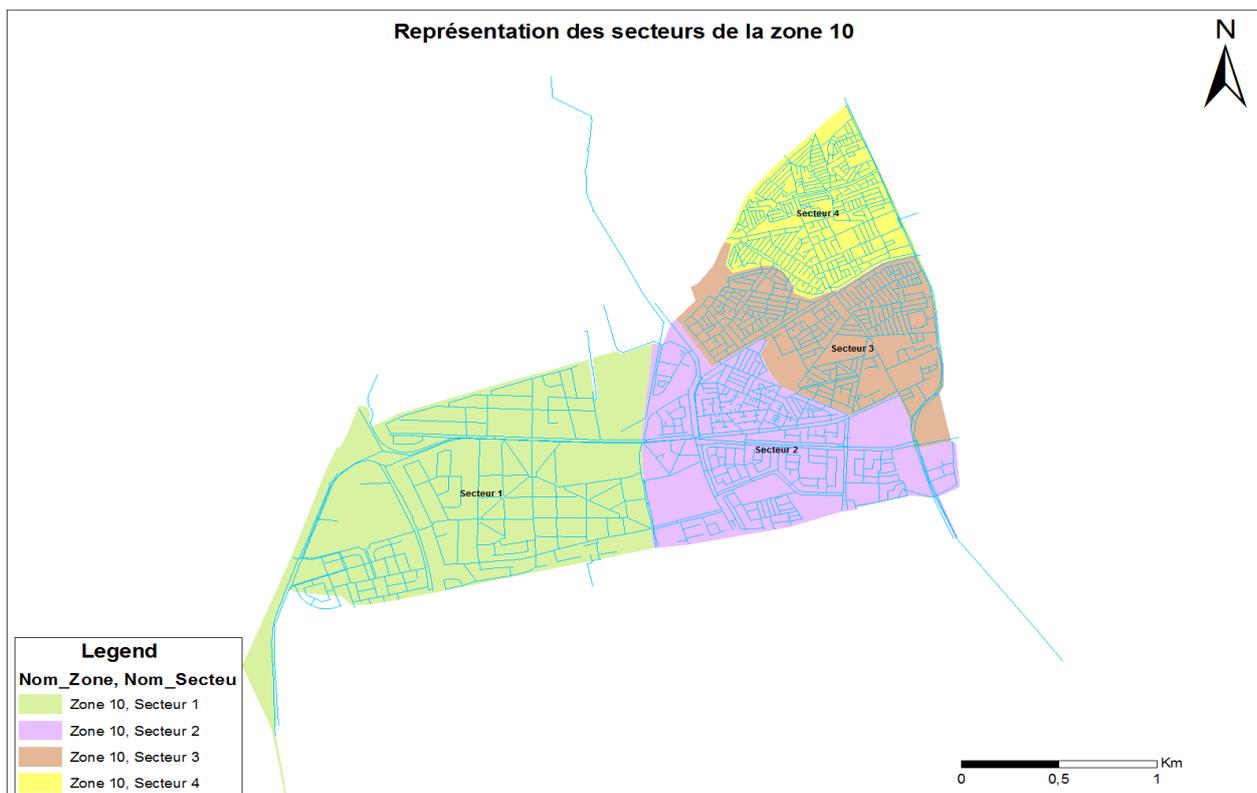


Figure 39: Répartition des secteurs de la zone 10.

Le graphe si dessous représente le débit de perte en parallèle avec le nombre de fuite



Figure 40: Débit de pertes et résultats des fuites de la zone

dans la zone 10 on remarque bien que le débit de pertes est mesurer uniquement au niveau des secteurs 3 et 4 étant et d'après la BDD les secteurs les plus fuyards 220l en 2012 et 64 en 2013 pour le secteur 3 et 118 en 2012 et 50 en 2013 pour le secteur 4 ils se caractérisent notamment par le débit de pertes le plus élevée de 33 l

Zone 11 : la zone 11 est divisée en 4 secteur comme c'est présenté sur la carte suivante

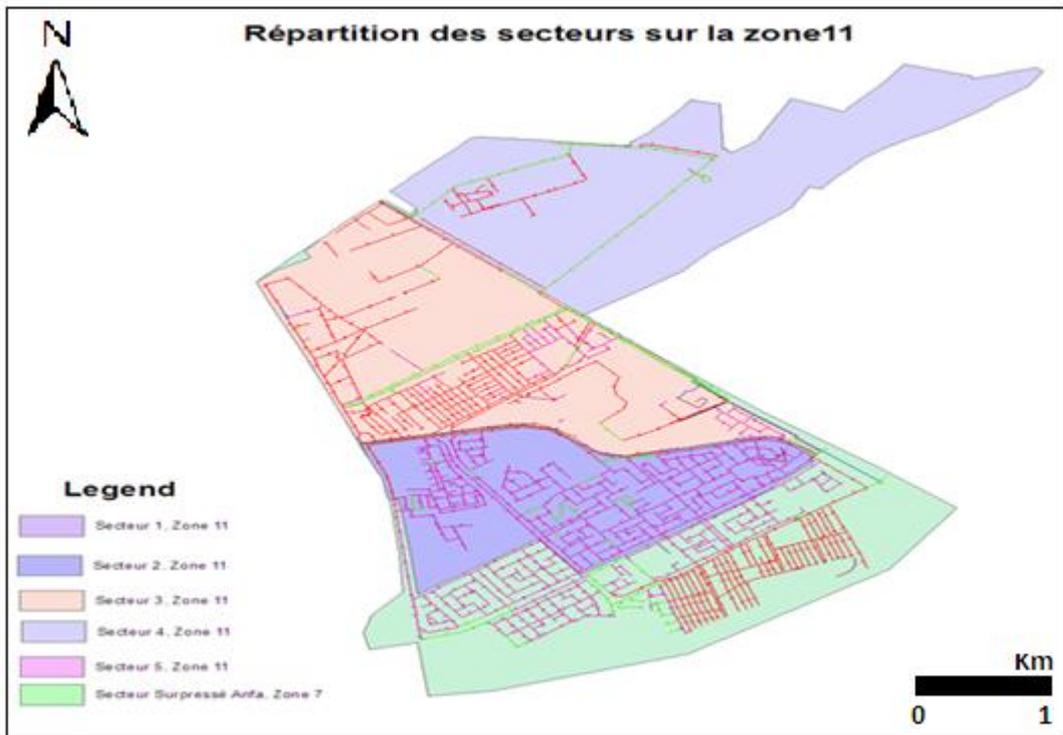


Figure 41: Répartition des secteurs sur la zone 11.

Le débit de perte le plus élevée est au niveau du secteur 5 qui varie d'une façon croissante de 2011 à 2013 de 18.721 à 23.221

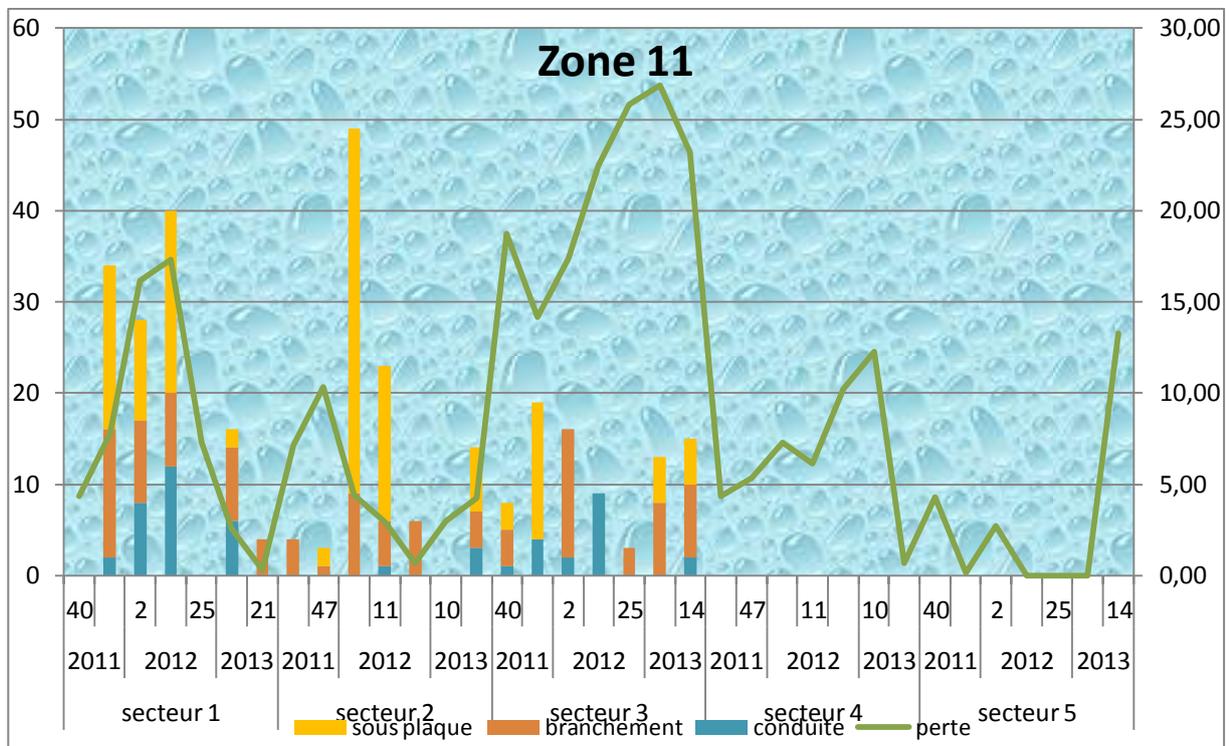


Figure 42: histogramme du débit de pertes est résultats des fuites.

Le graphe dans la page précédente présente les débits de perte par semaines dans tous les secteurs de la zone 8 et en parallèle elles fuites détectées :

Le débit de perte diminue suite à la détection des fuites dans les secteurs 1 et 2 ceci indique le bon fonctionnement du travail de la sectorisation l'équipe de la recherche de fuite et des travaux de réparation.

Par contre le débit de perte dans le secteur 3 n'est pas influencé complètement par la détection de fuite et reste constant dans des valeurs élevées par rapport aux autres secteurs.

Secteur 4 : manque de donné

Secteur 5 : conduite FEDEER

SECTEURS DE LA ZONE 10 :

D'après l'étude précédente les secteurs a enquêter pour y renouveler le réseaux dans la zone 10 sont les secteurs 3 et 4.

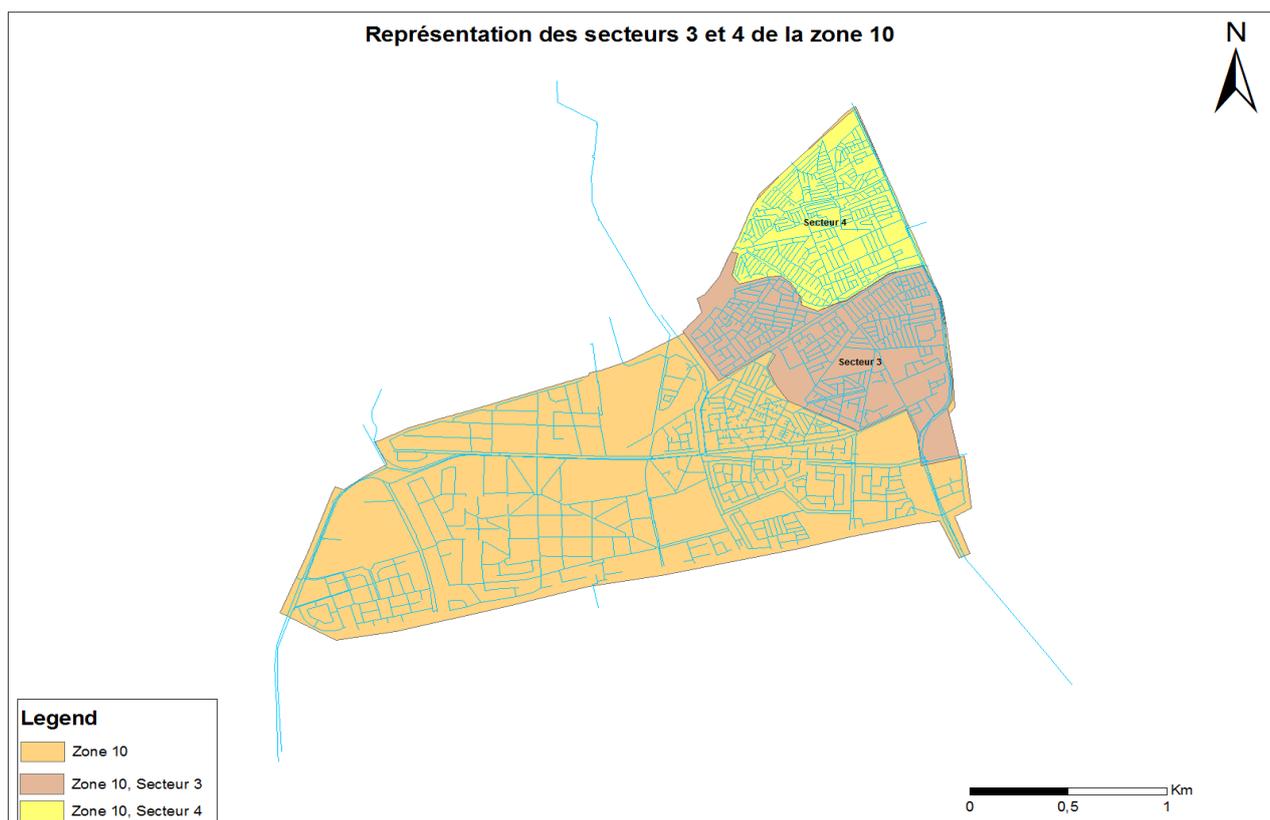


Figure 43: Représentation des secteurs 3 et 4 sur la carte.

Le graphe si dessus présente le débit de perte en parallèle avec les fuites détectées dans la 3eme semaine de 2012 des secteurs 3 et 4 de la zone 10 :

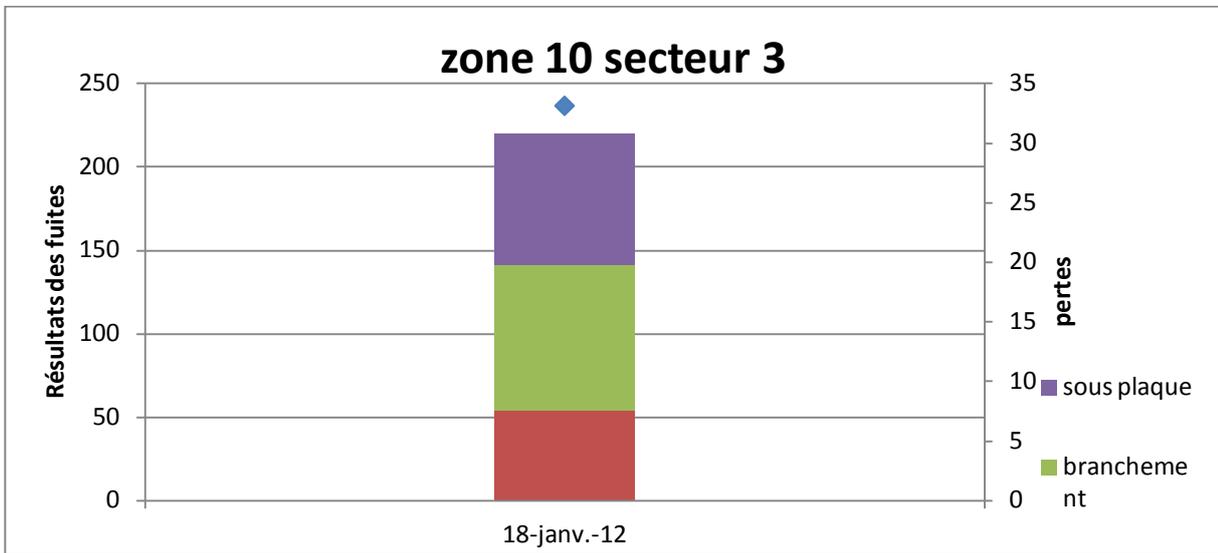


Figure 44: Débit de perte et résultats des fuites du secteur 3 zone 10.

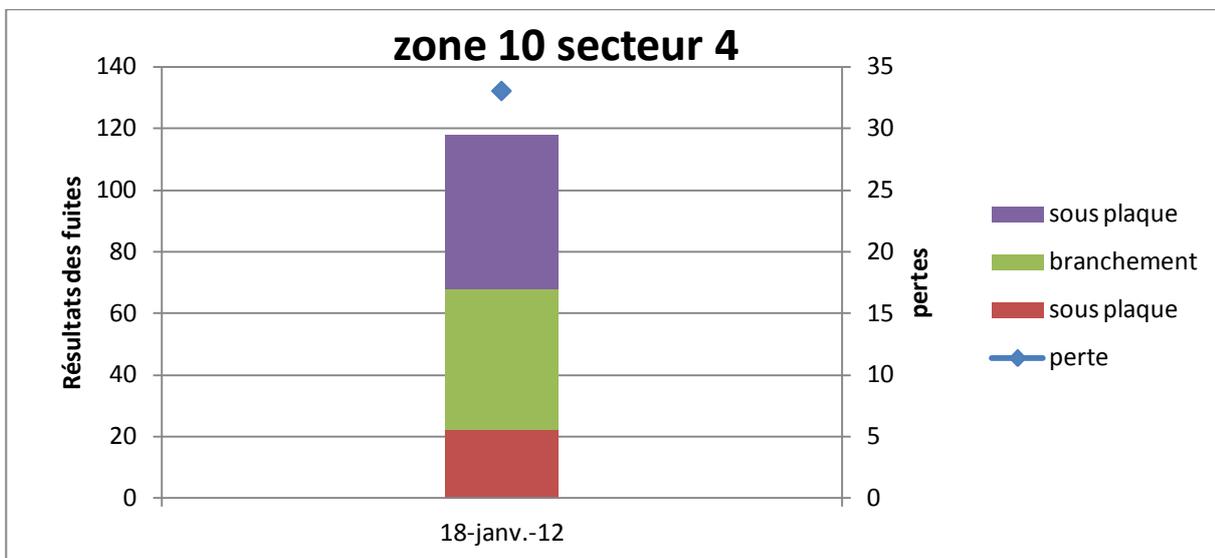


Figure 45: Débit de perte et résultats des fuites du secteur 4 zone 10.

Une mesure de DMN et effectuer pour les deux secteurs dans la même date les Secteur 3 et 4 présente un haut débit de perte et un grand nombre de fuite.

SECTEUR DE LA ZONE 11 :

A cause de sa disposition de la majorité du réseau le plus anciens fabriqué en fonte grise aussi son débit de perte élevée ce secteurs est le plus menacé.

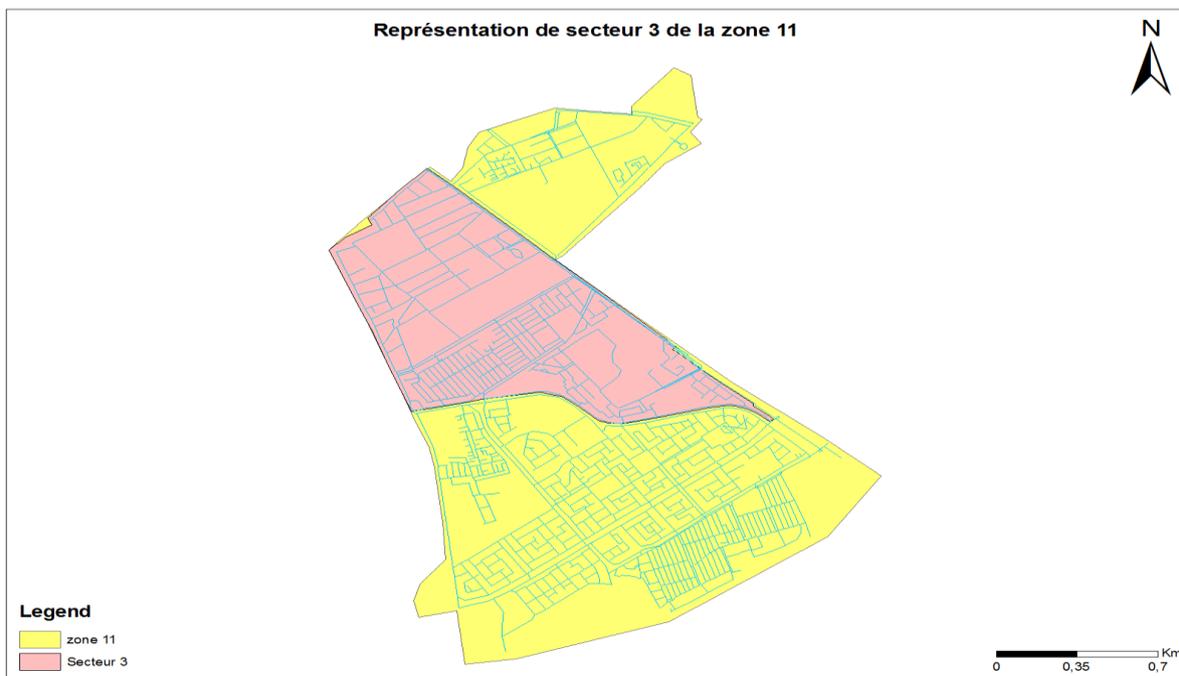


Figure 46: Représentation du secteur 3 zone 11 sur la carte.

Ce graphe ci dessous présente l'évolution des pertes d'eau durant les trois années précédentes en parallèle avec les fuites détectées dans le secteur 3 de la zone 11.

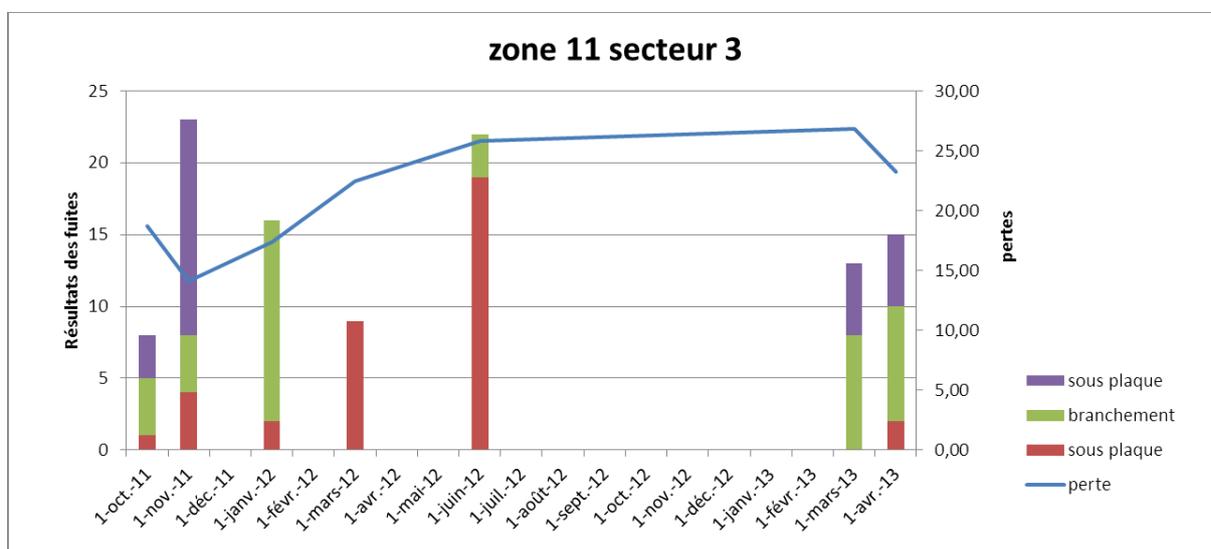


Figure 47: Débit de perte et résultats des fuites du secteur 3 zone 11.

2011 : on constate une diminution de débit de perte après chaque détection de fuite (réparation des fuites détecté diminue la perte d'eau)

2012 : le débit de perte évolue d'une manière croissante jusqu'à juin où il demeure constant dans une valeur élevée malgré la détection d'un grand nombre de fuite ceci est dû l'insuffisance de fuites détectées et la présence de fuites diffuse difficile à trouver

2013 : le débit de perte diminue dès la détection des 1eres fuites mais ceci n'empêche que ce débit reste bien remarquable.

CONCLUSION : d'après l'historique de fuites de la BDD et les mesures de débit de pertes et les graphes, on a pu cibler les secteurs fragiles caractérisés par un réseau qui engendre d'importantes pertes.

Détection des quartiers :

L'étape suivante consiste à la recherche des quartiers fuyards dans les secteurs choisis.

A l'aide de la carte à jour et des adresses des pré-logue fixe on a pu déterminer les quartiers fuyards qui se trouvent dans les zones et les secteurs prédéfinis.

Catre a jour : est un système d'information géographique propre à LYDEC contenant plusieurs fonctionnalités permettant l'acquisition de l'information à-propos de toute les fonction de LYDEC a jour sur place .

Pré-logue fixe : sont installés dans les endroits a fort débits de perte et les plus fuyards afin d'enregistrer le bruit de la fuite.

Tableau 14: Tableau des quartiers fuyards.

Zone	secteur	Quartier
10	3	BOUCHENTOUF
		DERB KOREA
		DERB MITER
	4	BALADIA
		BOUJDOUR
		LAAYOUN
		SMARA
11	1	DERB MILA
	2	HAY FARAH
	3	DERB LKABIR

La carte suivante montre bien la localisation des quartiers fuyards de la zone 10 et 11

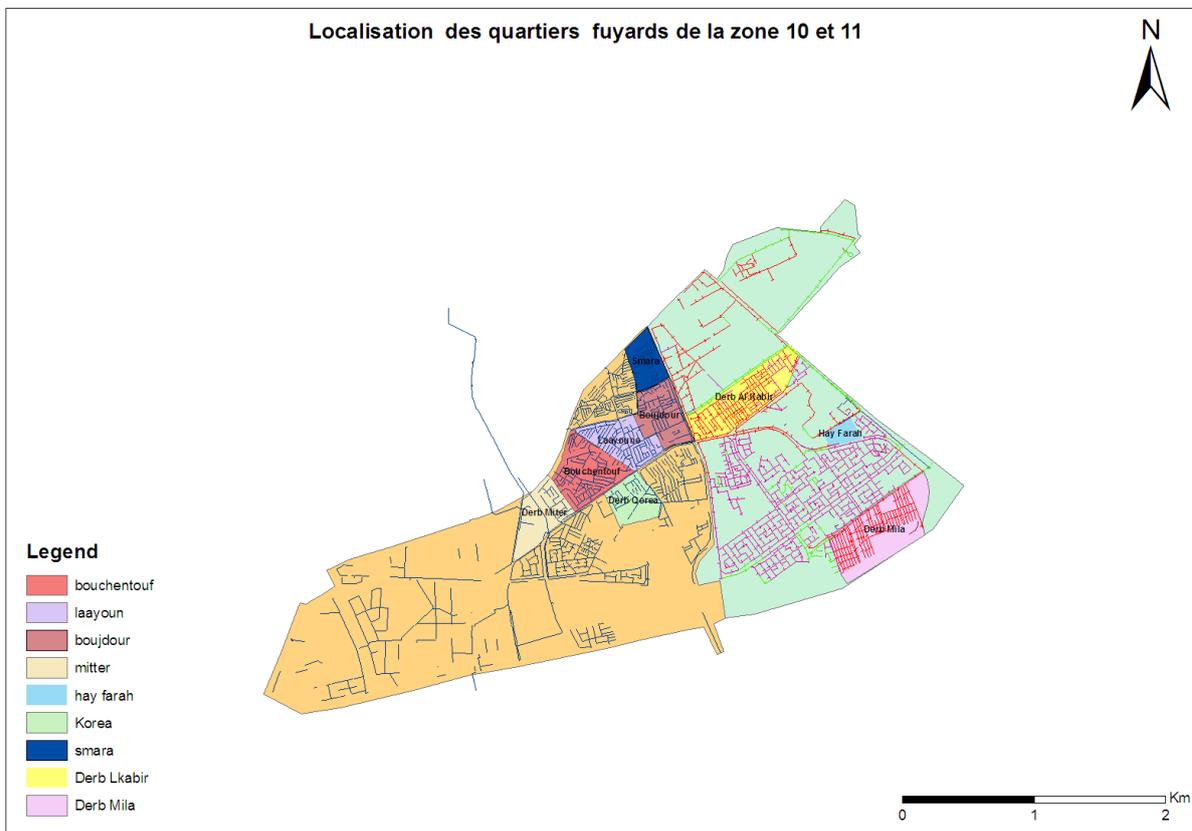


Figure 48: Localisation des quartiers fuyards sur la carte.

On remarque bien d'après la carte que la majorité des quartiers fuyards se situe au niveau des secteurs 3 et 4 de la zone 10.

L'étude des quartiers va donc se base sur les fuites visibles, invisibles, la date de pose, et la nature de la canalisation.

- Les fuites visible : trier et filtrer de la base de données des de la DP3
- Les fuites invisible : trier et filtrer de la BDD de la recherche de fuite
- La date de pose : les conduites âgées de plus de 50 ans sont a renouveler (l'âge extrême de la conduite est 50ans).
- La nature de la canalisation : les conduites en fonte grise sont a renouveler car il sont très sensible aux chocs et à la traction aussi ils ont un grand risque de corrosion en cas d'agressivité du sol et de l'eau ainsi qu'elle datent de plus de 50ans.

Tableau 15: fuites détecté par quartier.

Quartier	fuites détectées					
	2011		2012		2013	
	Invisible	Visible	invisible	Visible	invisible	Visible
BOUCHENTOUF	65	54	102	8	61	6
DERB KOREA	15	18	12	16	26	10
DERB MITER	21	13	17	7	8	2
BALADIA	41	54	57	18	21	7
BOUJDOUR	43	16	41	14	14	9
LAAYOUN	69	28	33	28	27	4
SMARA	11	5	22	10	20	4
DERB MILA	56		77		31	
HAY FARAH		48	22	41	7	14
DERB LKABIR	104	26	82	21	23	11

Le tableau ci-dessus nous présente l'historique des fuites visibles et invisibles dans les quartiers choisis grâce à cet historique on a pu classer les quartiers fuyards d'une manière prioritaire comme suit : BOUCENTOUF/ DERB LKABIR/ BALADIA/ LAAYOUN/ DERBMILA/ HAY FARAH/ DERB KOREA / SMARA / DERB MITTER

L'histogramme ci-joint présente l'évolution des fuites invisibles au cours des 3 années précédentes dans les quartiers choisis

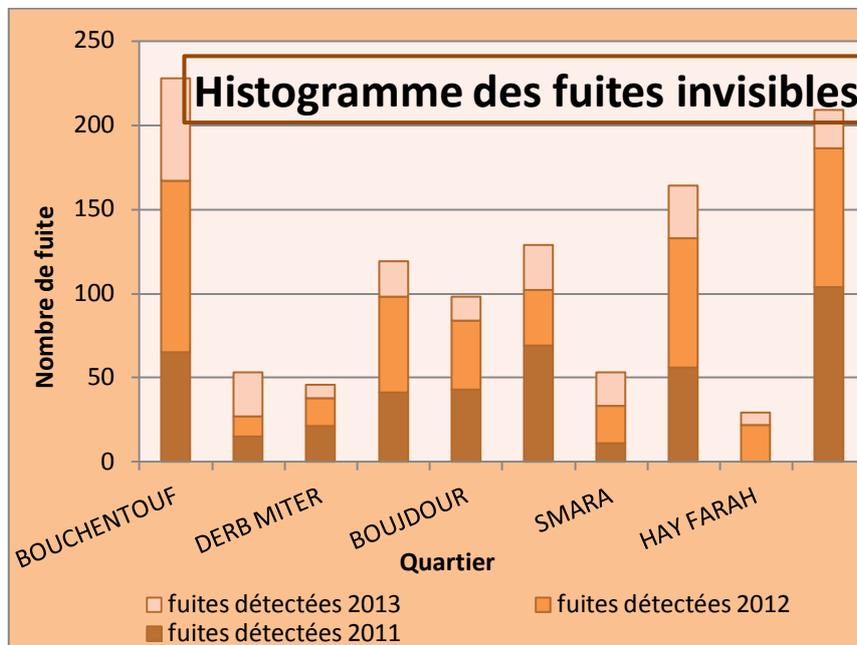


Figure 49: Histogramme des fuites invisibles des quartiers.

L'historique ci-joint présente l'évolution des fuites visibles au cours des 3 années précédentes dans les quartiers choisis.

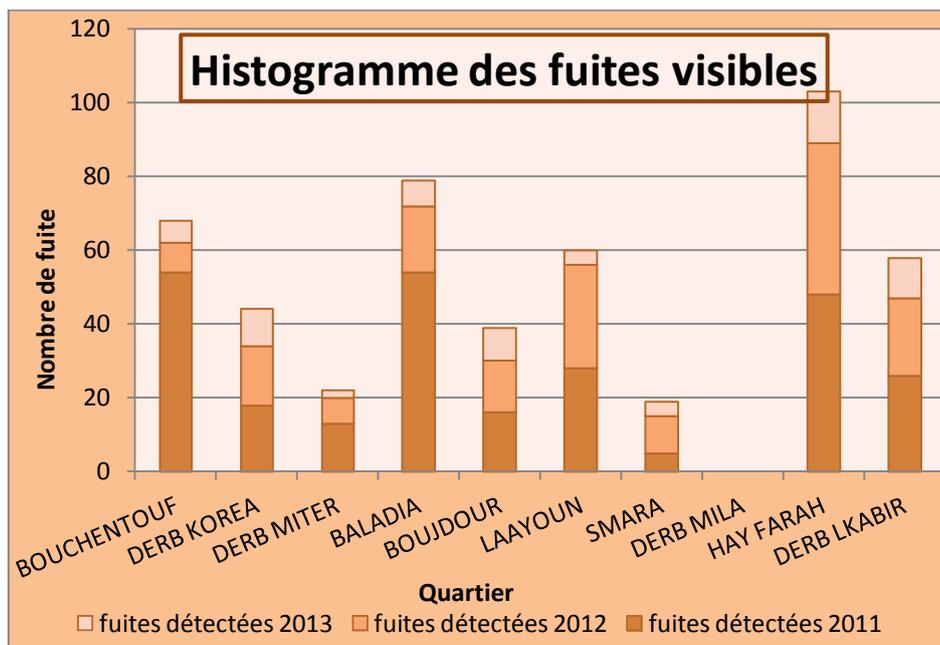


Figure 50: histogramme des fuites visibles des quartiers

Conclusion : durant ces années passées le nombre de fuites diminue au fur et au mesure , mais ce nombre reste important dans certains quartiers ce qui nous laisse qualifier ces secteurs comme des quartiers fuyards .

D'après cet historique les quartiers les plus fuyards sont : BOUCHENTOUF/ DERB LKABIR/ BALADIA/ LAAYOUN/ DERBMILA/ HAY FARAH.

A l'aide de la carte à jour on a exporté les données concernant la date de pose et la nature de la canalisation, les tableaux si joint résume la répartition de ces données par % dans les quartiers :

Tableau 16: Tableau des quartiers fuyards par date de pose.

Quartier	date de pose				
	non renseigné	1930-1950	1951-1970	1971-1990	1991-2010
BALADIA	16,52732138	1,09161252			82,3810661
BOUCHENTOUF		71,2847418	17,8617269		10,7627872
BOUJDOUR		85,3193038		9,10032048	5,58037567
DERB LKABIR		18,7390045	40,0597085	40,1064817	1,09480531
DERB KOREA		58,6174119	21,4406742	0	19,9419139
DERB MILA		47,6162376	46,5316236	0	5,85213876
LAAYOUN		59,3884508	16,7914565	0	23,8200927
SMARA		95,548172	0	0	4,451828
HAY FARAH		6,67769888	81,1406013	0	12,1816999
DERB MITER		60,810661	37,3124549	0	1,87688408

Les conduites posées entre 1930 et 1970 sont celles les plus ancienne nécessitant un renouvellement ou une réhabilitation d'après ce tableau il apparait que les quartiers contenant un fort pourcentage de canalisation ancienne sont : BOUCHENTOUF/ BOUJDOUR/ DERB KOREA/ LAAYOUN/ SMARA/ HAY FARAH/ DERB MITER/ DERB MILA/ DERB LKABIR.

Tableau 17: Tableau des quartiers fuyards par nature de canalisation.

Quartier	nature de la canalisation				
	AC	BC	FD	FG	PVC
BALADIA	16,52			1,09161252	82,3810661
BOUCHENTOUF	0			89,1464687	0
BOUJDOUR	6,14	50,5933159	9,43009737	28,2557258	5,58037567
DERB LKABIR	0,92		78,2652532	19,7105289	1,09480531
DERB KOREA	31,61	0	6,13383503	42,3106736	19,9419139
DERB MILA	5,30592567	0	19,1969946	69,644941	5,85213876
LAAYOUN	7,9807922	0	0,30096336	67,8981517	23,8200927
SMARA	0	59,5072121	0	36,0409599	4,451828
HAY FARAH	50,7831196	0	5,208026	31,8271545	12,1816999
DERB MITER	0	0	0	98,1231159	1,87688408

Comme on la cité avant les conduites en fonte grise est celle soupçonner d'être remplacer en premier lieu et à partir du tableau si dessus on peut classer les quartier selon ceux dont le réseau contient un fort pourcentage de fonte grise : DERB MITER/ BOUCHENTOUF/ DERB MILA/ LAAYOUN/ DERB KOREA

Conclusion : d'après les tableaux ci-dessous, on conclut que certaines périodes étaient plus propices à l'utilisation de certains matériaux :

1930-1960----- FG----- mauvais réseau

1990-2010----- PVC-----bon réseau

3. DETECTION DE STEP :

Pour cibler le step à renouveler un historique de mesure de DMN et le calcul de LIP est important :

DMN : indique les steps a haut débit de perte.

LIP : indice linéaire de perte se calcule par la relation suivante (\sum pertes / linéaire) il nous donne la quantité de perte en litre par km.

Dans un milieu urbain LIP ne doit pas dépasser 0.7.

Tableau 18: Tableau des caractéristiques des steps des zones 10 et 11.

zone	secteur	step	linéaire	Date	D.M.N.	Perte	LIP
Zone10	Secteur4	Step 12	10,793	24/11/2011	24,23	18,83	1,74497359
				28/12/2011	17,05	11,65	1,0797276
				20/01/2012	17,05	11,65	1,0797276
				12/06/2012	8,96	3,56	0,3301677
		Step 13	8,72	24/11/2011	6,33	1,97	0,22591743
				28/12/2011	19,47	15,11	1,73279817
				20/01/2012	19,47	15,11	1,73279817
				12/06/2012	11,72	7,36	0,8440367
		Step 14	9,077	24/11/2011	19,77	15,23	1,67803239
				28/12/2011	8,73	4,19	0,46177151
				20/01/2012	33,89	29,35	3,23361243
				12/06/2012	14,10	9,56	1,05337667
		800 Med	1,27	24/11/2011	5,22	4,59	3,61023622
				28/12/2011	6,00	5,37	4,22440945
				20/01/2012	6,00	5,37	4,22440945
				12/06/2012	4,12	3,74	2,94409449
Zone11	Secteur1	STEP 1	7,41	18/01/2012	9,20	5,50	0,74156545
		STEP 2	5,63	18/01/2012	10,80	7,99	1,41829485
		STEP 4	9,26	18/01/2012	3,74	-0,89	0,09611231
		-	-	-	-	-	-
	Secteur2	STEP 5	6,06	22/09/2011	7,6	4,5	0,74752475
				04/01/2012	8,35	5,3	0,87788779
				20/07/2012	8,57	5,5	0,91419142
		STEP 6	8,02	22/09/2011	10,5	6,5	0,80548628

				04/01/2012	8,3	4,3	0,53491272
				20/07/2012	8,2	4,2	0,51995012
		STEP 7	6,49	22/09/2011	8,64	5,40	0,83127889
				04/01/2012	6,89	3,65	0,56163328
				20/07/2012	3,58	0,3	0,05161787
Secteur3		Step 8	5,8	21/09/2011	6	3,1	0,53448276
				13/10/2011	5	2,5	0,42931034
				20/03/2012	13	10,5	1,81724138
				30/05/2012	4	1,1	0,18965517
				27/12/2012	5	2,1	0,36206897
				08/03/2013	6	3,2	0,55172414
				04/04/2013	7	3,9	0,67241379
							0
		Step 9	6,1	21/09/2011	17	14	2,28688525
				13/10/2011	18	14	2,37540984
				20/03/2012	9	6	0,95081967
				30/05/2012	13	10	1,63114754
				27/12/2012	14	11	1,79508197
				08/03/2013	18	15	2,45901639
				04/04/2013	12	9	1,47540984
					0		
		Step 10	5,2	21/09/2011	3	0,4	0,07692308
				13/10/2011	2	-0,5	0,09615385
				20/03/2012	1	-0,03	0,00576923
				30/05/2012	10	8,96	1,72307692
				27/12/2012	4	1,7	0,32692308
				08/03/2013	11,87	5,43	1,04423077

				04/04/2013	9,00	7,76	1,49230769
							0
		Step 11	9,2	21/09/2011	12	7,4	0,80434783
				13/10/2011	9	4,6	0,50326087
				20/03/2012	13	8,8	0,95652174
				30/05/2012	5	0,4	0,04347826
				27/12/2012	10	5,0	0,54456522
				08/03/2013	4	-0,4	-0,0476087
				04/04/2013	6	1,2	0,13043478
		Feeder DN550	1,79	21/09/2011	5	4,46	2,49329609
				13/10/2011	5,4	1,60	0,89106145
				20/03/2012	6,3	2,81	1,57150838
				30/05/2012	9	5,51	3,07988827
				27/12/2012	5	1,87	1,0452514
				04/04/2013	8	4,51	2,51955307
	Secteur4	STEP 12	8,90	12/07/2011	5,36	0,9	0,10224719
		STEP 13	7,3	12/07/2011	10,28	6,7	0,91793103

D'après le tableau si joint les steps ayant un indice linéaire de perte supérieure a 0.7 sont les suivant :

Tableau 19 : les steps fuyards.

zone	Secteur	Step
10	4	12
		13
		14
		800 MED
11	1	2
	2	5
		6
		7
	3	8
		9
		10
		FEEDER
	4	13

Ceci nous laisse penser a un historique de fuite (RF) de c'est steps pour expliquer l'indice de perte élevée :

D'après la BDD 2012 et 2013 on a pu extraire le nombre de fuites dans chaque step sou forme du tableau suivant :

Tableau 20: les fuites par step 2012.

2012			
zone	Secteur	Step	nombre de fuites
10	1	3	7
		4	1
	2	7	10
		8	11
		9	3
		11	3
		Vide	6
	3	8	1
		9	19
		10	36
		11	117
		12	14
		13	28
		14	3
Vide	3		
11	1	1	22
		2	32
		3	40
		4	14
		Vide	2
	2	5	22
		6	33
		7	24
		Vide	1
	3	8	5
		9	61
		10	15
		11	6

On constate que les step ayant un LIP élevée sont les step les plus fuyards en 2012.

On remarque aussi le taux de fuites élevée dans les steps du secteur 3.

Tableau 21: Fuites par steps 2013.

2013			
zone	secteur	Step	nbr de fuites
10	1	2	2
		6	16
	2	7	6
		8	7
		11	83
	3	12	26
		8	23
		11	1
	4	13	31
		14	11
		15	42
		2	32
	11	1	6	1
5			2
2		6	6
		9	20
3		8	5
		10	4
		11	1

Le nombre de fuites a diminué par step en 2013 mais reste d'un taux important causant des pertes remarquables comme il est indiqué dans les tableaux des DMN.

La superposition des données de la BDD et des mesure du DMN nous on permit de filtrer les step fuyards avec un réseau ancien et vulnérables :

Tableau 22: Steps vulnérable et ancien.

zone	secteur	Step	quartier
10	3	11	bouchentouf / mitter /chorfa
		12	korea
		8	derb fokara
	4	13	laayoun
		14	laayoun
11	2	6	hay farah
	3	9	derrb lkabi

Cette étape nous a permis de réduire le réseau sur lequel on applique notre recherche 150 fois de l'étage 85 (1200km) au step (7 a 10km).

Résultats :

La prochaine étape étant la dernière consiste a la recherche des rue ou des tronçons a renouveler pour sa on vat calculer l'indice de réapparition de fuite dans chaque step et on vat cibler les rue ou cet indice est élevée aussi dont les fuites réapparaissent dans peu de temps et plusieurs fois.

Tableau 23: Résultats des rues a renouvelé.

Zone	Secteur	step	quartier	rue
10	3	11	bouchentouf	59-30-28-25-23-76
		12	korea	30-31-24
		8	derb fokara	4-30-26-36-28
	4	13	laayoun	30-75-28-62-67
		14		
11	2	7	derrb lkabi	4-19-11-20-30
	3	9	chorfa	45-28-14-30-13

III. Etude du réseau d'eau potable de l'étage 85 modulé :

1. Etude des zones :

À l'aide des mesures du DMN et de l'historique de perte on a pu élaborer un ensemble de graphe qui représente le débit de perte parallèlement aux fuites détectés dans différents zones pendant les 3 années précédentes :

a) Débit de pertes et l'historique des pertes :

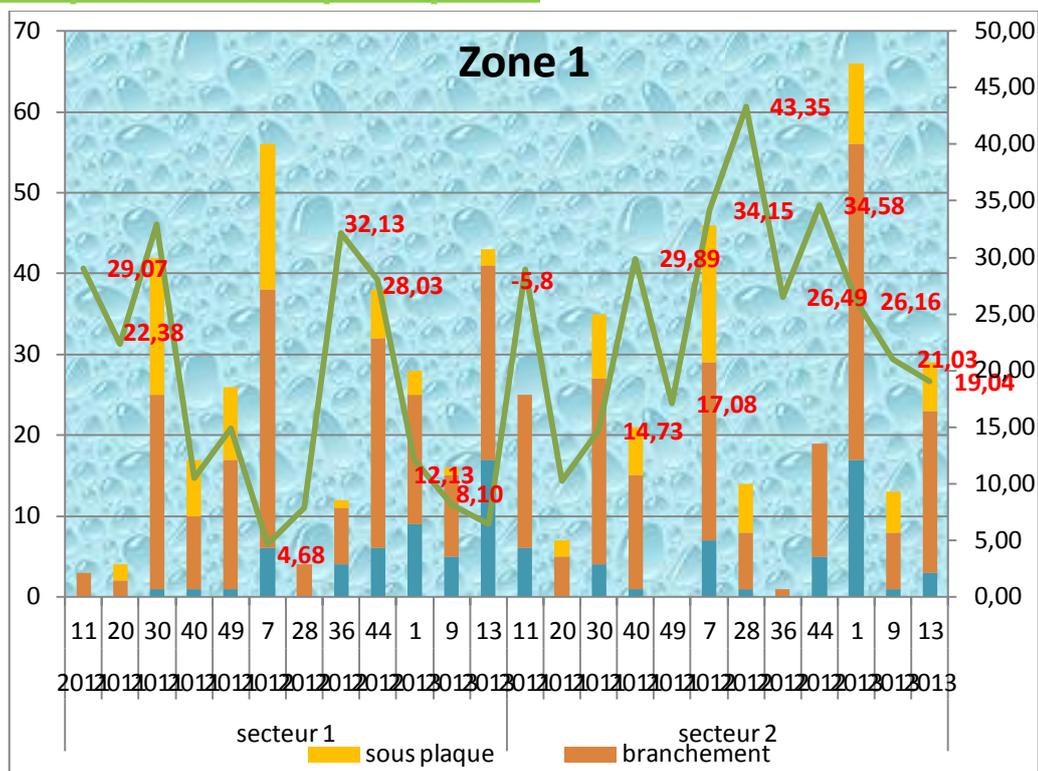


Figure 51: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour la zone 1.

Ce graphe présente l'évolution des pertes d'eau durant les trois années précédentes en parallèle avec les fuites détectées.

L'évolution suit les étapes suivantes :

Débit de nuit important → Détection de fuite → diminution du débit de nuit.

Nombre de fuites total de : 565.

Pour un linéaire de : 80,34 km.

Ainsi on peut calculer l'indice linéaire de réparation, exprimé sous la formule suivante :

$$I.l.R = \frac{\text{Somme des fuites}}{\text{Linéaire}} \quad I.R = 7.03 \text{ pour la zone 1.}$$

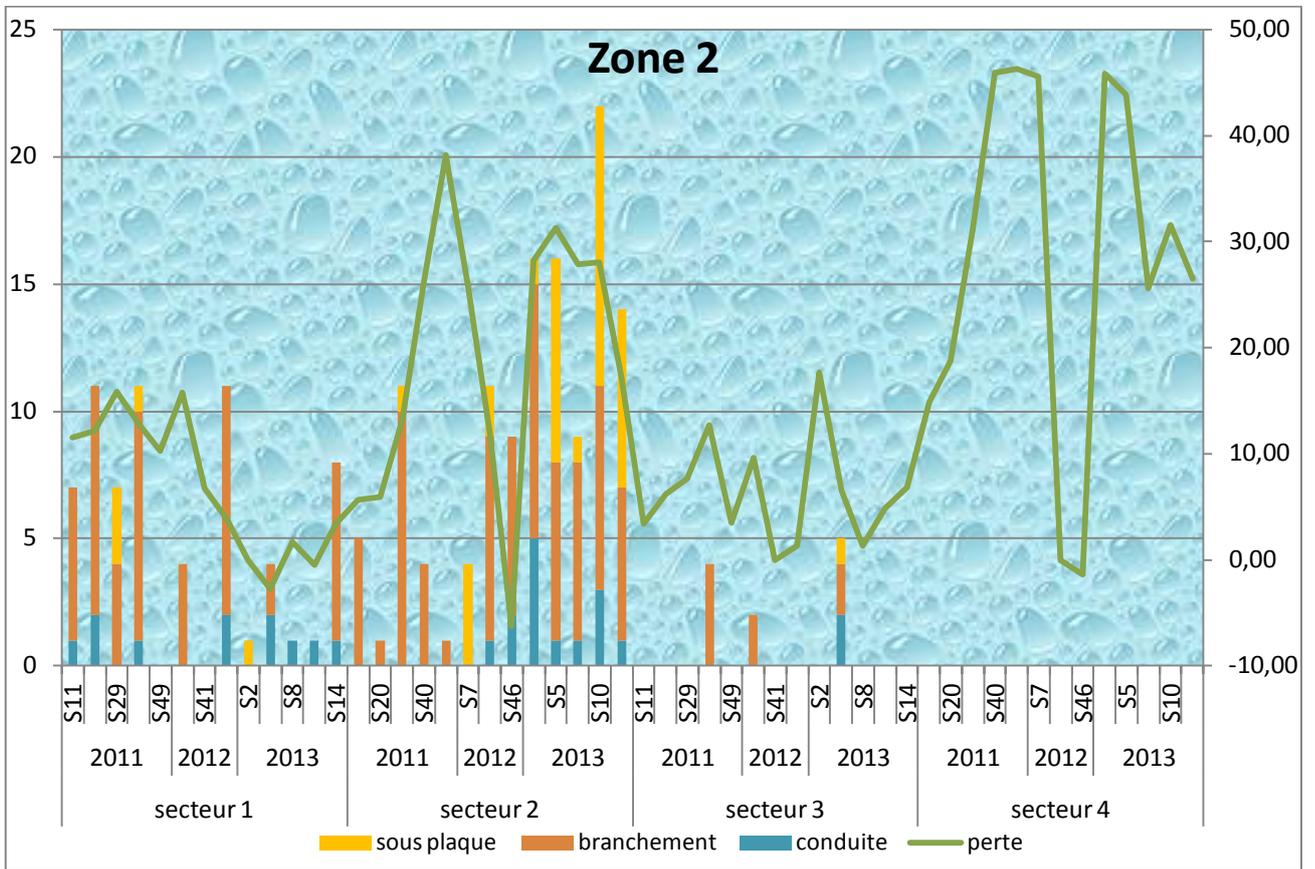


Figure 52: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour la zone 2.

Les secteurs 1 et 2 subissent une variation importante du débit de nuit, accompagné d'une détection notable des fuites, ce qui n'est pas le cas pour les secteurs 3 et 4 : On a un nombre de fuites total de : 200. Pour un linéaire de : 87,92 km. Ainsi $I.R = 2.274$ pour la zone.

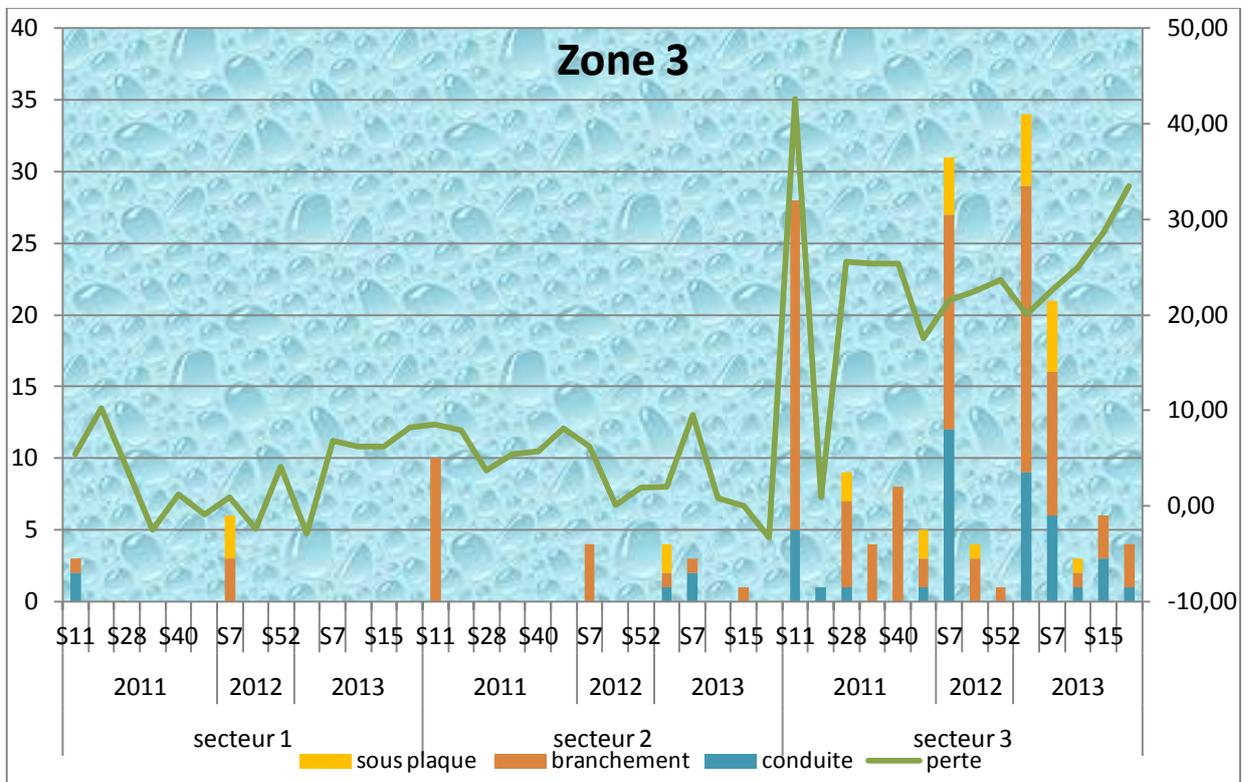


Figure 53: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour la zone 3.

Elle représente une variation de débit de pertes faible pour les secteurs 1 et 2, est légèrement importante pour le secteur 3.

Nombre de fuites total de : 190.

Pour un linéaire de : 84,65 km.

Ainsi :

I.R =2.24 pour la zone.

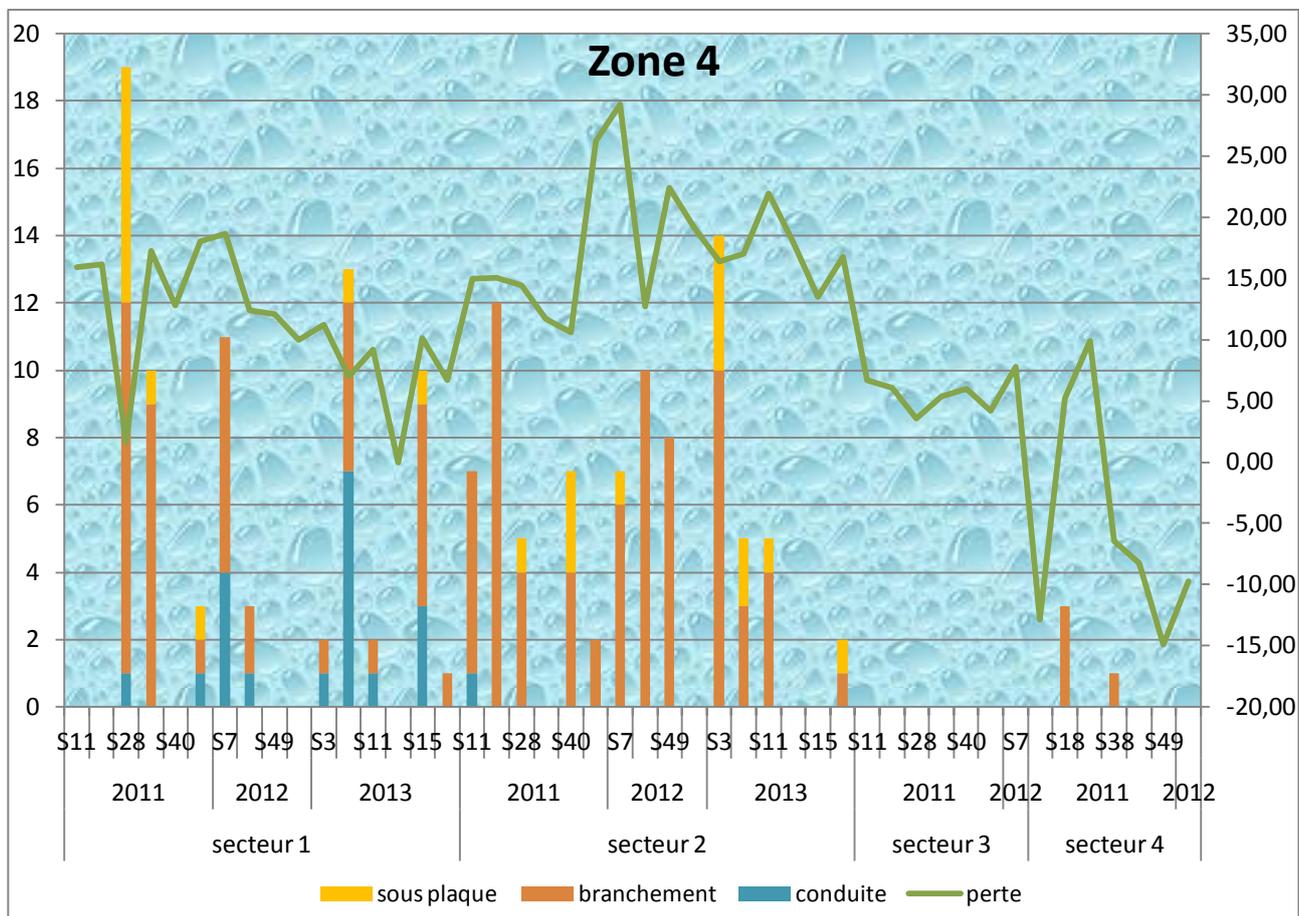


Figure 54: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour la zone 4.

On remarque une variation importante du débit de perte par rapport aux faibles valeurs de fuites détecté dans la zone Nombre de fuites total de : 188.

Pour un linéaire de : 59,68 km.

Ainsi : I.R =3.15 pour la zone.

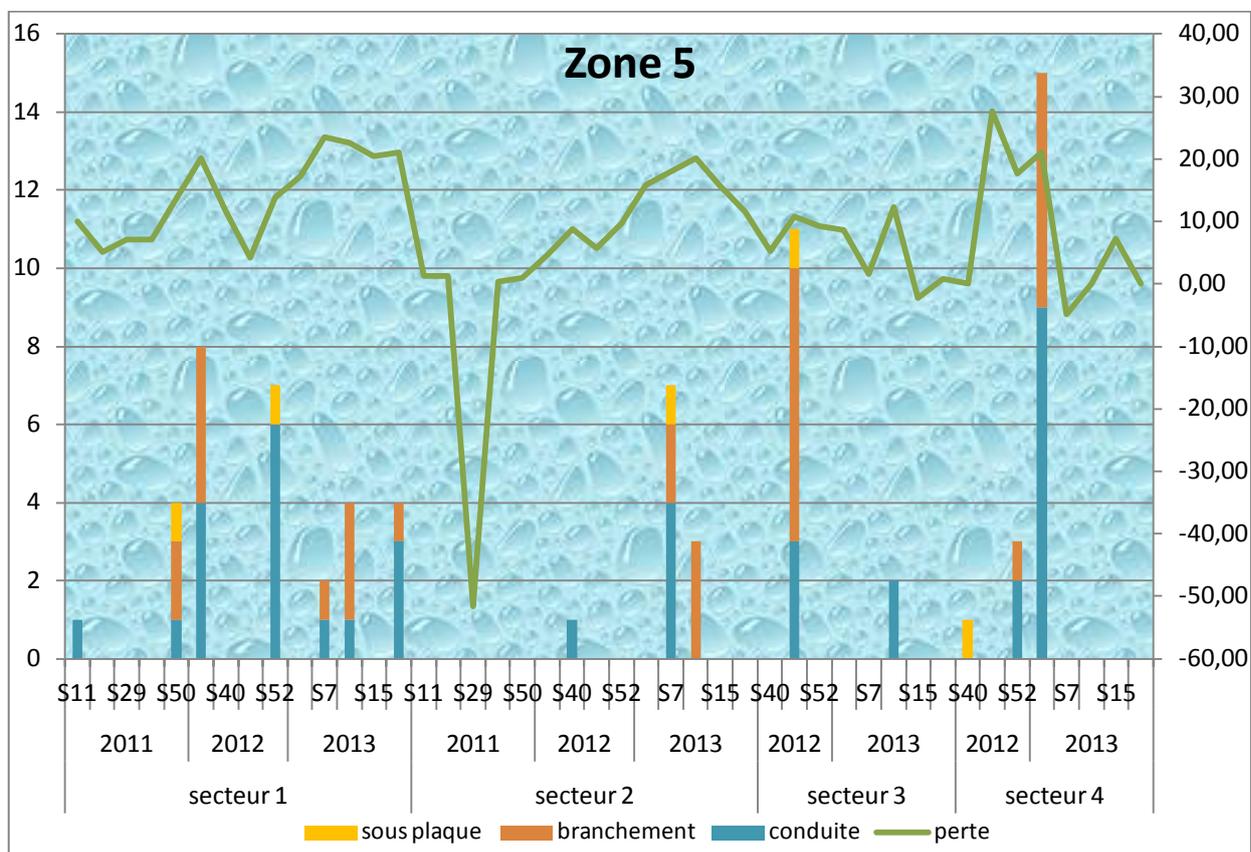


Figure 55: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour la zone 5.

On remarque des faibles variations du débit, et un faible pourcentage de fuites.

Nombre de fuites total de : 71.

Pour un linéaire de : 84,93 km.

Ainsi :

I.R =0.83 pour la zone.

Synthèse :

Les graphes suivant ainsi que l'indice de réparation ont permis d'identifier la zone 1 comme étant la zone la plus fuyard de l'étage 85 modulé puisqu'elle connaît le plus grand nombre de I.R ainsi que la plus grande variation du débit de perte, accompagnée par des valeurs élevées de ce dernier.

a) ETUDE DE LA ZONE 1 :

Nature canalisations :

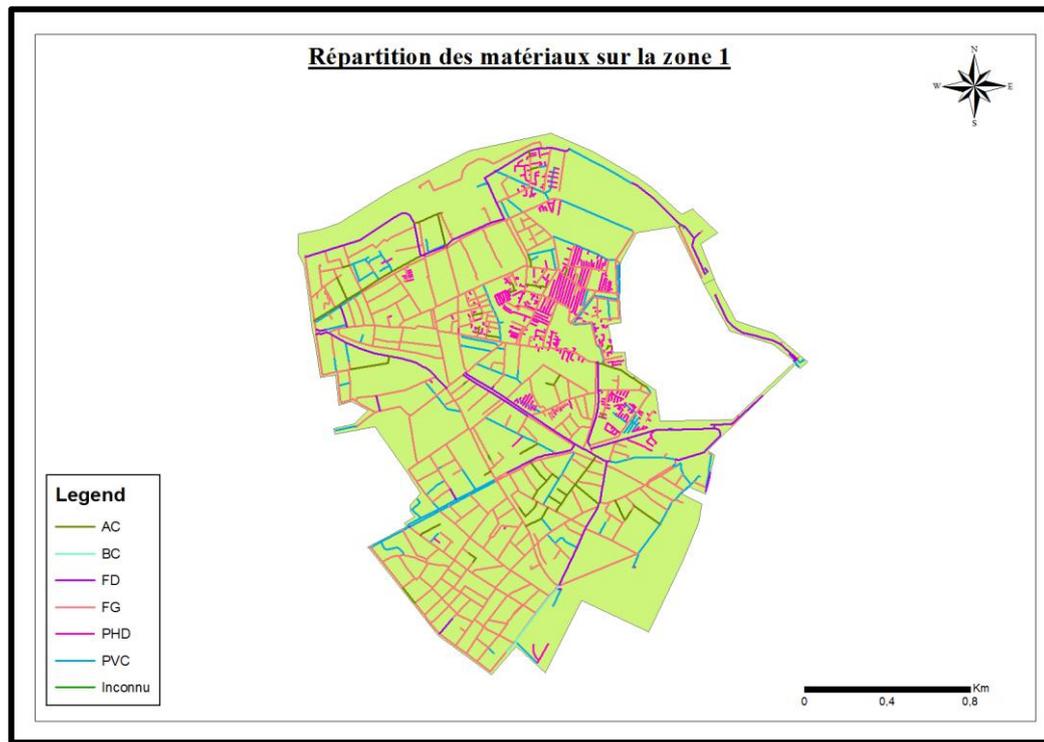


Figure 56: Répartition des matériaux sur la zone 1.

La fonte grise connu comme étant la plus ancienne matière utilisé dans la fabrication des conduites et des branchements, et dont le projet de renouvellement porte essentiellement sur sa restitution, représente dans notre zone un pourcentage dépassent le 50%.

Age des canalisations :

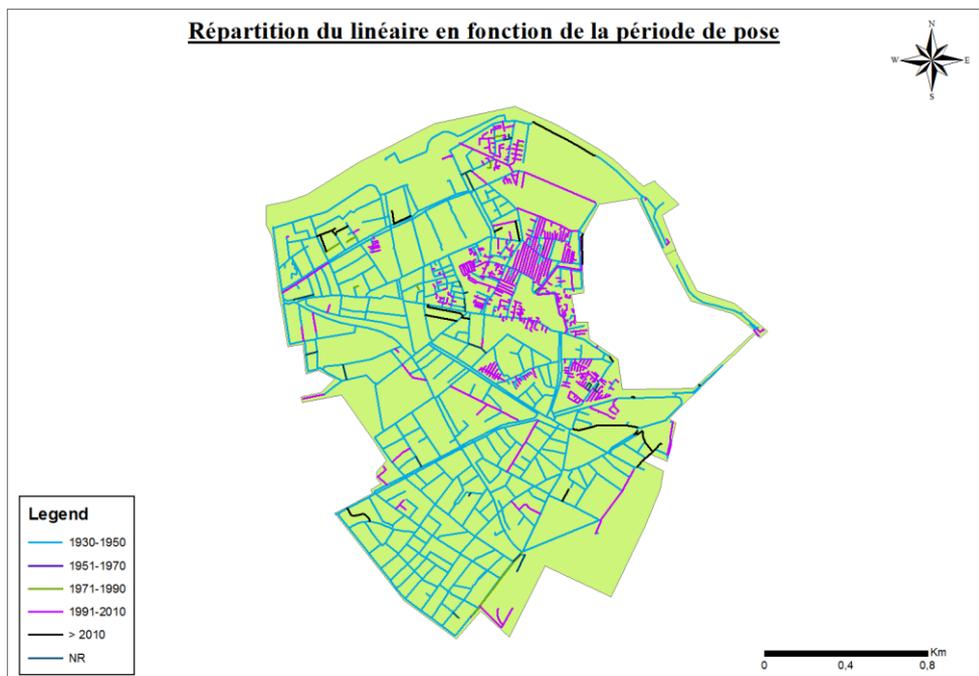


Figure 57: Répartition du linéaire en fonction de la période de pose de la zone 1.

Plus de 70% des canalisations de la zone 1 du réseau de Casablanca ont une ancienneté dépassent la cinquantaine, ce qui par conséquent représente l'un des caractères essentiel du renouvellement.

L'historique des fuites visible du D.P 1 (Délégation préfectoral d'Anfa) :

Les données de la DP sont sous forme de secteur de relève (élaboré afin d'aide les employés d'effectué des relevé de comptage dans des secteurs identifie, ils n'ont aucune relation avec les secteurs identifie par la sectorisation.

Les secteurs mentionné apparition a la zone 1.

Tableau 24: Fuites visible par secteur de relève.

secteur de relève	2013	2012	2011
5	16	20	22
6	20	11	29
7	10	11	32
8	21	28	28
9	14	11	18
10	4	9	5
18	5	4	2
19	8	13	21
20	28	22	42
21	5	12	25
22	15	24	49
23	5	17	12
24	13	18	21
25	8	18	32
26	13	24	19
66	6	13	25

Ainsi on calcule une valeur totale des fuites visible de 784.

Donc la valeur totale des fuites visible et invisible et de : 1349.

Ainsi le choix de la zone est élémentaire, puisque cette zone enregistre des débits de pertes importante accompagne d'un total de fuites très élevé qui témoins d'un réseau vieux et dégradé.

2. Etude des secteurs :

La zone 1 se divise en 2 secteurs: secteur 1 et 2.

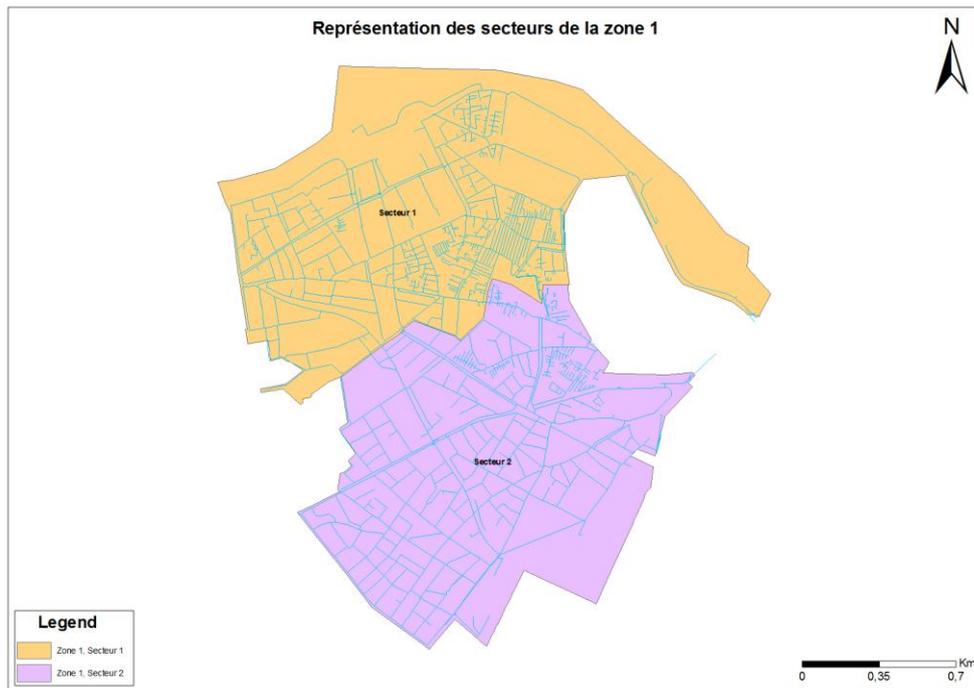


Figure 58: Représentation des secteurs de la zone 1

Débit de pertes et historique de fuites :

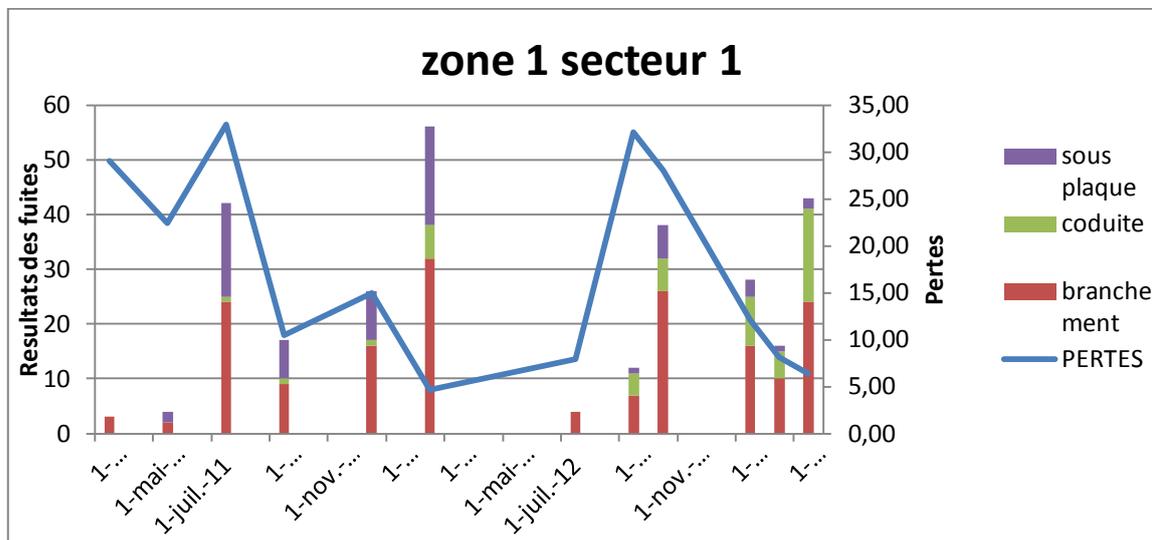


Figure 59: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour le secteur 1 de la zone 1.

On remarque pour la zone 1 une grande variation des 2 paramètres débit de pertes et fuites parallèlement, et suivant la même logique.

I.R du secteur et de 7,31.

Pour un linéaire de : 39,52.

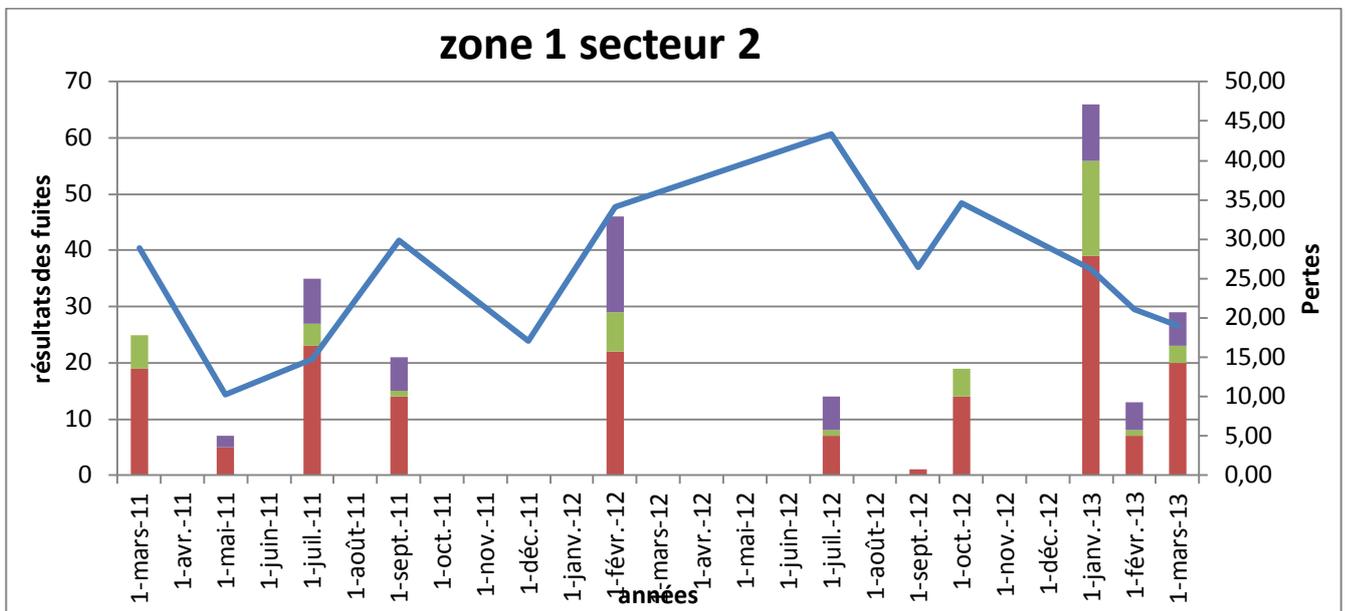


Figure 60: Histogramme des pertes et résultats des fuites pour le secteur 1 de la zone 1.

Secteur 2 représente un débit de perte important, accompagnée par des valeurs remarquable de fuites.

I.R du secteur et de 6,76.

Pour un linéaire de : 40,82.

Nature et âges de canalisation :

- Secteur 1

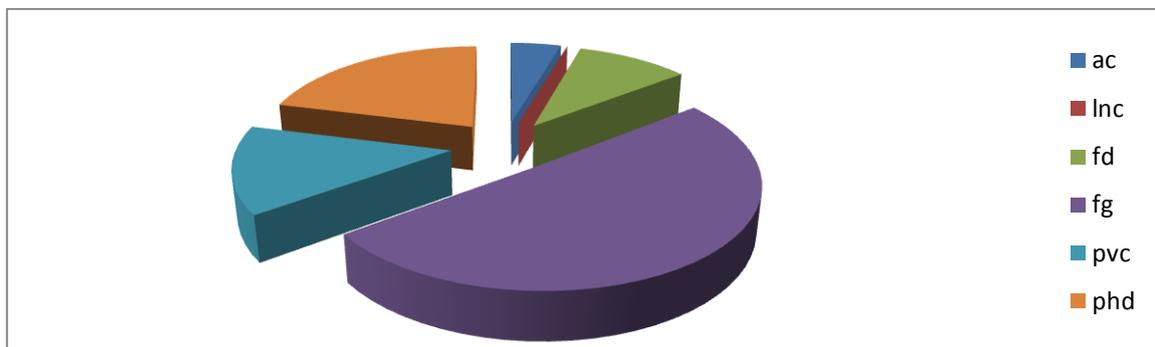


Figure 61: Répartition du matériel de canalisation dans le secteur 1 de la zone 1.

Le résultat du graphe est expliqué dans le tableau suivant :

Tableau 25: linéaire et pourcentage du matériel.

Nature	lin	pourcentage
Ac	1820,4904	4,5
Lnc	6,994917	0,01
Fd	4200,65135	10
Fg	20624,8519	50,4
Pvc	5716,8843	14
Phd	8592,34195	21
Total	40962,2148	100

Lnc : linéaire non connu.

La nature de la canalisation dominante et la fonte grise de plus de 50%.

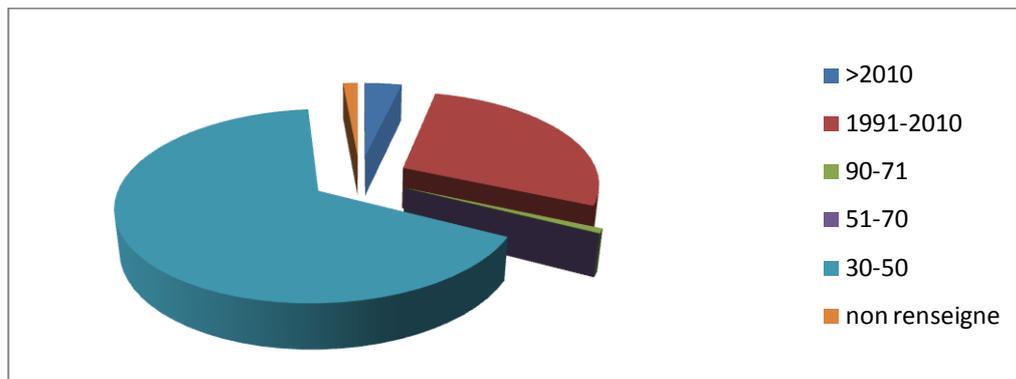


Figure 62: Répartition des canalisations par année de pose dans le secteur 1.

Le résultat du graphe est expliqué par le tableau suivant :

Tableau 26:linéaire et pourcentage des canalisations par années de pose.

date	linéaire	%
>2010	1488,39148	3,63
1991-2010	11387,5362	28
90-71	314,948357	0,8
51-70	0	0
30-50	27174,1597	66
non renseigné	597,178969	1,45
total	40962,2148	100

Un pourcentage de 66% de la canalisation total du secteur 1 a un âge inférieur à 50 ans est nécessite un plan d'intervention immédiat.

- Secteur2 :

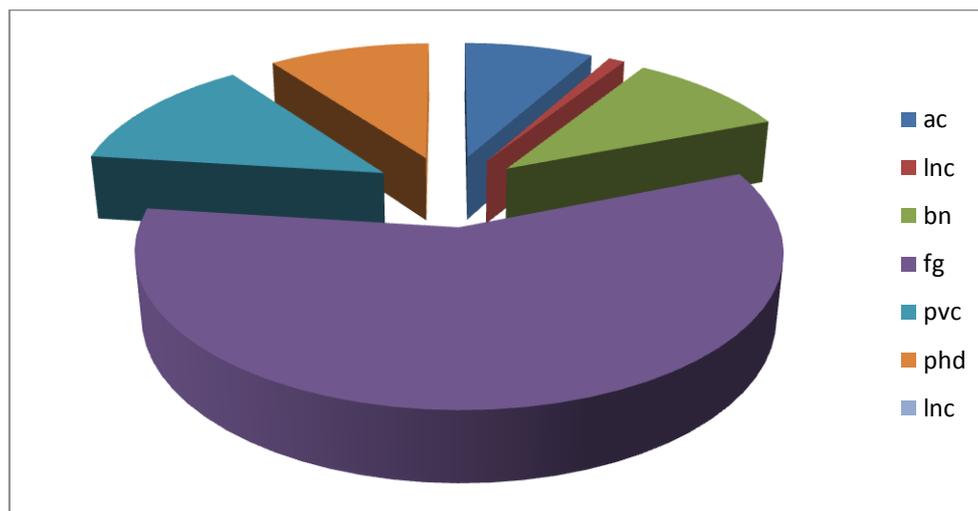


Figure 63: Répartition du matériel dans le secteur 2 de la zone 1.

Le résultat du graphe est expliqué par le tableau suivant :

Tableau 27: linéaire et pourcentage du matériel.

nature	lin	pourcentage
ac	2887,56748	8
lnc	416,44935	1
bn	3751,48084	10
fg	23705,9497	58
pvc	5671,4272	13
phd	4247,64255	10
lnc	0,319459	0,0007
total	40680,8366	100

58% de la canalisation et de fonte grise.

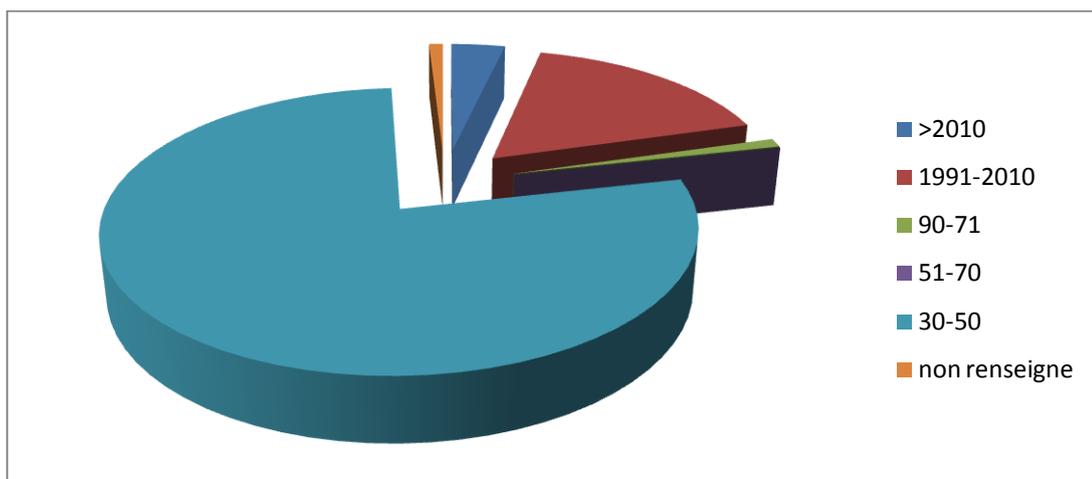


Figure 64 : Répartition des canalisations par année de pose pour le secteur 2.

Le résultat du graphe est expliqué par le tableau suivant :

date	linéaire	%
>2010	1467,56658	3,6
1991-2010	6717,63469	17
90-71	416,44935	1,02
51-70	0	0
30-50	31702,2179	78
non renseigné	376,968007	0,92
total	40680,8366	100

Un pourcentage de 78% de la canalisation est à un âge inférieur à 50 ans ce qui indique la dégradation et l'ancienneté du réseau.

3. Etude des step :

				date	DMN	PERTES	I.LP
Zone1	Secteur1	STEP 3	11,94	14/10/2011	4,20	-1,97	- 0,16499162
				28/07/2011	21,88	15,71	1,31574539
				06/09/2012	3,04	-3,13	- 0,26214405
				01/11/2012	5,33	-0,84	- 0,07035176
				31/05/2012	8,33	2,16	0,18090452
				23/04/2013	2,00	-4,17	- 0,34924623
		Step 4+5	22,65	14/10/2011	22,30	9,58	0,4293722
				28/07/2011	22,05	9,33	0,41816143
		Step 4	12,85	06/09/2012	17,17	10,75	0,83618677
				01/11/2012	15,80	9,38	0,72957198
				31/05/2012	13,00	6,58	0,51167315
				23/04/2013	13,00	6,58	0,51206226
		Step 5	9,8	06/09/2012	17,50	11,20	1,14285714
				01/11/2012	15,53	9,23	0,94183673
				31/05/2012	16,00	9,70	0,98979592
				23/04/2013	17,00	10,70	1,09183673
		Step 6	4,93	14/10/2011	4,69	2,23	0,45131846
				28/07/2011	4,63	2,17	0,43914807
	06/09/2012			6,66	4,20	0,85091278	
	01/11/2012			2,26	-0,21	- 0,04158215	
	31/05/2012			3,67	1,21	0,24442191	
	23/04/2013			4,00	1,54	0,31237323	
	Secteur2	Step1	11,38	05/10/2011	25,34	19,65	1,72671353
				30/12/2011	11,25	0,49	0,0429329
				25/05/2012	4,0	-1,7	- 0,14850615
				17/07/2012	17,8	12,1	1,05975395
				13/09/2012	10,45	4,76	0,41827768
				22/01/2013	14,10	8,40	0,73813708
				28/02/2013	14,60	8,90	0,78207381
		28/03/2013	20,40	14,70	1,29173989		
		16/04/2013	13,10	7,40	0,65026362		
		Step 2	6,22	05/10/2011	7,41	4,30	0,69131833
30/12/2011				2,03	0,03	0,004239	
25/05/2012				6,66	3,55	0,57073955	
17/07/2012				8,60	5,40	0,8681672	
13/09/2012				5,36	2,25	0,36173633	
18/11/2012	13,33			10,22	1,64308682		
22/01/2013	6,10			3,00	0,48231511		
28/02/2013	6,00	2,90	0,46623794				

				28/03/2013	4,50	1,40	0,22508039
				16/04/2013	9,10	6,00	0,96463023
		Step 7	4,6	05/10/2011	4,49	2,19	0,47608696
				30/12/2011	5,75	0,75	0,16304348
				25/05/2012	13,7	11,4	2,47391304
				17/07/2012	2,4	0,1	0,03043478
				13/09/2012	4,4	2,10	0,45652174
				22/01/2013	2,10	-0,20	-
				28/02/2013	3,20	0,90	0,19565217
				28/03/2013	5,50	3,20	0,69565217
				16/04/2013	4,30	2,00	0,43478261
				Step 8	6,85	05/10/2011	6,83	3,41	0,49708029
		30/12/2011	10,81			1,08	0,15738718
		06/06/2012	15,3			11,89	1,7350365
		18/07/2012	18,5			15,11	2,20510949
		09/11/2012	18,1			14,72	2,14817518
		22/01/2013	11,2			7,80	1,13868613
		01/03/2013	4,96			1,54	0,22481752
		29/03/2013	4,77			1,35	0,19708029
		Step 9+10	11,95	17/04/2013	6,00	2,58	0,37664234
				05/10/2011	10,6	4,75	0,39707113
				30/12/2011	10,14	0,36	0,03037479
		Step 9	5,75	22/01/2013	12,13	6,50	0,54393305
				06/06/2012	4,2	1,33	0,23043478
				18/07/2012	3,8	0,91	0,1573913
				09/11/2012	5,7	2,87	0,49826087
				22/01/2013	2,4	-0,50	-
				01/03/2013	4,2	1,3	0,23130435
				29/03/2013	3,6	0,7	0,12
		Step 10	6	17/04/2013	2,0	-0,9	-
				06/06/2012	7,5	4,5	0,74333333
				18/07/2012	8,4	5,4	0,90666667
				09/11/2012	10,3	7,3	1,21
22/01/2013	9,9			6,9	1,15		
01/03/2013	6,9			3,9	0,64333333		
29/03/2013	5,3			2,3	0,38833333		
		17/04/2013	8,0	5,0	0,83333333		

Les mesures du steps testing,

Le calcul de l'indice linéaire de pertes ainsi exprimé : $I. L. P = \frac{Pertes}{Linéaire}$

Nous ont permis d'identifier les steps fuyards (coloré par le rouge) se sont les steps dont le I.L.P est supérieur à 0,7.

Résultats :

- Secteur 1 : step 4 et 5.
- Secteur 2 : step 1 et 2 et 10.

Historique des fuites :

	les step	Fuites	
		2013	2012
zone 1 s 1			
	step 2	0	1
	step 3	17	29
	step 4	42	46
	step 5	11	30
	step 6	0	6

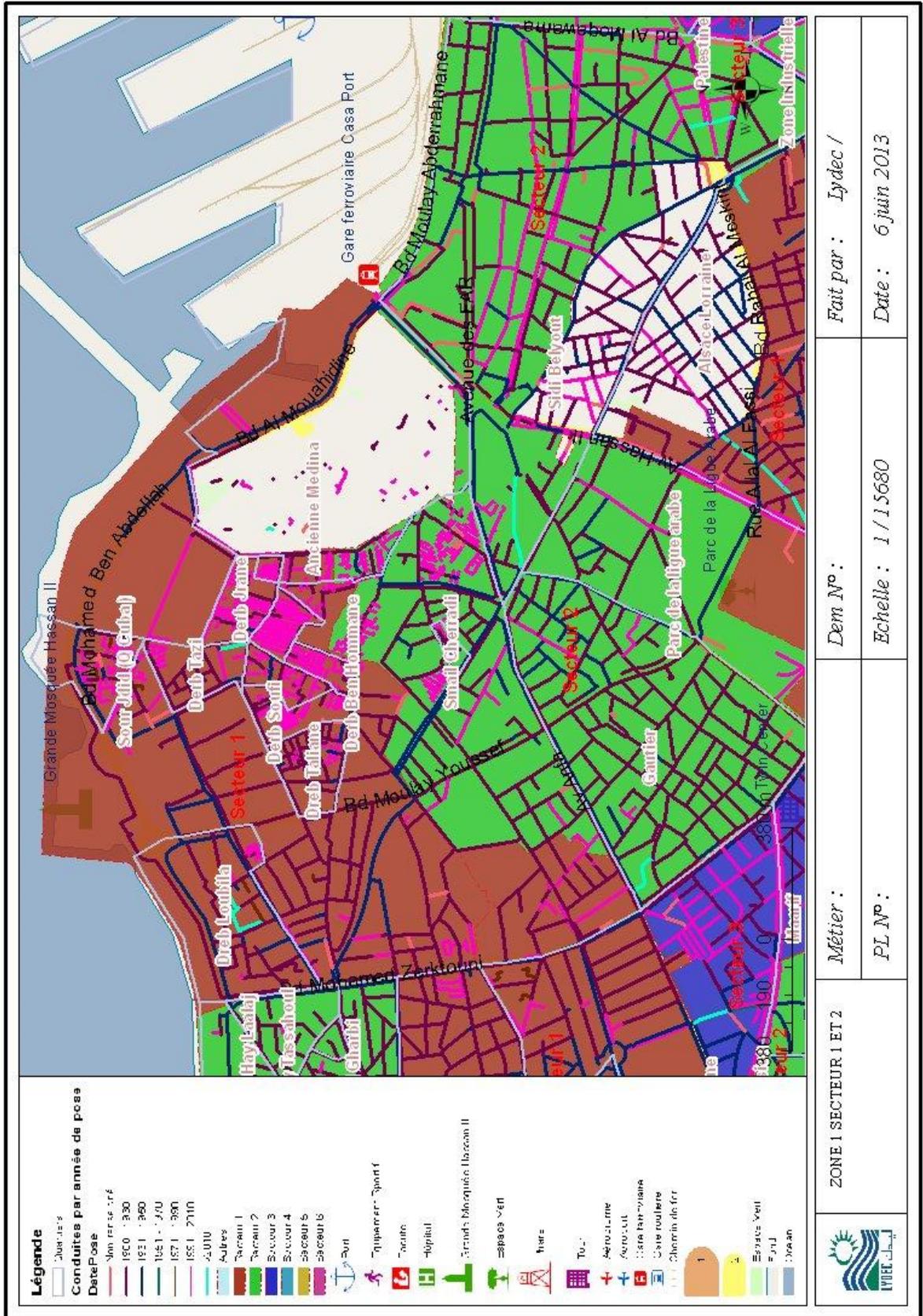
zone 1 s 2	step 1	35	22
	step 2	10	5
	step 4	2	1
	step 5	0	1
	step 7	12	11
	step 8	10	10
	step 9	10	10
	step 10	5	11

Les résultats de l'historique des fuites confirment nos choix des steps.

4. Etude des quartiers :

Certain quartier s'étend sur des steps, des secteurs, des zones ou même des étages, ce qui rend la localisation des quartiers plus délicat.

Figure 65:
Situation des
quartiers sur
la zone 1
(Carte à jour).



Nature et âge des canalisations :

Les quartiers suivant présentent ceux à fort nombre de fuites :

Tableau 28: Pourcentage des canalisations par année de pose dans les quartiers.

Secteur	Quartier	date de pose %					
		non renseigné	1930-1950	1951-1970	1971-1990	1991-2010	> 2010
1	<i>Val Anfa</i>	6,8	35,1	6,7	47,017	0	4,17
2	<i>Gautier</i>	1,76	53,1	0	40,8	5,4	0
2 et 1	<i>Bourgogne</i>	4,08	61,27	0	0	0	0,604
1	<i>ancien medina</i>	3,8	22,23	47,28	18,21	0	8,45
1	<i>Loubila</i>	0	97,5	0	0	2,5	0
1	<i>derb ben hommane</i>	0	56	0	0	44	0
1	<i>derb abdlah</i>	0	26,8	0	0	73,17	0
1	<i>derb talianne</i>	2	96	0	0	0	2
2	<i>derb el hank</i>	9,6	85	0	0	5,4	0
1	<i>sidi belyout</i>	0	83,15	0	0	10,2	6,36

Tableau 29: Tableau 26: Pourcentage des canalisations par nature dans les quartiers.

Secteur	Quartier	nature de la canalisation %					
		AC	BC	FD	FG	PVC	PHD
1	<i>Val Anfa</i>	51,31	0	14,1	25,8	0	0
2	<i>Gautier</i>	0,87	40,8	6,33	46,13	5,86	0
2 et 1	<i>Bourgogne</i>	0,38	0	20,5	73,71	5,4	0
1	<i>ancien medina</i>	8,45	0	18,21	47,28	22,23	3,8
1	<i>Loubila</i>	5	0	11,5	81	0	2,5
1	<i>derb ben hommane</i>	0	0	0	56	0	44
1	<i>derb abdlah</i>	0	0	0	26,8	68	5,2
1	<i>derb talianne</i>	0	0	0	96	4	0
2	<i>derb el hank</i>	0	0	41,5	43,4	9,6	5,4
1	<i>sidi belyout</i>	1,3	24,3	25,82	31,37	17,21	0

D'après ces tableaux on constate que les quartiers qui nécessitent plus d'attention sont :

- Gautier : S'étend sur les zones 1 et 3 de l'étage 85 modulé.
- Bourgogne : S'étend sur les zones 1 et 2 de l'étage 85.
- Ancien medina : une grande partie s'étend sur l'étage 55 modulé et l'autre sur l'étage 85 modulé zone 1 secteur 1.
- Sidi belyout : zone 1 secteur 1.
- Loubila : zone 1 secteur 1.

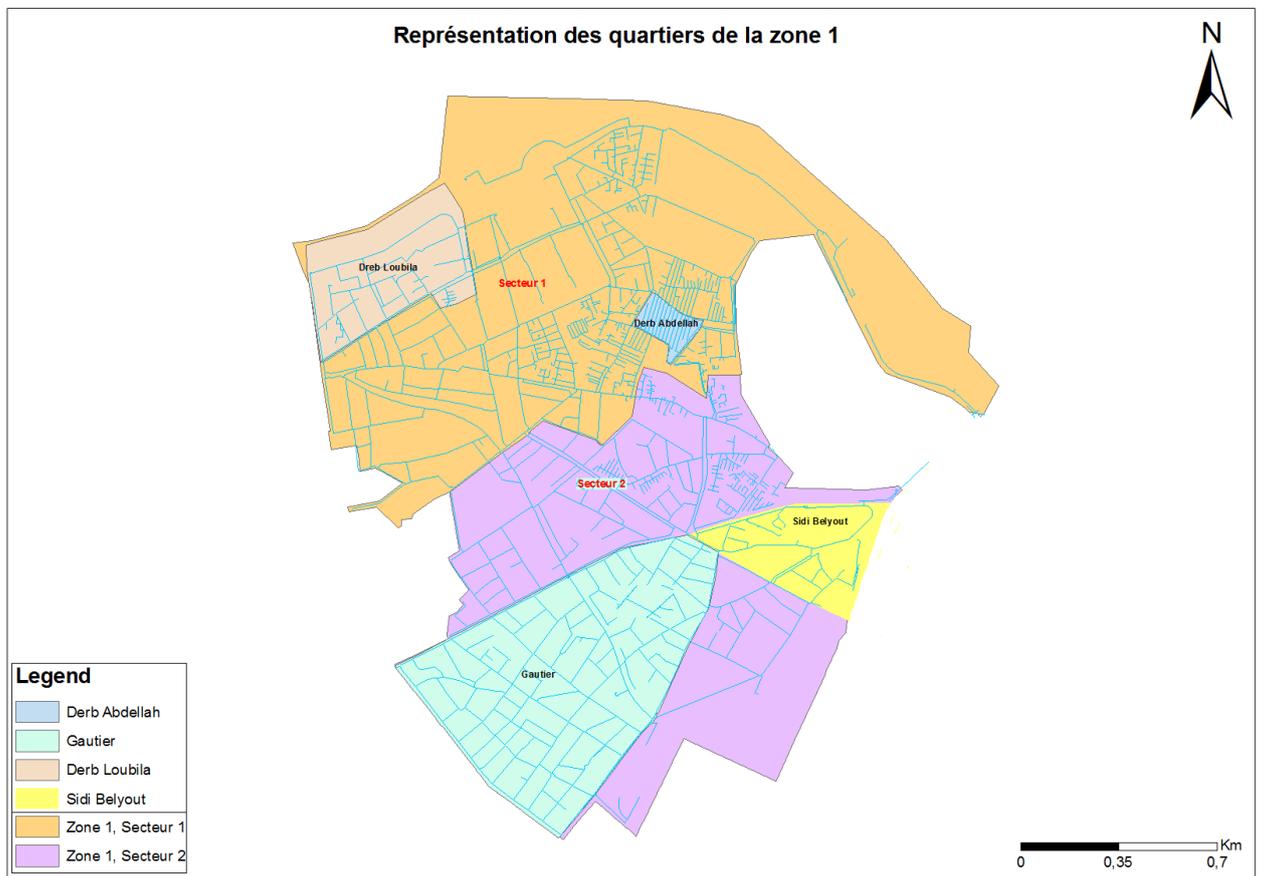


Figure 66: Répartition de certain quartier sur la carte.

5. Identification des rues :

Pour cela on s'est basé sur les données du pré-logue fixe.

Les pré-logue fixe sont installé dans des points de mesure (bouche à clé, vanne....) dans les zones fuyardes. A chaque pré-logue est attribué un numéro qui permet d'identifier la rue, le step et le quartier.

Tableau 30:Emplacement du pré-logue par quartier, step et rue.

	n de pré-logue	FUITES		Quartier	STEP	LOCALISATION
		2013	2012			
s1	1001	1	40	Derb loubila	4	Rue goulmima / Rue rhamna.
	1002	1		.....	3	Rue anatole France/ Rue gustave nadaud.
	1003	1		El hank	3	Rue chrarda/ Rue ouled Said.
	1004	1		Derb loubila	3	Rue Al brouj/Bd Hank.
	1013	2		Derb loubila	3	Bd Mly youssef/IMM.
	1020	2		derb talienne	3	Rue Boukraa/Bd Mly Youssef.
	1023	2		derb talienne	3	Rue Goulmima / impass.
	1025	3		Derb Hommane	4	Rue 18/Rue Goulmima.
	1027	1		Derb Hommane	4	Rue 20/Rue 23 Derb abdellah.
	1030	7		Ancien medina	4	Rue 1/Rue mbarek ben brahim.
	1033	2		Ancien medina	5	Rue 1/Rue sour jdid Quartier Cuba.
	1035	1		.....	5	Rue 3/Rue Abda.
	1037	2		Ancien medina (rue senegal)	4	Rue de Doukkala/Rue de Boukraa.
s2	1045	1	11	Gautier	9	Rue Taha Houssein /Rue Moussa bnou Nouceir.
	1049	1		hay mansour	8	Rue IbnBrahim Al Morrakochi/Bd Anfa.
	1050	1		Maarif	10	Rue Ali Ibn Abi Talib /Bd Brahim Roudani.
	1051	1		Gautier	9	Rue Sebou/Rue Badr Assayab.
	1060	1		Sidi belyout	2	Rue Jabir Ibn Hayane /Rue des Anglais.
	1065	2		Bd rachidi	7	Rue Abderrahman Asahraoui/ Rue Bd Rachidi.
	1070	1		gautier	2	Rue des Anglais/ Rue 13.
	1071	2		rue moha ou said	1	Rue Moha ou Said/Rue khalifa.
	1073	1		Gautier	1	Rue des Anglais/ Impasse.
	1076	1		rue aboukassem chabi	.....	Rue Mostafa Al Manfalouti/Rue Ilya Abou Madi.
	1077	1		Gautier	9	Rue Franche Comté/Bd Zerktouni.

L'intersection entre les quartiers fuyards et dégradé et les steps déjà identifié permet de déduire les rues.

Historique des fuites :

Tableau 31: Historique des fuites des rues.

Quartier	Rue	FUITES VISIBLE			FUITES INVISIBLE		
		2013	2012	2011	2013	2012	2011
Ancien medina	Rue goulmima	13	12	22	12	12	17
Ancien medina	Rue mbarek ben brahim	7	4	3	7	4	3
Derb tazi	Rue senegal	2	3	3	2	3	3
Ancien medina	Rue tiznit	2	3	5	2	3	2
Ancien medina	Rue des anglais	8	4	0	7	4	8
Gauthier	Rue algerie	4	0	6	2	0	6
Gauthier	Rue taha houciné	3	4		3	4	9
Derb abdallah	Rue tafilalte	1	5		1	5	3
Derb tazi	Rue rguibate	1	8	5	1	8	6

Conclusion :

Donc les rues destinées au renouvellement sont :

Tableau 32: Résultats de la recherche.

Rue	Linéaire	Nature	Diamètre
Rue goulmima	1660,389	Fg	100, 150, 60
Rue mbarek ben brahim	.....	Fg	100,15
Rue senegal	93,98	Fg	150
Rue tiznit	66,4	Fd	300
Rue des anglais	45,5	Fg	100
Rue algerie	612	Fd	300
Rue taha houciné	752,68	Fg	150
Rue tafilalte	253	Fg	100
Rue rguibate	421,74	Pvc	70
		Fg	150

Conclusion :

Grace à l'étude multicritères qu'on a effectué on a pu déterminer les rues à renouveler dans les deux étages, l'exécution de cette opération va permettre l'amélioration du rendement et apportera un bénéfice économique a la LYDEC ce dernier sera calculé comme suivant.

On a le prix d'achat d'un m³ d'eau = 4.96 centime

Perte (l/S)/1000 = perte (m³/S).

Gain (cts/an) = pertes (m³/S)*4.96*60*60*24*365

Donc le gain en cts par années pour chaque step sera comme présentait dans les tableaux suivant :

ETAGE 85 NON MODULE :

Tableau 33: Les bénéfices en cts.

zone	secteur	Step	pertes(l/S)	perte (m ³ /s)	gain en
10	3	11			
		12			
		8			
	4	13	7,36	0,0345184	1088572,262
		14	9,56	0,0448364	1413960,71
11	2	6	8,2	0,038458	1212811,488
	3	9	9	0,04221	1331134,56

Bénéfice totale= 5046479,021 cts/an

ETAGE 85 MODULE

Tableau 34: Les bénéfices en cts.

zone	secteur	les step	perte (l/s)	perte	Gain (centime/an)
1	2	step 4	6,58	0,00658	1029234,125
		step 5	10,7	0,0107	1673678,592
	3	step 1	7,4	0,0074	1157497,344
		step 2	6	0,006	938511,36
		step 10	5	0,005	782092,8

Bénéfice totale = 5581014,22 cts/an

Le renouvellement des canalisations est une méthode efficace pour la maintenance du réseau, malgré son coût cher, cette action garantit une amélioration du rendement une réduction importante des pertes ainsi qu'un pourcentage de lucre important qui compense toute déperdition.

CONCLUSION GENERALE

A la fin de notre stage d'un mois et demi à Lydec de Casablanca, nous avons pu élaborer un plan d'action qui se base sur l'étude multicritères ayant pour but la localisation des rues nécessitant une intervention de renouvellement du réseau d'alimentation en eau potable au niveau de l'étage 85.

Cela il est indispensable de réduire le linéaire à prospecter, en se basant sur un ensemble de paramètres, tels que:

- Le débit de perte et l'historique des fuites pour la localisation des zones.
- L'Indice Linéaire de Réparation, pour la localisation des secteurs. (ainsi que le débit de perte et l'historique des fuites...).
- L'Indice Linéaire de Perte pour la localisation des steps.
- La nature et l'âge de pose des canalisations, pour la localisation des quartiers.
- Les données de la pré-localisation fixe, pour l'étage 85 modulé et l'historique de fuites pour l'étage 85 non modulé.

Cette démarche nous a permis de :

- localiser les rues fuyardes, dont la somme du débit de perte dépasse 70 l/s
- localiser les rues dont la canalisation dépasse 50 ans,
- la canalisation de nature Fonte Grise,

L'exécution du renouvellement, en 2014, sur l'ensemble des rues choisies permettra à Lydec d'économiser, chaque année, plus de 2,3 millions de m³ d'eau potable.

Référence bibliographique :

- HORRA M. R. (2008 – 2009).Diagnostic du réseau de Casablanca pour le choix des matériaux de conduites d'eau potable PROJET DE FIN D'ÉTUDES École MOHAMMADIA d'Ingénieurs Rabat (130 p)
- GIRONDE S. (version juin 2004) : Module de sectorisation des réseaux d'eau potable. (84p)
- RETTAB A. (Septembre 2010) : Manuel métier sectorisation, projet interne, DEEA, LYDEC CASABLANCA. (36p)
- Manuel Métier Réseaux, (mai 2007) Rapport interne, Lyonnaise des eaux, Casablanca,
- Rapport ENF (eaux non facturé), projet interne, Casablanca, (mars 2012) LYDEC version (110p).
- SECTORISATION PERMANENTE CASABLANCA L'ETAGE 85 (2011) General Water Savings, projet interne, Casablanca (51p).

