



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Hadj Lakhdar- BATNA

Institut de Génie Civil, d'Hydraulique et d'Architecture.

Département d'Hydraulique

Mémoire de Magistère en Hydraulique

Option : Construction Hydrotechnique et environnement

Présenté par :

Mr. TARFAYA CHAFAI

Pour obtenir le diplôme de Magistère en Hydraulique

APPROCHE METHODOLOGIQUE POUR LE DIAGNOSTIC DES RESEAUX D'EAU

Sous la direction de : Mr. HOUICHI LARBI

Mémoire soutenu le : 19/04/2012

Devant le jury composé de :

Jury	Grade	Affiliation	Qualité
Mr. BOUDOUKHA Abderrahmane	PROF.	Université de Batna	Président
Mr. HOUICHI Larbi	MCA	Université de Batna	Rapporteur
Mr. BENKHALED Abdelkader	MCA	Université de Biskra	Examineur
Mr. DJEMILI Lakhdar	MCA	Université de Annaba	Examineur

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ceux qui m'ont soutenu au long de mes études, qui m'ont
toujours poussé vers le chemin du savoir, à ma source d'amour
et d'affection, les deux êtres les plus chères au monde :

Mes Chers parents : *Med Tahar et Massaouda.*

A ma femme *DJOHRA*

A ma grande famille frères et sœurs

A tous mes amis

A tous ceux qui me sont cher(e)s

A tous les Universitaires

TARFAYA CHAFAI

Remerciements

Le grand merci au bon Dieu tout puissant qui m'a protégé le long de mon cursus d'étude.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance et ma gratitude à celui qui m'a aidé pour élaborer ce travail, Mr. HOUICHI Larbi, Maître de Conférences à l'université de Batna, d'avoir accepté l'encadrement de ce thème malgré ses empêchements.

Je tiens à remercier infiniment Monsieur BENGORA Djamel, Maître assistant à l'université de Batna, qui a bien voulu m'avoir accueilli au sein de son bureau. Il m'a énormément aidé pour enrichir ce mémoire, par sa méthodologie et ces précieux conseils, je le remercie admirablement pour sa disponibilité et sa patience à répondre à mes diverses questions, malgré ses empêchements lui aussi.

Je remercie Mr. BOUDOUKHA Abderrahmane, Professeur à l'université de Batna, qui m'a fait l'honneur d'avoir accepté de présider le jury, qu'il reçoit d'avance mes respects.

Mes remerciements à Mr. BENKHALED Abdelkader, Maître de Conférences à l'université de Biskra, d'avoir accepté d'examiner mon modeste travail, à qui je lui présente ma considération.

J'exprime ma reconnaissance et mon estime à Mr. DJEMILI Lakhdar, Maître de Conférences à l'université d'Annaba, pour sa volonté d'être présent en sa qualité d'examineur.

Résumé

En Algérie, les services publics d'approvisionnement en eau potable et industrielle sont disponibles dans toutes les grandes et moyennes villes. On estime que pratiquement toute la population urbaine est branchée à des réseaux publics de distribution d'eau potable. Le taux de desserte pour la population rurale agglomérée est de 70 % environ.

Partons de cette situation nous avons synthétisé cinq méthodes utilisées pour le diagnostic des réseaux d'eau. Quatre d'entre elles utilisées par les services d'eau en Europe ; l'une par les directions de l'hydraulique en Algérie.

Après comparaison et tenant compte de la réalité Algérienne ; une méthode a été proposée et détaillée dans le but de mettre à niveau les systèmes d'alimentation existants.

Mots clés : Diagnostic, Réseaux, Fuites, Modélisation, Système d'Information Géographique.

ملخص

إن المصالح العمومية المكلفة بتموين السكان بالمياه الصالحة للشرب و كذا تزويد المنشآت الصناعية بالكميات الضرورية من المياه موجودة في كل المدن الجزائرية الكبرى منها و المتوسطة ، كما أن التجمعات الحضرية تحظى في مجملها بالإستفادة من خدمات شبكات المياه وتقدر نسبة ربط التجمعات السكنية الريفية بشبكات توزيع المياه الشروب بـ 70 بالمائة.

إنطلاقاً من هذه الحيثية تم اختيار خمسة مناهج لتشخيص شبكات المياه، أربعة منها تستعملها المصالح الأوروبية المختصة وواحدة معتمدة من طرف مديريات الري الجزائرية.

بعد المقارنة بين هذه المناهج، تم اقتراح طريقة مفصلة بغرض تطوير أنظمة المياه الصالحة للشرب تماشياً مع معطيات الحالة الجزائرية الراهنة.

كلمات مفتاحية: التشخيص، الشبكة، التسرب، النمذجة، نظام المعلومات الجغرافية.

Abstract

In Algeria, the public services of water supply and industrial are available in all the large and middle cities. It's practically estimated that all the urban population is connected to the public networks of distribution of drinking water. The rate of service for the agglomerated rural population is around to 70 %.

From this situation we started to synthesize five methods used for the diagnosis of the water supply networks. Four of them were used by the water services in Europe and just one was employed by the directions of hydraulics in Algeria.

After comparison and taking account of Algerian reality; a method was proposed and detailed in order to update the existing water systems.

Key words: Diagnosis, Networks, Leak, Modelling, Geographical Information System.

Introduction générale	1
Chapitre 1 : Contexte et problématique	
Introduction	3
1.1. Les réseaux d'eau potable	3
1.2. Les éléments spécifiques des réseaux d'eau potable	3
1.2.1. Captages	4
1.2.1.1. Captage des eaux souterraines	4
1.2.1.2. Captage des eaux de surface	6
1.2.1.3. Captage des eaux de sources	7
1.2.2. Traitement des eaux	8
1.2.3. L'Adduction	9
1.2.3.1. Types d'adduction	9
1.2.4. L'accumulation (stockage)	10
1.2.5. La distribution	12
1.2.5.1. Structure du réseau d'Alimentation en eau potable (AEP)	12
1.2.5.2. Classifications des réseaux	15
1.3. Dysfonctionnement des réseaux d'eau et problématique des fuites	17
1.3.1. Le Vieillissement d'un réseau d'eau	18
1.3.1.1. Définition du vieillissement d'une conduite d'eau potable	18
1.3.1.2. Mauvais fonctionnement hydraulique du réseau engendré par le vieillissement	18
1.3.1.3. Dommages divers engendrés par le vieillissement d'une conduite	19
1.3.2. Évaluation du vieillissement d'une conduite	20
1.3.2.1. La qualité de l'eau	20
1.3.2.2. La diminution de la capacité de transport	20
1.4. La problématique des fuites	21
1.4.1. Types des fuites	21
1.4.1.1. Les fuites diffuses	22
1.4.1.2. Les ruptures (défaillances) ou les fuites apparentes	22
1.5. Causes des fuites	27
1.5.1. Les différentes contraintes qui agissent sur une canalisation	27

1.5.2. Les éléments influençant l'apparition des fuites	28
1.5.2.1. Les éléments propres à la canalisation	28
1.5.2.2. Les éléments extérieurs aux réseaux	29
1.5.2.3. Les éléments liés à l'exploitation des réseaux	31
1.6. Les manifestations des fuites	32
1.7. Conclusion	32

Chapitre 2 : Etude de fiabilité des réseaux

2.1. Indices de fiabilités hydrauliques	33
2.1.1. Indice de criticité hydraulique	33
2.1.2. Indice de déficience aux nœuds	33
2.2. Le rendement	33
2.2.1. Rendement primaire	34
2.2.2. Rendement net	34
2.2.3. L'indice linéaire de perte des réseaux d'eau potable	34
2.2.4. L'indice linéaire de perte primaire	34
2.2.5. L'indice linéaire de perte net	34
2.2.6. Indice linéaire de consommation	35
2.2.7. Indice linéaire de production	35
2.3. La recherche des fuites	35
2.3.1. La détection des canalisations	35
2.3.2. Recherches des fuites	35
2.3.3. Méthodes de recherches des fuites	35
2.3.3.1. La technique du gaz traceur	36
2.3.3.2. La thermographie	36
2.3.3.3. Le géoradar	36
2.3.3.4. Méthode acoustique	36
2.3.3.5. Quantifications	37

Chapitre 3 : Les approches méthodologiques : Etat de l'art

3.1. Introduction	40
3.2. Méthodes utilisées pour le diagnostic des réseaux d'eau	40
3.2.1. Méthode 1: utilisée par la collectivité du département de la Haute-Savoie	40
3.2.2. Méthode 2: utilisée par la SAGE nappe Profond de Gironde	43
3.2.3. Méthode 3 : Fiche 14 Diagnostic du réseau ; Site internet	46
3.2.4. Méthode 4 : utilisé dans l'étude du diagnostic du réseau d'alimentation en	50
3.2.5. Méthode 5 : utilisé dans l'étude du diagnostic et expertise du réseau de	52
3.3. Conclusion	52

Chapitre 4 : Méthodologie proposée pour le diagnostic dans le contexte Algérien

4.1. Introduction	53
4.2. Les étapes de la méthodologie proposée pour le diagnostic dans le contexte Algérien	53
4.2.1 Etape 1 : Saisie des plans et données du système existant (Cartographie)	53
4.2.1.1. Préparation des fonds de plan	53
4.2.1.2. Recueil des données	54
4.2.1.3. Vérification du système d'AEP	54
4.2.1.4. Préparation des plans du système d'AEP existant	55
4.2.1.5. Systèmes d'information géographique (SIG)	55
4.2.1.6. Préparations du rapport du SIG	59
4.2.2. Etape 2 : Diagnostic du réseau de distribution existant	60
4.2.2.1. Découpage du réseau en secteur	60
4.2.2.2. Diagnostic du réseau	63
4.2.2.3. Enquêtes et mesure chez les abonnés	64
4.2.2.4. Modélisation du réseau de distribution	66
4.2.2.5. Rapport sur le diagnostic, sectorisation, enquêtes et mesure chez les	71
4.2.2.6. Rapport sur le fonctionnement du réseau	71
4.2.3. Etape 3 : Diagnostic du système d'AEP existant	71
4.2.3.1. Diagnostic du système de production	72
4.2.3.2. Diagnostic des stations de traitement	72
4.2.3.3. Diagnostic des lignes d'adduction	73

4.2.3.4. Diagnostic des stations de pompage	73
4.2.3.5. Diagnostic des réservoirs	73
4.2.3.6. Diagnostic du système de mesures	74
4.2.3.7. Diagnostic de l'ensemble du système d'AEP	74
4.2.3.8. Rédaction du rapport	74
4.2.4. Etape 4 : Préparation d'un schéma directeur pour la réhabilitation et le	74
4.2.4.1. Enquêtes socio-économiques - Recueil des données	74
4.2.4.2. Formulation du schéma directeur de distribution	75
4.2.4.3. Formulation d'un programme de travaux	77
Chapitre 5 : Etude de cas - Système d'AEP de la ville de Batna	
5.1. Généralités	79
5.1.1. Situation Géographique de la ville de Batna	79
5.1.2. Développement de la ville	80
5.1.2.1. Historiques du développement de la ville	81
5.1.3. Données démographiques	82
5.2. Descriptions physiques du système d'AEP de la ville de Batna	83
5.2.1. Les ressources en eau	83
5.2.1.1. Les eaux souterraines	83
5.2.1.2. Les eaux superficielles	83
5.2.2. Sites de production	84
5.2.2.1. Champ interne	84
5.2.2.2. Champ externe	84
5.2.2.3. Caractéristiques des forages du champ captant interne	84
5.2.3. Les stations de pompage	84
5.2.4. Les ouvrages de stockage	85
5.2.4.1. Les réservoirs	85
5.2.5. Les conduites d'adduction et de distribution	86
5.2.5.1. Les conduites d'adduction	86
5.2.5.2. Les conduites de distribution	88
5.2.6. La production et la consommation	93

5.2.6.1. La production	94
5.2.6.2. La distribution	99
5.2.6.3 La consommation	100
5.2.7. Le comptage	103
5.2.7.1. Les compteurs de production	103
5.2.7.2. Les compteurs de distribution	103
5.2.7.3. Les compteurs des abonnés	103
5.2.7.4. Interprétation	104
5.2.8. Les pertes d'eau potable	104
5.2.8.1. Les pertes d'eau au niveau d'adduction	104
5.2.8.2. Interprétation	105
5.2.8.3. Les pertes d'eau au niveau de distribution	106
5.2.8.4. Interprétation	106
5.2.8.5. Les volumes totaux perdus d'eaux	107
5.2.8.6. Pourcentage des pertes totales d'eaux	108
5.2.8.7. Interprétation	108
5.2.9. Le rendement	108
5.2.9.1. Définition	108
5.2.9.2. Le rendement primaire RP	109
5.2.9.3. Calcul des indices	109
5.2.10. Système d'information géographique	110
5.2.11. La modélisation	117
5.2.11.1. Construction du modèle	117
5.3. Schéma directeur d'alimentation en eau potable	117
5.3.1. Adéquation besoins ressources	117
5.3.1.1. Estimation des besoins actuels et futurs	117
5.3.1.2. Calcul des besoins actuels et futurs	118
5.3.1.3. Estimation des besoins en eau avec prise en compte des pertes	121
5.3.1.4. Calcul des besoins globaux actuels et futurs	122
5.3.2. Analyse des ressources	124

5.3.2.1. Description des sites de production souterraine	124
5.3.2.2. Description des ressources des eaux de surface	125
5.3.2.3. Etude des ressources actuelles et futures	125
5.3.3. Adéquation Besoins -Ressources	126
5.4. Conclusion	127
Conclusion générale	128
Bibliographie	129
Annexes	132

Liste des figures

Figure 1.1 : Les éléments spécifiques d'un réseau d'eau potable	3
Figure 1.2 : Captage des eaux souterraines	5
Figure 1.3 : Prise dans le fond du lit d'une rivière	6
Figure 1.4 : Prise au milieu d'une rivière	6
Figure 1.5 : Prise sur berge	7
Figure 1.6 : Captage d'eau de source	8
Figure 1.7 : Schéma de traitement des eaux de surface	9
Figure 1.8.a : Château d'eau	11
Figure 1.8.b : Réservoir d'eau	11
Figure 1.9.a : Réseau ramifié	16
Figure 1.9.b : Réseaux maillés	16
Figure 1.9.c : Réseau étagé	17
Figure 1.10 : Vieillessement des canalisations	18
Figure 1.11 : Une conduite ayant subi une rupture	23
Figure 1.12.a : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Eclatement)	24
Figure 1.12.b : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure transversale)	24
Figure 1.12.c : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure longitudinale)	25
Figure 1.12.d : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure autour de la tulipe et joint)	25
Figure 1.13 : Fréquence des types de ruptures en fonction du diamètre	26
Figure 1.14 : Répartition des fuites sur tuyau et sur joint en fonction du diamètre	26
Figure 1.15 : Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable	27
Figure 1.16 : Contraintes subies par une conduite d'eau potable	27
Figure 1.17 : Conduite subissant une corrosion interne	29
Figure 1.18 : Conduite subissant une corrosion externe par courant vagabonds	30
Figure 2.1 : Principe de la détection	37
Figure 2.2 : Appareils d'auscultation ; les tiges d'écoute (à gauche) et microphones	38
Figure 2.3 : La corrélation par bruit de fuites	39

Liste des figures

Figure 3.1 : Organigramme de la méthode utilisée par la collectivité du département	44
Figure 3.2 : Organigramme de la méthode utilisé par La SAGE nappe Profond de	45
Figure 3.3 : Organigramme de la méthode présentée par la fiche 14	49
Figure 3.4 : Organigramme de la méthode du diagnostic du réseau d'alimentation en	51
Figure 4.1 : Organigramme découpage et préparation des secteurs	62
Figure 4.2 : Organigramme enquête chez les abonnées	65
Figure 4.3 : Différents objets formant le réseau d'eau élaboré par EPANET	67
Figure 4.4 : Organigramme modélisation – diagnostic	70
Figure 4.5 : Organigramme d'élaboration du schéma directeur	78
Figure 5.1 : Situation géographique de la wilaya de Batna	79
Figure 5.2 : La ville de Batna	80
Figure 5.3 : Schéma du transfert du barrage Koudiet Medaouar	84
Figure 5.4 : Système d'AEP de la ville de Batna représenté par MapInfo.	111
Figure 5.5 : Informations des nœuds	112
Figure 5.6 : Informations des forages	113
Figure 5.7 : Informations des tuyaux	114
Figure 5.8 : Informations des ouvrages de stockage	115
Figure 5.9 : Informations des stations de pompage	116
Figure 5.10 : Simulation du réseau d'AEP de la ville de Batna par Epanet	

Annexe
VII

Liste des graphiques

Graphique 5.1 : Graphique de l'évolution démographique	82
Graphique 5.2: Graphique du taux d'accroissement	83
Graphique 5.3: Répartition de matériaux de réseau d'AEP de la ville de Batna	89
Graphique 5.4: Répartitions des différents diamètres en PVC constituant le réseau d'AEP de la ville de Batna	90
Graphique 5.5: Répartitions des différents diamètres en fonte constituant le réseau d'AEP de la ville de Batna	91
Graphique 5.6: Répartitions de différents diamètres de l'amiante ciment constituant le réseau d'AEP de la ville de Batna	92
Graphique 5.7: Répartitions de différents diamètres en PEHD constituant le réseau d'AEP de la ville de Batna	93
Graphique 5.8 : Evolution mensuelle des volumes d'eau produits par le champs captant interne et externe	95
Graphique 5.9 : Evolution mensuelle des volumes issus du barrage Koudiet Medaouar	97
Graphique 5.10 : Evolution mensuelle des volumes totaux produits pour la ville de Batna	98
Graphique 5.11 : Evolution mensuelle des volumes mis en distribution	100
Graphique 5.12 : Evolution du nombre d'abonné de la ville de Batna	101
Graphique 5.13 : Evolution des abonnés d'eau potable de la ville de Batna.	102
Graphique 5.14: Evolution des volumes totaux facturés de la ville de Batna	102
Graphique 5.15: Evolution de types du comptage de la ville de Batna	104
Graphique 5.16 : Evolution des pertes en eau au niveau de l'adduction de la ville de Batna	105
Grafiqque 5.17: Evolution du pourcentage des pertes en eau au niveau d'adduction de la ville de Batna	105
Grafiqque 5.18 : Evolution des pertes en eau au niveau de la distribution de la ville de Batna	106
Grafiqque 5.19 : Evolution du poucentage des pertes en eau au niveau de distribution de la ville de Batna	107

Graphique 5.20: Evolution des volumes totaux perdus de la ville de Batna	107
Graphique 5.21 : Evolution du pourcentage des pertes totales d'eaux de la ville de Batna	108
Graphique 5.22: Evolution des besoins en eau de la ville de Batna analytiquement et statistiquement	121
Graphique 5.23: Besoins actuels et futurs journaliers moyens en (m^3/j)	122
Graphique 5.24 : Besoins actuels et futurs du jour de pointe en (m^3/j) pour $K_{jp} = 1,2$	123
Graphique 5.25 : Evaluation des ressources actuelles et futures (m^3/j)	125
Graphique 5.26 : Bilan Besoins/ressources en état actuel et futur	126

Liste des tableaux

Tableau 4.1 : Les données physiques du modèle	69
Tableau 4.2 : Les données hydrauliques du modèle	69
Tableau 5.1 : Habitation des POS	81
Tableau 5.2 : Evolution de la population durant les cinq RGPH	82
Tableau 5.3 : Evolution des taux d'accroissement de la population par commune durant les cinq RGPH	82
Tableau 5.4 : Longueur du réseau d'AEP de la ville de Batna de différents matériaux	89
Tableau 5.5 : Longueur du réseau d'AEP de la ville de Batna en PVC et diamètres	89
Tableau 5.6 : Longueur du réseau d'AEP de la ville de Batna en fonte et diamètres	90
Tableau 5.7 : Longueur du réseau d'AEP de la ville de Batna en amiante ciment et	91
Tableau 5.8 : Longueur du réseau d'AEP de la ville de Batna en PEHD et diamètres	92
Tableau 5.9 : Volumes mensuels d'eau produits par champs captant interne et externe	95
Tableau 5.10 : Moyenne des volumes d'eau produits par champs captant interne et externe	96
Tableau 5.11 : Volumes d'eau issus du barrage Koudiet Medaouar	96
Tableau 5.12 : Moyenne des volumes d'eau issus du barrage Koudiet Medaouar	97
Tableau 5.13 : Les volumes totaux produits pour la ville de Batna	98
Tableau 5.14 : Moyenne des volumes totaux produits pour la ville de Batna	99
Tableau 5.15 : les volumes mis en distribution	99
Tableau 5.16 : Moyenne des volumes mis en distribution	100
Tableau 5.17 : Nombre d'abonné d'eau potable de la ville de Batna	101
Tableau 5.18 : Nombre de chaque type d'abonné	101
Tableau 5.19 : Volumes totaux facturés de la ville de Batna	102
Tableau 5.20 : Différent types de comptage de la ville de Batna	103
Tableau 5.21 : Volumes d'eau perdus au niveau de l'adduction de la ville de Batna	104
Tableau 5.22 : Pourcentage des pertes en eau de la ville de Batna (adduction)	105
Tableau 5.23 : Volumes d'eau perdus au niveau de la distribution de la ville de Batna	106
Tableau 5.24 : Pourcentage des pertes en eau de la ville de Batna (distribution)	106
Tableau 5.25 : Les volumes totaux perdus d'eaux en m ³ de la ville de Batna	107

Tableau 5.26: Evolution du poucentage des pertes totales d'eau de la ville de Batna	108
Tableau 5.27: Indice linéaire des pertes	109
Tableau 5.28: Indice linéaire des pertes	109
Tableau 5.29: Indice linéaire de consommation	109
Tableau 5.30: Indice linéaire de production	110
Tableau 5.31 : Les volumes totaux produits, mis en distribution et facturés	118
Tableau 5. 32 : Estimation de la population et des besoins en eau actuels et futurs	119
Tableau 5. 33 : Les POS fournis de a ville de Batna	119
Tableau 5.34 : Populations des POS	120
Tableau 5.35 : Estimation de la population et les besoins sur la base des POS	121
Tableau 5.36 : Hypothèse de rendement avec prise en compte du calcul des besoins	122
Tableau 5.37: Besoins actuels et futurs journaliers moyen en (m ³ /j).	122
Tableau 5.38 : Besoins actuels et futurs journaliers de pointe en (m ³ /j) pour K _{jp} = 1,2	123
Tableau 5.39 : Liste des forages du site de production souterraine	124
Tableau 5.40 : Débit à mobiliser pour la ville de Batna à partir du Barrage Koudiet Medaouar	125
Tableau 5.41 : Hypothèses retenues concernant la disponibilité des ressources actuelles et futures	125

Introduction Générale

L'eau a une importance sans égale pour la vie sur la terre. L'eau douce ne représente que 2,5% de l'eau présente sur la terre. Elles se trouvent dans les glaciers, les nappes souterraines, les lacs et les rivières. Et seul 1% de l'eau douce peut fournir de l'eau potable. Ces derniers totalisent en **Algérie** un volume moyen annuel de 13,4 milliards de m³ ; 4,7 milliards de m³ de ce volume sont stockés dans les barrages qui présentent 38% du volume total des eaux de surface.

Pour ce qui est des eaux souterraines, leurs réserves permettent d'exploiter un volume annuel de 6,8 milliards de m³ et elles exigent, par conséquent, de coûteux forages. En termes de ressources mobilisables, l'**Algérie** dispose d'un plafond annuel de 11,5 Milliards de m³ qui se répartissent comme suit:

- Mobilisation des eaux de surface (barrages) : 4,7 milliards de m³.
- Exploitation des nappes souterraines : 1,8 milliards de m³ (pour le Nord de Algérie) et 5 milliards de m³ (pour le Sud de l'Algérie).

Cette situation classe l'**Algérie** parmi les pays qui se situent en dessous du seuil de pénurie de la disponibilité en eau, fixé internationalement à 1000 m³/an/habitant. La disponibilité de l'eau est en effet actuellement, avec une population de plus 30 millions d'habitants, de 383 m³/an/habitant et passera en 2020 avec une population de 44 millions d'habitants environ, à 261 m³/an/habitant, pour ce qui concerne les ressources mobilisables [7].

A présent, les taux de raccordement des populations à des systèmes d'alimentation en eau potable sont de 93% à l'échelle nationale et qui sont très élevés dans les agglomérations et un peu plus faibles dans les zones rurales. Mais la régularité et la continuité de la distribution, objectifs principaux de l'Algérienne Des Eaux (ADE), ne sont atteintes que dans un nombre restreint des agglomérations. Et dans bien des cas, on ne peut pas accuser l'insuffisance de ressources disponibles.

Une partie seulement de l'eau potable produite est réellement distribuée aux usagers en raison des fuites dans les réseaux : les taux de pertes sont très importants, atteignant dans certains cas 50% [32].

Cette situation problématique s'explique principalement par l'état défectueux des réseaux. Les actions qui permettent d'assurer la continuité et la qualité du service public ces actions sont ; la réparation des réseaux, la réduction des fuites et des gaspillages. Pour atteindre ces objectifs il est nécessaire de faire *du diagnostic*.

Objectif de l'étude :

Le travail, présenté dans ce mémoire, a pour objectif de proposer une méthode pour le diagnostic des réseaux d'eau dans le contexte Algérien qui est caractérisé essentiellement par le manque d'archive relative aux (données) des réseaux d'eau.

Présentation de la thèse

La thèse est décomposée en cinq chapitres, dans le premier chapitre, nous avons défini tous les éléments spécifiques du système d'alimentation en potable, ainsi que la problématique des fuites et leurs causes principales.

Dans le second chapitre; nous avons représenté les indices de perte ainsi que les méthodes de la recherche des fuites.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation des différentes méthodes existantes pour réaliser un diagnostic du réseau d'eau potable.

Quant au quatrième chapitre, nous avons proposé une méthode pour le diagnostic des réseaux d'eau en **Algérie**, avec ses différentes phases.

Pour bien éclaircir la méthode proposée ; nous avons fait une application dans le cinquième et dernier chapitre ; cette application concerne l'étude du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Batna.

Chapitre 1

Contexte et problématique

Introduction

L'eau est un bien naturel et économique. Elle constitue un patrimoine qui doit être géré avec l'objectif de protéger l'intérêt de toute la collectivité.

La conquête de l'eau a de tout temps été au centre des préoccupations de l'homme. Ce dernier a consenti des efforts pour inventer, puis améliorer des moyens pour amener l'eau aux consommateurs. Ces moyens d'amener l'eau sont les réseaux de distribution.

1.1. Les réseaux d'eau potable

Les réseaux d'eau sont formés d'ensemble d'infrastructures qui doivent véhiculer jusqu'aux points prévus une eau de bonne qualité, en quantité suffisante et avec le moins de défaillance possible. Cette eau doit être propre à la consommation, exempte de matière nocives et de microbes dangereux, et conserver impérativement ses qualités jusqu'aux points de consommation, qui sont les habitations et les fontaines et bâtiments publics [19] et, souvent, aux besoins en eau nécessaire pour lutter contre les incendies et les besoins d'irrigation [26].

1.2. Les éléments spécifiques des réseaux d'eau potable

Les principaux éléments constitutifs d'un réseau d'eau potable sont (**figure1.1**)

- Captage.
- Traitement des eaux.
- Adduction (refoulement).
- Accumulation (stockage).
- Distribution.

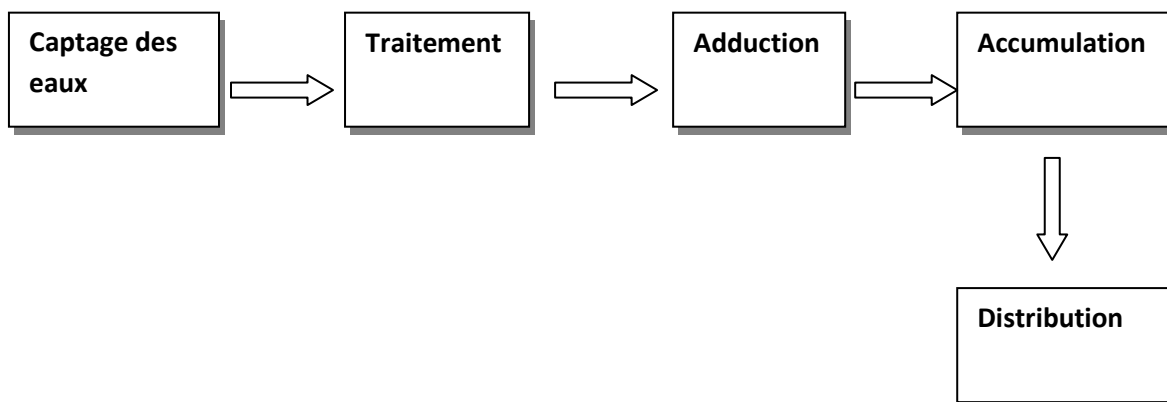


Figure1.1 : Les éléments spécifiques d'un réseau d'eau potable

1.2.1. Captages

Les captages sont les travaux effectués pour prélever les eaux naturelles en vue de l'alimentation, ils peuvent concerner soit l'eau présente dans le sous-sol, sous forme de nappes aquifère, soit celle qui surgit du sous-sol à la surface par des sources, soit encore celle que l'on trouve à la surface du sol, dans les rivières ou dans des étangs naturels ou artificiels [19].

1.2.1.1. Captage des eaux souterraines

- **L'aquifère** : Un aquifère est un corps de roche perméable comportant une zone saturée, suffisamment conducteur d'eau souterraine pour permettre à l'eau l'écoulement significatif et l'exploitation d'une quantité d'eau appelée *Nappe souterraine* [28].

- **Nappe souterraine** : Une nappe souterraine est l'ensemble des eaux souterraines contenus dans l'aquifère dont toutes les parties sont en liaison hydraulique [28].

Ce type de réservoir peut être exploité et peut approvisionner les réseaux de distribution d'eau potable. Le rapport de la nappe avec l'aquifère est le même qu'entre le contenu et son contenant [31].

Les forages et les puits sont les moyens les plus répandus pour le captage des eaux souterraines en maintenant ces eaux à l'abri des contaminations notamment à l'approche de la surface du sol (**figure1.2**). Les eaux souterraines sont en général limpides, mais leurs caractéristiques physico-chimiques varient en fonction de site et on doit, dans chaque cas, faire une étude pour déterminer quel traitement sera nécessaire pour rendre l'eau potable [18].

- **Types d'aquifère** : Les nappes peuvent être contenues dans des aquifères de type poreux (sables, craie, graviers, grès, scories volcaniques, etc.) ou dit fissurés : l'eau est contenue et circule dans les failles, fissures ou diaclases de la roche (calcaires, granites, coulées volcaniques, etc.). En milieu karstique la roche peut présenter des conduits et grottes dans lesquels l'eau peut circuler beaucoup plus vite que dans les autres types d'aquifères.

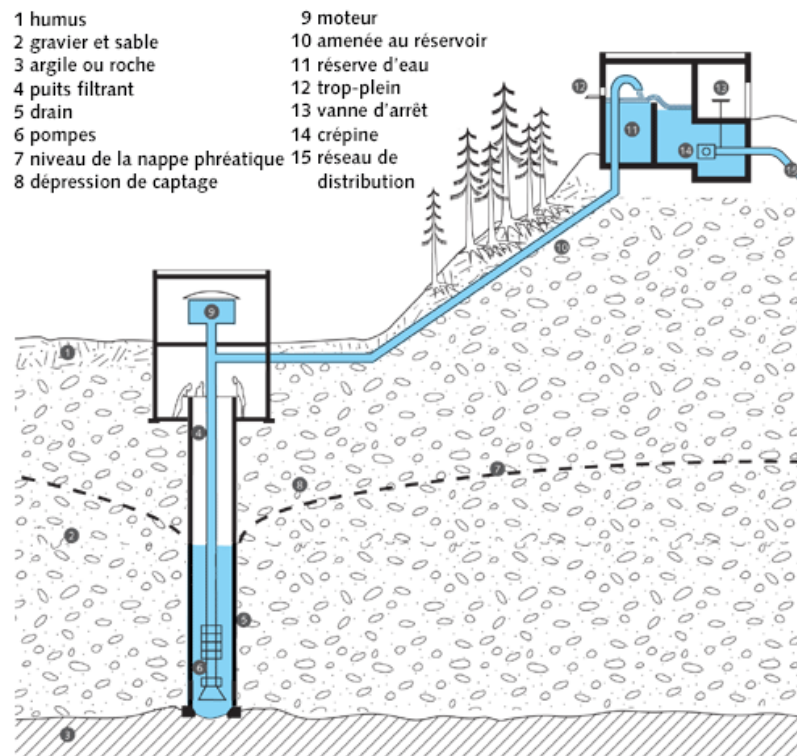


Figure 1.2 : Captage des eaux souterraines

- **Les Nappes libres**

Une nappe libre est toute nappe, ou partie de nappe, dont les eaux ne sont pas maintenues sous la pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient [10].

- **Nappe fossile**

C'est une nappe qui ne se renouvelle plus, depuis un temps plus ou moins long jusqu'aux plusieurs milliers d'années). Ces nappes sont exploitées dans les milieux désertiques. Elles sont vouées à un épuisement inévitable [31]. Au sud d'*Algérie*, existe ce type de nappes exactement à *Tamanrasset*; sa capacité est de 60 milliards de mètres cube ; l'état a investi un milliard de dollars pour transférer ces eaux jusqu'à *Ain Saleh* (sur une distance de 750 Km environ).

- **Nappe captive**

Une nappe captive ; est une nappe maintenue en pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient ; si ce toit est percé par un ouvrage (puits ou forage) - la nappe peut jaillir au dessus du sol ; elle est alors dite artésienne [10].

1.2.1.2. Captage des eaux de surface

Les eaux de surface sont les eaux des rivières et de fleuves (des eaux courantes), soient des eaux dormantes (étangs, lacs naturels ou artificiels), la prise d'eau ne doit être installée qu'après avoir pris connaissance du maximum d'informations relatives aux régimes d'écoulements des eaux, et aux débits (débits de crues et les débits d'étiage) par l'emplacement des ouvrages spécifiques [15].

A- Captages des eaux courantes

La prise d'eau peut s'effectuer par : [19].

- **Captage sur le fond**

Le principe est de creuser une tranchée perpendiculaire à l'écoulement ensuite on place une crépine d'aspiration entourée par des graviers et reliée à la berge par une tuyauterie (figure1.3).

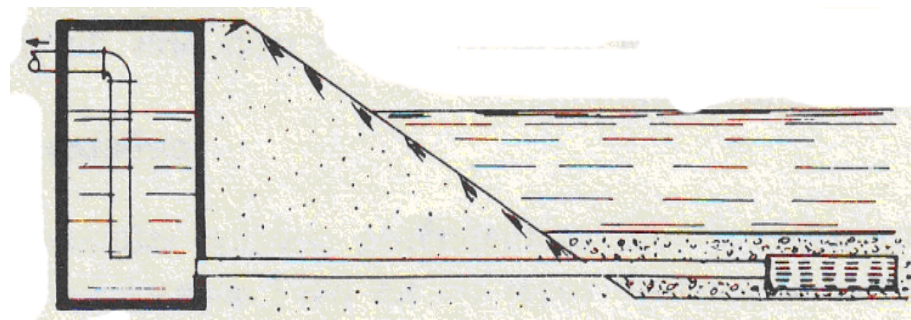


Figure 1.3 : Prise dans le fond du lit d'une rivière

- **Captage au milieu de la rivière**

C'est l'exécution en pleine eau d'un ouvrage analogue à une pile de pont, ainsi la protection des corps flottants de la prise est assurée par des grilles (figure1.4).

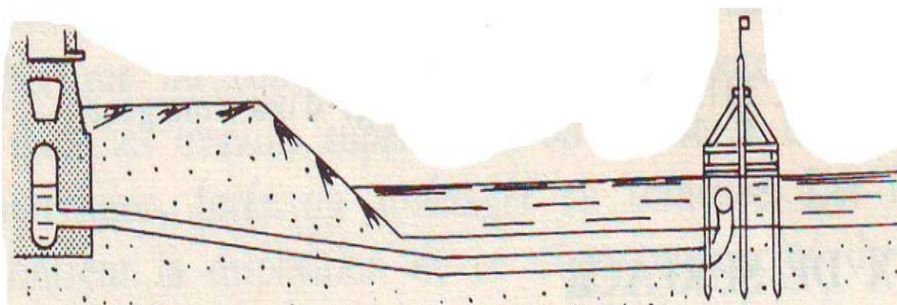


Figure1.4 : Prise au milieu d'une rivière

- **Captage sur la berge**

C'est un puisard projeté à proximité de la berge relié à la rivière, et protégé par une grille qui empêche le passage des graviers. On met une pompe dans le puisard (figure 1.5).

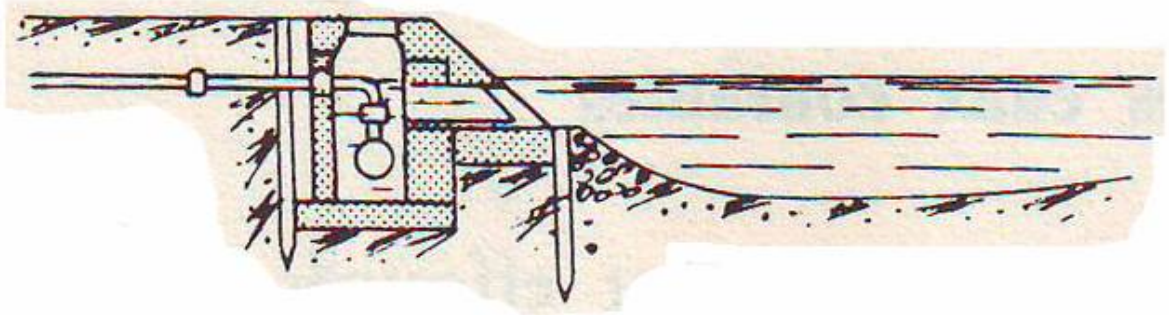


Figure 1.5 : Prise sur berge

B- Captages des eaux dormantes

Le dispositif de captage des eaux doit être installé à une profondeur convenable pour éviter les dépôts de limon à craindre et éviter aussi les eaux les plus proches à la surface où la température varie beaucoup sur quelques mètres, suivant les saisons, et pouvant rendre l'eau impropre à la consommation [19].

1.2.1.3. Captage des eaux de sources

Une eau de source est une eau d'origine souterraine, ayant subi une protection contre la pollution (la pollution est définie comme ce qui rend un milieu malsain. La définition varie selon le contexte, selon le milieu...), et n'ayant subi ni traitement, ni adjonction. Elle doit satisfaire les critères de potabilité (ce qui n'est pas forcément le cas d'une eau minérale naturelle). Pour l'objet de la protéger contre la pollution il faut mettre un ouvrage spécial (figure 1.6).

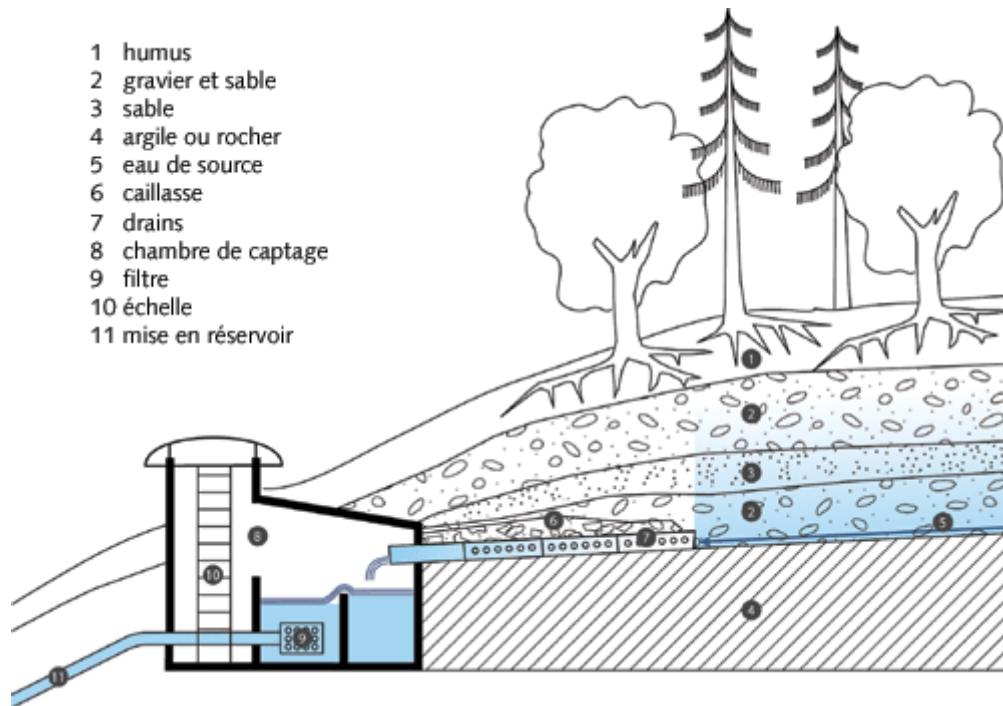


Figure 1.6 : Captage d'eau de source

1.2.2. Traitement des eaux

Les eaux captées dans la nature, exactement les eaux de surface (lacs et rivières), ne présentent pas les qualités physiques, chimiques et biologiques désirables pour la consommation [19]. Pour rendre ces eaux potables, il faut les traiter.

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps. L'eau à traiter doit donc être en permanence analysée car il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition et, si nécessaire, de le moduler dans le temps en fonction de la variation observée de ses divers composants. Il peut arriver cependant qu'une pollution subite ou trop importante oblige l'usine à s'arrêter momentanément [30], (figure 1.7).

Les aspects de traitement des eaux sont :

- **La clarification :** L'élimination des matières solides par décantation ou par filtration.
- **La stérilisation :** On la stérilise par des oxydants tels que le chlore, l'ozone.
- **L'amélioration :** Qui corrige les propriétés chimiques de l'eau, soit par l'addition de corps chimiques appropriés, soit par adsorption de corps nuisibles à supprimer.

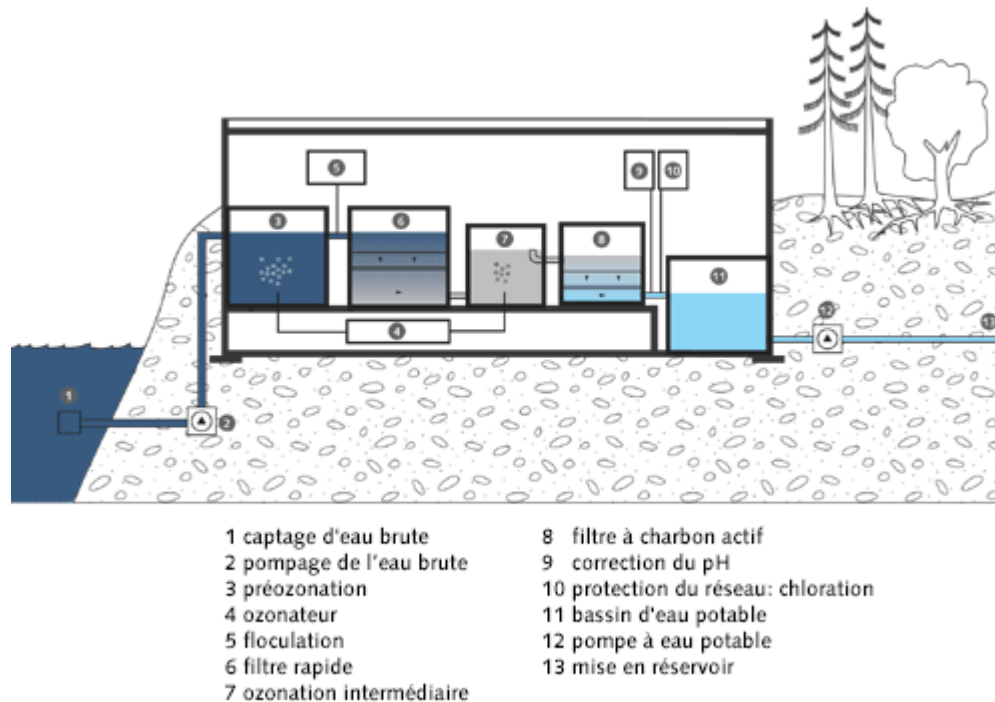


Figure 1.7 : Schéma de traitement des eaux de surface

1.2.3. L'Adduction

L'adduction d'eau regroupe les techniques permettant d'amener l'eau depuis sa source à travers un réseau de conduites ou d'ouvrages architecturaux (aqueducs) vers les lieux de consommation.

1.2.3.1. Types d'adduction

Il ya deux types d'adduction :

- **L'adduction gravitaire** : Où l'écoulement de l'eau à des pressions importantes est causé par la différence des niveaux hydrauliques : l'altitude de la source est supérieure à l'altitude du point de consommation, et se déplace donc grâce à la force de gravitation d'où son nom. C'est le principe du Château d'eau.
- **L'adduction par refoulement** : Où la pression sur le réseau et l'acheminement de l'eau se fait à l'aide de pompes à l'intérieur de stations de pompage.

1.2.3.2. Problématiques diverses

- **Le coup de bélier** : C'est un phénomène répandu : la fermeture instantanée des vannes ou électrovannes, ou une coupure brutale d'électricité, va entraîner un retour de l'eau par dépression, d'où un risque pour les canalisations. On remédie à ces problèmes par des études du régime d'écoulement, du type de matériau à utiliser et leur épaisseur. Ce phénomène est souvent rencontré à l'adduction par refoulement, mais actuellement (*en*

Algérie) avec les nouveaux produits de conduites comme le PEHD la surpression ne pose pas de problème mais le problème de dépression est toujours posé.

- **La pollution** : Due à l'exposition du réseau au risque de refoulement. Elle est causée par une rupture de l'alimentation. Elle peut se produire lorsqu'un transfert de charge crée une dépression dans une partie du circuit. Si une des extrémités du conduit est positionnée (noyée), en position ouverte, dans un récipient contenant des produits polluants (bacs de dégraissage ou de produits chimiques, fosses, bains, etc.) ceux-ci peuvent être aspirés et contaminer le reste du réseau de distribution. Selon l'activité du site desservi, un disconnecteur peut être imposé par la réglementation.

La pollution causée par la submersion des équipements en cas de pluie abondante ou d'inondation.

Pour cause de perte de charge dans l'écoulement, il est interdit d'effectuer un piquage sur un conduit d'adduction par refoulement, mais le piquage d'un conduit d'adduction gravitaire est toléré.

1.2.4. L'accumulation (stockage)

Les réservoirs doivent maintenir l'eau à l'abri des risques de contaminations, et autant que possible des fortes variations de température [24].

Il sert aussi à deux choses :

- Constituer une réserve d'eau disponible même si le pompage est arrêté.
- Séparer le pompage de la distribution.

A partir du réservoir, l'eau s'écoule dans les tuyaux par son propre poids, donc plus le réservoir sera plus haut, plus l'eau pourra aller loin et vite.

C'est pour que certains réservoirs sont au sol (**figure 1.8-b**) mais que d'autres doivent être surélevés (château d'eau) pour que l'eau ait une pression suffisante pour alimenter tout le village.

Les châteaux d'eau (**figure 1.8-a**) sont soit en métal (lorsqu'une petite capacité est nécessaire) soit en béton armé (pour les plus grosses capacités).

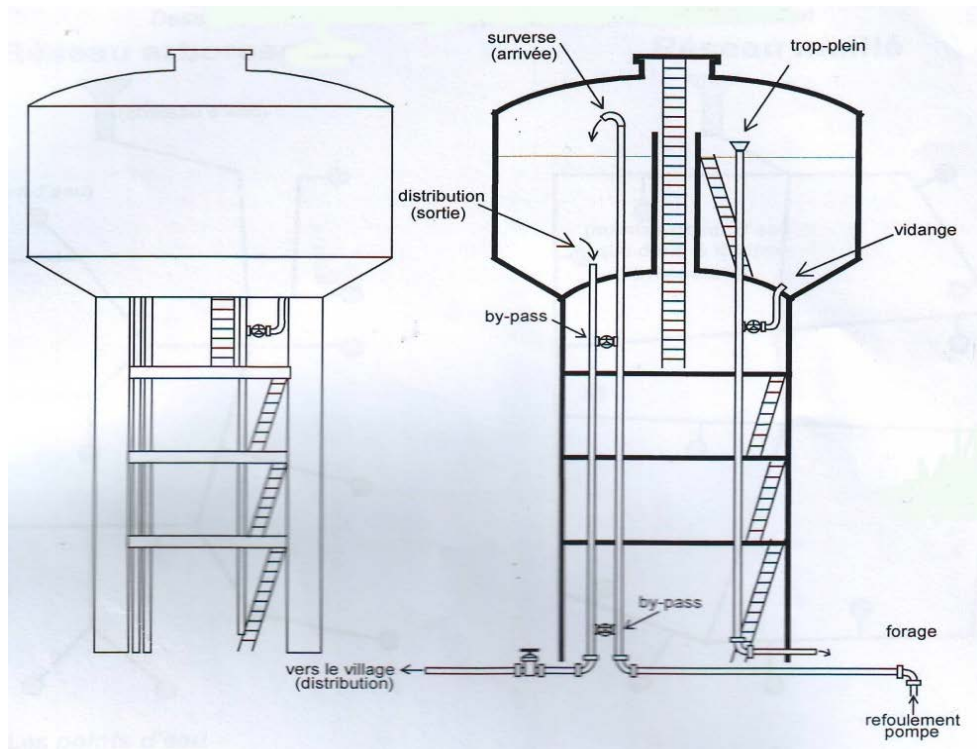


Figure 1.8.a : Château d'eau

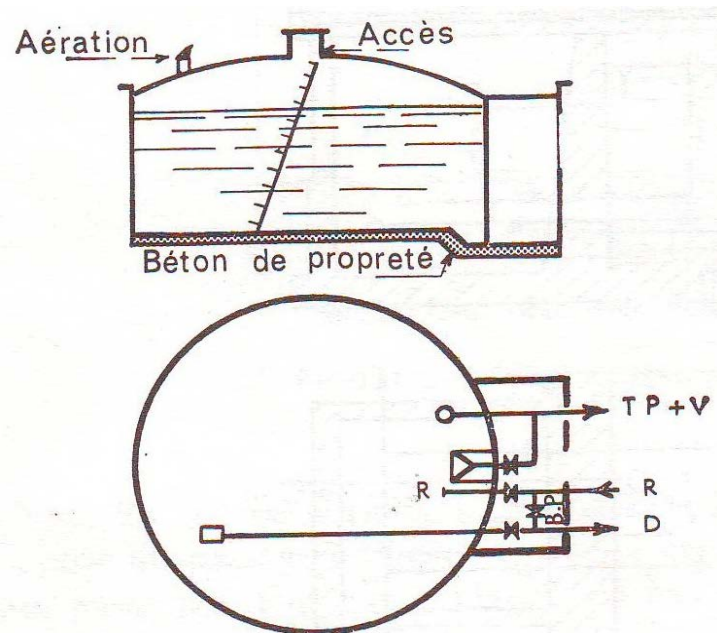


Figure 1.8.b : Réservoir d'eau

1.2.5. La distribution

Elle désigne toute la partie se situant après le réservoir. A partir du ou des réservoirs, l'eau est distribuée dans un réseau de canalisations sur lesquelles les branchements seront piqués en vue de l'alimentation des abonnés. Les canalisations devront en conséquence présenter un diamètre suffisant, de façon à assurer le débit maximal avec une pression au sol compatible avec la hauteur des immeubles [12].

La distribution de l'eau s'effectue à l'aide des réseaux enterrés constitués de conduites et de canalisations sous pression qui comprennent des :

- conduites et pièces spéciales ;
- appareils de robinetterie : vannes, clapets ;
- appareils de mesure : compteurs, débitmètres ;
- appareils de fontainerie : bouches d'incendie.

1.2.5.1. Structure du réseau d'Alimentation en eau potable (AEP)

La structure du réseau d'AEP dépend de la localisation des abonnés, de leur importance et du niveau de demande à assurer. La structure traduit les dimensions des conduites, la capacité des réservoirs, le nombre de pompes et la puissance fournie. La structure du réseau tient compte d'éléments géographiques tels que : la dispersion des abonnés, la présence d'obstacles naturels, la présence de routes, chemin de fer, jardins, d'autres réseaux enterrés.

Tous ces éléments vont permettre au service de l'eau de définir des caractéristiques propres à chaque composant du réseau afin d'assurer son bon fonctionnement. Ces caractéristiques sont détaillées dans ce qui suit :

- **Les conduites**

Les conduites permettent l'acheminement l'eau d'un point à un autre point du réseau. Une conduite est un segment de tuyau ou canalisation délimitée par deux points de consommation d'eau appelés *nœuds*. Chaque conduite est caractérisée par :

- ✓ Un nœud initial et un nœud final.
- ✓ Une longueur donnée L .
- ✓ Un diamètre d .
- ✓ Un coefficient de rugosité C traduisant la perte de charge.
- ✓ Un état : ouvert, fermé.

L'écoulement de l'eau s'effectue du nœud disposant de la pression la plus élevée vers le nœud dont la pression est plus faible. La rugosité traduit la résistance de la conduite à

l'écoulement de l'eau. Les parois internes des conduites au contact de l'eau créent un phénomène de friction qui s'accompagne de perte d'énergie due au frottement créant ainsi une perte de charge linéaire.

Plusieurs formules utilisées pour le calcul de la perte de charge dans les conduites telle que [23]:

✓ Formule de **COLEBROOK**

$$j = \lambda \frac{v^2}{2gD} \quad (1.1)$$

Où :

j : perte de charge en mètre par mètre de conduite.

v : vitesse de l'eau en mètre par seconde.

g : accélération de la pesanteur.

D : diamètre de la conduite en mètre.

λ : coefficient de perte de charge.

✓ Formule de **HAZEN-WILLIAMS**

$$v = 0.85C_h R^{0.63} j^{0.54} \quad (1.2)$$

Où :

V : vitesses de l'eau en mètre par seconde.

C_h : coefficient du matériau de la paroi interne, diamètre de la conduite et de la vitesse de l'eau.

R : rayon hydraulique de la conduite en mètre.

j : perte de charge en mètre par mètre de conduite.

✓ Formule de **STRICKLER**

$$v = KR^{\frac{2}{3}} j^{\frac{1}{2}} \quad (1.3)$$

Où :

V : vitesses de l'eau en mètre par seconde.

K : coefficient numérique.

R : rayon hydraulique de la conduite en mètre.

j : perte de charge en mètre par mètre de conduite.

- **Les pompes**

Une pompe est un dispositif permettant de fournir de l'énergie au liquide. Le fonctionnement de la pompe est relié généralement à un réservoir. Le démarrage et l'arrêt de la pompe sont fonction du niveau du réservoir ou de plages horaires spécifiques. Une pompe peut être caractérisée soit par une puissance constante (énergie), fournie à l'eau au cours du temps indépendamment du débit et de la hauteur de refoulement, ou par une courbe caractéristique qui décrit la relation entre la hauteur de refoulement et le débit fournie à l'aide d'une fonction $H=f(Q)$ [12].

La pompe devra compenser les dissipations d'énergie dans les conduites tant d'aspiration que de refoulement ; dénommées *pertes de charge* elles sont couramment évaluées en hauteur d'eau exprimée en mètre [10].

- **Puissance de la pompe**

La puissance de la pompe est égale au travail effectué pendant l'unité de temps pour élever le débit [12]. La puissance est donnée par la formule suivante :

$$W = \frac{\omega Q(H + h)}{103\rho} \quad (1.4)$$

Où :

W : Puissance en KW

Q : Débit en m^3/s ;

H : Hauteur géométrique en mètre ;

h : perte de charge en mètre ;

ρ : rendement de la pompe ;

ω : poids spécifique.

- **Les vannes**

Certaines conduites de longueur fictive comporte des vannes qui permettent de limiter la pression ou le débit en des points précis du réseau. Les vannes sont caractérisées par :

- ✓ les nœuds d'entrée et de sortie ;
- ✓ le diamètre ;
- ✓ le diamètre de la consigne de fonctionnement et l'état de la vanne ;
- ✓ coefficient de perte de charge singulière.

Une vanne peut être ouverte ou fermée, le fonctionnement de la vanne est fonction de consignes relatives à un noeud indexé généralement en rapport avec la pression. L'écoulement de l'eau à travers la vanne s'accompagne d'une perte d'énergie exprimée par la perte de charge singulière.

$$H_s = C \frac{v^2}{2g} \quad (1.5)$$

H_s : perte de charge singulière en mètres

C : coefficient de perte de charge singulière propre à la vanne

v : vitesse d'écoulement de l'eau dans la conduite supportant la vanne en m/s

g : gravité en m/s^2

- **Les nœuds**

Les nœuds représentent des points de jonction entre les conduites. Ils correspondent à des points d'entrée ou de sortie d'eau. Il existe deux catégories de nœuds :

- **Les nœuds à débit fixe**

Ces nœuds se caractérisent par une cote au sol connue et un débit connu (demande), l'inconnue est la pression au nœud qui doit être calculée. Ils correspondent à des points de consommation dans le réseau. Ces nœuds peuvent décrire la consommation d'un ou de plusieurs abonnés de même type. Nous distinguons entre les abonnés selon le type de consommation : domestique, industrielle, administration. La consommation au nœud exprimée par la demande peut être constante ou variable.

- **Les nœuds à charge fixe**

Ce sont des nœuds où la charge est fixée ou dont la cote piézométrique de l'eau est connue. Il peut s'agir d'un réservoir dont le niveau d'eau varie en fonction du temps au sol ou sur tour, d'un poteau à incendie ou d'une bache de pompage dont le niveau reste inchangé. Pour ces nœuds le débit doit être calculé. Selon la nature des abonnés, la demande est décrite par une courbe de consommation.

1.2.5.2. Classifications des réseaux

Les réseaux peuvent être classés comme suit :

A- Les réseaux ramifiés

Le réseau maillé, Dans le quel les conduites ne comportent aucune alimentation en retour, présente l'avantage d'être économique, mais il manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture : un accident sur la conduite prive d'eau tous les abonnés d'aval (**figure 1.9.a**).

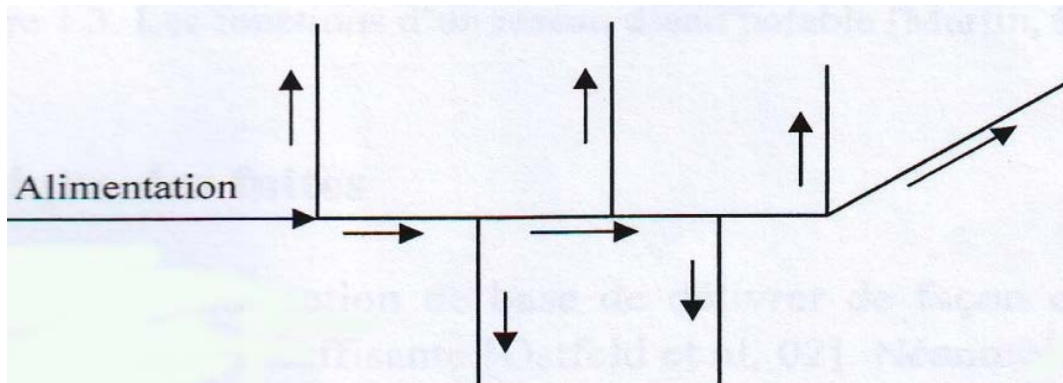


Figure 1.9.a : Réseau ramifié

B- Les réseaux maillés

Le réseau maillé, au contraire, une alimentation en retour, pour pallier à l'inconvénient signalé ci-dessus. Une simple manœuvre de robinets permet d'isoler le tronçon accidenté et de poursuivre néanmoins l'alimentation des abonnés d'aval. Il est, bien entendu, plus coûteux d'établissement, mais en raison de la sécurité qu'il procure, il doit être toujours préféré au réseau ramifié (**figure 1.9.b**)

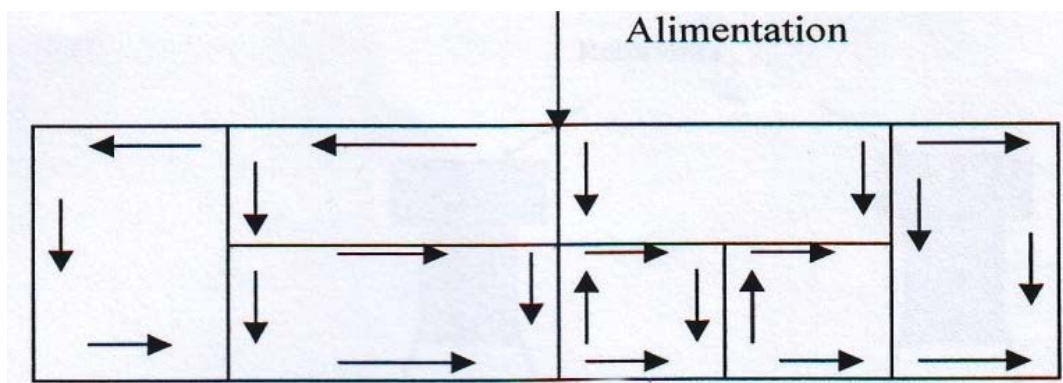


Figure 1.9.b: Réseaux maillés

C- Les réseaux étagés

Avec le réseau étagé il est possible, ainsi que nous l'avons vu, de constituer des réseaux indépendants avec une pression limitée aux environs de 40 mètres d'eau (**figure 1.9.c**).

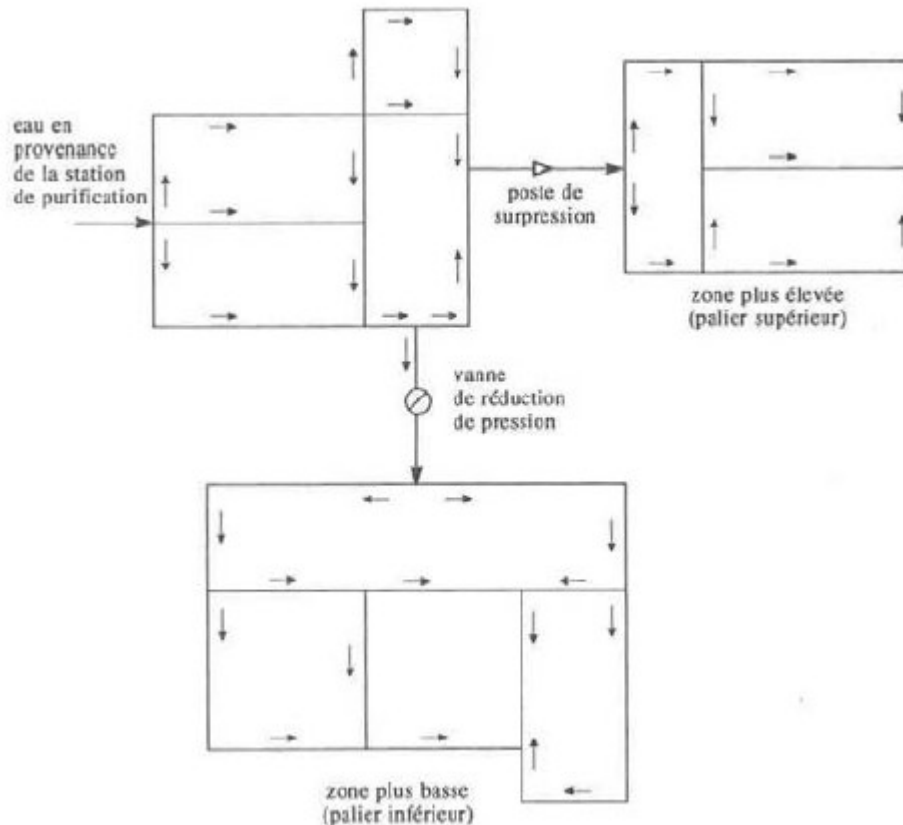


Figure 1.9.c : Réseau étagé

D - Les réseaux distincts

Les réseaux à alimentation distinctes distribuent, l'un, l'eau potable destinée à tous les besoins domestiques, et l'autre, l'eau non potable réservée aux usages industriels et au lavage et arrosage des rues et plantations. Ces réseaux ne se justifient que dans les installations extrêmement importantes. En *Algérie* ce type de réseau n'existe plus.

Récapitulation:

L'eau étant pompée ; traitée ; stockée et distribuée ; le coût sera très élevé ; il faut bien la protéger et la prendre comme une richesse nationale ; qui a une grande importance sur l'avenir. Malheureusement l'eau n'est pas bien protégée à causes du dysfonctionnement des réseaux et la problématique des fuites d'eau potable. Dans la partie suivante on présentera les différents types des fuites et les causes de défaillances des réseaux.

1.3. Dysfonctionnement des réseaux d'eau et problématique des fuites

Le rôle d'un gestionnaire du réseau d'eau potable c'est fournir aux usagers l'eau en quantité suffisante et de meilleure qualité possible ; pour cela il dispose d'installations

visible en surface ; comme les stations de traitement, les réservoirs ainsi que des réseaux de canalisations qui sont enfouis dans le sol. Ces installations, une fois construites font l'objet de dégradations dues au temps ou à la corrosion et doivent être surveillées, contrôlées, et entretenues.

Le temps et l'action des différents phénomènes (le sol corrosif, contrainte mécaniques, surpression, etc) contribuent à la dégradation des canalisations d'un réseau et de ces accessoires. Une combinaison de ces phénomènes va accélérer la détérioration des conduites.

L'augmentation du nombre des interventions, des casses observées sur le réseau, ainsi qu'une dégradation de la qualité de l'eau transportée représente des indicateurs du vieillissement du réseau [18].

1.3.1. Le Vieillissement d'un réseau d'eau

1.3.1.1. Définition du vieillissement d'une conduite d'eau potable

Le vieillissement d'une conduite correspond à sa dégradation dans le temps, celle-ci donnant lieu, soit à certains dommages, soit au mauvais fonctionnement hydraulique du réseau [29].



Figure 1.10 : Vieillissement des canalisations [33]

1.3.1.2. Mauvais fonctionnement hydraulique du réseau engendré par le vieillissement d'une conduite

- **Chute de pression** : Une conduite en service aura un diamètre diminué à cause de l'entartrage ou des protubérances dues à la corrosion.

- **Fuites diffuses :** Dues aux détériorations des joints ou à la corrosion des tuyaux. Une forte augmentation de leur nombre peut avoir une incidence directe sur le réseau et diminuer le rendement.
- **Ruptures :** Dues à l'action combinées de la corrosion sur la conduite et du mouvement de sol (vibration, séisme, travaux divers). Une rupture peut entraîner une intervention sur le réseau de plusieurs heures, pendant laquelle les abonnés sont éventuellement privés d'eau ou bien subissent une chute de pression.

Chacune de ces détériorations engendre en outre certains dommages qui sont :

- ✓ Des pertes d'eau, d'où une augmentation de la production ;
- ✓ Des pertes en énergie (augmentation du temps de pompage) ;
- ✓ Des interventions sur le réseau.

1.3.1.3. Dommages divers engendrés par le vieillissement d'une conduite

✓ **Détérioration de la qualité d'eau :**

On peut distinguer deux types de dommages liés à la dégradation de la qualité de l'eau. Le premier est celui qui engendre la non potabilité de l'eau. Il faut alors élaborer un nouveau traitement rendant cette eau potable. Le deuxième concerne l'augmentation du nombre de plaintes des abonnés dû à une apparence négative de l'eau (odeur, couleur, goût). Ceci entraîne alors une baisse d'image de marque de service exploitant.

- **Fuites diffuses :**

Ces fuites peuvent déstabiliser la conduite en érodant le lit de pose, d'où rupture au niveau des points fragiles du tuyau.

- **Ruptures**

Elles peuvent avoir des incidences indirectes :

- **Inondation :** D'où coupure de trafic sur la chaussée concernée, ou dommage chez un particulier.
- **Coupure d'eau :** Donc dommages causés notamment aux industries ou aux centres de santé.
- **Plaintes des abonnés :** Chacun de ces dommages engendre des coûts indirects, qui peuvent être souvent nettement supérieurs aux coûts directs de main d'œuvre pour effectuer la réparation.

Le vieillissement de la conduite ne correspond pas à un seul phénomène ayant lieu sur la conduite mais plutôt à l'action de plusieurs facteurs propres à la conduite et son

environnement. Le paragraphe suivant montre l'évaluation effective du vieillissement à partir des différents phénomènes précédents.

1.3.2. Évaluation du vieillissement d'une conduite

1.3.2.1. La qualité de l'eau

Le phénomène de vieillissement ne peut être quantifié directement, mais à partir des phénomènes par lesquels il se manifeste.

La mesure de la dégradation de la qualité de l'eau peut permettre de caractériser l'état de la ou des conduites proche du point de mesure ou de l'endroit où a eu lieu de plainte d'un abonné. Elle peut renseigner sur l'état de corrosion de la conduite pour ce qui concerne les conduites métalliques. C'est le cas lorsque des produits de corrosion sont transportés à travers le réseau.

On a par exemple le phénomène d'eau rouge, qui correspond à l'oxydation d'ions ferreux en ions ferriques principalement dans les eaux douces, acides ou désaérées. Certaines autres substances comme le manganèse peuvent également entraîner la coloration de l'eau (la noire).

On peut également être renseigné sur la corrosion bactérienne, en examinant les teneurs en bactéries du fer 1 ou sulfatoréductrices 2 .

Un mauvais état des joints ou des conduites en matière plastique peut également altérer la qualité d'eau, du fait de l'introduction de substances provenant de l'extérieur, comme des hydrocarbures.

A fin de bien connaître le vieillissement, il est important d'étudier la corrélation entre l'âge de la conduite et l'apparition d'une mauvaise qualité de l'eau. Cependant il est très difficile d'identifier la conduite « malade », car on ne peut dire avec précision quelle est celle qui a détérioré la qualité de l'eau [29].

1.3.2.2. La diminution de la capacité de transport

Cette valeur correspond à la diminution du diamètre interne de la conduite ou à l'augmentation de la rugosité. Ceci est engendré par l'entartrage calcaire sur les conduites non revêtues d'un revêtement interne mais aussi par l'apparition de protubérances dues à des produits de corrosion.

La diminution de la capacité de transport se manifeste :

- ✓ Soit par la mise en évidence de l'augmentation des pertes de charges sur le réseau ou sur une partie, cette augmentation est non induite par l'augmentation de la consommation.
- ✓ Soit par la modélisation hydraulique du réseau.
- ✓ Soit par une comparaison entre des observations (pas assez de pression ou débit au niveau des habitations) et les débits théoriques entendus en certains points du réseau.
- ✓ Soit à partir d'échantillons de canalisations prélevés directement sur le réseau, et l'analyse de ces échantillons. Cependant ces relevés demeurent ponctuels et leurs interprétations sont difficilement généralisables.

Le nouveau diamètre ou le nouveau coefficient de rugosité estimé ou mesuré sur une conduite donne alors un état de son entartrage. Si cela est possible on peut là aussi définir la corrélation pouvant exister entre la dégradation de la conduite et certains facteurs comme son âge, sa nature, la qualité de l'eau à l'entrée dans le réseau.

1.4. La problématique des fuites

Les fuites engendrent des pertes qui peuvent être de deux types: [26]

- Les pertes au niveau d'adduction qui surviennent dans le cas où il y a des transferts d'eau très importants, entre la production et la mise en distribution. L'absence de comptage tant à l'amont qu'à l'aval ne permet pas d'évaluer ces pertes.
- Les pertes en distribution qui correspondent à la différence entre le volume d'eau distribué et le volume d'eau consommé. Elles sont due aux :
 - Fuites au niveau des joints,
 - Fuites aux différentes prises de branchement,
 - Fuites sur branchements ;
 - Cassures des conduites ;
 - Erreurs de comptage ;
 - Eaux piratées (branchements illicites).

1.4.1. Types des fuites

L'EPA (Environmental Protection Agency) a regroupé et utilisées des données sur les fuites ou ruptures dans plusieurs services Américains. Les données recueillies ne sont pas toujours basées sur les mêmes définitions concernant les fuites. On peut distinguer : [18].

- ✓ **Les fuites (leak repair) :** Ce sont tous les événements entraînant une réparation sur les conduites, les hydrants, les branchements qui sont :
 - * Les fuites sur tuyau (main leak).

* Les fuites sur joints (joints leak).

- ✓ **Les ruptures sur conduites (main break) :** Elles représentent les défaillances structurelles du tuyau ou de l'emboîtement dus à une surcharge excessive, une détérioration du lit de pose, un contact avec les autres structures, la corrosion, ou une combinaison entre ces conditions.

On remarque que les définitions précédentes différencient surtout les fuites sur conduites de celles ayant eu lieu sur les différents organes du réseau (vannes ; pompes) par la suite on distingue aussi les fuites et les ruptures.

- ✓ **La défaillance :** Est une rupture ou une fuite apparente nécessitant une intervention sur le réseau. Elle peut avoir lieu soit sur tuyau, soit sur le joint. Ceci exclut les fuites ayant lieu sur les branchements, ainsi que celles ayant lieu sur les organes du réseau, tels que les pompes, les vannes, les hydrants et autres organes régulateurs.

La limite entre rupture et fuite n'est pas toujours bien définie ; **une rupture** est une fuite, mais **une fuite** n'est pas obligatoirement une rupture, ces fuites peuvent être visibles ou non. Elles sont classées en deux types [29] :

- **Les fuites diffuses**
- **Les ruptures (défaillances) ou les fuites apparentes**

1.4.1.1. Les fuites diffuses

Les fuites diffuses sont mises en évidence lors des mesures bien spécifiques ou lorsque la tranchée d'une conduite est ouverte. Elles n'entraînent pas en général de réparations sur la conduite. Ce sont elles qui en général abaissent le rendement d'un réseau et ne lui permettent pas d'avoir une valeur supérieure à 90% à 95 % [26].

Elles caractérisent, soit une fragilisation du tuyau par de petites ouvertures, soit un mauvais état des joints qui devient alors poreux. On peut les constater de manières différentes :

- Par le constat d'une diminution importante du rendement du réseau ;
- Par une augmentation croissante de la consommation de nuit ;
- Soit par des campagnes de mesures sur terrain, par des techniques de corrélation acoustique. Ce genre de mesure permet de retrouver précisément quelles sont les conduites les plus dégradées.

L'état de conduite est alors déterminé par le nombre et la taille des fuites que l'on peut détecter [26].

1.4.1.2. Les ruptures (défaillances) ou les fuites apparentes

Ces fuites (ruptures) qui entraînent automatiquement des interventions sur le réseau, on l'appelé par la suite *défaillance*. Elles sont mise en évidence, soit parce qu'elles entraînent ,au niveau de la chaussée, une inondation plus au moins importante, soit parce que l'on constate une augmentation brutale de la consommation de nuit. Dans ce cas on peut trouver l'endroit de la rupture avec précision ou de la fuite avec un jeu de vannes. Ces casses caractérisent un mauvais état de la conduite et une certaine fragilisation ; elles peuvent avoir lieu à la suite d'une corrosion dans le temps de la conduite reliée à un mouvement de sol ou une augmentation de la pression interne. Elles correspondent soit à une diminution de la paroi de la conduite, soit à la formation de trous (**figure 1.12.a**). En général ces ruptures sont différentes selon le diamètre. En fonction du diamètre et du type de défaillances, **les ruptures transversales (figure 1.12.b)** ont lieu surtout sur les petits diamètres alors que les gros diamètres subissent plutôt **des ruptures longitudinales ou des piquages (figure 1.12.c)**. Elles peuvent également concerner les fuites au niveau des joints (pour les diamètres plus élevés (**figure 1.12.d**)) qui, en fonction de leurs importances, deviennent apparentes [18].



Figure 1.11 : Une conduite ayant subi une rupture [26].

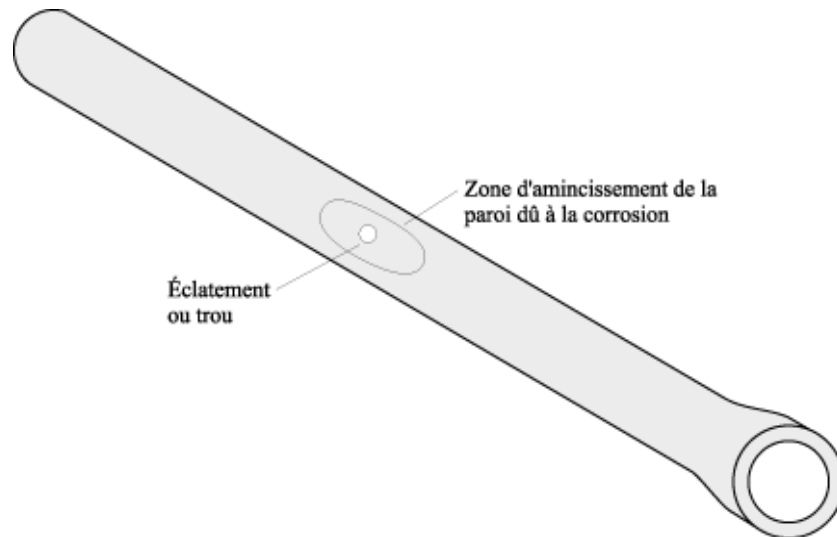


Figure 1.12.a : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Eclatement)

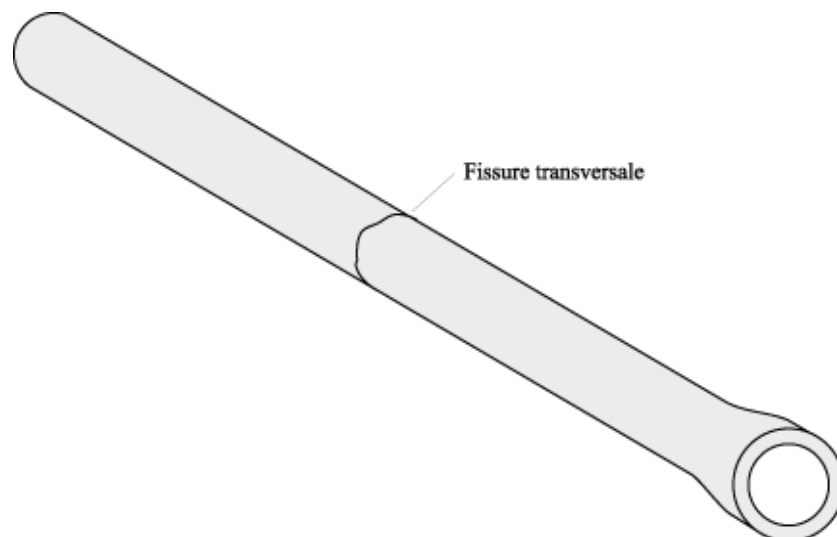


Figure 1.12.b : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure transversale)

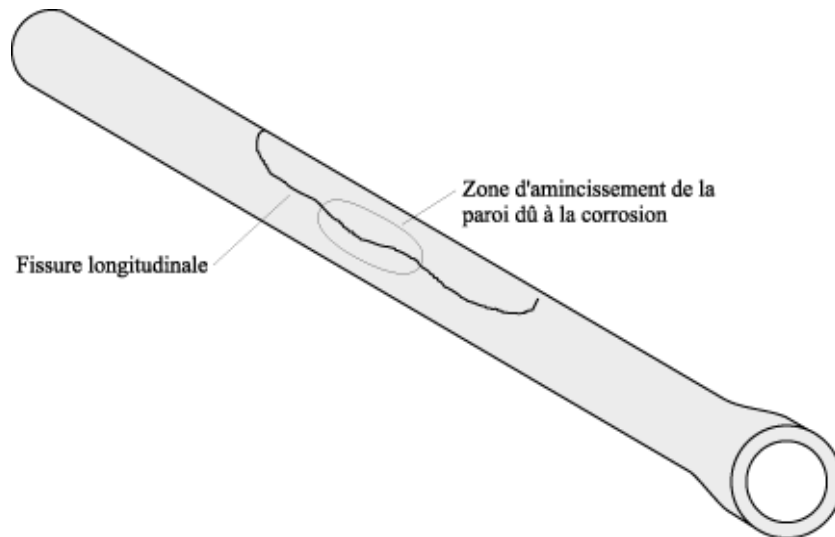


Figure 1.12.c : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure longitudinale)

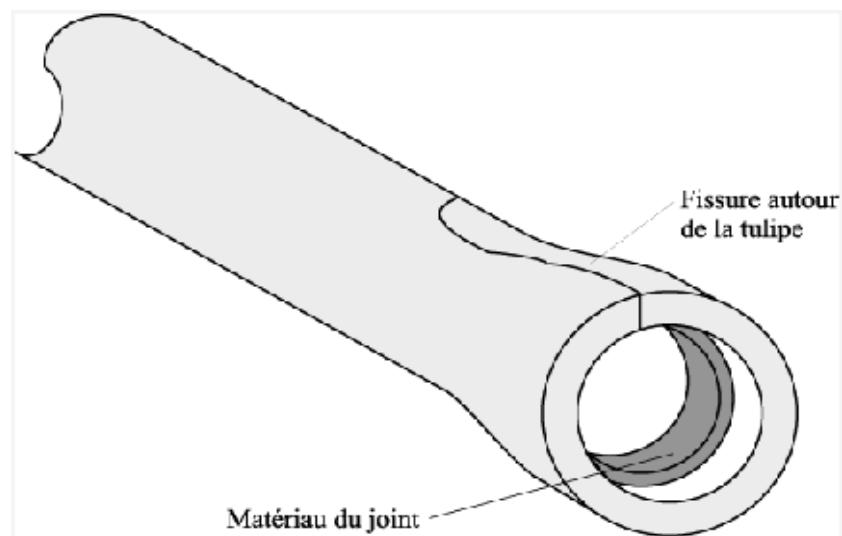


Figure 1.12.d : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure autour de la tulipe et joint)

Une rupture ou les fuites apparentes correspondent à un affaiblissement de la conduite, c'est-à-dire une diminution de la paroi, en un endroit précis (piquage) ou non (fissure) combinée à une augmentation de contraintes sur la canalisation, soit à une non-étanchéité du joint. Comme on a cité auparavant ; les ruptures transversales ont lieu surtout sur les petits diamètres alors que les gros diamètres subissent des ruptures longitudinales ou des piquages. **La figure 1.13** montre la fréquence des défaillances en fonction du diamètre et du type de défaillances [18].

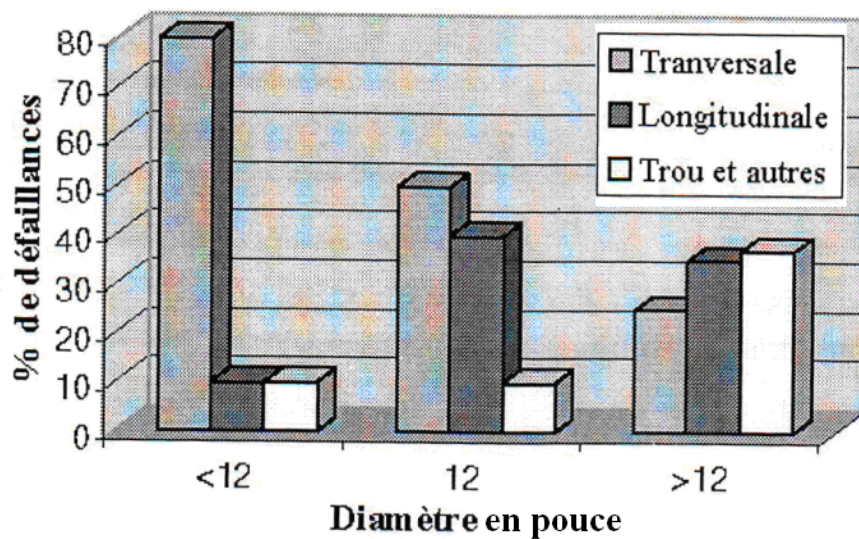


Figure 1.13 : Fréquence des types de ruptures en fonction du diamètre [18].

Aussi les fuites se trouvent au niveau des petits diamètres, alors que les diamètres plus élevés ont des fuites au niveau des joints (**figure 1.14**)

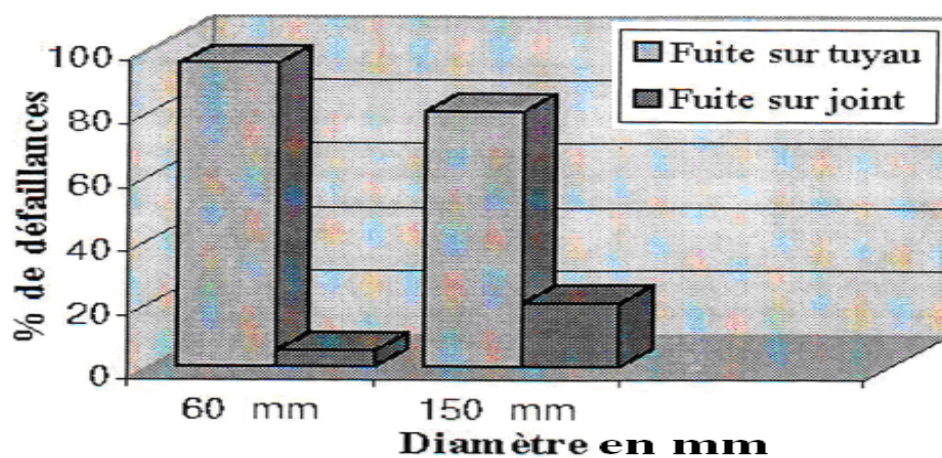


Figure 1.14 : Répartition des fuites sur tuyau et sur joint en fonction du diamètre [18]

1.5. Causes des fuites

Les fuites peuvent être dues aux plusieurs facteurs. Ils peuvent être répartis en groupes [26] :

- Les éléments propres au type de la canalisation
- Les éléments liés à l'exploitation des réseaux
- Les éléments extérieurs aux réseaux.

La figure 1.15 montre les différentes causes qui peuvent entraîner l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable.

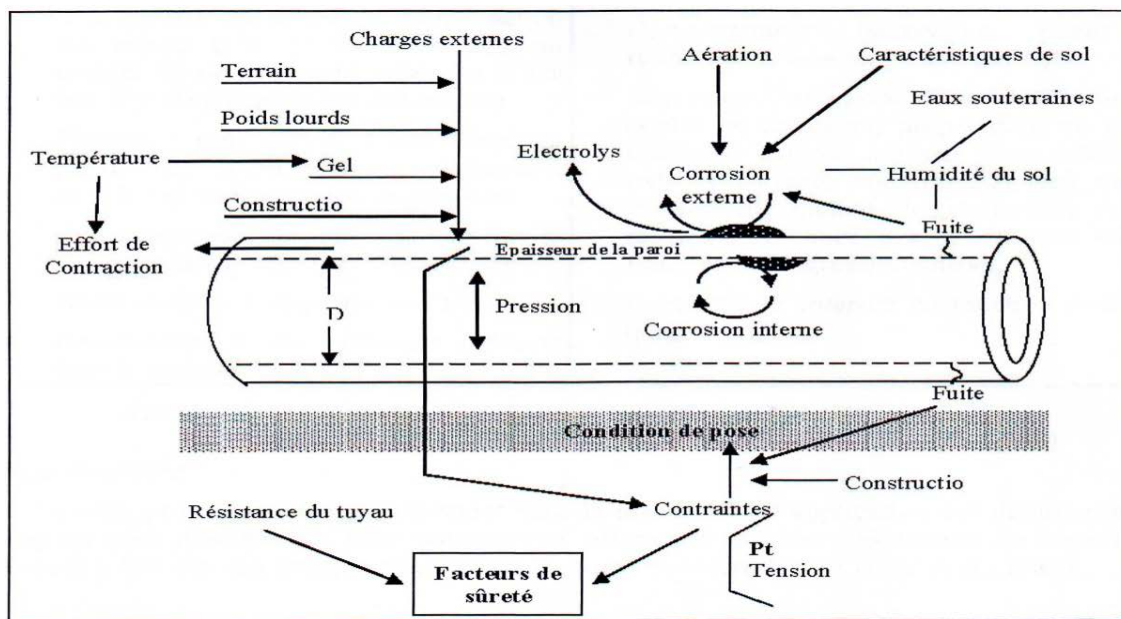


Figure 1.15 : Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable [7]

1.5.1. Les différentes contraintes qui agissent sur une canalisation

La figure 1.16 récapitule les différentes contraintes mécaniques qui agissent sur une conduite.

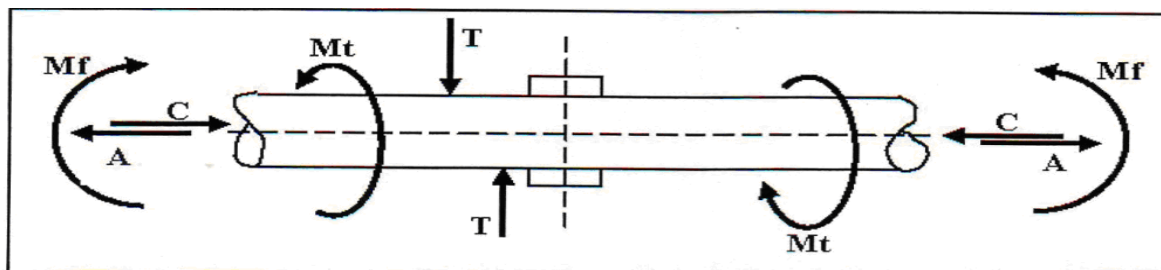


Figure 1.16 : Contraintes subies par une conduite d'eau potable

Mf : moment de flexion susceptible de provoquer une courbure de la canalisation.

Mt : moment de torsion susceptible de tordre la canalisation autour de son axe.

T : contrainte de cisaillement.

A : effort de traction axiale.

C : contrainte de compression.

Ces contraintes peuvent être variées à cause de :

- * mouvement violent ou lent du sol,
- * transmission directe excessive de charges accidentelles en surface,
- * travaux de voiries.

1.5.2. Les éléments influençant l'apparition des fuites

1.5.2.1. Les éléments propres à la canalisation

La durée de vie d'une conduite dépend de son matériau constructif, de ses dimensions (diamètre, épaisseur de la paroi), de ses résistances aux efforts internes et externes qui s'y appliquent et du processus de corrosion qui se développe [29].

- * le diamètre ;
- * le matériau ;
- * le type de joint ;
- * La corrosion interne.

A- Le diamètre

Le diamètre peut jouer un rôle important dans le mécanisme d'apparition des défaillances. Ainsi un petit diamètre est plus sensible aux efforts de traction. Les tuyaux de diamètre inférieur à 100mm ont presque toujours des ruptures transversales [18].

B- Le matériau

Tout matériau de canalisation d'eau potable doit se conformer à certaines spécifications de telle sorte qu'on évite de détériorer la qualité de l'eau transportée et retarder au maximum le vieillissement du réseau [26].

C- Le type des joints

Les joints sont conçus pour relier des tronçons de tuyaux. Ils doivent être placés entre des tuyaux alignés pour éviter leur détérioration prématurée [26].

Ils existent trois types de joints ; en plomb ; en caoutchouc et en matière plastique elles se distinguent par leurs caractéristiques [18]:

- les joints au plomb ne sont pas élastiques et transmettent donc les tensions d'un tuyau à l'autre.

- Les joints en caoutchouc sont bien entendu élastiques. Cependant leur vieillissement est encore mal connu.
- Les joints en matière plastique, les joints élastomères et les joints collés, entraînent des fuites diffuses importantes. Les services techniques ayant posé ce type de joint ont observé bien souvent une diminution du rendement de réseau.

D- la corrosion interne

La corrosion est toujours le résultat de la présence simultanée de deux agents : le métal et le milieu corrosif qui est l'eau dans le cas de la corrosion interne. La corrosion interne est régie par nombreux facteurs [26]:

- La vitesse de l'eau peut avoir une influence sur les zones de dépôt ;
- Quand le PH d'équilibre n'est pas atteint, l'eau est alors agressive favorisant cette corrosion qui est particulièrement importante pour les tuyaux en acier ;
- Si l'équilibre calco-carbonique de l'eau n'est pas atteint, il se produit soit une diminution d'épaisseur de la paroi de la canalisation (eau agressive), soit une diminution de la section de la canalisation (eau incrustante) [29].

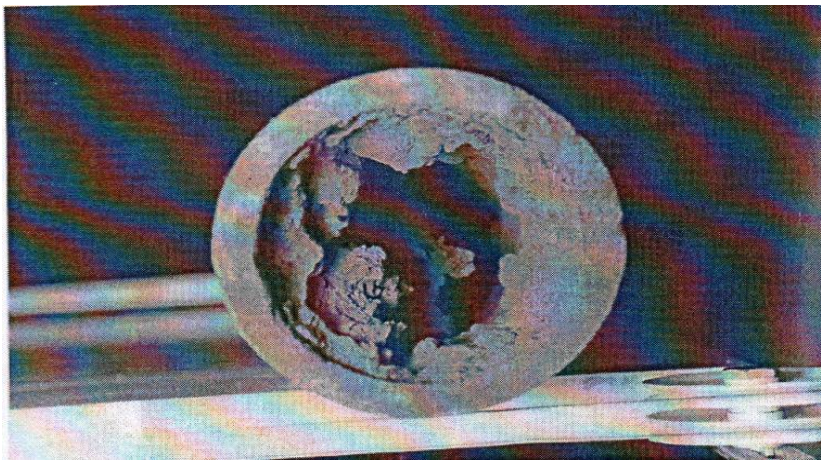


Figure 1.17 : Conduite subi une corrosion interne [26]

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

1.5.2.2. Les éléments extérieurs aux réseaux

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

A- La corrosion externe

Elle correspond à l'échange d'ions entre le sol et la paroi de la conduite et peut avoir diverses origines [18] :

- **Les courants vagabonds :**

Ils sont générés par les installations électriques alimentées en courant continu, peuvent augmenter les risques de corrosion des canalisations. Ainsi une part importante de ces cas courants peut emprunter comme chemin de retour la canalisation en tant que conducteur, ce qui provoque une corrosion au niveau des points de sortie des courants.

- **L'hétérogénéité par contact :**

Elle a lieu au niveau des raccordements de canalisation de matériaux différents, ce qui peut entraîner une différence de potentiel importante et peut induire une pile de corrosion par contact. Pour interdire le passage du courant, il faut isoler les conduites au niveau des raccordements [26].

- **L'hétérogénéité de surface :**

Est la conséquence du non respect des conditions de pose. Un choc lors de pose, peut provoquer une altération surfacique ou une discontinuité locale et création d'un phénomène de pile électrique.

- **L'hétérogénéité du sol**

Lorsqu'une canalisation traverse des sols différents, il peut se créer une pile géologique dans laquelle la partie de la canalisation se trouvant dans le terrain le moins aéré devient anodique et se corrode (pile d'aération différentielle) [18].

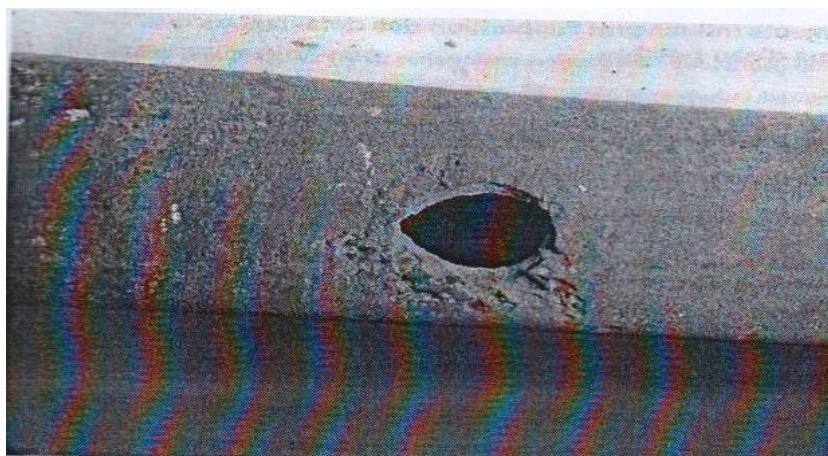


Figure 1.18 : Conduite subi une corrosion externe par courant vagabonds [7]

B- Les mouvements de sol et le trafic

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

C- Les charges du terrain

Sous l'appellation charges des terrains, on considère le poids des terres au-dessus de la conduite (d'où l'importance de la profondeur de pose de la canalisation). Ce poids variera d'un site à un autre en fonction de la teneur en eau et du type de matériaux constituant le sol [18].

1.5.2.3. Les éléments liés à l'exploitation des réseaux

Les éléments liés à l'exploitation du réseau sont [26]:

- **La vitesse de l'écoulement**

Une demande croissante en eau aura lieu une conséquence de l'augmentation de la vitesse de l'écoulement ce qui introduit une corrosion et génère des contraintes mécaniques excessives. A l'inverse une diminution ou décroissante aura pour conséquence relative des temps de séjour de l'eau dans les conduites, ce qui favorise la sédimentation et l'amorce de nouvelles formes de corrosion. La vitesse de l'eau dans les conduites doit être de l'ordre de 3m/s.

- **La pression**

Il faut que la pression chez l'utilisateur ne dépasse pas 4 bars. Au-delà de cette valeur, il y a un risque d'apparition de désordres. A l'inverse la pression minimale à l'entrée doit être 1 bar.

- **La température de l'eau**

Le risque de la température se traduit dans les branches mortes du réseau, où l'eau peut stagner. Une rapide diminution de la température peut alors entraîner une contraction de la canalisation. Et une augmentation des contraintes longitudinale de traction. D'où une fragilisation des tuyaux.

- **Les conditions d'exploitation**

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

- **Les manœuvres sur réseau**

Le phénomène du coup de bélier est très violent et est dû à la circulation d'une onde de pression ou dépression dans les conduites suite à l'ouverture ou fermeture brusque d'une vanne ; ou la coupure de l'alimentation en électricité ce qui engendre une coupure de pompage brusque. Ce phénomène peut fragiliser dangereusement les conduites [18].

1.6. Les manifestations des fuites

Les symptômes des fuites peuvent être multiples tels que [26] :

- ✓ La non concordance des volumes mesurés sur les compteurs ;
- ✓ L'anomalie dans la distribution, bruits anormaux sur les réseaux ;
- ✓ L'affaissement des terrains ;
- ✓ La présence de végétation anormalement développée ;
- ✓ Les terrains humides par temps sec ;
- ✓ L'arrivée de l'eau claire dans les égouts ;
- ✓ La baisse anormale du niveau d'eau dans le réservoir ;
- ✓ L'humidité anormale sur la chaussée.

1.7. Conclusion

Nous avons défini au cours de ce chapitre un ensemble de notions permettant de comprendre le fonctionnement du réseau. Comme les conduites de distribution d'eau potable se dégradent dans le temps sous l'effet combiné des charges mécaniques et d'agressions électrochimiques. Le rendement du réseau diminue ainsi nettement. Suite à l'apparition des fuites. De ce fait il est nécessaire d'explicitier dans le chapitre suivant l'évaluation de la fiabilité des réseaux.

Chapitre 2

Etude de fiabilité des réseaux

2.1. Indices de fiabilités hydrauliques

2.1.1. Indice de criticité hydraulique

Cet indice permet de comparer la quantité d'eau desservie dans l'ensemble du réseau avant et après l'indisponibilité d'une conduite donnée. Afin de calculer l'Indice de Criticité Hydraulique (*ICH*) d'une conduite i , il est nécessaire de calculer les pressions et les demandes aux niveaux de tous les nœuds de consommation en fonction des paliers susmentionnés [19].

2.1.2. Indice de déficience aux nœuds

Cet indice (*IDN*) traduit l'impact de l'indisponibilité d'une conduite donnée sur la desserte en eau des abonnés. Il permet de recenser l'ensemble des nœuds de consommation où la desserte n'est pas assurée. On suppose qu'au-dessous d'une certaine pression inférieure à P (*Inf P*) la desserte en eau n'est plus assurée. Pour chaque conduite élaguée, un calcul de pression est effectué à l'aide de Epanet 2, puis une comparaison avec la pression *Inf P* est effectuée. Si la pression mesurée aux nœuds de consommation est inférieure à la pression, alors le nœud considéré ne sera pas desservi tant que la conduite est indisponible. Cette procédure permet d'identifier l'ensemble des nœuds non desservis. Une fois ces nœuds identifiés, pour chaque conduite élaguée nous calculons le rapport entre le nombre de nœuds non desservis et le nombre de nœuds total constituant le réseau. Le calcul se fait comme suit:

$$IDN_i = \frac{\text{Nombre de noeuds non desservis}}{\text{Nombre total de noeuds constituant le réseau}} \quad (2.1)$$

2.2. Le rendement

Le rendement de réseau est un indicateur simple et très utilisé qui permet d'apprécier la qualité d'un réseau. Il représente le rapport entre la quantité d'eau utilisée par les abonnés et la quantité d'eau introduite dans le réseau. Il existe de nombreuses définitions du rendement qui dépendent des volumes pris en compte pour son calcul. Dans notre analyse, il s'agit plus précisément du rendement dit primaire [2].

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

2.2.1. Rendement primaire

Le rendement primaire (RP) est le rendement le plus simple à calculer, il ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés [37].

$$RP = \frac{\text{Volume d'eau consommé par les abonnés}}{\text{Volume mis en distribution}} \quad (2.2)$$

2.2.2. Rendement net

Le rendement net (RN) est le rendement, parfois appelé rendement technique, traduit bien la notion d'efficacité du réseau, puisqu'il compare la totalité de l'eau utilisée avec celle introduite dans le réseau. Pour le calcul du volume consommé, il faut additionner le volume consommé comptabilisé et le volume consommé non comptabilisé.

$$RN = \frac{\text{Volume d'eau consommé comptabilisé}}{\text{Volume mis en distribution}} * 100 \quad (2.3)$$

2.2.3. L'indice linéaire de perte des réseaux d'eau potable

Le rendement n'étant pas un indicateur toujours pertinent pour apprécier l'état d'un réseau, l'analyse peut-être confortée par le calcul de l'Indice Linéaire de Perte (ILP).

L'ILP permet de mesurer les volumes d'eau perdus par jour pour 1 Km de réseau.

$$ILP = \frac{\text{Volume des pertes}}{\text{Longueur des conduites hors branchement}} \quad (2.4)$$

2.2.4. L'indice linéaire de perte primaire

On ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés.

$$ILP_{\text{primaire}} = \frac{\text{Volume annuel mis en distribution} - \text{volume annuel comptabilisé}}{\text{Linéaire de réseau} * 365} \quad (2.5)$$

2.2.5. L'indice linéaire de perte net

$$ILP_{\text{net}} = \frac{\text{Volume annuel mis en distribution} - \text{volume annuel consommé}}{\text{Linéaire de réseau} * 365} \quad (2.6)$$

2.2.6. Indice linéaire de consommation

$$ILC = \frac{\text{Volume consommé}}{\text{Longueur des conduites hors branchement}} \quad (2.7)$$

2.2.7. Indice linéaire de production

$$ILP = \frac{\text{Volume produit}}{\text{Longueur des conduites hors branchement}} \quad (2.8)$$

Nota : Un réseau d'eau est considéré comme fiable si son rendement est élevé et vis versa. L'augmentation du rendement d'un réseau passe obligatoirement par la réparation des fuites et dans le cas échéant par sa réhabilitation.

En fin la recherche des fuites semble une étape essentielle dans la maintenance des réseaux.

2.3. La recherche des fuites

2.3.1. La détection des canalisations

Pour que les fuites soient localisées ; il nécessite la connaissance précise de l'emplacement des conduites. Comme les plans ne sont plus toujours précis. Alors on fait recours à :

* La mémoire humaine, et

* aux méthodes de détection des conduites comme [1] :

- La détection électromagnétique (conduites métalliques).
- La détection électromagnétique d'une sonde introduite dans la canalisation.
- Les méthodes acoustiques : détection d'une onde sonore transmise à la canalisation par vibreur.

2.3.2. Recherches des fuites

Une étude du diagnostic permet de mettre en évidence les dysfonctionnements du système d'alimentation en eau potable et en particulier d'identifier les secteurs prioritaires pour la diminution des pertes d'eau par la localisation des fuites et les réparer. Il y a plusieurs méthodes de recherche des fuites :

2.3.3. Méthodes de recherches des fuites : [27]

Les méthodes de recherche des fuites sur les conduites sont au nombre de sept. On distingue la méthode :

- Du gaz traceur.
- La thermographie.
- Du géoradar.
- Acoustique.
- De quantification.
- Du comptage.

2.3.3.1. La technique du gaz traceur

Cette technique consiste à injecter dans une partie isolée d'une conduite un gaz non toxique, plus léger que l'air et insoluble dans l'eau (par exemple ; l'hélium ou l'hydrogène). Le gaz s'échappe par l'ouverture de la fuite, puis atteint la surface en s'infiltrant à travers le sol et la chaussée. On repère la fuite en balayant la surface du sol située juste au-dessus de la conduite au moyen d'un détecteur de gaz très sensible.

2.3.3.2. La thermographie

Le principe d'utilisation de la thermographie pour la détection des fuites est :
Quand l'eau échappe d'une conduite souterraine. Cette eau modifie les caractéristiques thermiques du sol environnant (création d'une zone d'adsorption thermique plus efficace que le sol sec environnant). Les anomalies thermiques produites au-dessus de la conduite sont décelées par des caméras infrarouges portatives.

2.3.3.3. Le géoradar

Les radars permettent de repérer les fuites de deux façons.

- Ils détectent les vides créés dans le sol par l'eau qui fuit et circule autour de la conduite.
- Ils détectent les segments des conduites qui semblent plus profonds qui sont à cause de l'augmentation de la valeur de la constante diélectrique du sol gorgé d'eau, aux alentours de la fuite.

Les ondes du géoradar sont partiellement réfléchies vers la surface du sol lorsqu'elles rencontrent une anomalie dans les propriétés diélectriques (un vide ou une conduite). En balayant la surface du sol, on obtient la taille et la forme de l'objet sur l'écran du radar. Le décalage entre le moment où l'onde est émise et le moment où elle est réfléchi détermine la profondeur de l'objet qui réfléchit l'onde [27].

2.3.3.4. Méthode acoustique

La méthode acoustique de contrôle des pertes est une technique d'auscultation simple, ne demandant qu'un appareillage réduit. Cette technique exige cependant beaucoup

d'expérience et une oreille exercée de la part de l'opérateur. La technique est utilisée avec succès dans les zones comprenant beaucoup de branchements et de vannes. Toutes les pertes ne peuvent toutefois pas être décelées en raison du très grand nombre de possibilités de fuites. Une fuite peut également être « masquée » par le bruit d'une autre fuite. Cette méthode est applicable à tous les réseaux métalliques. Elle est plus particulièrement recommandée pour les réseaux dont la pression de service est supérieure à 3 bars [21].

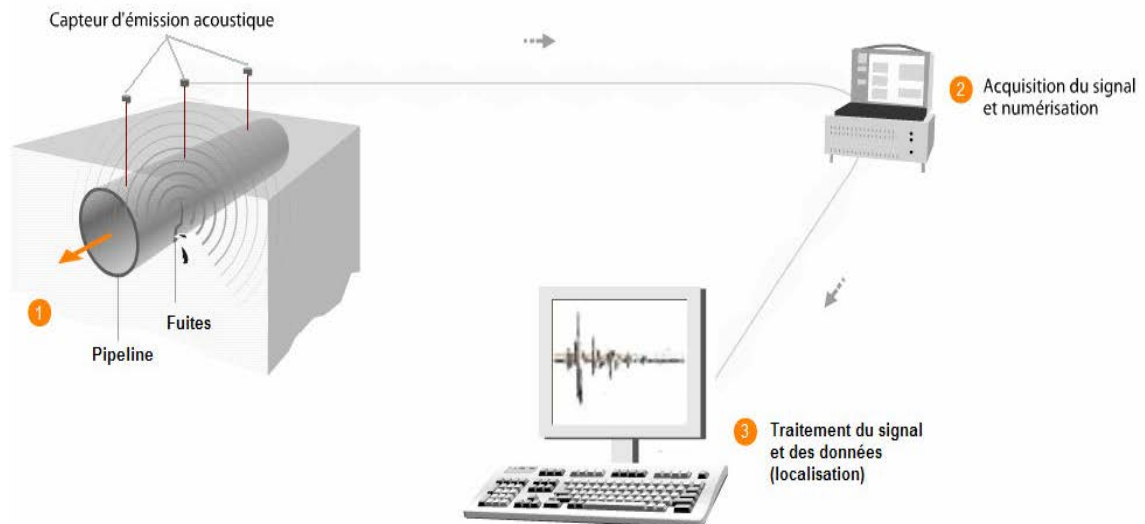


Figure 2.1 : Principe de la détection

2.3.3.5. Quantifications

La méthode de quantification, nécessite l'utilisation d'un camion de diagnostic équipé de matériels et appel à un travail de sectorisation. Son principe est basé sur l'enregistrement des variations des débits et des pressions sur un tronçon ou un secteur, alimenté uniquement à travers le camion de diagnostic, et parfaitement isolé du reste du réseau. Le travail s'effectue dans une tranche horaire comprise entre minuit et cinq heures du matin. La condition principale d'application de la méthode est que le réseau soit ramifié. Tout réseau maillé peut être transformé en réseau ramifié par une fermeture successive des vannes, pour isoler les tronçons un à un [26].

A- Les appareils d'auscultation : [27]

Se sont des tiges d'écoute ; des aquaphones et des géophones, ou microphones au sol. Ces appareils sont soit mécaniques, soit électroniques. Ils utilisent des mécanismes ou des matériaux sensibles (comme les éléments piézoélectriques) pour capter les vibrations ou les bruits émis par les fuites. Les appareils électroniques modernes sont munis

d'amplificateurs de signaux et de filtres antiparasites pour mettre en relief le signal produit par la fuite. Le mode d'emploi des appareils d'auscultation est généralement simple mais leur efficacité dépend de l'expérience de l'opérateur



Figure 2.2 : Appareils d'auscultation ; les tiges d'écoute (à gauche) et microphones (à droite)

B- La corrélation acoustique

L'objectif de la corrélation acoustique est de déterminer avec précision la position exacte d'une fuite. Le corrélateur utilise comme principe la ressemblance entre deux signaux résultant du bruit de fuite. Il détermine alors la différence des temps de propagation du bruit grâce à deux capteurs placés aux deux extrémités de la canalisation, ce qui permet de localiser la fuite.

C- Les corrélateurs de bruits de fuites

Ce sont des appareils portatifs à microprocesseurs qui repèrent précisément et automatiquement les fuites par la méthode de la corrélation croisée (**figure 2.3**). On mesure dans ce cas le signal acoustique émis par une fuite au moyen de capteurs de vibrations ou d'hydrophones disposés sur deux points de contact avec la conduite (généralement des bouches d'incendie ou des vannes), ce qui permet de déterminer l'emplacement de la fuite présumée. Les signaux produits par les fuites sont transmis, sans fil, des capteurs au corrélateur. Dans la plupart des cas, la fuite ne se trouve pas à égale distance des points de mesure.

Temps mis par le signal pour arriver :

$$T_1 = \frac{L_1}{V} \quad (2.9)$$

Où V représente la vitesse de propagation du son dans la conduite.

Le temps mis par le signal 2 à fin d'arriver est :

$$T_2 = \frac{L_2}{V} \quad (2.10)$$

Décalage du signal 2 par rapport au signal 1:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \frac{L_2 - L_1}{V} \quad (2.11)$$

Avec

$$L_2 = D - L_1 \quad (2.12)$$

Alors

$$\Delta T = \frac{D - 2L_1}{V} \quad (2.13)$$

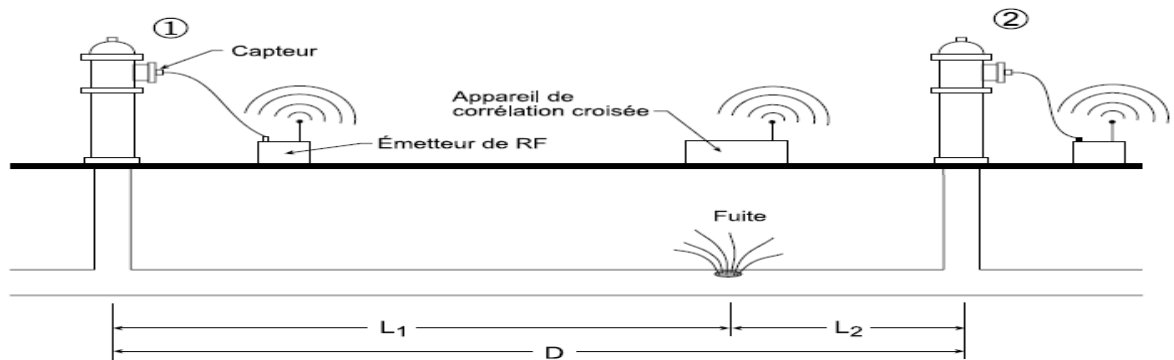


Figure 2.3 : La corrélation par bruit de fuites

Chapitre 3

Les approches méthodologiques : Etat de l'art

3.1. Introduction

Le diagnostic des systèmes d'alimentation en eau potable a pour but de présenter l'état des lieux du service d'alimentation d'eau potable ; Il s'agit d'identifier les dysfonctionnements et proposer des solutions techniques afin de minimiser les pertes et d'augmenter le rendement du réseau d'AEP ; en prenant compte les besoins à moyen et à long terme. Pour que le diagnostic soit efficace, il doit être basé sur une méthodologie qui prend en considération les spécifications d'états et lieux.

3.2. Méthodes utilisées pour le diagnostic des réseaux d'eau

3.2.1. Méthode 1 [16] : utilisée par la collectivité du département de la Haute-Savoie

Les étapes de l'étude sont :

Etape 1- Phase administrative préparatoire

Les études - diagnostics du réseau d'eau potable peuvent être subventionnées par les instances financières compétentes que sont le Conseil Général de la Haute-Savoie et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. L'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse établit des programmes qui sont variables dans la durée, ces programmes fixent le montant des subventions accordées aux collectivités territoriales. A ces subventions accordées par L'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, viennent s'ajouter des subventions propres au Conseil Général de la Haute-Savoie.

Etape 2- Collecte préalable des informations techniques, repérage du réseau et élaboration du schéma d'ensemble

Un premier travail de recherche des documents relatifs au réseau de distribution d'eau potable (plans, croquis, rapports anciens etc.) est réalisé par le chargé d'études auprès de la collectivité concernée. Cette première phase de collecte permet d'effectuer une première synthèse des informations concernant les diamètres des conduites, l'âge de pose de ces dernières ainsi que le positionnement géographique des appareils hydrauliques (ventouses-réducteurs de pression etc.)

Parallèlement à ce travail de collecte de l'information, le repérage exhaustif du réseau va permettre de vérifier les informations collectées au préalable sur site et d'y apporter d'éventuelles corrections, si nécessaire. Le repérage consiste également en la manœuvre de l'ensemble des Robinets-Vannes de Sectionnement (RVS) afin de déterminer les diverses

anomalies (fuites sur presse-étoupe, ensablement etc.) qui nécessitent le renouvellement de l'appareil ou des travaux de dégagement. Cette phase est essentielle puisqu'elle détermine l'étanchéité des tronçons lors de la sectorisation ultérieure des fuites.

L'ensemble des équipements hydrauliques est également scrupuleusement vérifié, à savoir l'équipement des réservoirs mais également les réducteurs de pression avec prise systématique des pressions amont et aval de l'appareil afin de déterminer si les conditions de pression délivrées aux abonnés sont satisfaisantes.

Suite à ce repérage, le schéma d'ensemble du réseau de distribution est élaboré sous forme d'un Système d'Information Géographique (Mapinfo, Arcview, Editop) associé à la création d'une base de données regroupant les caractéristiques techniques du réseau. Ce SIG est utilisé dans l'élaboration d'un plan de récolement au format numérique de type dessin assisté par ordinateur (DAO) (Autocad).

Etape 3- Mesures hydrauliques

La pose systématique de compteurs équipés de têtes émettrices sur les secteurs de distribution va permettre la mise en place d'appareils d'enregistrements en continu (loggers). Ces appareils permettent l'enregistrement des impulsions débit métriques au niveau des têtes émettrices et permettent de connaître avec précision le volume de fuites sur chaque secteur de distribution.

A la suite du dépouillement des résultats des enregistrements, il s'agit de localiser les fuites. Pour cela, deux options sont possibles :

- **Sectorisation des fuites par campagne nocturne**

Cette méthode permet de quantifier le débit de fuites par tronçon c'est à dire entre deux robinets-vannes de sectionnement. Dans cette optique, une campagne de mesures est réalisée de nuit en général de 0h à 06h00 après information des populations et entreprises concernées.

Afin de permettre la réalisation de ces mesures, les secteurs concernés ne sont plus alimentés que par le point de comptage et les éventuels maillages sont supprimés par fermeture des robinets-vannes correspondants. L'ensemble des points de pertes connus (réservoirs de chasse, fontaine, bassins etc.) est jaugé de jour ou supprimé temporairement pendant la nuit de mesure.

Tout le réseau est ainsi scruté en isolant successivement tous les tronçons par fermeture des robinets-vannes. Trois agents dont un communal, sont affectés à cette tâche. Une première

équipe est affectée à la manœuvre (fermeture et ouverture) des vannes, alors que le chargé d'études mesure le débit instantané qui s'écoule entre chaque manœuvre de vannes.

A cette fin, il dispose, au niveau du compteur de distribution (réservoir), d'un appareil de type « Débidose » qui est monté sur le totalisateur du compteur et qui, par enregistrement des impulsions optoélectroniques, permet la lecture directe des débits instantanés.

La communication entre l'équipe chargée de la manœuvre des vannes et celle chargée de mesure des débits instantanés s'effectue par radio.

En général, on procède en fermant les vannes de l'aval vers l'amont du réseau en suivant les instructions de fermeture des vannes données par le chargé d'étude au réservoir. La réouverture des vannes de sectionnement s'effectue en fin de nuit afin de ne pas perturber les mesures par un remplissage intempestif des conduites.

Au terme des mesures nocturnes, un plan est dressé avec report des débits de fuites localisées par tronçon. La recherche par corrélation acoustique peut alors débiter.

- **Prélocalisation des fuites**

La prélocalisation est basée sur le principe d'écoute du niveau sonore dans le réseau. On recherche alors les niveaux maximums de bruit, ce qui nous permet de définir avec précision les zones susceptibles de présenter des fuites.

Cette recherche est réalisée à l'aide d'appareils spécifiques appelés « prélocalisateurs ».

Ces appareils, utilisés en groupe d'une dizaine ou plus, sont installés sur les points d'accès au réseau qui peuvent être les robinets-vannes de sectionnement et robinets-vannes de branchements. Leur zone de couverture est comprise entre 50 mètres dans les cas défavorables (conduites en « PVC ou PEHD » ou présence de réducteurs) à 200 m dans les cas favorables (conduites en acier, fonte grise, fonte ductile...). On couvre ainsi un linéaire d'environ 4 km de réseau avec 20 appareils.

Ce type d'écoute automatique a lieu la nuit lorsque les bruits liés au fonctionnement du réseau sont réduits et que la pression est la plus forte. Les appareils scrutent et enregistrent alors le bruit minimum pendant une période définie à l'avance (habituellement entre 01h00 et 03h00) sur leur lieu d'implantation. Le jour suivant, on relève et on analyse les données enregistrées par les appareils et on les déplace vers un autre secteur. En fonction des résultats (niveau sonore enregistré par chaque appareil), une recherche est réalisée par corrélation acoustique sur les zones sélectionnées.

Etape 4- Localisation ponctuelle des fuites par corrélation acoustique

Suite aux résultats des campagnes nocturnes ou de la prélocalisation, une localisation ponctuelle des fuites est effectuée, principalement par corrélation acoustique.

Cette méthode consiste à capter et à comparer en temps réel les signaux provenant de deux capteurs placés sur la conduite. L'analyse du décalage entre les deux signaux permet la localisation ponctuelle de la fuite.

Cette technique permet d'éliminer tous les bruits parasites, d'où la possibilité de travailler de jour en environnement bruyant.

La précision de localisation varie de 0.2 à 0.5 m en fonction de l'éloignement des capteurs (points d'accès au réseau). Dans la mesure du possible, les fuites sont réparées le plus rapidement afin de permettre une seconde écoute de contrôle après réparation.

Etape 5- Rédaction du rapport d'étude final

Le rapport final répond à deux exigences :

- Etablir un bilan hydraulique complet avant et après étude-diagnostic. Ce bilan est établi par secteurs de distribution puis pour l'ensemble de la collectivité.
- Proposer à la collectivité un certain nombre d'options techniques qui vont permettre selon les cas de figure de maintenir et d'améliorer les résultats obtenus à la suite de l'étude-diagnostic.

3.2.2. Méthode 2 [20] : utilisée par la SAGE nappe Profond de Gironde**Etape 1 : Audit du patrimoine**

C'est la phase préliminaire de recueil des données essentielles pour l'étude diagnostic .Elle précise les éléments et les informations dont doit disposer un maître d'ouvrage pour poser une première analyse sur l'état et le fonctionnement de son réseau.

Etape 2 : Sectorisation

Outil de diagnostic de l'état et du fonctionnement du réseau à un instant donné, mais il est aussi plus un outil de gestion du patrimoine au quotidien. Il contient deux options qui sont :

Option 1 : Recherche des fuites

Investigations de terrain non intrusives visant à localiser avec précision les fuites en vue de leur réparation.

Option 2 : Modélisation

Représentation numérique virtuelle du réseau d'eau permettant de simuler d'une part son fonctionnement dans son état actuel et, d'autre part, l'effet de la modification des infrastructures existantes ou des conditions d'exploitation.



Figure 3.1 : Organigramme de la méthode utilisée par la collectivité du département de la Haute-Savoie

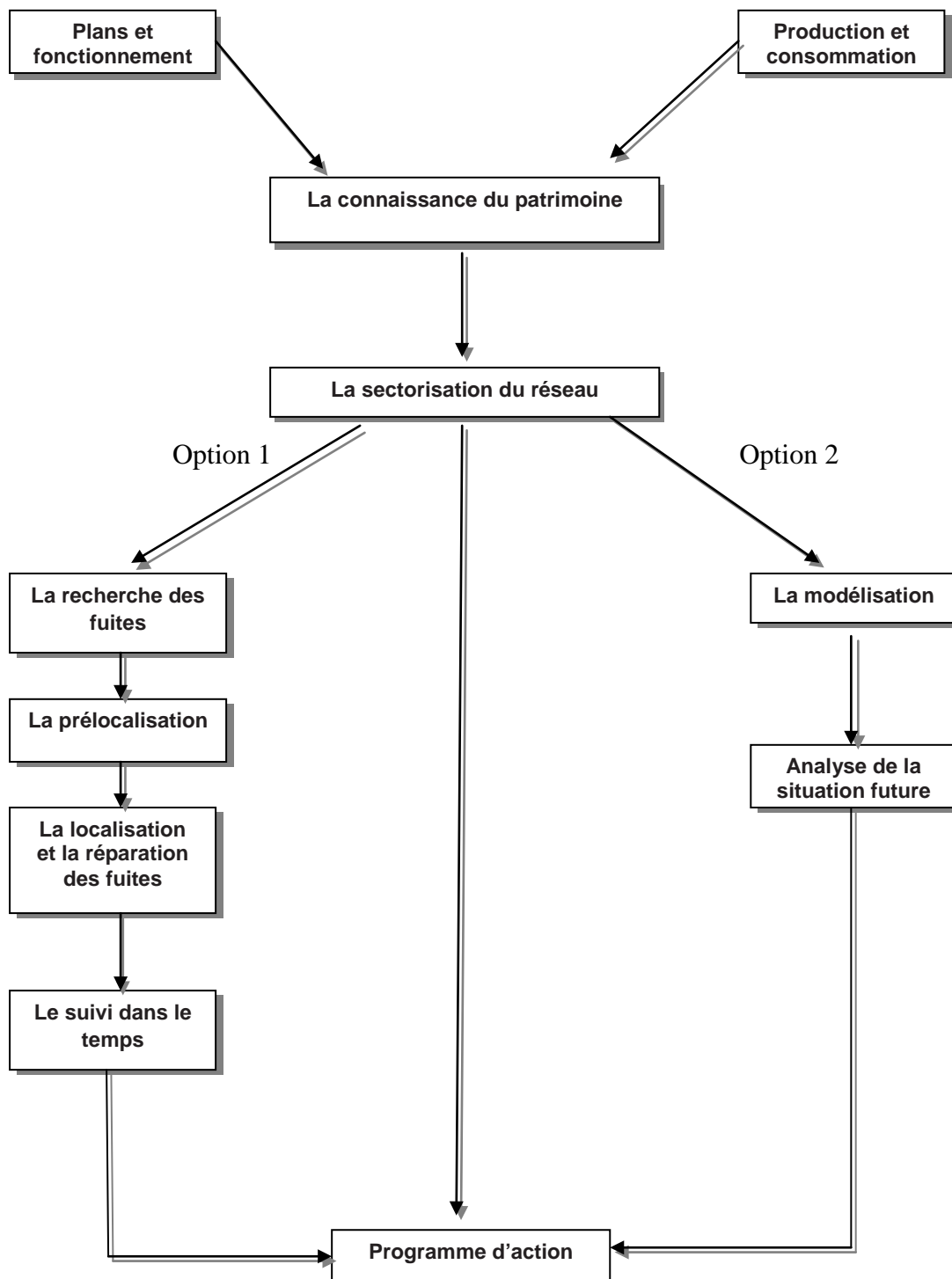


Figure 3.2 : Organigramme de la méthode utilisé par La SAGE nappe Profond de Gironde.

3.2.3. Méthode 3 [36]: *Fiche 14 Diagnostic du réseau ; Site internet***Etape 1 : Etude de mis en place de compteurs et vannes**

En fonction de la sectorisation, définis préalablement dans l'étude des modalités de fonctionnement du réseau et l'étude des besoins, le bureau d'étude définira :

- L'emplacement, le nombre des compteurs et des vannes nécessaires, complétant les dispositifs existants, afin d'améliorer la connaissance et de réaliser la campagne de mesures. Il en estimera le coût.
- Après validation par la commune un certain nombre de vannes et le cas échéant de compteur, nécessaire à la suite de l'étude, feront l'objet d'un descriptif plus détaillé (plan, caractéristiques, diamètre, conditions de pose...) de façon à engager une consultation pour la réalisation des travaux.

Etape 2 : Diagnostic général du réseau

Les mesures seront réalisées sur les nœuds principaux du réseau (ressources, réservoir, station...) :

- Le bureau d'étude équipera les compteurs qui seront mis en place dans le cadre de l'étude (le nombre est donné à titre indicatif dans le programme et l'état des prix forfaitaire).
- Le bureau d'étude proposera des points de mesures provisoires en utilisant son propre matériel pour les secteurs sans compteur (le nombre est donné à titre indicatif dans le programme et l'état des prix forfaitaire).

La campagne de mesures doit durer au minimum une semaine, pendant laquelle seront suivies en continu et enregistrées des variations de débits et pressions dynamiques permettant :

- De quantifier globalement les pertes d'eau de chaque secteur
- D'enregistrer les variations de consommation
- De vérifier le bon fonctionnement du réseau
- D'établir le rendement du secteur.

Les mesures auront lieu principalement de jour et en partie de nuit si la consommation est trop importante.

Un procès-verbal de chacune des mesures sera fourni au Service des Eaux de la collectivité.

A l'issue du diagnostic général du réseau, le bureau d'étude produira un rapport d'études comprenant :

- L'exposé de la situation avant diagnostic
- La description de ses investigations
- Les procès-verbaux de toutes les mesures.
- L'analyse des résultats et le bilan par secteur et en particulier la définition par

secteur d'un indice de perte correspondant au rapport :

- Pertes mesurées en m^3/h / longueur réseau hors branchements en km
- Le rendement du réseau prévisible après étude
- L'estimation du coût de la recherche fine par secteur

Etape 3 : Recherches fines

A partir des résultats de la première étape, et en particulier de l'indice des pertes, chaque secteur pourra faire l'objet d'une recherche fine des pertes, notamment de nuit.

A titre informatif et sans engagement du maître d'ouvrage, le seuil à partir duquel une recherche de fuites doit être engagée pourrait être un indice de perte linéaire supérieur ou égal à $0,3m^3/h/km$.

Le bureau d'étude procédera alors aux opérations suivantes :

- Découpage du réseau en mailles
- Mesure et enregistrement sur chaque maille des variations de débits et des pressions dynamiques permettant :
- De quantifier toutes les fuites franches ou pertes d'eau diverses et de les pré-localiser entre deux vannes
- D'enregistrer les variations de consommation
- D'enregistrer les grosses consommations
- De tester vannes et appareillages
- De vérifier le bon fonctionnement du réseau.

Les mesures auront lieu principalement de jour et en partie de nuit pour les zones à forte consommation.

Etape 4 : Localisation des fuites

Pour chaque maille, le bureau d'étude procédera à la localisation précise des fuites, qui auront été prélocalisées par les mesures sur la maille, par corrélation acoustique ou autre

méthode valable. A l'issue de la réparation, le résultat obtenu sera vérifié par une nouvelle mesure.

✓ **Contrôle des secteurs**

Les secteurs qui ont fait l'objet d'une recherche fine des fuites seront contrôlés afin de vérifier la réparation des fuites et d'établir le rendement de la zone une fois les travaux faits et les anomalies du réseau corrigées.

✓ **Rapport**

A l'issue du diagnostic de chacun des secteurs de distribution étudiés, le bureau d'étude produira un rapport d'études comprenant :

- L'exposé de la situation avant diagnostic
- La description des investigations du bureau d'étude
- Les procès-verbaux de toutes les mesures
- L'analyse des fuites retrouvées selon plusieurs critères (volume, cause, nombre, localisations...).
- L'analyse des pressions sur le réseau
- L'analyse des appareils de fontainerie
- Des informations sur les consommations au moment des mesures
- L'évaluation et l'étude des défauts suivant les critères techniques et économiques
- Le rendement du réseau prévisible après diagnostic
- Le bilan de contrôle du secteur
- Les travaux à réaliser par ordre de priorité, et les économies d'eau correspondantes.

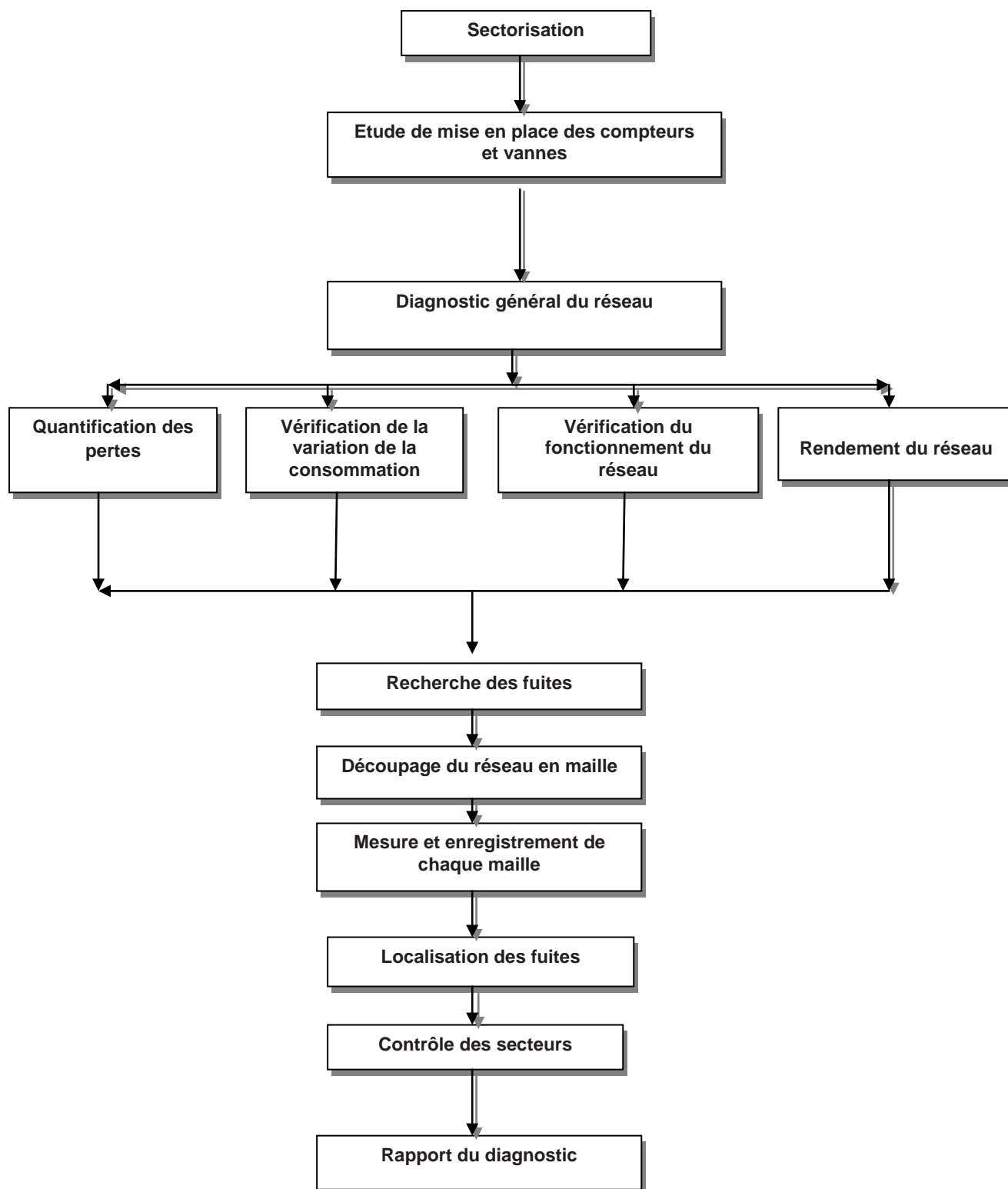


Figure 3.3 : Organigramme de la méthode présentée par la fiche 14

3.2.4. Méthode 4 [13]: *utilisé dans l'étude du diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable de la commune du Petit-Bonard*

Etape 1 : Diagnostic général du réseau

Le chargé d'étude procédera aux opérations suivantes :

- Localisation des compteurs et vannes de secteur (existants ou à installer).
- Découpage de chaque zone de distribution en quelques secteurs définis conjointement avec la régie ou l'exploitant.
- Mesure et enregistrement pour chaque secteur des variations de débits instantanés et des pressions dynamiques permettant de quantifier les pertes d'eau dans chaque secteur, enregistrement des variations de la consommation, vérification comment fonctionne le réseau et établir le rendement du secteur.
- A la fin du diagnostic général du réseau, le chargé d'étude produira un rapport d'études qui a les objectifs suivants :
 - ❖ L'exposé de la situation avant diagnostic
 - ❖ La description des investigations réalisées par le chargé d'étude
 - ❖ La définition par secteur de l'indice de perte linéaire
 - ❖ Le rendement du réseau prévisible après étude.

Etape 2 : Recherche fine des fuites

A partir de l'indice linéaire calculé à l'étape 1, une recherche des fuites fine s'exécute en chaque secteur si l'indice linéaire est supérieur ou égal à $0,3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{km}$.

Le chargé d'étude procédera aux opérations suivantes :

- Découpage du réseau en mailles
- Mesure et enregistrement sur chaque maille des variations des débits et des pressions dynamiques permettant les mêmes objectifs que celle de la première étape.

Les mesures auront lieu principalement de jour et en partie de nuit pour les zones à forte consommation, un procès verbal de chacune des mesures sera fourni au maître d'ouvrage.

Etape 3 : suivi dans le temps des consommations

A partir des résultats du diagnostic général et des recherches fines effectuées, il sera proposé à la collectivité un mode de gestion du service, les moyens et le matériel nécessaires pour suivre dans le temps l'évolution de la consommation de toutes les zones de distribution et de tous les secteurs, afin de pouvoir maintenir le rendement de chacun au meilleur.

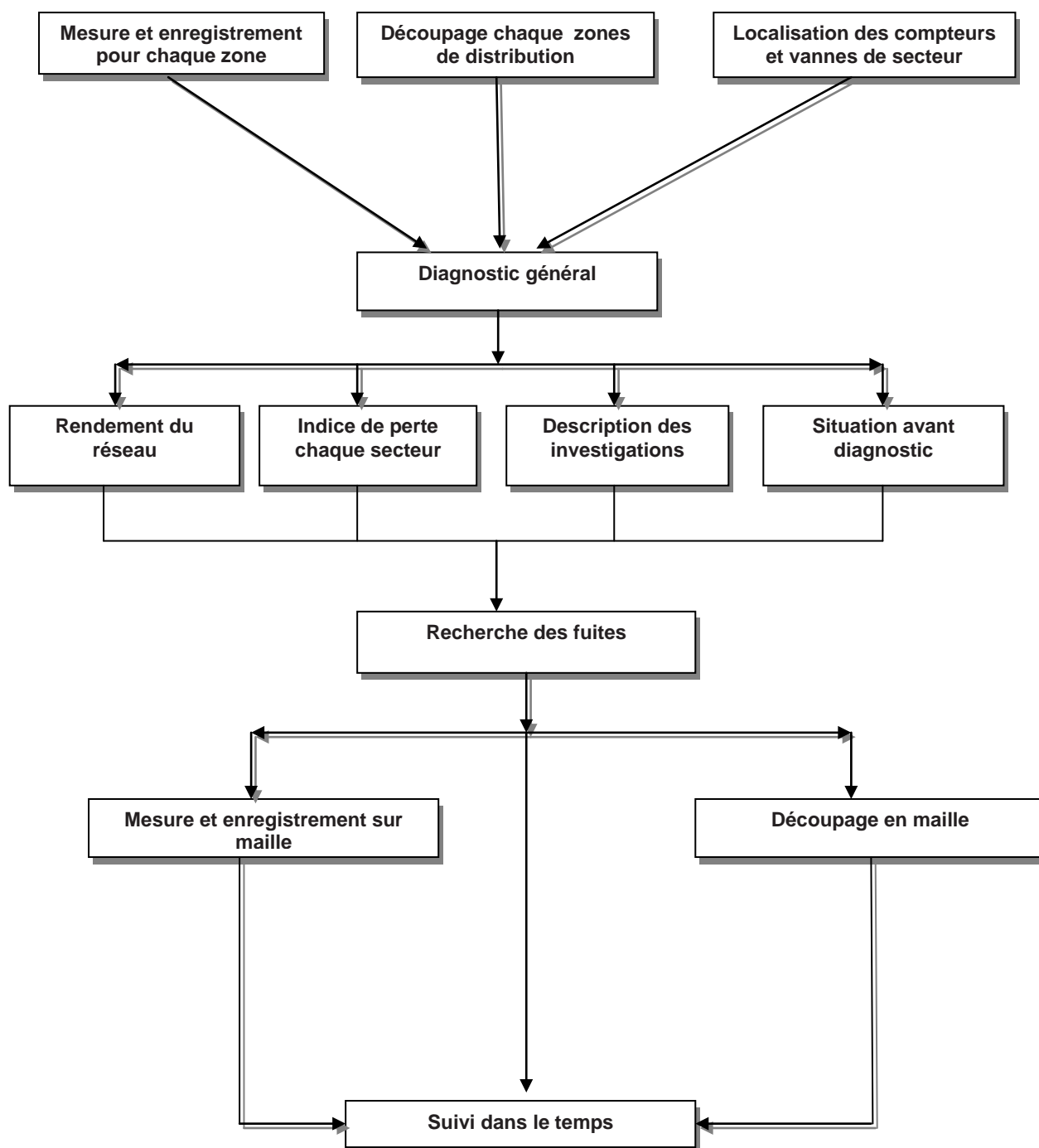


Figure 3.4: Organigramme de la méthode du diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable de la commune du Petit-Bonard

3.2.5. Méthode 5 : *utilisé dans l'étude du diagnostic et expertise du réseau de distribution de la commune de Telagma [Source DHW Oum el Bouaghi]*

Les étapes suivies dans cette méthode sont :

- 1- Objectif de l'étude
- 2- Généralités : - Situation Géographique.
- Activités Economiques.
- 3- Evolution de la population
- 4- Estimation des besoins en eau potable : - Besoin domestiques.
- Débit maximum journalier.
- Débit de pointe.
- 5- Ressource en eau et bilan : - Ressources en eau.
- Capacité de stockage existant.
-Réseau de distribution existant.
- 6-Calcul hydraulique : - Adductions.
-Réservoirs de stockages.
-Réseaux de distributions.
- 7- Conclusion.

3.3. Conclusion

Après avoir présenté les différentes méthodes du diagnostic ; on constate que les méthodes utilisées en Europe : ont une hiérarchie bien déterminée, selon le cas à traiter. En Algérie jusqu'à ce jour les études du diagnostic des réseaux d'eau potable n'ont pas une méthodologie donnée à suivre. Et ne s'appliquent que des méthodes classiques des réseaux d'eau.

Sur ce, on propose dans le chapitre suivant ; une méthodologie du diagnostic des réseaux d'eau à appliquer dans le contexte Algérien.

Chapitre 4

Méthodologie proposée pour le diagnostic dans le contexte Algérien

4.1. Introduction

En Algérie ; L'exploitation des systèmes d'alimentation en eau n'est pas effectuée d'une manière efficace. On estime que plus de 50% de la production d'eau se perd à travers les fuites sur les conduites d'adduction et de distribution. En général les plans des réseaux de distribution sont inaccessibles ou n'existent pas en détail sur plusieurs zones. Pour cela il est nécessaire de mettre en place une méthodologie du diagnostic des réseaux d'eau potable.

4.2. Les étapes de la méthodologie proposée pour le diagnostic dans le contexte Algérien

4.2.1 Etape 1 : Saisie des plans et données du système existant (Cartographie)

L'objectif de cette étape est de mettre à jour les plans du système d'alimentation en eau potable de la ville objet l'étude. Un certain nombre de plans et de données existants, seront mis pour la vérification sur terrain ; en même temps une saisie informatique de SIG des plans de réseau. La mise en œuvre s'effectuera dans les phases suivantes:

4.2.1.1. Préparation des fonds de plan

La mise à jour des plans existants ; prendre en considération l'urbanisation actuelle qui devrait être limitée.

Pour les zones où un levé complémentaire doit être effectué, du fait de l'extension de la ville, la méthode de préparation des fonds de plans sera du type « levé direct » et comprendra :

- Levé des rues et des façades.
- Détails altimétriques et planimétriques des rues.
- Mise en place d'une polygonale de base rattachée au système cartographique en usage en Algérie (UTM 32 pour les zones concernées).
- Rattachement par déterminations GPS.

4.2.1.2. Recueil des données

La collecte des données informations existantes et relatives aux réseaux de collecte, d'adduction, de distribution, ainsi qu'aux ouvrages auprès des services concernées comme ; l'ADE, la DHW, les bureaux d'études...

Une synthèse des ces informations pour les identifier et qualifier les informations disponibles. Toutes ces informations seront normalisées dans un système d'information géographique (SIG) de manière à constituer le dossier de référence.

Pour les ouvrages de génie civil on procède :

- Archiver et reproduire les plans existants.
- Reporter les corrections après visites du terrain.
- Produire à partir des plans existants et des visites de terrain, les schémas fonctionnels précisant les équipements hydrauliques et électromécaniques, avec leurs caractéristiques principales et leurs dispositions respectives.

4.2.1.3. Vérification du système d'AEP

Une fois les données existantes introduites dans un système d'information géographique (SIG) ; il aura une analyse du réseau et notera les anomalies qui apparaissent (départ de conduites sans vanne, branchement illogique, zones sans réseau, etc.). Cette analyse servira de guide à la vérification du système d'AEP.

Cette tâche ; de vérification du système d'AEP, sera réalisée en coopération avec le personnel des services d'eau comme l'ADE ; la DHW...etc. Qui dispose d'une connaissance certaine du réseau. La procédure est comme suit :

- La vérification des plans des réseaux de distribution par visite sur le terrain avec le personnel de l'ADE ; la DHW.
 - A la collecte des données techniques : diamètre, matériau et âge de la conduite à partir des connaissances du personnel ; quand les informations seront inconnues comme l'âge ou les matériaux ; il sera nécessaire d'estimer ces informations à partir de la connaissance générale du secteur.
 - Sondage par excavation pour localiser les conduites quand cela s'avère nécessaire comme :
 - le manque complet de plans sur des nouveaux secteurs,
 - plans erronés ou incomplets ;
 - bouche à clé invisible ;
 - matériau indétectable à partir de la surface.

- A des recherches des métaux pour localiser les vannes qui n'apparaissent pas sur les plans alors que leur existence est présumée ou pour qualifier les équipements spéciaux. Dans des cas particuliers, afin de vérifier la conception des nœuds il pourrait s'avérer nécessaire de procéder à des fouilles.
- La réalisation d'un bilan qualitatif des équipements spéciaux du réseau, puis définition des travaux à réaliser pour permettre leur bon fonctionnement dans le cadre de la réhabilitation.
- La vérification des plans des ouvrages principaux (stations de pompage, de traitement, forage, réservoirs, etc.) ou éventuellement à l'élaboration des schémas.

4.2.1.4. Préparation des plans du système d'AEP existant

La préparation de la base des données technique du SIG conduira :

- La préparation du système de codification (secteurs, conduites, nœuds, ouvrages, branchements.) et la codification de tous les éléments du système d'AEP proprement dit
- L'identification des conduites (code, diamètre, matériaux, âge, etc.).
- L'identification des nœuds (type, code, diamètre, matériau, âge, etc.)

Avec une attention particulière aux vannes de sectorisation.

- L'identification des branchements (type, code, diamètre, âge, etc.)

Toutes ces informations seront utilisées pour l'élaboration de rapports spécifiques sur une composante du système par élément ou par zone géographique, et la mise en évidence, à partir de l'état des équipements et des contraintes, des travaux de réhabilitation à réaliser.

4.2.1.5. Systèmes d'information géographique (SIG)

A- Définition d'un SIG

Un SIG est un système informatique de matériels, de logiciels et de processus, conçu pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation et l'affichage des données à référence spatiale en vue de résoudre des problèmes d'aménagement et de gestion.

Pour transformer un objet réel en une donnée à référence spatiale, on décompose le territoire en couche thématique (relief, route, bâtiments...) structurées dans des bases de données numériques. Les bases de données qui alimentent les SIG doivent être géoréférencées, c'est-à-dire partager un cadre commun de repérage qui s'appelle système de projection [17].

Les SIG permettent entre autre :

- De stocker sous forme numérique de gros volumes de données géographiques de manière centralisée et durable. Par rapport au papier ou aux fiches, les supports informatiques actuels (CDroms, DVDroms), assurent une meilleure conservation des données, on dit que les SIG perpétuent la mémoire.
- D'afficher et de consulter les données sur l'écran, de superposer plusieurs couches d'information, de rapprocher des informations de différentes natures (topographiques, environnementales, économiques).
- D'actualiser ou de modifier les données sans avoir à recréer un document.
- D'analyser les données en effectuant par exemple des calculs de surface ou de distance.
- D'ajouter ou d'extraire des données, de les transformer pour mettre à disposition d'un prestataire (géomètre, architecte, gestionnaire de réseau,..) ou d'un décideur.
- D'éditer des plans et des cartes à la demande et en grand nombre à des coûts peu élevés.

Un SIG comprend principalement 5 composantes :

1. Le matériel informatique
2. Le logiciel SIG
3. Les données organisées en bases
4. Les méthodes
5. Les ressources humaines (les utilisateurs).

B- L'information géographique

La définition de chacun des composants, système d'information et information géographique contribue à en préciser le contour :

- *Système d'information* : ensemble de composants inter-reliés qui recueillent de l'information, la traitent, la stockent et la diffusent afin de soutenir la prise de décision et le contrôle au sein de l'organisation.
- *Information géographique* : l'information est dite géographique lorsqu'elle se rapporte à un ou plusieurs lieux de la surface du globe terrestre. Cette information possède la caractéristique d'être localisée, repérée ou géocodée.

Un *système d'information géographique* a donc comme finalité de renseigner sur un territoire en localisant les informations pour aboutir à un processus de décision.

C- Intérêt des SIG

Les systèmes d'information géographique servent principalement à :

- Enregistrer l'information sur le territoire est la fonction première des SIG.
- Questionner l'information sur le territoire,
- Produire des cartographies thématiques,
- Analyser l'information sur le territoire,
- Effectuer des simulations ;

Pour l'élaboration du SIG plusieurs opérateurs sont utilisés tels que :

- ArcGIS (Arc Info, Arc View...)
- AutoCAD Map 3D
- MapInfo,...

Dans notre cas on utilise le logiciel **MapInfo**.

D- Qu'est-ce que MapInfo ?

MapInfo est :

- Un système d'information géographique (SIG),
- Un logiciel convivial doté d'une interface graphique conviviale de type « pointer-cliquer ».
- MapInfo fournit un ensemble d'outils pour visualiser, explorer, interroger, modifier et analyser des informations géographiques et présenter les résultats sur des documents cartographiques de qualité.
- Une application intégrant un ensemble de données prêtes à l'emploi.
- MapInfo, permet de charger facilement des données localisées et tabulaires (littérales) et de les afficher sous forme de cartes, de tables ou de diagrammes.

Richesse fonctionnelle et convivialité d'un SIG bureautique :

- Cartographie thématique,
- Création et modification de données,
- Analyse spatiale,
- Géocodage par adresse,
- Accès aux bases de données externes (Excel) pour extraire des enregistrements de données.

MapInfo est bien plus qu'un logiciel de cartographie, il offre des outils performants d'analyse spatiale, de géocodage par adresse, de visualisation des résultats, de création et d'édition de données géographiques et tabulaire, de cartographie thématique et de mise en page.

E - Usage des SIG dans les réseaux hydrauliques

L'élément clé de la réussite d'un projet de construction d'un SIG dans les réseaux hydrauliques est la base de données. Elle doit être conçue de telle façon à assurer le passage des données du SIG vers le logiciel de calcul pour la simulation des calculs hydrauliques (exemple : Epanet etc.), puis le retour des résultats vers SIG pour leur analyse et leur interprétation.

F - Structure de la base de données

Pour chaque élément du réseau d'AEP une approche de la structure de la base de données est donnée.

- **La table « conduite »**

La structure de la base de données est la suivante :

- ✓ ID_ tuyau ou ID_ conduite.
- ✓ Longueur réelle en m.
- ✓ Diamètre en mm.
- ✓ Type du matériau.
- ✓ Année de pose.
- ✓ Nombre de fuites sur cette conduite.
- ✓ Maître d'ouvrage.
- ✓ Maître d'œuvre.
- ✓ Entreprise de réalisation.
- ✓ Position de la conduite.
- ✓ Observation.

- **La table « Nœuds »**

La structure de sa base de données est la suivante :

- ✓ ID_ Nœuds.
- ✓ Côte : altitude en m.

- **La table « Réservoirs »**

- ✓ ID_ réservoirs.
- ✓ Année de réalisation.
- ✓ Capacité de stockage en m³.
- ✓ Altitude du radier en m.
- ✓ Altitude trop-plein.

- **La table « station de pompage »**
 - ✓ ID_ station de pompage.
 - ✓ Nombre de groupe de pompe.
 - ✓ Nombre de groupe de pompe en marche.
 - ✓ Année de réalisation.
- **La table « Forage »**
 - ✓ ID_ Forage.
 - ✓ Champ captant.
 - ✓ Exploitant ou gestionnaire.
 - ✓ Diamètre en mm.
 - ✓ Profondeur en m.
 - ✓ Débit max en l/s.
 - ✓ Débit d'exploitation.
 - ✓ Niveau statique.
 - ✓ Côte de calage de la pompe.
 - ✓ Année de réalisation.
 - ✓ Date de mise en service.
 - ✓ Type d'exploitation.
 - ✓ Compteur.
 - ✓ Observation.

4.2.1.6. Préparations du rapport du SIG

Le rapport final contient :

- La mise à jour du rapport provisoire comprenant :
 - ✓ Le plan général, les schémas et les plans détaillés du système d'AEP existant
 - ✓ Le rapport décrivant le mode de fonctionnement du système AEP
 - ✓ Un bilan qualitatif des composants du réseau, et les rénovations qu'il préconise.
- Les différences trouvées entre les plans initiaux reçus et la situation actuelle sur terrain.
- La liste des canalisations et pièces spéciales retrouvées
- Les recommandations en termes de rénovations et de réhabilitations.
- Les cartes thématiques utiles à la compréhension du système AEP.

- Les rapports thématiques.
- Le dossier de recollement des organes réparés en cours de visite.

4.2.2. Etape 2 : Diagnostic du réseau de distribution existant

4.2.2.1. Découpage du réseau en secteur

Le découpage du réseau comprendra les phases suivantes :

A- Analyse du réseau et définition des secteurs

Les données nécessaires de cette phase seront collectées dans le cadre du SIG.

Il s'agit principalement :

- Des réseaux mis à jour.
- Des données des caractéristiques des ouvrages de production, stockage et pompage.

Les données relatives aux statistiques des consommations et des volumes produits seront également recueillies auprès des services concernés.

Les secteurs seront définis en fonction de la taille :

- On prend une longueur moyenne de réseau de 2 km à 3 km maximum pour les conduites principales et secondaire sans tenir compte des conduites de distribution de diamètre inférieur à une certaine valeur selon les cas :
- ✓ Le nombre d'interconnexions entre secteurs et des possibilités d'isolement.
- ✓ La forme du réseau.
- ✓ L'altitude du secteur qui joue un rôle dans la distribution des volumes.
- ✓ De l'alimentation interne (forage).
- ✓ De la sectorisation « commerciale ».
- ✓ Du comptage général.
- ✓ Type de consommateurs.

Le découpage en secteurs (et sous secteurs) devra être simple et logique afin de simplifier le calcul de bilans, de réduire les coûts d'équipement pour la réhabilitation (vannes, compteurs) et de faciliter la gestion du rationnement.

En parallèle de l'opération de découpage en secteur ; il sera procédé à une analyse du système de distribution (pré-diagnostic). Cette opération sera effectuée par enquête sur terrain en s'appuyant sur la mémoire humaine ; les agents et les responsables de l'entretien afin de vérifier :

- ✓ Les natures de matériaux indiquées sur plans.
- ✓ La position et les types des principales vannes de sectionnement.
- ✓ Le mode de connexion des vannes.

Une de réparation et d'entretien seront effectuées ; pour pouvoir préciser l'importance des réparations qui seront nécessaires au cours du diagnostic et de commander du matériel adapté au besoin.

Deux niveaux de secteurs seront définis :

- Les secteurs de distribution qui correspondent aux zones géographiques de distribution. Généralement, il s'agit de l'organisation spatiale de la distribution à partir des réservoirs ou des piquages sur canalisations principales et adductions.
- Les secteurs élémentaires qui correspondent à des sous-ensembles des secteurs principaux. Ce sont des secteurs pouvant être isolés par des vannes sans entraîner de perturbation sur secteur limitrophes. Sur ces secteurs l'analyse de la consommation et les bilans sera faite.

B- Critères de découpage en secteurs

Les critères de découpages en secteur sont :

- L'organisation de la distribution et les modalités d'alimentation et de desserte des zones de distribution pour les secteurs de distribution.
- La recherche de minimiser les perturbations de la distribution et les coupures d'eau sur les secteurs.
- La possibilité de l'implantation des vannes d'isolement et d'installation de compteurs généraux permettant de faire des bilans.

C- Sectorisation

Après définition sur plan des secteurs, les opérations de sectorisation seront faites par des investigations de terrain qui comprendront :

- Les visites des ouvrages principaux (pompes, adduction, réservoirs)
- Les schémas d'implantation des appareils de mesures pour les tests des secteurs pilotes représentatifs (débits, pression, niveau)
- La vérification de l'étanchéité des vannes entre les secteurs.

Le diagramme suivant présente les lignes directrices du découpage en secteur

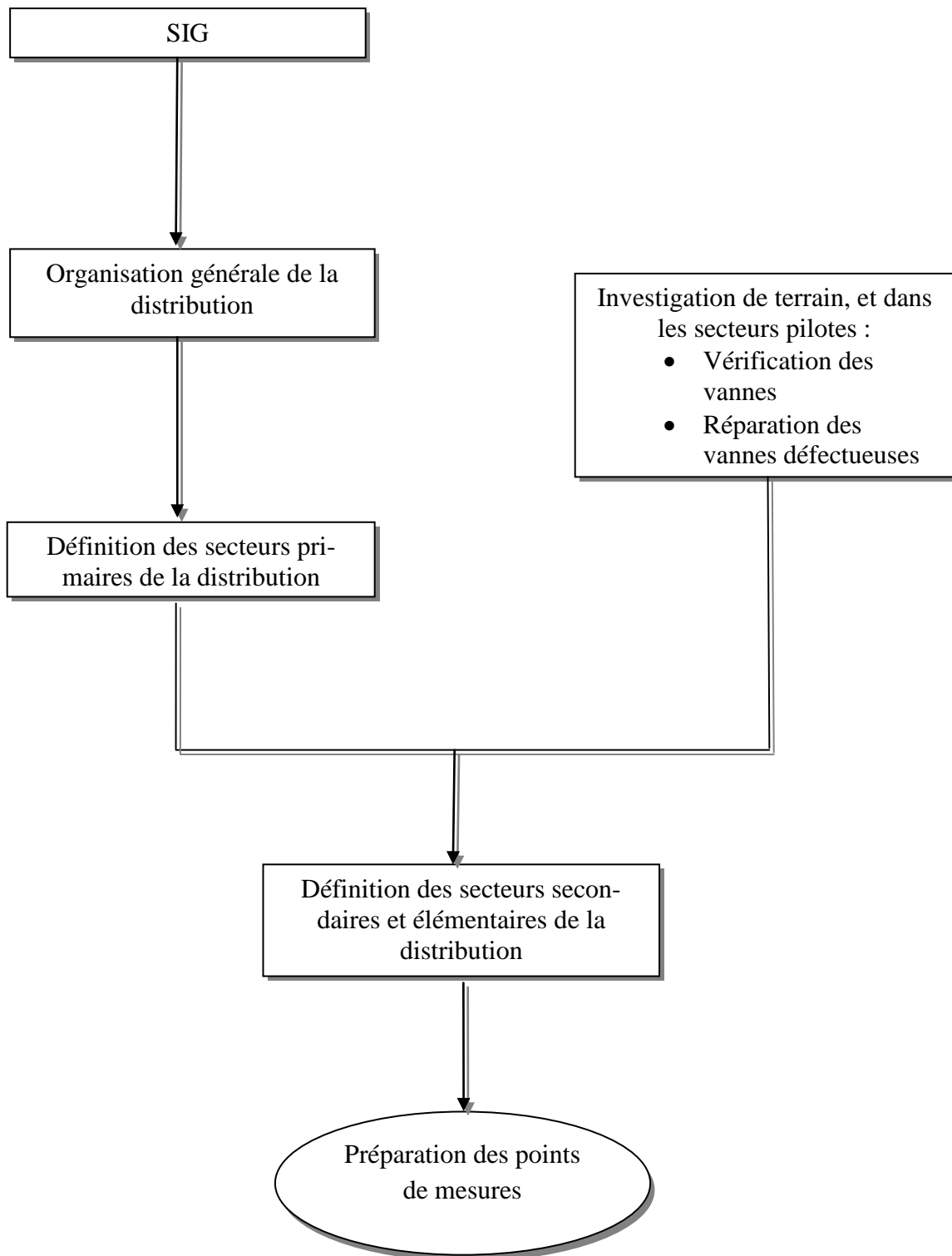


Figure 4.1 : Organigramme découpage et préparation des secteurs

4.2.2.2. Diagnostic du réseau

Le diagnostic du système de distribution d'eau sera fait sur la base des investigations de reconnaissance des ouvrages, des résultats des mesures et de simulation à l'aide du modèle ; pour cela nous procéderons par :

A- Inspection et description du fonctionnement du réseau

Pour compléter la phase de collecte des données ; il est prévu de réaliser un diagnostic physique des ouvrages ; le diagnostic physique portera sur les ouvrages du réseau, station de pompage, réservoirs et réseau de distribution.

Le diagnostic du système d'AEP comprenant la production extérieure, les adductions et les ouvrages principaux (pompage, traitement).

Pour le diagnostic des ouvrages du réseau (canalisation, et équipements), il sera fait à partir des données SIG et des résultats des actions menées dans le cadre de la sectorisation (état des vannes, état des branchements, fréquences et situation des fuites).

Le diagnostic physique du réseau servira à orienter le programme de réhabilitation dont certaines composantes pourraient être :

- Remplacement des canalisations trop dégradées.
- Réhabilitation de canalisation et de branchements défectueux.
- Mise en place et/ou remplacements de compteurs généraux.
- Remplacement et pose de vannes.
- Mise en place des butées au droit des vannes, des coudes, des tés afin de palier à l'absence de joints autobloquants et permettre l'augmentation de pression dans le réseau.

B- Test sur secteur pilotes

Les tests et les mesures qui seront effectués sur le réseau distribution, les réservoirs et les stations de pompes

- **Tests sur secteurs de distribution**

L'objectif de ces tests est de déterminer :

- ✓ Les courbes de consommation journalières
- ✓ De comparer la consommation mesurée avec une demande en eau théorique afin de juger le degré de satisfaction.
- ✓ De déterminer les volumes de pertes.

- **Tests sur les stations de pompage**

Ces tests constituent l'établissement des courbes hauteurs débit des pompes ; si celle-ci n'est pas disponible. Cette donnée est nécessaire pour l'élaboration du modèle mathématique. La totalité des pompes sont équipées de compteurs. Il sera nécessaire de faire varier les conditions hydrauliques en agissant sur les vannes de sectionnement.

- **Tests sur réservoirs**

Les tests des réservoirs consisteront principalement à mesurer en continu les niveaux dans les réservoirs par pose d'échelles limnimétriques à enregistreurs. Des inspections de nuit pour noter le fonctionnement des réservoirs seront effectuées afin de vérifier le fonctionnement des trop pleins. Ces tests permettront de noter la réaction du secteur alimenté par le réservoir et par intégration entre tous les réservoirs de l'alimentation (forage et aduction) ainsi des mesures à la sortie des réservoirs afin de vérifier les termes du bilan.

- **Rapport sur bilan des pertes**

A partir des diagnostics et des tests, il sera effectué un calcul des pertes par secteur. Par la suite ces résultats seront comparés aux résultats de la modélisation, de la facturation et du calcul théorique de la demande en eau. Les différences notées entre secteurs permettront d'orienter les travaux de réhabilitation.

4.2.2.3. Enquêtes et mesure chez les abonnés

L'enquête à réaliser sur un échantillon supérieur de 1% ; du total des abonnés pour déterminer les conditions de consommation et l'état de la plomberie interne. Cette enquête a pour objectif de :

- Contrôle de l'enregistrement chez l'abonné.
- Détermination de l'importance des branchements non enregistrés.
- Calcul des consommations moyennes par branchement et habitant.
- Etat du compteur et de la niche.

La méthodologie des enquêtes sera la suivante :

- Analyse des fichiers des données commerciales des abonnés.
- Identification des gros consommateurs qui peuvent avoir une incidence sur le cycle de consommation journalière.
- Choix de nombre total d'abonnés enquêtés sur le secteur.
- Les résultats des enquêtes seront exploités pour définir les grands ratios de la typologie des abonnés, de leur consommation et des volumes perdus.

Nota : Les résultats des enquêtes serviront au calcul de la demande en eau et à définir la méthode d’inventaire des abonnés.

Ces résultats seront croisés avec le fichier de données commerciales de l’exploitant. Ils permettront d’en tirer des ratios en équipement de compteurs, d’abonnés non identifiés et des branchements illicites.

Le diagramme suivant présente la démarche générale des enquêtes chez les abonnés

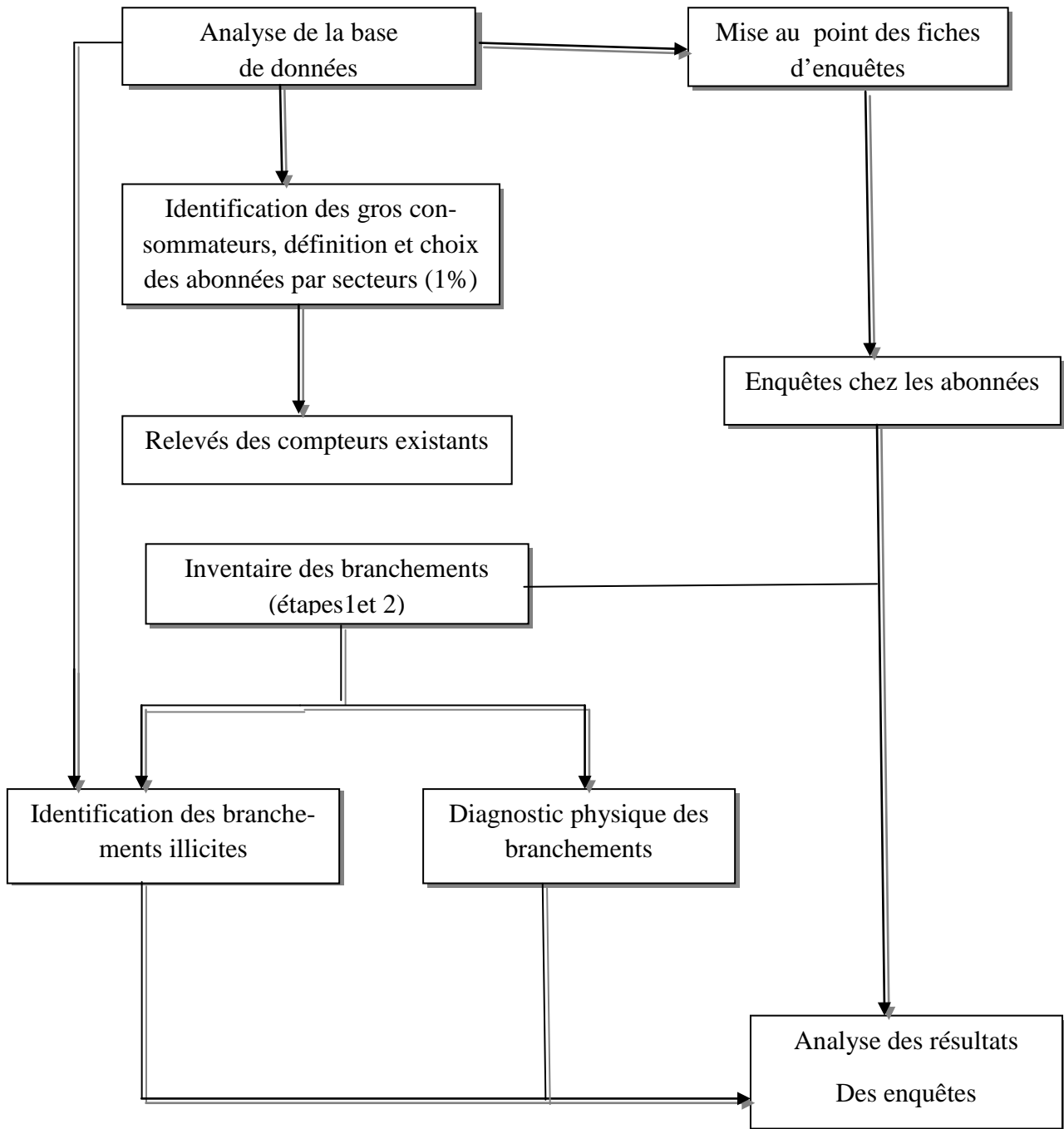


Figure 4.2 : Organigramme enquête chez les abonnés

4.2.2.4. Modélisation du réseau de distribution

A- Définition

La modélisation du fonctionnement du réseau cherche à décrire le comportement hydraulique des différents dispositifs du réseau. L'intérêt est de reproduire ce qui se déroule en réalité dans le réseau à l'aide d'un modèle hydraulique. La représentation et la précision du modèle sont tributaire des objectifs du service de l'eau et des analyses escomptées, le niveau de détail conditionne donc les résultats de la modélisation [12].

Plusieurs logiciels sont utilisés pour la simulation du comportement des réseaux d'AEP dont nous citons :

- Piccolo;
- Porteau;
- Zomayet;
- Epanet;
- Water Cad.

La modélisation du réseau de distribution sera fait sur la base des données du SIG mis en place qui est le logiciel MapInfo, avec le logiciel de modélisation Epanet.

✓ **Pour quoi EPANET?**

Epanet est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et de la qualité de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. EPANET calcul le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjours de l'eau et de suivre l'origine de l'eau [5].

EPANET 2.0 est un logiciel développé par l'agence pour la protection de l'environnement des Etats-Unis (U.S. Environmental Protection Agency, U.S.E.P.A.) pour la simulation du comportement des systèmes de distribution d'eau d'un point de vue hydraulique et également d'un point de vue qualité de l'eau.

C'est un logiciel gratuit disponible sur internet [22].

✓ **Comportement du réseau**

EPANET modélise un système de distribution d'eau comme un ensemble d'arcs reliés à des nœuds. Les arcs représentent des tuyaux, des pompes, et des vannes de contrôle. Les nœuds représentent des nœuds de demande, des réservoirs et des baches (**figure (4.3)**) [14].

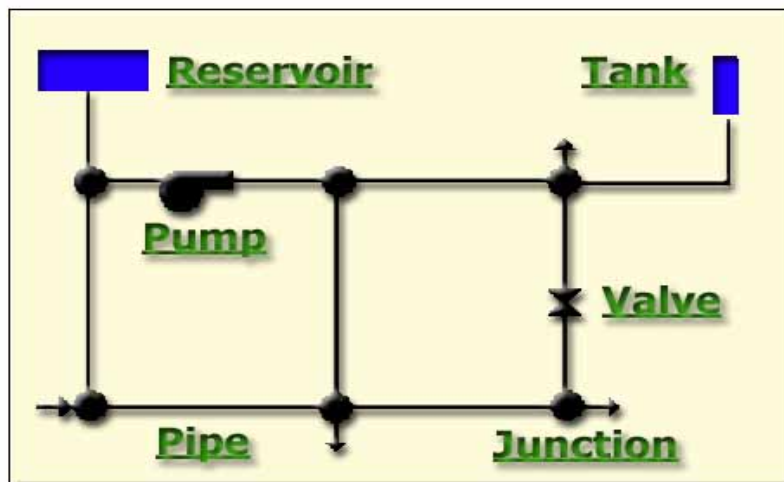


Figure 4.3 : Différents objets formant le réseau d'eau élaboré par EPANET [32]

En plus des composants physiques, EPANET utilise trois types d'objets non-physiques: des courbes, des courbes de modulation et des commandes de contrôle. Ils décrivent le comportement et les aspects fonctionnels d'un système de distribution [3].

B- Les types de modélisation

On distingue plusieurs types de modèles [4]:

✓ **Modèle pour le dimensionnement du réseau**

Le modèle permet de vérifier pour une configuration donnée du réseau, la satisfaction des exigences des abonnés en termes de pression et de débit. L'intérêt est de dimensionner les conduites et dispositifs hydrauliques. L'état des conduites et la demande sont supposées connus. Le niveau de détail est important, toutes les conduites sont représentées.

✓ **Modèle pour l'analyse du fonctionnement hydraulique et diagnostic**

Dans ce cas, le modèle cherche à décrire le fonctionnement d'un réseau existant, par la détermination de l'état des conduites à travers la mesure de la rugosité des conduites et la demande des abonnés. Pour un réseau, des données liées à la topologie du réseau, les types des conduites, la typologie des consommateurs ainsi que des mesures de pression et débits en des points du réseau sont supposés connus. Un calage du modèle permet de déterminer certains paramètres inconnus : rugosité, consommation afin de s'approcher le plus possible du fonctionnement réel du réseau.

✓ **Modèle pour la gestion du réseau**

Dans ce cas le modèle servira à décrire le comportement des sources d'approvisionnement, des zones de stockage et des stations de pompage. L'intérêt de ce

type de modèle est d'optimiser l'exploitation des sources d'eau et de minimiser les coûts d'exploitation du réseau en régulant le pompage et le stockage de l'eau dans la journée. Ce modèle ne retient que les conduites de grand diamètre servant au transport et à la distribution de l'eau.

✓ **Modèle pour la mesure de la qualité de l'eau**

Dans ce cas le modèle cherche à décrire les temps de séjour (stagnation de l'eau) de l'eau dans le réseau. En effet des temps de séjour important altèrent la qualité de l'eau dans le réseau. L'objet du modèle est de mesurer l'évolution d'un produit à titre d'exemple le chlore dans le réseau et d'en mesurer les concentrations à des points précis du réseau.

✓ **Précision du modèle et représentation du réseau d'AEP**

La modélisation du fonctionnement du réseau doit décrire le comportement réel du réseau. En fonction de l'utilisation du modèle, un niveau de détail doit être défini. Le modèle ne considérera que certaines conduites du réseau et certains abonnés seront rassemblés sur des nœuds afin de simplifier la modélisation. Il n'existe pas de règles précises pour la simplification de réseau, mais certaines sont fréquemment utilisées :

- ✓ Suppression des conduites de petits diamètres ou de petites longueurs
- ✓ Suppression des conduites en antenne
- ✓ Suppression des nœuds intermédiaires
- ✓ Agglomération de plusieurs abonnés en un même nœud.
- ✓ Enchaînement de conduites de même diamètre et même matériau
- ✓ Distinction entre abonnés de nature différente : domestique, industriel, autres.

C- Liste des données du modèle

La liste des données physiques et hydrauliques du modèle en question est donné par les tableaux suivants :

Tableau 4.1 : Les données physiques du modèle

Données physiques	Objet
Plan d'ensemble du réseau	Numérotation des nœuds
Plan topographique	Altitude des nœuds
Plan de détail réseau	Longueur et diamètre tuyaux
Caractéristique physico-chimique d'eau	Coefficient pertes de charge
Matériau et âge des canalisations	ID
Renseignements sur état parois intérieures	ϵ
Plan d'équipement des réservoirs	- Plans conduites (arrivée et départ) - Côte radier - Côte trop plein - Volume
Plan d'équipement des stations de pompage et relais	Plan arrivé et départ
Courbes caractéristiques des pompes	Courbes hauteur-débit

Tableau 4.2 : Les données hydrauliques du modèle

Données hydrauliques	Objet
Production d'eau journalière	
Totaux des consommations par secteurs géographiques	Calcul du pourcentage consommé en chaque nœud
Consommation des industriels et gros consommateurs : valeur localisation sur plans	

Le diagramme suivant présente l'organisation des tâches de modélisation, calage et diagnostic du réseau.

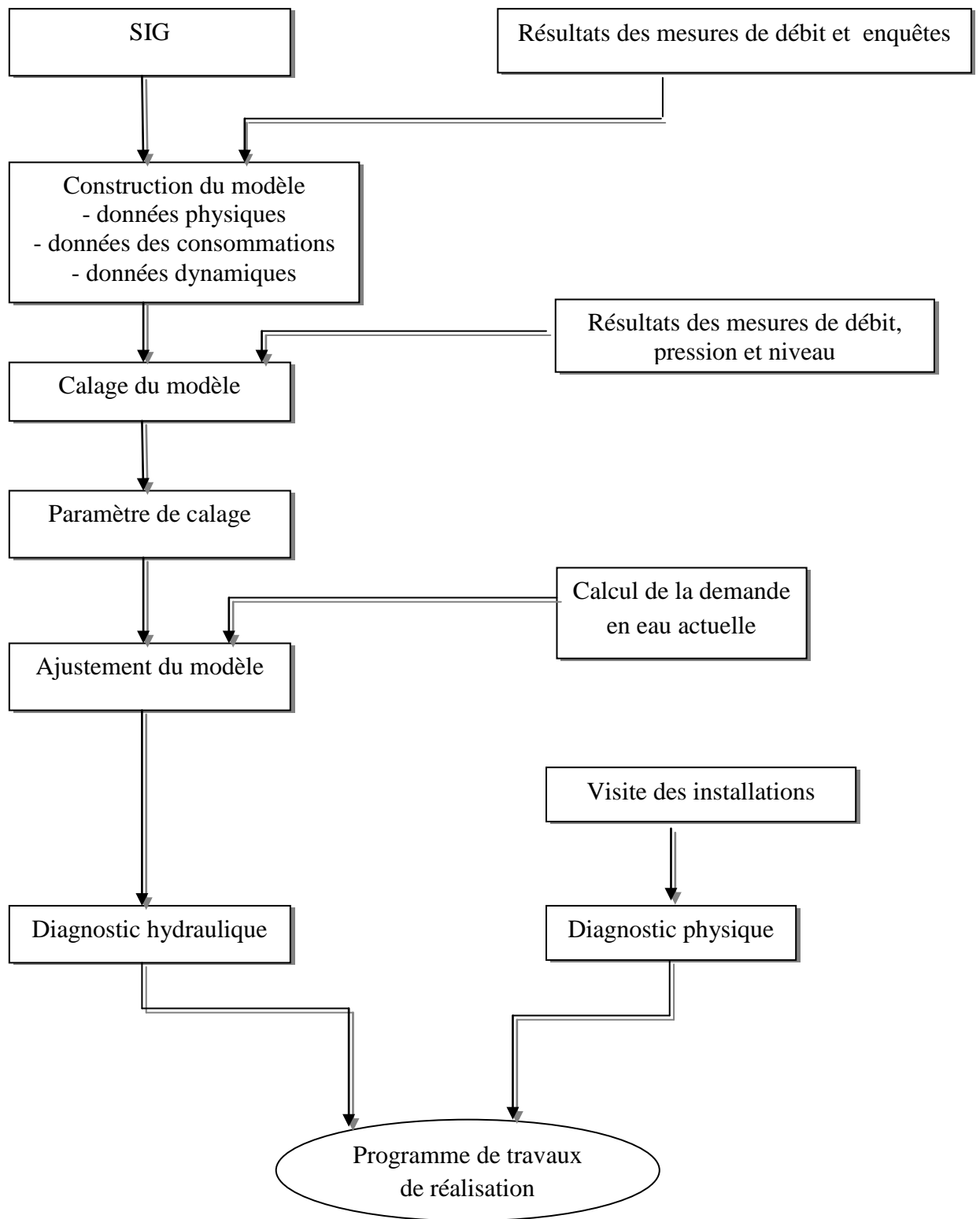


Figure 4.4 : Organigramme modélisation – diagnostic

4.2.2.5. Rapport sur le diagnostic, sectorisation, enquêtes et mesure chez les abonnés

Un rapport spécifique sur le diagnostic et la sectorisation retenue. Ce rapport mettra en particulier en évidence :

- ✓ La part des différentes composantes des eaux non comptabilisées (pertes physique, pertes commerciales) ;
- ✓ Les tests effectués et les résultats obtenus ;
- ✓ Les résultats obtenus par traitement des enquêtes et mesurés chez les abonnés ;
- ✓ La cartographie de la sectorisation associée à des cartes thématiques ;
- ✓ Les recommandations en termes de réhabilitation (type, mode de réalisation, programme, ordre d'exécution, etc.)
- ✓ Le dimensionnement des travaux de réhabilitation envisagés.

Des recommandations seront également formulées et justifiées notamment dans les domaines :

- ✓ Des modalités d'entretien du réseau ;
- ✓ De la généralisation du comptage de sensibilisation des abonnés ;
- ✓ Du lancement de campagne de sensibilisation des abonnés sur les pertes au niveau domestique ;
- ✓ De la mise en place de cellules de recherches et réparation des fuites ;
- ✓ Des travaux de réhabilitation.

Un rapport de synthèse sera élaboré qui regroupera les principales conclusions de ces études et du diagnostic du réseau.

4.2.2.6. Rapport sur le fonctionnement du réseau

Un rapport décrivant le fonctionnement actuel du réseau et les habitudes des consommateurs. Ce rapport comprendra les recommandations en terme de :

- ✓ Gestion du réseau en phase de rationnement ;
- ✓ Amélioration du rendement par réduction des pertes (physique et commerciales) ;
- ✓ Rénovation du réseau et en particulier du renforcement nécessaire en terme de vannes de sectorisation et de mesure des débits ;
- ✓ Renforcement des équipements.

4.2.3. Etape 3 : Diagnostic du système d'AEP existant

Par système d'AEP existant il faut entendre tous les ouvrages autres que ceux inclus dans le réseau. Le diagnostic de certains ouvrages (réservoirs et stations de pompage).

4.2.3.1. Diagnostic du système de production

Le diagnostic des systèmes de production comprendra l'évaluation de forages ; puits ; des ensembles de pompage.

A- Diagnostic des puits et forages

Le diagnostic des puits et forages comprendra :

- ✓ Collecte de toutes les données sur construction des forages tels que : logements ; type de tubage.
- ✓ Collecte de toutes les données sur débit exploités dans le temps et sur les niveaux dynamiques.
- ✓ Collecte de toutes les données de l'évolution du niveau statique dans le temps.
- ✓ Collecte de toutes les données sur l'entretien dans le temps.
- ✓ L'analyse de ces données afin de déterminer les causes de baisses de niveau.
- ✓ L'évaluation des besoins en réhabilitation, renouvellement de forages et entretien.

B- Diagnostic de l'équipement électromécanique

Le diagnostic de l'équipement électromécanique des puits et forages comprendra :

- ✓ La collecte de toutes les données disponible sur les pompes comme ; caractéristiques, modèle et âge etc.
- ✓ Relevé de toutes les données disponibles sur l'alimentation électrique comme : transformateur ; armoire électrique etc.
- ✓ La collecte des plans disponibles ou établir les schémas d'équipement.
- ✓ La localisation exacte des coordonnées des puits et forages (X ; Y ; Z).
- ✓ L'évaluation des besoins en réhabilitation, renouvellement des équipements électromécaniques.

4.2.3.2. Diagnostic des stations de traitement

Pour les stations des traitements le diagnostic comprendra :

- ✓ La collecte de tous les plans et schémas existants et retiendra les plans les plus importants pour les archiver.
- ✓ Etablir un schéma du procédé de traitement.
- ✓ Etablir une liste des équipements les plus importants et de leurs caractéristiques.
- ✓ Noter l'âge des équipements.
- ✓ L'inventaire des besoins en réhabilitation, en renouvellement des équipements électromécaniques et l'entretien.

4.2.3.3. Diagnostic des lignes d'adduction

Pour le diagnostic de l'adduction on procède comme suit :

- ✓ La collecte des plans et schémas existants.
- ✓ Etablir les schémas à grande échelle qui serviront de base pour les données à introduire dans MapInfo et dans Epanet. Ces schémas localiseront l'ensemble des ouvrages sur conduites (vannes, conduites, ventouses etc.) et préciseront les caractéristiques et matériaux de la conduite.
- ✓ Une visite des ouvrages pour l'évaluation de l'état. (ouvrages qui se trouvent dans les chambres).
- ✓ La mesure en utilisant le système de métrologie afin de déterminer les caractéristiques intérieures (encrassement éventuel, coefficient de rugosité). Ces mesures serviront à évaluer le niveau des fuites.
- ✓ Faire des tests comme l'ouverture des vidanges avec prise d'échantillons d'eau afin de juger l'état de l'encrassement.
- ✓ Collecte de toutes les données concernant les interventions sur les conduites d'adduction.
- ✓ Inventaire des besoins en réhabilitation, en renouvellement des équipements, en besoin des recherches des fuites et en entretien courant.

4.2.3.4. Diagnostic des stations de pompage

On procède comme suit :

- ✓ Collecte de tous les plans et schémas existants.
- ✓ Etablir des schémas des équipements.
- ✓ Collecte les courbes caractéristiques des pompes.
- ✓ Etablir une liste des équipements les plus importants et de leurs caractéristiques.
- ✓ L'âge des équipements.
- ✓ Evaluation des besoins en réhabilitation, en renouvellement des équipements électromécaniques et en entretien.

4.2.3.5. Diagnostic des réservoirs

Les réservoirs forment des ouvrages très importants dans les systèmes d'AEP ; pour cela ils feront l'objet d'un diagnostic détaillé au niveau de l'état de génie civil et des équipements ; on procède de cette manière :

- ✓ Collecte des plans et schémas existants.
- ✓ Etablir un schéma des équipements (vannes, vidanges).
- ✓ Etablir une liste des équipements les plus importants et de leurs caractéristiques.

- ✓ Noter l'état et l'âge des équipements et les niveaux de corrosion éventuels.
- ✓ Noter l'état du génie civil (corrosion des bétons, fissuration, fuites tec.).
- ✓ Inventaire les besoins en réhabilitation en matière de génie civil et équipements et en entretien.

4.2.3.6. Diagnostic du système de mesures

Etablir un plan général du système de mesure existant (compteurs, débitmètre, manomètre, etc.) il y aura une analyse du fonctionnement de tous les équipements et faire les recommandations nécessaires pour l'amélioration du système de mesures.

4.2.3.7. Diagnostic de l'ensemble du système d'AEP

L'ensemble du système d'AEP ; ouvrage de production et de distribution seront reportés sur le même SIG ; et le même modèle hydraulique.

4.2.3.8. Rédaction du rapport

Le rapport comportera :

- ✓ Les plans et schémas qui auront été collectés et introduit dans la base de données SIG.
- ✓ Les rapports cartographiques obtenus à partir du SIG.
- ✓ Les résultats du traitement des données sous forme de tableaux et graphiques.
- ✓ Le rapport présentant les résultats du diagnostic, les faiblesses identifiées et les recommandations en termes de réhabilitation et de renforcement des équipements.

4.2.4. Etape 4 : Préparation d'un schéma directeur pour la réhabilitation et le recalibrage du réseau d'AEP

L'objectif de cette étape du diagnostic est d'établir un schéma directeur pour la réhabilitation et le recalibrage du réseau d'AEP.

Les études s'attacheront d'abord à définir les besoins en eau potable et industrielle à satisfaire. Ces besoins seront confrontés aux nouvelles ressources dont la mobilisation est projetée par des études existantes. En permettant d'établir et de planifier les travaux pour le développement des systèmes d'AEP.

4.2.4.1. Enquêtes socio-économiques - Recueil des données

La collecte des données et des études existantes se fera auprès des autorités concernées, ces données sont les suivantes :

- ✓ les données statistiques de population (dernier recensement).
- ✓ Les données sur la population en transit (tourisme ; transport).
- ✓ Les prévisions planifiées d'accroissement de population.
- ✓ Les prévisions de développements programmés (plan d'urbanisation).

- ✓ Les données mensuelles sur la production et la distribution d'eau disponible dans le passé par secteur.

4.2.4.2. Formulation du schéma directeur de distribution

A- Projection de la demande en eau

✓ Estimation de la population et des perspectives de développement

Cette phase a pour but de rassembler les données de base nécessaires à la définition des besoins en eau à satisfaire par secteur géographique dans le contexte futur ou la ressource ne sera plus limitative. Elle comporte en plus :

- ✓ Une analyse socio-économique et urbaine.
- ✓ Une analyse spécifique du développement industriel.
- ✓ Analyse socio-économique et urbaine

Cette phase comprend l'analyse de la situation actuelle et affinée de la manière suivante :

- ✓ Détermination de la démographie et les caractéristiques socio-économique de la population.
- ✓ Précision du type d'occupation via une investigation urbaine.

D'après les résultats de l'analyse de la situation actuelle, on lance des projections des divers paramètres :

- ✓ Projection globale de la population ; emploi et développement urbain.
- ✓ Projection par quartier ; type d'habitat, densité de population.
- ✓ Analyse du développement industriel

Une analyse concernant le développement industriel qui précisera le poids des besoins en eau industrielle dans les besoins totaux et les perspectives de développement industriel qui sera analysé à partir des prévisions fournies par l'administration. Cette analyse permet d'évaluer les besoins futurs correspondants.

- ✓ Etude prévisionnelle des besoins en eau

Elle comportera les tâches suivantes :

- ✓ Estimation de la consommation des abonnés.
- ✓ Estimation de la production requise.

A partir des projections de développement économique et urbain qui auront été réalisés précédemment en examinant :

- ✓ L'évolution de la population par quartier.
- ✓ L'évolution du taux de branchement en relation avec le programme de réduction des clandestins.

- ✓ L'évolution des dotations unitaires par habitant et par branchement suivant le type d'habitation.

Nota : L'évolution des taux de branchements sera arrêtée en accord avec la politique de développement de la desserte par branchement fixé par le gestionnaire ou la DHW.

L'ensemble des critères ci-dessus permettra d'évaluer la consommation en eau globalement et par secteur à l'horizon de 2020.

La production en eau pour satisfaire les besoins sera estimée en fonction des paramètres suivants :

- ✓ Coefficient de pointe saisonnier et annuel de la consommation journalière.
- ✓ L'évolution du taux de perte qui prendra en compte les travaux entrepris pour la réhabilitation des réseaux, les résultats du diagnostic des réseaux, la satisfaction des besoins et les scénarios envisagés de changements des habitudes des consommateurs.

Ces paramètres permettront de déterminer les volumes d'eau à produire et à injecter en tête des réseaux en moyenne annuelle et en journée de pointe tant globalement que par zone si les données sont disponibles.

B- Etude des ressources en eau

Cette phase a pour objectif la comparaison entre la demande et les ressources, et les recommandations éventuelles sur les dates de mobilisation des nouvelles ressources et finalement les points d'injection dans le réseau des nouvelles ressources.

C- Extension du système d'AEP

La simulation sera lancée sous la base des données de la demande en eau à l'horizon futur ; avec le modèle Epanet. Cette simulation mettra en évidence :

- ✓ La nécessité d'étendre le système de distribution.
- ✓ La nécessité de renforcer la distribution sur certains secteurs.
- ✓ La nécessité de renforcer l'alimentation en eau et les points d'injection les plus probables.
- ✓ La nécessité de renforcer le stockage (réservoirs).
- ✓ La nécessité éventuelle de créer des étages de pression (station de pompage).

L'extension du système d'AEP sera proposée en tenant compte des résultats du modèle permettant de satisfaire la demande en eau. Les besoins d'extension seront présentés pour chaque étape du plan directeur.

L'extension du système d'AEP sera coordonnée avec le programme parallèle de réhabilitation du réseau. En particulier les projections tiendront compte de la capacité du réseau à supporter des pressions les plus élevées

Au cours des simulations des variantes d'équipements pourraient éventuellement apparaître du type :

- ✓ Variante de programmation de ressources.
- ✓ Point d'injection des nouvelles ressources dans le système de distribution.
- ✓ Optimisation entre pompage et stockage pour satisfaire la consommation de pointe.

Ces variantes seront comparées à ce stade au niveau technico-économique.

Les critères techniques comprendront les coûts d'investissement, les coûts d'exploitation, le coût global actualisé.

D- Formulation du schéma directeur

Le schéma directeur comprendra :

- ✓ Le résumé des résultats des études.
- ✓ La description des composantes du schéma directeur en terme de :
 1. Réhabilitation du système AEP.
 2. Renforcement du système AEP.
 3. Renforcement des ressources en eau.
 4. Renforcement de la gestion technique.
 5. Renforcement de la gestion commerciale.
 6. Renforcement institutionnel.
 7. Sensibilisation pour réduire les pertes de la consommation domestique.

4.2.4.3. Formulation d'un programme de travaux

Le programme de travaux sera établi sur la base des résultats des études économiques et financières approuvées par les services concernés comme l'ADE ; la DHW dans le cadre de la formulation du schéma directeur il comprendra :

- Les études détaillés ; travaux et les supervisions.
- Les opérations à développer dans le cadre des renforcements : technique, commercial et institutionnel.

Nota : Des recommandations seront émises sur la stratégie de mise en œuvre du programme des travaux et des recommandations de mesure d'accompagnement.

Le diagramme suivant présente l'organisation des taches réalisées lors de l'élaboration du schéma directeur.

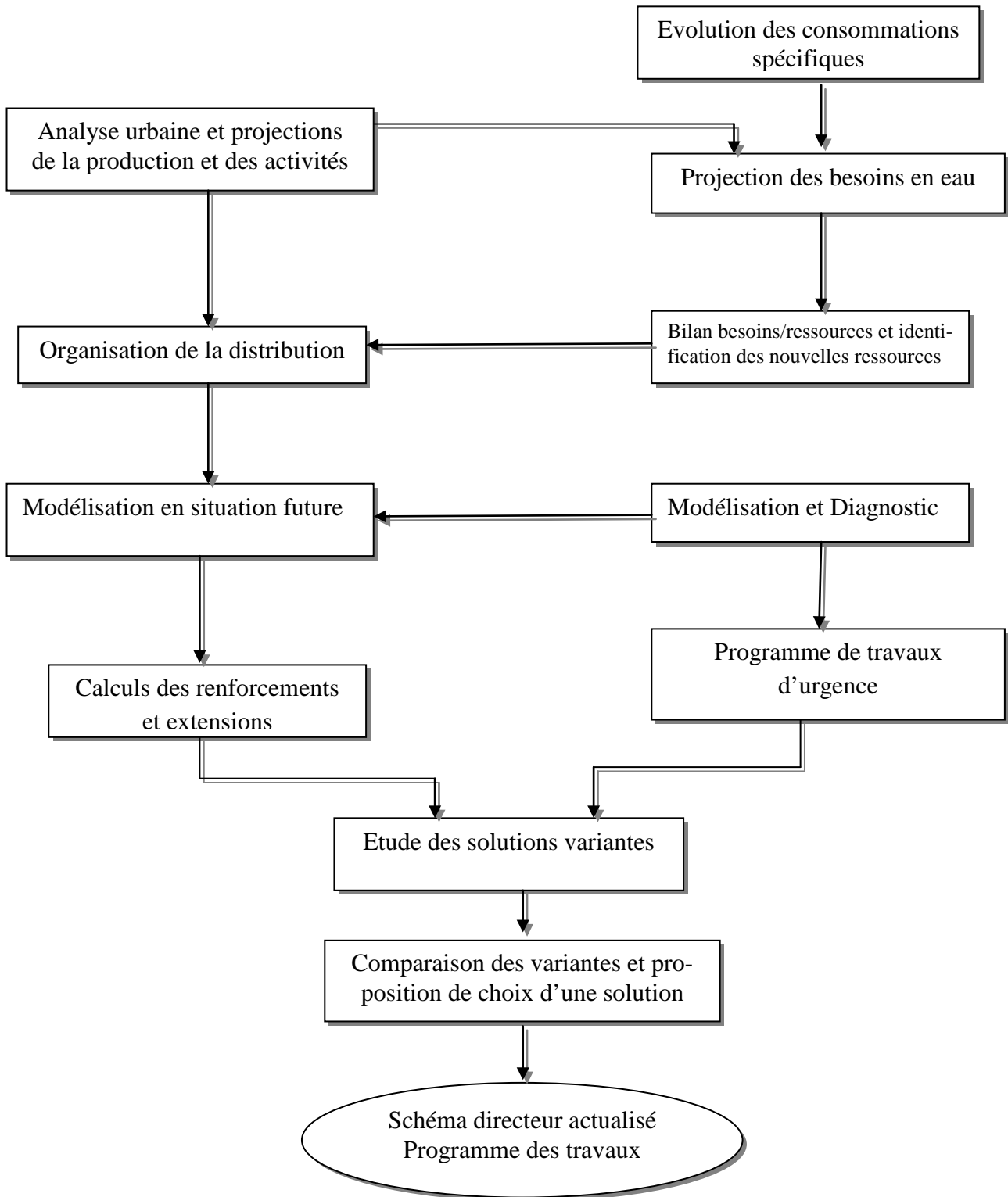


Figure 4.5 : Organigramme d'élaboration du schéma directeur

Chapitre 5

Etude de cas - Système d’AEP de la ville de Batna

5.1. Généralités

5.1.1. Situation géographique de la ville de Batna

La ville de Batna, capitale des Aurès et chef lieu de la wilaya se trouve localisée dans la partie orientale de l’Algérie entre les “ 4° et 7° ” de longitude Est ; “ 35° et 36° ” de latitude Nord et d’une altitude de 980 mètres. D’une Superficie de **12.038,76 km²**, le territoire de la Wilaya de Batna s’inscrit presque entièrement dans l’ensemble physique constitué par la jonction de deux Atlas (Tellien et Saharien) ce qui représente la particularité physique principale de la wilaya et détermine de ce fait les caractères du climat, et les conditions de vie humaine. [25]

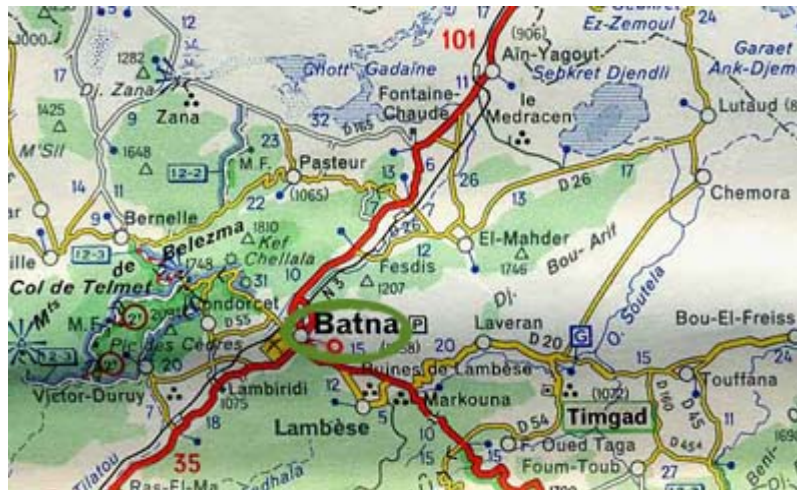


Figure 5.1 : Situation géographique de la wilaya de Batna [35]

La ville de Batna est située à 425 km au Sud – Est de la capitale Algérienne et limitée:

- au Nord : par la wilaya de d’Oum El Bouaghi, Mila et Sétif ;
- à l’Est par la wilaya de Khenchela ;
- au Nord par la wilaya de Biskra ;
- à l’Ouest par la wilaya de M’sila.

5.1.2. Développement de la ville

Le développement de l’urbanisation la ville de Batna est expliqué par le choix d’une industrie industrialisant ; ce choix a encouragé la croissance urbaine ainsi que l’exode rurale.

Ces deux phénomènes ont engendrés une planification urbaine et une promotion administrative qui sont conjuguées à l’urbanisation formelle.

5.1.2.1. Historiques du développement de la ville

En 1968 ; le programme spécial des Aurès a impulsé une dynamique par l’injection des équipements, d’infrastructure et d’habitat spécialement à l’Ouest où se situe la zone industrielle et la partie Est qui est la zone militaire.

En 1974 ; l’élaboration d’un plan d’urbanisme directeur (PUD) de la ville pour maîtriser la croissance et assurer son développement.

En 1990 ; nouvelle lois d’urbanisme (PDAU-POS) ont été promulguées et des grandes opérations urbaines sont lancées toujours dans le même but qui est maîtriser la croissance de la population ; actuellement l’extension de l’urbanisation s’oriente en quatre couloirs.

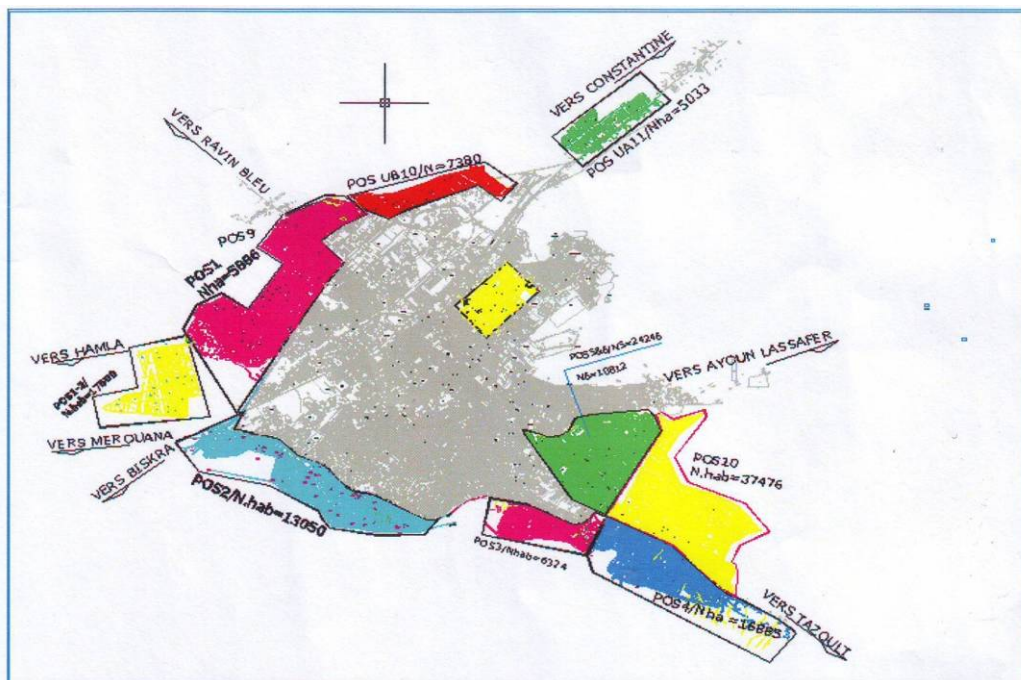


Figure 5.2 : La ville de Batna

- Vers le sud, en direction de Lambiridi (AinTouta) ; l’école militaire est implantée ainsi les cités universitaires et aussi POS 1 et POS 2 à l’achèvement des travaux, le POS 3 est en cours de réalisation.
- Vers l’ouest; direction de Mérouana, cette extension se trouve bloquée par le relief.
- Vers le nord ; l’extension a rejoint le village de Bouleuf et se dirige vers le deuxième village à 10 km de Batna ou est programmé la nouvelle zone d’extension de la ville qui a une surface de 150 ha ; POS UB10, POS UB 11 où les travaux sont commencés par la réalisation d’un pôle universitaire.
- Vers l’est, l’existence déjà d’une conurbation avec la ville de Lambèse ; POS3 ; POS 4 ; POS 5 ; POS 6 et POS 10.

Tableau 5.1 : Habitation des POS

Désignation des POS	Habitation
POS 1	5886
POS 2	13 056
POS 3	6336
POS 4	16885
POS 4 BIS	Réaménagement cité route Tazoulet
POS 5	24 246
POS 6	10 812
POS 6A	10 626
POS 8	Réaménagement centre ville
POS 10	37 476
POS UB 10	7 392
POS UA 11	3552
POS UC2	5 600
POS 1-2 HAMLA	17 500
POS 3 HAMLA	120 000
TOTAL	159367

5.1.3. Données démographiques

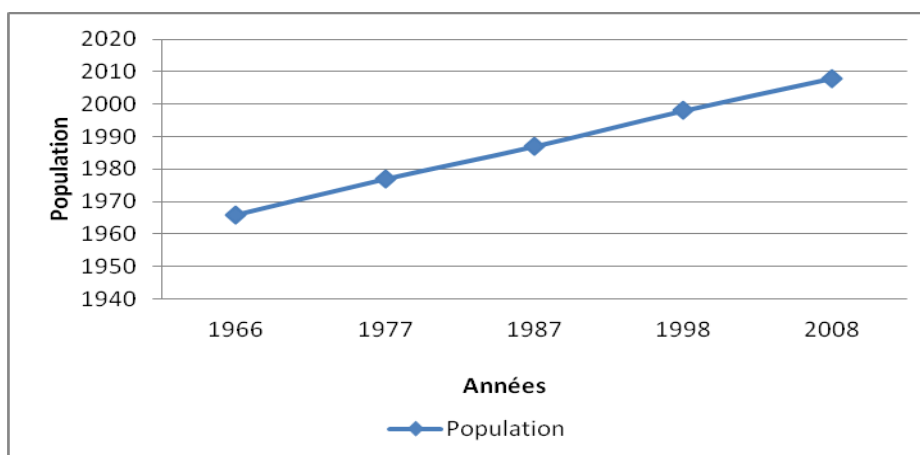
La population de la ville est estimée en 31/12/2008 ; à 302 585 hab. [25].

Avec un taux d’accroissement estimé de 1,88 % ; suite au développement de l’industrie de la ville de Batna qui a encouragé l’exode rural et accéléré la croissance démographique.

L’évolution démographique et le taux d’accroissement de la ville selon les résultats des cinq recensements démographiques réalisés en Algérie depuis 1966 jusqu’au 2008 est reprise dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5.2 : Evolution de la population durant les 5 R.G.P.H

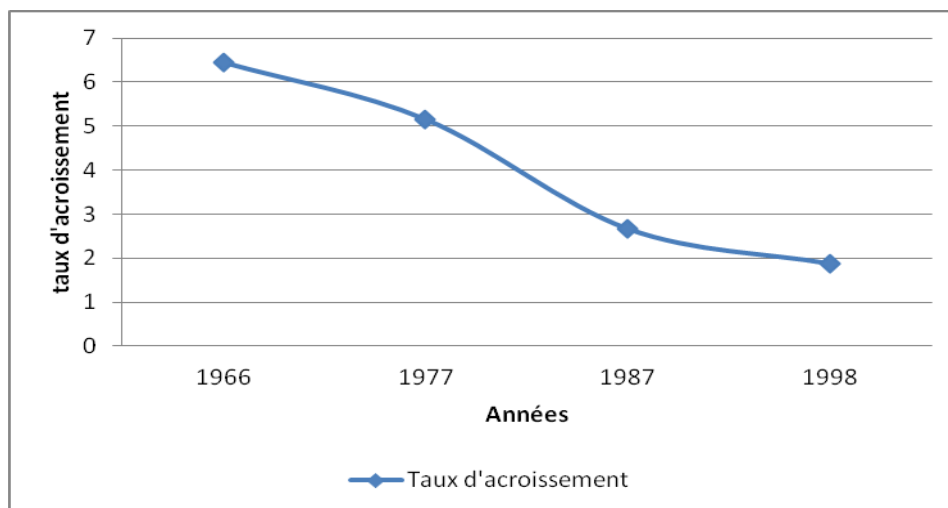
Désignation	R.G.P.H 1966	R.G.P.H 1977	R.G.P.H 1987	R.G.P.H 1998	R.G.P.H 2008
Population (hab.)	55751	108700	184069	247520	298877



Graphique 5.1 : Graphique de l’évolution démographique

Tableau 5.3 : Evolution des taux d'accroissement de la population par commune durant les cinq RGPH

Désignation	R.G.P.H 1966	R.G.P.H 1977	R.G.P.H 1987	R.G.P.H 1998	R.G.P.H 2008
Taux d'accroiss. (%)	-	6,44	5,15	2,67	1,88



Graphique 5.2: Graphique du taux d'accroissement

5.2. Descriptions physiques du système d’AEP de la ville de Batna

5.2.1. Les ressources en eau

L'alimentation en eau potable de la ville Batna est assurée essentiellement par des ressources en eau souterraines et superficielles :

5.2.1.1. Les eaux souterraines

Ces eaux proviennent de trois champs de captage à savoir :

- **Champs de captage externe**

Situé à 40 km environ au Nord-Est de la ville de Batna totalisant 07 forages. Ils refoulent directement vers la station de reprise de Djerma (bâche plus station de pompage) l'eau qui est traitée par une simple chloration. Cette eau sera acheminée, vers les ouvrages de stockages qui sont les deux réservoirs ; Azzeb et Carrière.

- **Champs de captage interne**

Le champ interne est constitué de 13 forages ; qui se situent à l'intérieure du périmètre de la ville de Batna, ainsi que le champ Azzeb qui se trouve à 5 km à l'Est de la ville, en exploitant 03 forages.

5.2.1.2. Les eaux superficielles

Ces eaux correspondent au celles transférées du barrage Koudiet Medaouar. L'eau subit un traitement au niveau de la station du traitement située au voisinage du barrage ensuite l'eau traité est refoulé vers le réservoir Tamachit.

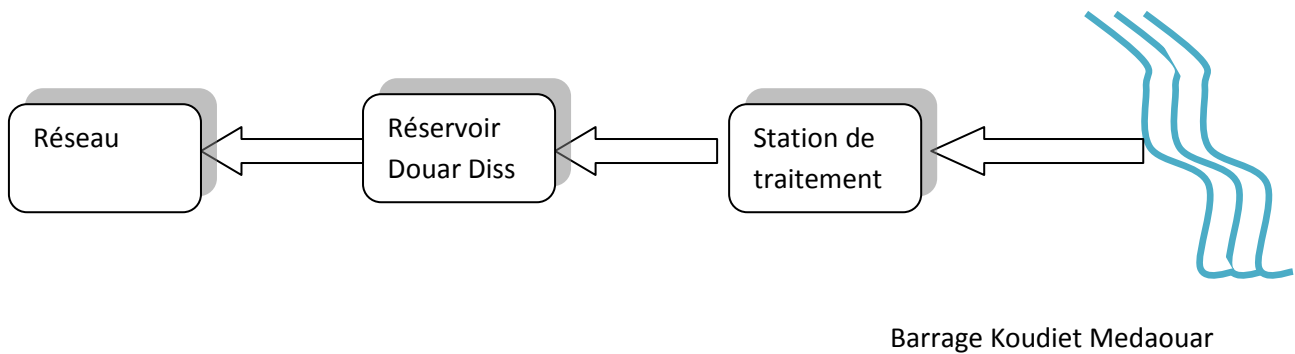


Figure 5.3 : Schéma du transfert du barrage Koudiet Medaouar

5.2.2. Sites de production

5.2.2.1. Champ interne

Constitué de trois aquifères ; totalisant 16 forages tous en exploitation à savoir :

- **Aquifère Azzeb**

Exploité par 03 forages: Azzeb 2, Azzeb 3 et Azzeb 4.

- **Aquifère Kechida**

Exploité par 06 forages: Kechida 1, Kechida 3, Kechida 4, Kechida 5, Parc d’attraction ou Laita et Erriadh.

- **Aquifère Parc à Fourrage (PAF)**

Exploité par 07 forages: PAF 1, PAF 3, PAF 4, 742 logements, F 102, Négrier et forage AADL.

5.2.2.2. Champ externe

Constitué de trois aquifères ; totalisant 07 forages tous en exploitation à savoir :

- **Aquifère de la plaine d’El Madher**

Il contient 03 forages : Djerma et El Madher sont exploités et El Madher 3 et en arrêt.

- **Aquifère de la Fontaine Chaude**

Exploité par 02 forages, qui suivent : Fontaine Chaude 1 bis et Fontaine Chaude 02.

- **Aquifère de Gadaïne**

Exploité par 02 forages qui sont : Gadaïne 1 et Gadaïne 2.

5.2.2.3. Caractéristiques des forages du champ captant interne

5.2.3. Les stations de pompage

La ville de Batna est équipée de deux stations de pompage, à savoir :

- **Station de pompage Djerma**

Elle est réalisée en 1978, transite plus de la moitié des eaux potables destinées à la ville de Batna ; elle est alimentée par les quatre batteries des forages des champs externes, à savoir :

Batterie de Gadaïne, Batterie de Fontaine chaude, Batterie d’El Madher, Batterie de Djerma,

- **La station 742**

Elle est située dans la ville de Batna, elle sert principalement, le réservoir de Douar Diss. Elle est alimentée par les forages PAF 1 et celui situé sur le même site ainsi que de l’apport arrivant du réservoir Azzeb.

5.2.4. Les ouvrages de stockage [9]

5.2.4.1. Les réservoirs

- **Réservoir carrière**

Le réservoir Carrière ; semi-enterré mis en service en 1978; d’une capacité de 5000 m³ ; alimenté par la station de pompage de Djerma à travers une conduite en fonte de 500 mm de diamètre.

- **Réservoir Azzeb**

Le réservoir Azzeb ; semi-enterré mis en service en 1978, d’une capacité de 2* 5000 m³ ; alimenté par la station de pompage de Djerma à travers une conduite en fonte de 500 mm de diamètre.

Remarque

Le réservoir carrière est situé avant et à une altitude plus faible que le réservoir Azzeb ; la régulation est assurée par une vanne à son entrée qui est maintenue partiellement fermée.

- **Réservoir Kechida**

Le réservoir Kechida ; semi-enterré, réalisé en 1988 d’une capacité de 5000 m³, alimenté par les forages Kechida1 et Kechida5 et respectivement par une conduite de 1665,90 m de longueur et de 200 mm de diamètre en fonte ; et d’une conduite de 986,23m de longueur et 125 mm de diamètre en PVC.

- **Réservoir Douar Diss**

Le réservoir Douar Diss ; est un réservoir semi enterré, réalisé en 1983 ; d’une capacité 5000 m³, il est alimenté par la station de reprise 742 d’une conduite en fonte de diamètre 300mm et d’une longueur de 828,66m ; et par la conduite du transfert du barrage Koudiet Medaouar.

- **Réservoir Tamachit (S.A.E)**

Le réservoir S.A..E ; est un réservoir semi enterré, réalisé en 1989 ; d’une capacité de 2500 m³, il est alimenté par les forages Kechida 3 et Kechida 4 ; respectivement par deux conduites d’adduction en amiante ciment ; de longueur 1652,40 m et 2239 m et de diamètre ; 250mm et 200mm.

- **Réservoir Parc à Fourrage**

Le réservoir Parc à fourrage ; est un réservoir semi enterré, sa réalisation était en 2003 ; d’une capacité de 5000 m³ (2*2500) ; alimenté par le forage Azzeb 3 par une conduite d’adduction en amiante ciment de 3219,86 m de longueur ; et de diamètre 250 mm.

- **Réservoir Route de Tazoult**

Le réservoir de Route de Tazoult ; est un réservoir semi-enterré, sa réalisation était en 2003 ; d’une capacité de 1000 m³ ; alimenté par les forages Azzeb 2 et Azzeb 4.

- **Château d’eau Erriadh**

Le château d’eau Erriadh est un réservoir de capacité de 500 m³ ; son alimentation est assurée par un forage de même nom.

- **Château d’eau Graf**

Le château d’eau Graf est réalisé en 2003 ; il est prévu pour être alimenté par le forage 102, mais l’ouvrage est by-passé et le forage 102 alimente directement le réseau.

5.2.5. Les conduites d’adduction et de distribution

Les conduites d’adduction et de distribution sont les vecteurs de transport qui permettent de relier la production aux zones de consommation. Elles constituent le cœur du réseau matériel et leur bonne connaissance est la base d’une bonne gestion.

5.2.5.1. Les conduites d’adduction

L’adduction de la ville de Batna est assurée par 22 forages (forages du champ externe et interne) au moyen des conduites d’adduction de différents diamètres et matériaux sur une longueur totale de 97204 ml. [14] à savoir :

- Les conduites d’adduction des forages Fontaine chaude et Gadaïne vers la station de reprise Djerma.

Cette ligne d’adduction est composée de trois parties, elle se présente comme suit :

- Les conduites d’adduction des forages du champ Gadaïne au point de jonction avec celle de la fontaine chaude.

Ce sont les conduites qui transportent les eaux des forages Gadaïne 01 et Gadaïne 02 ; ces deux conduites se coïncident au point de jonction et ensuite jusqu’au point de jonction avec la conduite d’adduction de la fontaine chaude en fonte, sur une longueur 13300 ml de différents diamètres dont ; 1128 ml de 450 mm et 3164 ml de 300mm.

- Les conduites d’adduction des forages de la fontaine chaude au point de jonction avec celle du champ Gadaïne.

Ce sont les conduites qui acheminent les eaux des forages fontaine chaude 01bis et fontaine chaude 02 jusqu’au point de jonction avec celle des forages Gadaïne sur une longueur de 2093 ml en fonte dont ; 369 ml en Ø200, 409 ml en Ø300 et 1315 ml en Ø315.

- Les conduites d’adduction à partir du point de jonction à la station de reprise Djerma.

Cette conduite est en fonte Ø 500 d’une longueur de 6421 ml ; elle transporte les eaux des forages des champs captant de ; Gadaïne et fontaine chaude jusqu’à la bache de la station de reprise de Djerma.

- Conduite d’adduction du forage d’El Madher vers la station de pompage Djerma

Cette conduite est en fonte ; d’une longueur totale de 7507 ml dont ; 1115m en Ø175 ; 4582 ml en Ø250 et 1810 ml en Ø 300.

- Conduite d’adduction du forage Djerma vers la station de reprise de Djerma.

Cette conduite est en Acier ; d’une longueur de 982 ml en Ø150 ; il noté que le forage de Djerma alimente aussi deux autres réservoirs que sont :

- Le réservoir de Sidi Khiar d’une capacité de 100 m³.
- Le réservoir de Djerma d’une capacité de 300 m³.

Ces deux réservoirs sont alimentés par une conduite d’adduction Ø150 en acier ; ainsi q’une quantité d’eau de ce forage est injectée directement au réseau.

- Conduite d’adduction de la station de pompage Djerma vers les réservoirs carrière et Azzeb

Cette conduite est en fonte ; en Ø500 d’une longueur de 17259 ml depuis la station de pompage jusqu’au réservoir Azzeb.

Cette conduite alimente la commune de Djerma par une conduite en PEHD en Ø63 d’une longueur de 555 ml ; ainsi:

- La bache de l’école de police d’une capacité de 300 m³ par une conduite en acier de Ø100 et d’une longueur de 231m.

Le réservoir de Bouilef d’une capacité de 500 m³ ; d’une conduite de 312 m de longueur ; et de Ø100.

- Conduite d’adduction du forage Azzeb 03 vers le réservoir PAF.

Cette conduite transporte les eaux pompées du forage Azzeb 03 ; elle est d’une longueur de 4480 m et de Ø250 en acier.

- Les conduites d’adduction des forages Azzeb 02 et Azzeb 04 vers le réservoir route Tazoult.
- Les conduites d’adduction du forage Azzeb 04 et Azzeb 02 jusqu’au point de jonction de ces deux conduites.

Ces deux conduites transportent les eaux des deux forages avec des conduites en amiante ciment ; de Ø250 ; d’une longueur totale de 2300 ml.

- Conduite d’adduction du point de jonction jusqu’au réservoir.

Elle cumule les eaux des deux forages ; sur une longueur de 7400 ml ; de Ø300 en amiante ciment.

- La conduite d’Adduction du forage Kechida 01 vers le réservoir Kechida.

Cette conduite transporte les eaux du forage Kechida 01 vers le réservoir Kechida ; par une conduite en fonte en Ø200 ; et 2373 ml de longueur. Une quantité d’eau de cette forage est injectée directement dans le réseau de distribution.

- La conduite d’Adduction du forage Kechida 05 (Ravin bleu) vers le réservoir Kechida.

Cette conduite est en PVC ; de Ø125 et d’une longueur de 2764 ml, transporte les eaux du forage Kechida 05 vers le réservoir Kechida.

- La conduite d’adduction du forage Kechida 03 vers le réservoir S.A.E (Tamachit).

Cette conduite transporte les eaux du forage Kechida 03 vers le réservoir dit S.A.E ; elle est en Ø250 en amiante ciment ; d’une longueur de 2300 ml.

- La conduite d’adduction du forage Kechida 04 vers le réservoir S.A.E (Tamachit).

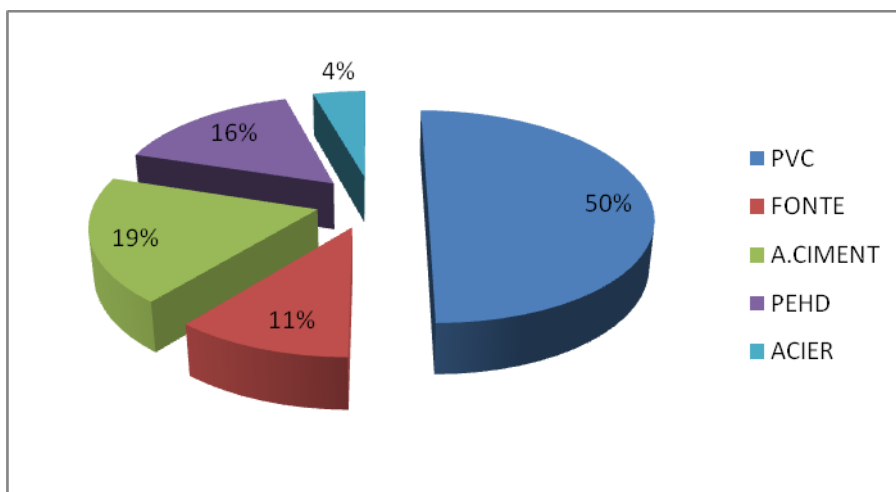
Cette conduite transporte les eaux du forage Kechida 05 vers le réservoir dit S.A.E ; elle est en Ø200 en amiante ciment ; d’une longueur de 3200 ml.

5.2.5.2. Les conduites de distribution

Le réseau de distribution d’eau de la ville de Batna est composé d’un ensemble de conduites d’eau de différents diamètres ; dont la longueur totale est 456,2 km à savoir :

Tableau 5.4 : Longueur du réseau d’AEP de la ville de Batna de différents matériaux

Matériau	PVC	FONTE	A.CIMENT	PEHD	ACIER
Longueur en m	228365	49338	86732	71756	20000

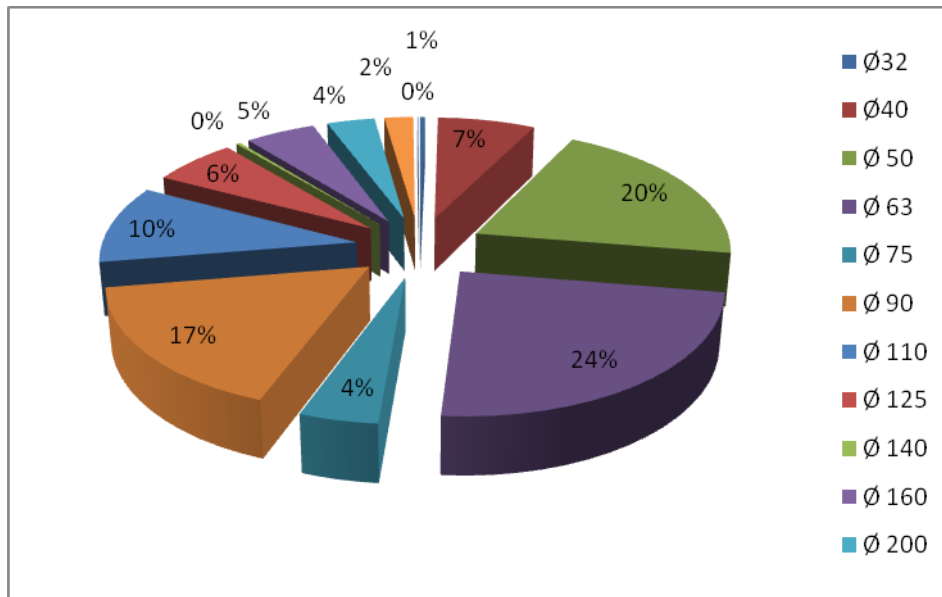
**Graphique 5.3:** Répartition de matériaux de réseau d’AEP de la ville de Batna

On les distingue par type de matériau dans le tableau suivant:

PVC

Tableau 5.5 : Longueur du réseau d’AEP de la ville de Batna en PVC et diamètres

Diamètre en (mm)	Longueur en (m)	Diamètre en (mm)	Longueur en (m)
Ø32	810	Ø 125	14113
Ø40	16162	Ø 140	691
Ø 50	46027	Ø 160	11627
Ø 63	54204	Ø 200	7925
Ø 75	9829	Ø 250	4798
Ø 90	38299	Ø 315	345
Ø 110	23534		

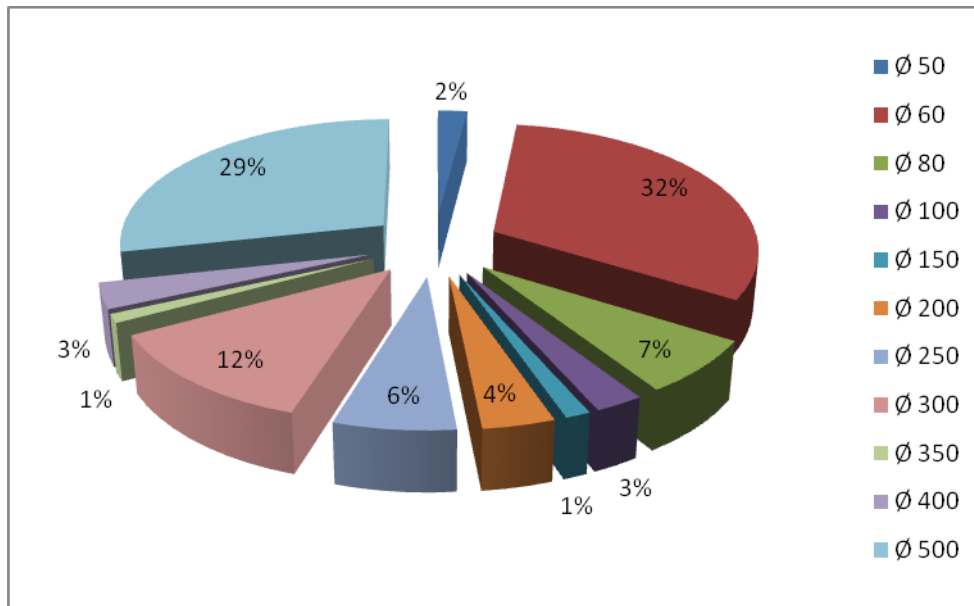


Graphique 5.4: Répartitions des différents diamètres en PVC constituant le réseau d’AEP de la ville de Batna

Fonte

Tableau 5.6 : Longueur du réseau d’AEP de la ville de Batna en fonte et diamètres

Diamètre en (mm)	Longueur en (m)	Diamètre en (mm)	Longueur en (m)
Ø 50	1013	Ø 250	3140
Ø 60	15654	Ø 300	6097
Ø 80	3402	Ø 350	548
Ø 100	1268	Ø 400	1610
Ø 150	649	Ø 500	13995
Ø 200	1862		

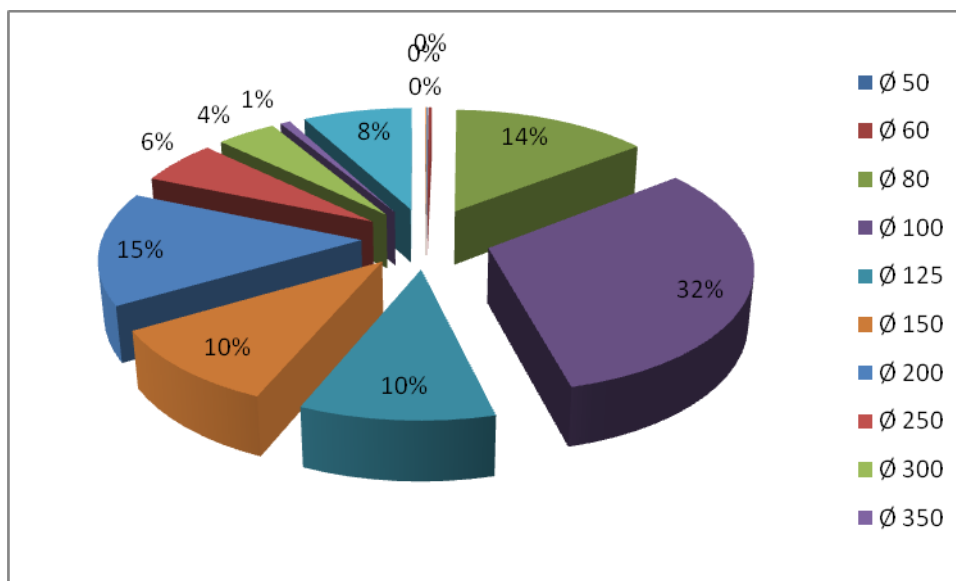


Graphique 5.5: Répartitions des différents diamètres en fonte constituant le réseau d’AEP de la ville de Batna

Amiante Ciment

Tableau 5.7 : Longueur du réseau d’AEP de la ville de Batna en amiante ciment et diamètres

Diamètre en (mm)	Longueur en (m)	Diamètre en (mm)	Longueur en (m)
Ø 50	87	Ø 200	12751
Ø 60	211	Ø 250	4981
Ø 80	12312	Ø 300	3728
Ø 100	27347	Ø 350	636
Ø 125	8953	Ø 400	6826
Ø 150	8848	Ø 500	52

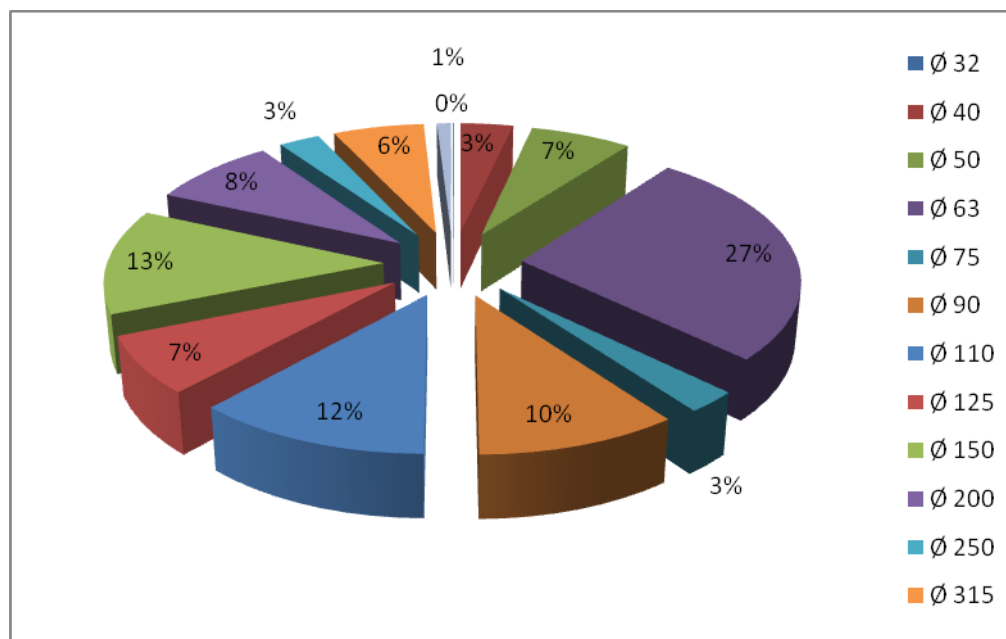


Graphique 5.6: Répartitions de différents diamètres de l’amiante ciment constituant le réseau d’AEP de la ville de Batna.

PEHD :

Tableau 5.8 : Longueur du réseau d’AEP de la ville de Batna en PEHD et diamètres

Diamètre en (mm)	Longueur en (m)	Diamètre en (mm)	Longueur en (m)
Ø 32	41	Ø 125	5055
Ø 40	2536	Ø 150	9200
Ø 50	4881	Ø 200	6117
Ø 63	19232	Ø 250	1970
Ø 75	1881	Ø 315	4387
Ø 90	7293	Ø 400	679
Ø 110	8484		



Graphique 5.7: Répartitions de différents diamètres en PEHD Constituant le réseau d’AEP de la ville de Batna

- **Relation entre L’âge et les matériaux des conduites**

Il existe une relation entre le matériau et l’âge de conduite ; tel que le type de matériau de conduite est un indicateur de l’âge de la conduite à savoir :

- **Les conduites en fonte :** Elles datent des années quarante (période coloniale) ; à titre d’exemple les conduites posées au centre ville de Batna.
- **Les conduites en amiante ciment :** Elles datent au milieu des années soixante et des années soixante-dix.
- **Les conduites en acier et en PVC :** Après la décennie précédente, c’était la pose des conduites en acier et en PVC ; s’est donc au milieu des années soixante dix et les années quatre vingt et quatre vingt dix.
- **Les conduites en PEHD :** aux années deux milles ; tous les réseaux sont projetés par des conduites en PEHD ; soit en rénovation des conduites ou en réalisation de nouveaux réseaux.

5.2.6. La production et la consommation [1] :

La gestion d’un réseau se base sur des chiffres qui caractérisent des mesures réalisées sur tout le parcours de l’alimentation en eau potable. Plusieurs types de volumes d’eau peuvent être mesurés :

- ✓ Le volume produit par les organes de production, (V1)
- ✓ Le volume arrivant aux réserves de distribution, (V2).

- ✓ Le volume introduit dans le réseau de distribution, (V3).
- ✓ Le volume sorti du réseau par branchement, (V4).
- ✓ Le volume comptabilisé en sortie du réseau et facturé aux abonnés, (V5).

Pour plusieurs causes (citées en premier chapitre) ; les volumes d’eaux se décroissent de V1 vers V5.

L’analyse des chiffres de la gestion consiste à étudier ces différentes mesures et leur signification à savoir :

- ✓ **La production**
- ✓ **La distribution**
- ✓ **La consommation**
- ✓ **Le rendement.**

5.2.6.1. La production

A- Définition

Les volumes produits comme : les volumes issus des ouvrages de production des eaux souterraines ou superficielles pour être introduits dans le réseau de distribution.

Comme on a dit auparavant, la ville de Batna est alimenté à partir des eaux superficielles issues du Barrage Koudiet Medaouar et des eaux souterraines (champs captant : interne et externe) à savoir :

B- Les volumes produits par les champs captant (interne et externe)

Les volumes mensuels produits par les champs captant interne et externe pendant les trois dernières années, sont indiqués et illustrés dans le tableau et le graphe qui se suivent :

Tableau 5.9 : Volumes mensuels d’eau produits par champs captant interne et externe

(Source ADE Batna ; Département d’exploitation et maintenance)

MOIS	Année 2008 (m ³)	Année 2009 (m ³)	Année 2010 (m ³)
Janvier	996048	991090	1093554
Février	970768	890360	962435
Mars	982594	1011922	990559
Avril	1009879	929876	1018962
Mai	971576	1166184	1011538
Juin	969153	1186062	1046863
Juillet	1174829	1225362	1193404
Août	1133399	1160083	1063826
septembre	974474	1058206	1079111
Octobre	1038792	1079232	986057
Novembre	999657	971247	1070917
Décembre	1015500	1038926	1017854

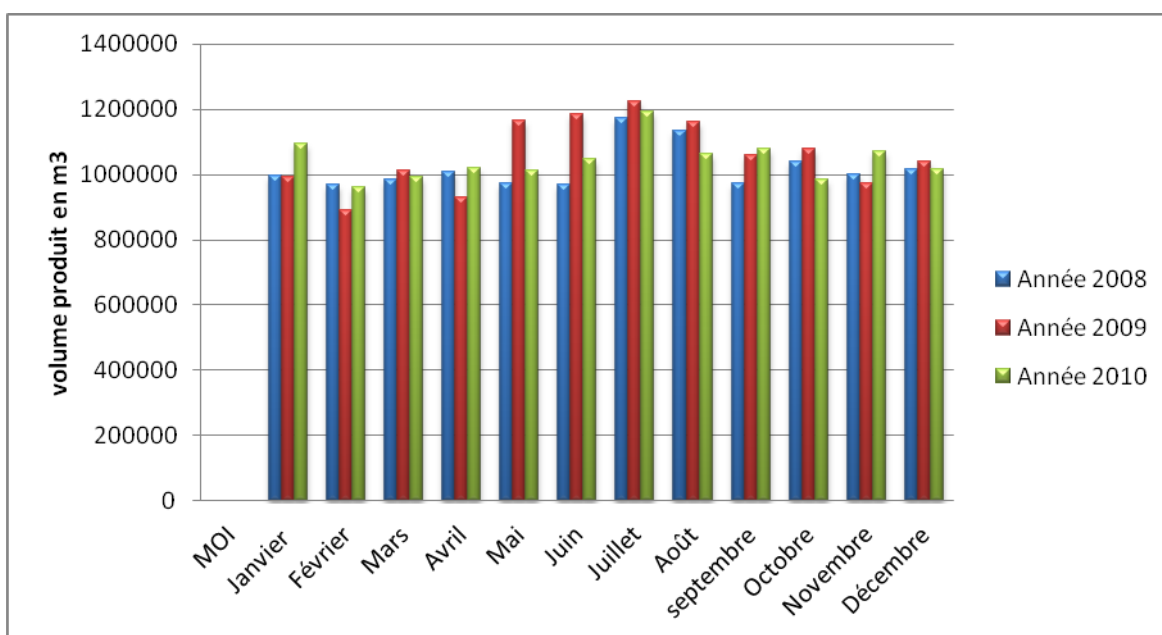
**Graphique 5.8** : Evolution mensuelle des volumes d’eau produits par le champs captant interne et externe

Tableau 5.10 : Moyenne des volumes d’eau produits par champs captant interne et externe

Année	2008	2009	2010
Moyenne des volumes mensuels produit (m ³ /mois)	1019722,42	1059045,83	1044590
Moyenne journalière (m ³ /j)	407888,967	423618,333	417836

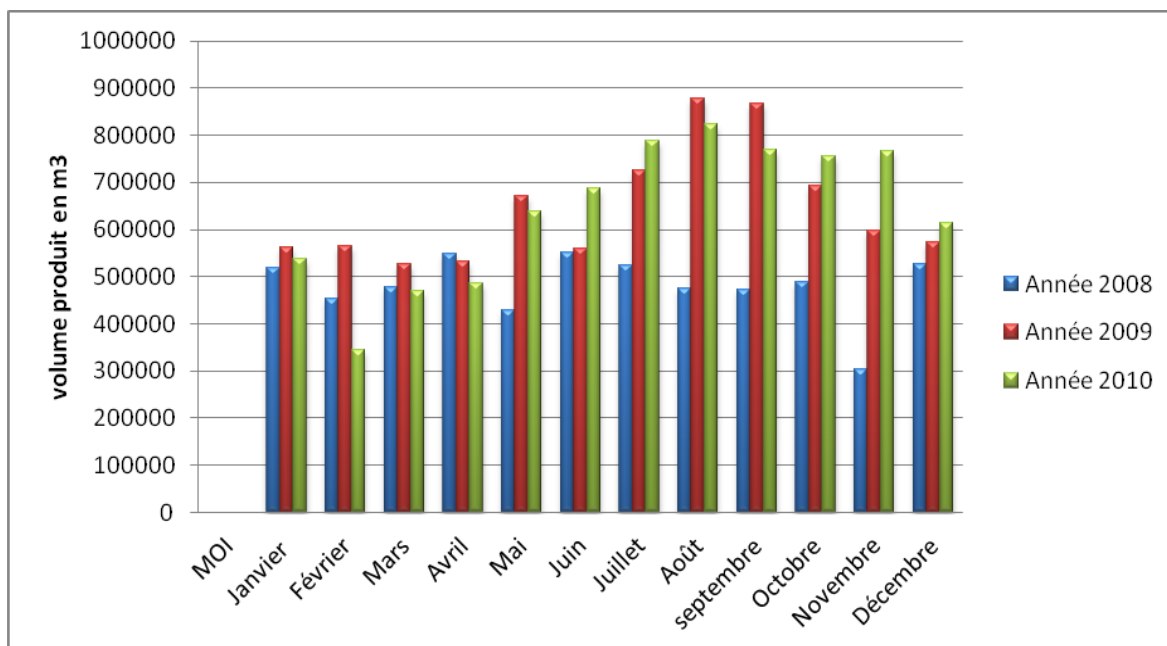
C- Les volumes produits par le barrage Koudiet Medaouar

Les volumes issus du transfert à partir du barrage Koudiet Medaouar sont repris dans le tableau et illustrés par le graphe qui suit :

Tableau 5.11 : Volumes d’eau issus du barrage Koudiet Medaouar

(Source ADE Batna ; Département d’exploitation et maintenance)

MOIS	Année 2008 (m ³)	Année 2009 (m ³)	Année 2010 (m ³)
Janvier	519532	560822	537539
Février	453511	564998	344014
Mars	477271	525574	469069
Avril	548161	533258	485418
Mai	428248,6	671279	637680
Juin	552356,17	560089	688071
Juillet	524525	725831	789166
Août	474308	878306	822747
septembre	473348	866073	768867
Octobre	489799	692215	754064
Novembre	302453	596804	765499
Décembre	527000	571572	614396



Graphique 5.9 : Evolution mensuelle des volumes issus du barrage Koudiet Medaouar

Tableau 5. 12 : Moyenne des volumes d’eau issus du barrage Koudiet Medaouar

Année	2008	2009	2010
Moyenne des volumes mensuels Produit (m ³ /mois)	480876,064	645568,417	639710,833
Moyenne journalière (m ³ /j)	192350,426	258227,367	255884,333

D- Les volumes totaux produits

- **Définitions**

Les volumes totaux produits sont la somme des volumes produits par les ouvrages de production des eaux souterraines et superficielles pour être introduits dans le réseau de distribution.

Dans notre cas de la ville de Batna ; les volumes totaux produits correspondent à la somme des volumes issus des ouvrages de production celles du champ captant interne et externe (eaux souterraines)) et les volumes issus du barrage de **Koudiet Medaouar** (eaux superficielles). Toute l’information est donnée par le tableau et le graphique qui suivent :

Tableau 5. 13 : Les volumes totaux produits pour la ville de Batna

(Source ADE Batna ; Département d’exploitation et maintenance)

MOIS	Année 2008 (m ³)	Année 2009 (m ³)	Année 2010 (m ³)
Janvier	1515580,20	1551911,80	1631093
Février	1424279,80	1455358,04	1306449
Mars	1459865,00	1537496,40	1459628
Avril	1558040,40	1463133,60	1504380
Mai	1399824,40	1837462,7	1649218
Juin	1521509,97	1746151,2	1734934
Juillet	1699353,90	1951193,2	1982570
Août	1607706,80	2038388,92	1886573
septembre	1447821,50	1924278,6	1847978
Octobre	1528591,20	1771447,4	1740121
Novembre	1302110,50	1568050,4	1836416
Décembre	1542500,60	1610497,79	1632250

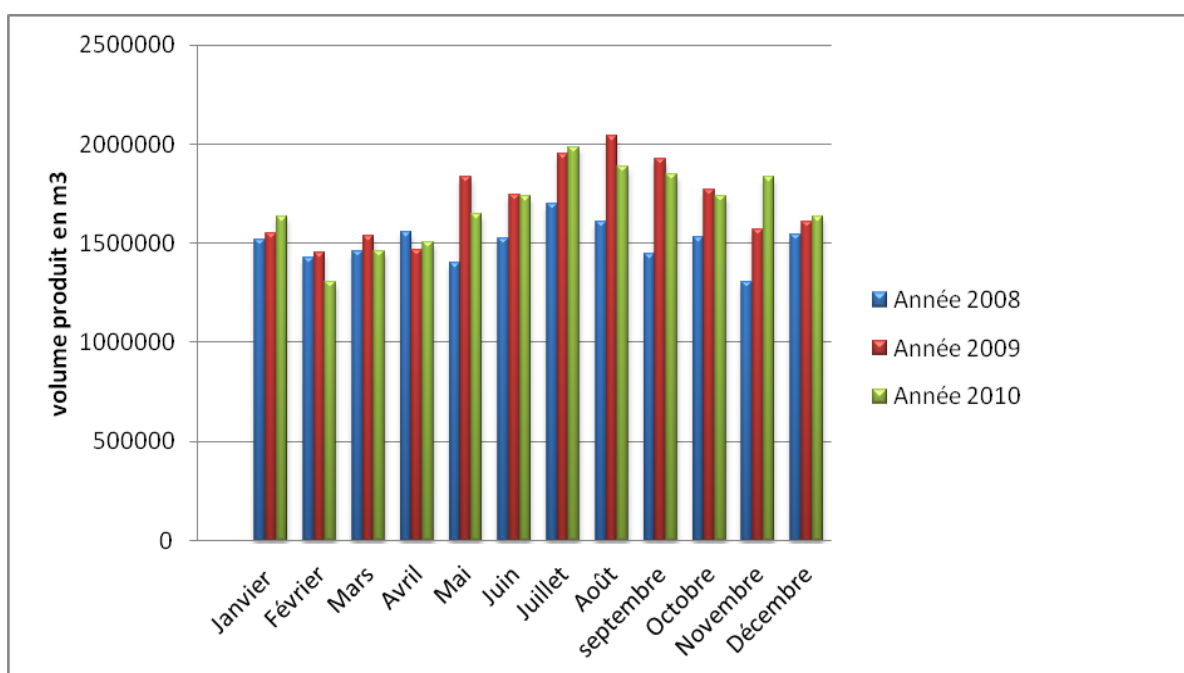
**Graphique 5.10** : Evolution mensuelle des volumes totaux produits pour la ville de Batna

Tableau 5.14 : Moyenne des volumes totaux produits pour la ville de Batna

Année	2008	2009	2010
Moyenne des volumes mensuels Produit (m ³ /mois)	1500598,69	1704614,17	1674294,4
Moyenne journalière (m ³ /j)	600239,476	681845,668	673720,333

5.2.6.2. La distribution

A- Définition

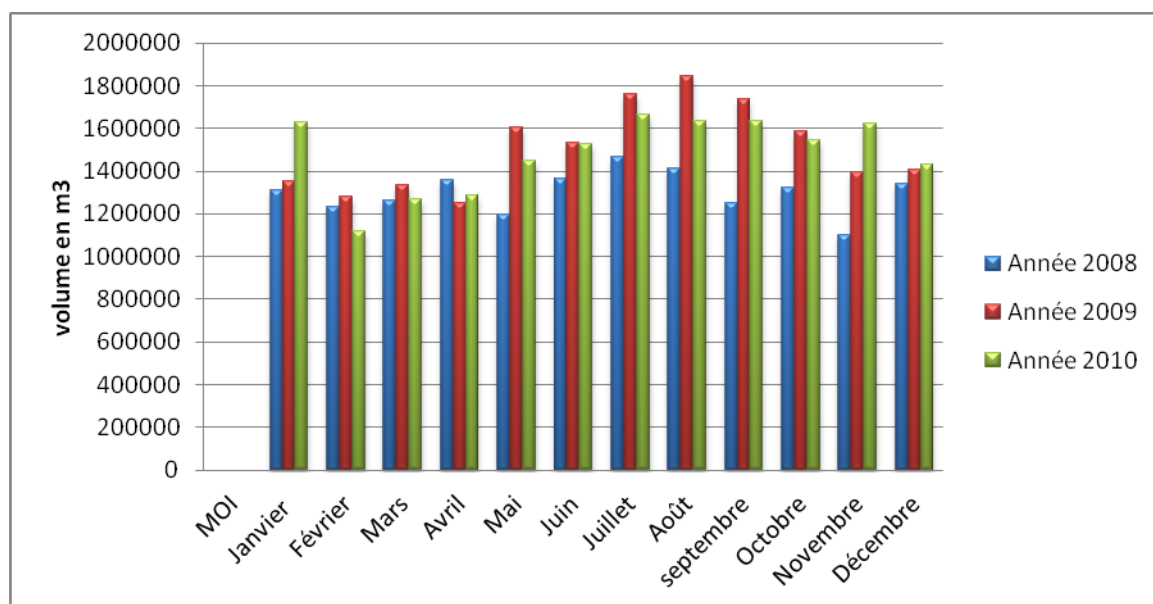
Les volumes produits mis en distribution sont la somme des volumes mesurés à la sortie des réservoirs existant desservant la population ; les volumes mis en distribution pour l’alimentation de la ville de Batna pendant les trois dernières années sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5.15 : les volumes mis en distribution

(Source ADE Batna ; Département d’exploitation et maintenance)

MOIS	Année 2008 (m ³)	Année 2009 (m ³)	Année 2010 (m ³)
Janvier	1309320,00	1353693,84	1631092
Février	1230126,04	1277286,00	1116541
Mars	1263583,80	1335111,92	1266550
Avril	1356064,52	1251886,00	1283743
Mai	1195126,24	1604225,96	1447426
Juin	1367174,41	1 533 974	1525720
Juillet	1464388,16	1758041,00	1663870
Août	1411951,04	1843384,00	1632092
septembre	1252926,80	1738355,36	1632155
Octobre	1320832,76	1588418,00	1542907
Novembre	1102179,00	1397274,32	1622232
Décembre	1339400,48	1408017,00	1428678

Ces volumes mensuels sont repris dans le graphique ci-dessous.



Graphique 5.11 : Evolution mensuelle des volumes mis en distribution

Tableau 5.16 : Moyenne des volumes mis en distribution

Année	2008	2009	2010
Moyenne des volumes mensuels Produit (m ³ /mois)	1301089,44	1379641,12	1487666,2
Moyenne journalière (m ³ /j)	520435,775	551856,447	595066,47

5.2.6.3. La consommation

A- Définition

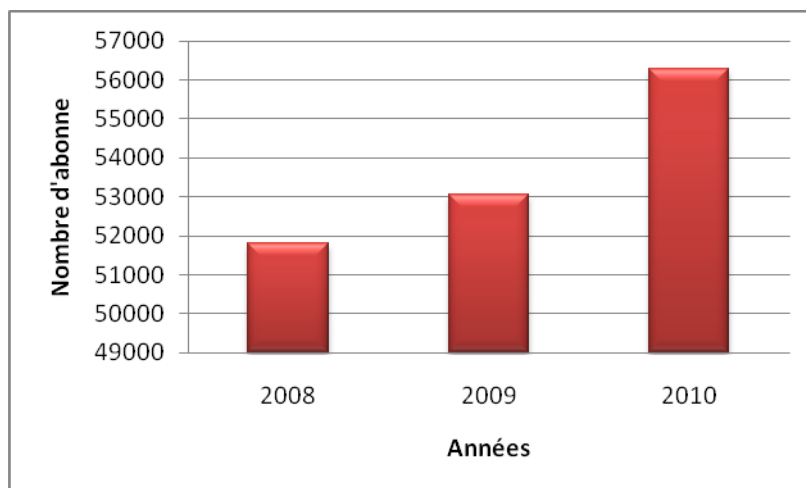
Les volumes consommés correspondent aux volumes utilisés par les abonnés publics ou privés et par les usages publics (voiries, espaces vert, vidanges ...) comptabilisés ou estimés selon le cas. La consommation est caractérisée par le nombre d’abonnés et le type de consommateur. [1]

B- Nombre d’abonné de la ville de Batna

Le gestionnaire du service d’eau potable au niveau de la ville de Batna ne déclare que le nombre d’abonné pendant les trois dernières années comme suite :

Tableau 5.17 : Nombre d’abonné d’eau potable de la ville de Batna

Année	2008	2009	2010
Nombre d’abonné	51804	53041	56292

**Graphique 5.12 :** Evolution du nombre d’abonné de la ville de Batna**C- Type de consommateur** (source ADE Batna ; service commercial)

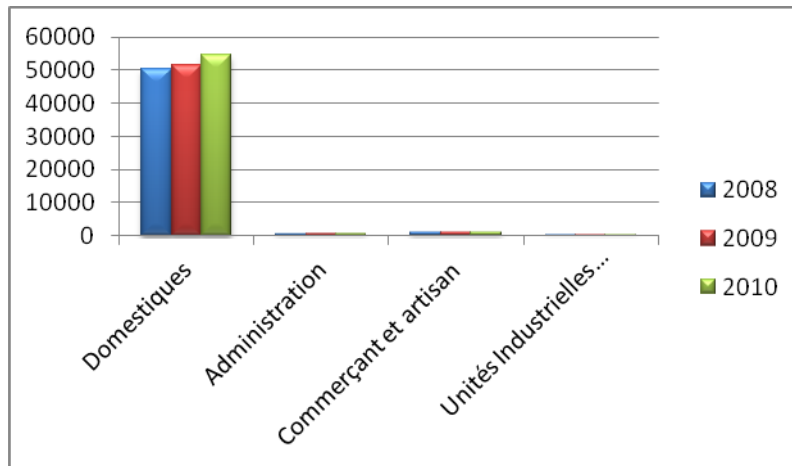
Les consommateurs d’eau potable de la ville de Batna sont groupés en quatre types :

- 1- Domestiques
- 2- Administration
- 3- Commerçant et artisan
- 4- Les unités industrielles et touristiques.

Le nombre de chaque type de consommateur pendant les trois dernières années est indiqué au tableau ci-dessous :

Tableau 5.18 : Nombre de chaque type d’abonné

	2008	2009	2010
Domestiques	50184	51395	54636
Administration	505	532	549
Commerçant et artisan	1048	1044	1043
Unités industrielles et touristiques	67	70	70



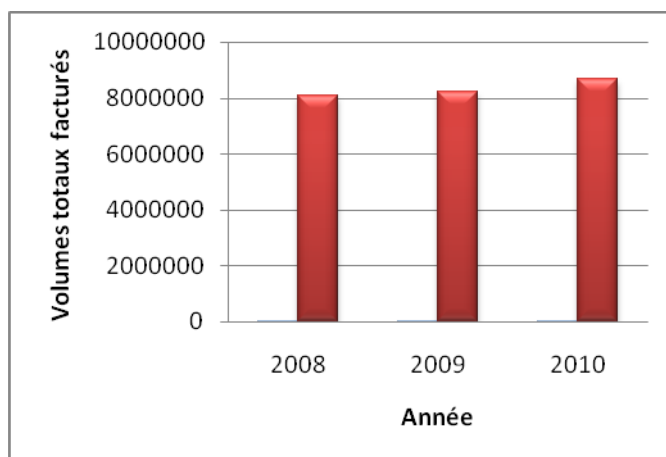
Graphique 5.13 : Evolution des abonnés d’eau potable de la ville de Batna.

D- Les volumes totaux facturés

Les volumes totaux facturés par les différents abonnés de la ville de Batna pendant les trois dernières années sont indiqués au tableau ci-dessous :

Tableau 5.19 : Volumes totaux facturés de la ville de Batna

Année	2008	2009	2010
Volumes totaux facturés en m ³	8058817	8238030	8665105



Graphique 5.14: Evolution des volumes totaux facturés de la ville de Batna

5.2.7. Le comptage

Les compteurs sont classés en trois types :

5.2.7.1. Les compteurs de production

Ils sont placés au niveau des conduites d’adduction ; pour mesurer les débits introduits aux niveaux de ces derniers. Equipé de tête émettrice, ils peuvent être à turbine ou à hélice ou correspondre à des débitmètres à ultrason.

5.2.7.2. Les compteurs de distribution

Ils sont placés en tête des conduites ; à partir des ouvrages du stockage. Ces compteurs permettent une sectorisation de comptage ; connaître les variations des débits de distribution et l’orientation d’un choix des secteurs pour l’examen en priorité.

5.2.7.3. Les compteurs des abonnés

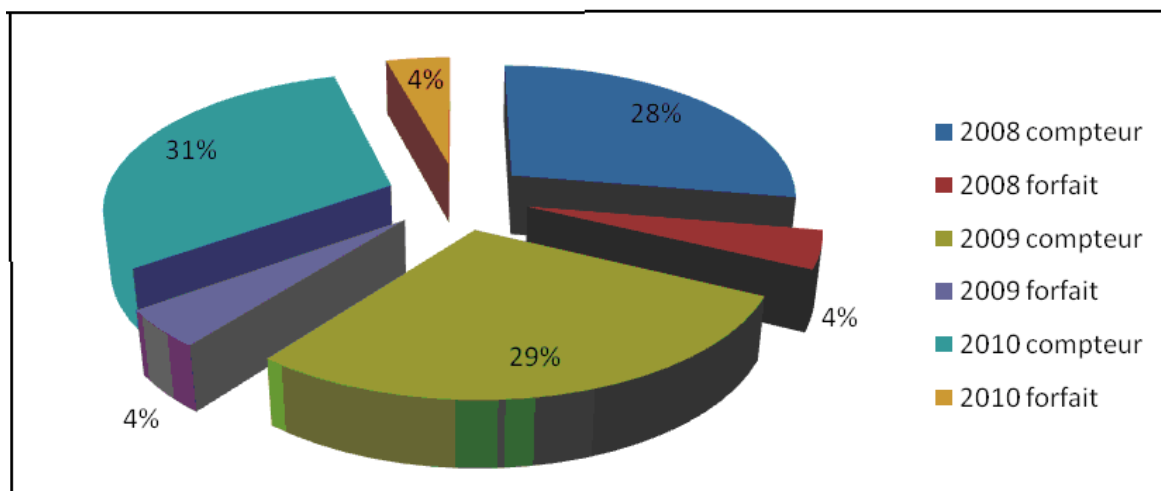
Ils sont placés au niveau des branchements particuliers ; ils comptabilisent la consommation individuelle de chaque abonné ; le renouvellement du parc du compteur et systématique ; et recommandé par tranches annuelles, afin de réduire la part d’incertitude du comptage qui constitue une part d’une interprétation des valeurs mesurées.

Au niveau de la ville de Batna le parc des compteurs est en état de vétusté ; il est recommandé de bien le renouveler pour minimiser les pertes financières d’eau. Ainsi le comptage s’exécute par ; *comptage au compteur et au forfait*. Les différents types de comptage (compteur et forfait) ; pendant les trois dernières années sont reportés au tableau ci-dessous :

Tableau 5.20 : Différent types de comptage de la ville de Batna

(Source ADE Batna ; service commercial)

Comptage	2008		2009		2010	
	compteur	forfait	compteur	forfait	compteur	forfait
Domestiques	43272	6912	44462	6933	47968	6662
Administration	503	2	530	2	507	42
Commerçants et artisans	904	144	991	53	960	83
Unités industrielles et touristiques	56	11	61	09	56	14



Graphique 5.15: Evolution de types du comptage de la ville de Batna

5.2.7.4. Interprétation

D’après le graphique ci-dessus on constate que le comptage de la consommation en eau potable par les compteurs est augmenté pendant les trois dernières années comme suit :

De 2008 à 2009 de 1% ; de 2009 à 2010 de 2%.

Par contre le comptage en forfait est stable pendant les mêmes années.

5.2.8. Les pertes d’eau potable

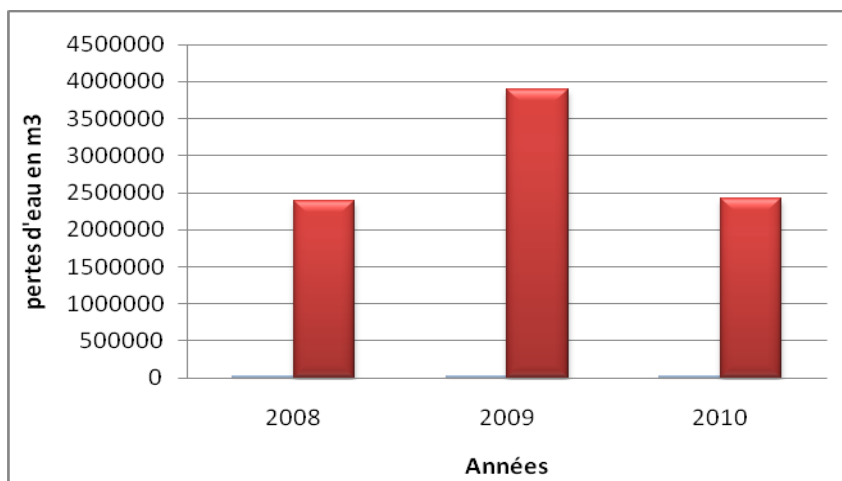
5.2.8.1. Les pertes d’eau au niveau d’adduction

Les pertes d’eau au niveau d’adduction sont la différence entre les volumes produits totaux (superficiels et souterrains) et les volumes produits mis en distribution.

Les volumes d’eaux perdus au niveau de l’adduction de la ville de Batna pendant les trois dernières années sont représentés dans le tableau ci-dessus:

Tableau 5.21 : Volumes d’eau perdus au niveau de l’adduction de la ville de Batna

Années	2008	2009	2010
Pertes d'eau en m ³	2394111,02	3899676,65	20211610



Graphique 5.16 : Evolution des pertes en eau au niveau de l’adduction de la ville de Batna

5.2.8.2. Interprétation

On distingue que les volumes d’eau perdus au niveau de l’adduction sont en progression de 2008 en 2009 qui signifie qu’il n’y a aucune intervention dans les conduites d’adduction ce qui engendre une perte d’eau qui augmente d’une année à autre. et une diminution de 2009 en 2010. ce qui explique le contraire.

Le pourcentage des pertes est indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5.22 : Pourcentage des pertes en eau de la ville de Batna (adduction)

Années	2008	2009	2010
Pertes en %	13,29531	19,064317	11,966409



Grafique 5.17: Evolution du pourcentage des pertes en eau au niveau d’adduction de la ville de Batna

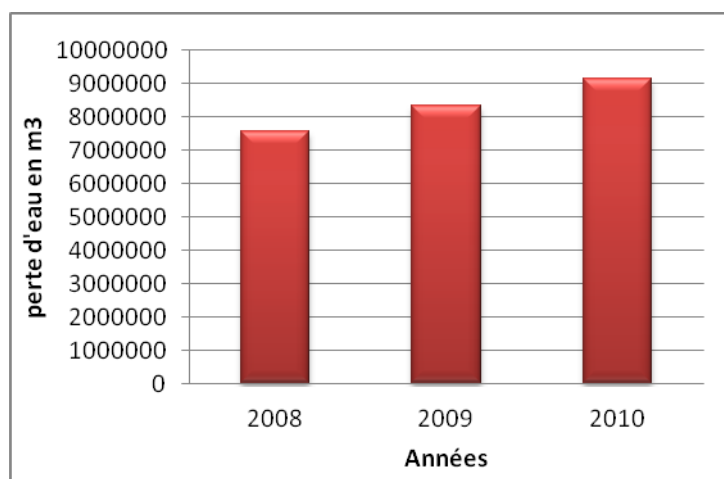
5.2.8.3. Les pertes d’eau au niveau de distribution

Les pertes d’eau au niveau de la distribution sont la différence entre les volumes totaux mis en distribution et les volumes totaux de consommations.

Les volumes d’eaux perdus au niveau de la distribution de la ville de Batna pendant les trois dernières années sont représentés dans le tableau ci-dessus:

Tableau 5.23 : Volumes d’eau perdus au niveau de la distribution de la ville de Batna

Années	2008	2009	2010
Pertes d'eau en m ³	7554256,25	8317663,40	9127901,00



Grafique 5.18 : Evolution des pertes en eau au niveau de la distribution de la ville de Batna

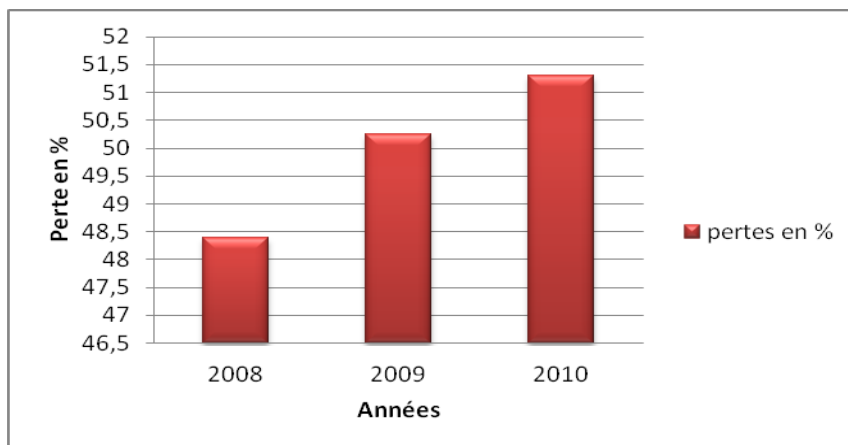
5.2.8.4. Interprétation

Les volumes d’eau perdus au niveau du réseau de distribution a augmenté de l’année 2008 à l’année 2009 d’un volume de 763407,15 m³ et de 2009 à 2010 de 810237.6 m³ ce qui signifie qu’il n’y a pas d’interventions fréquentes et suffisantes au niveau du réseau de distribution pour l’objectif de réparer les fuites.

Le pourcentage des pertes d’eau au niveau de distribution est indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5.24 : Pourcentage des pertes en eau de la ville de Batna (distribution)

Années	2008	2009	2010
Pertes en %	48,38	50,24	51,30



Grafique 5.19 : Evolution du poucentage des pertes en eau au niveau de distribution de la ville de Batna

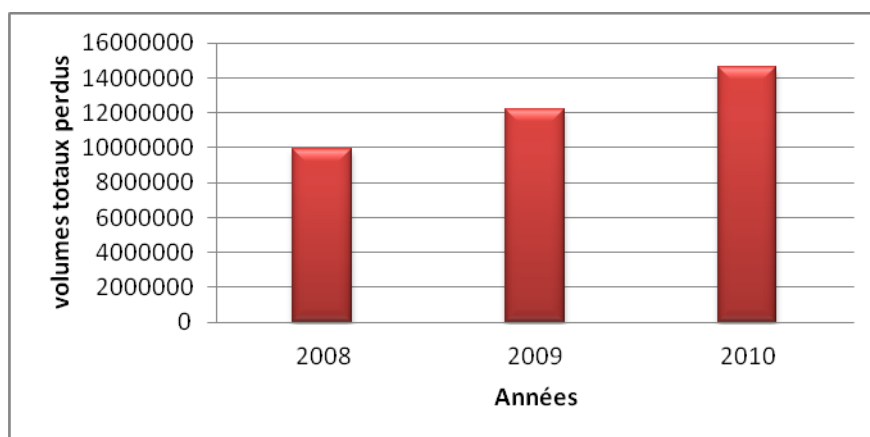
5.2.8.5. Les volumes totaux perdus d’eaux

Les volumes totaux perdus sont définis comme la somme des pertes au niveau de l’adduction et au niveau de la distribution ou bien on le définit comme la différence entre les volumes d’eau produits et les volumes facturés.

Les volumes totaux perdus avec le pourcentage des pertes pendant les trois dernières années sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5.25 : Les volumes totaux perdus d’eaux en m³ de la ville de Batna

Années	2008	2009	2010
Volumes totaux perdues	9948367,27	12217340,05	11546505

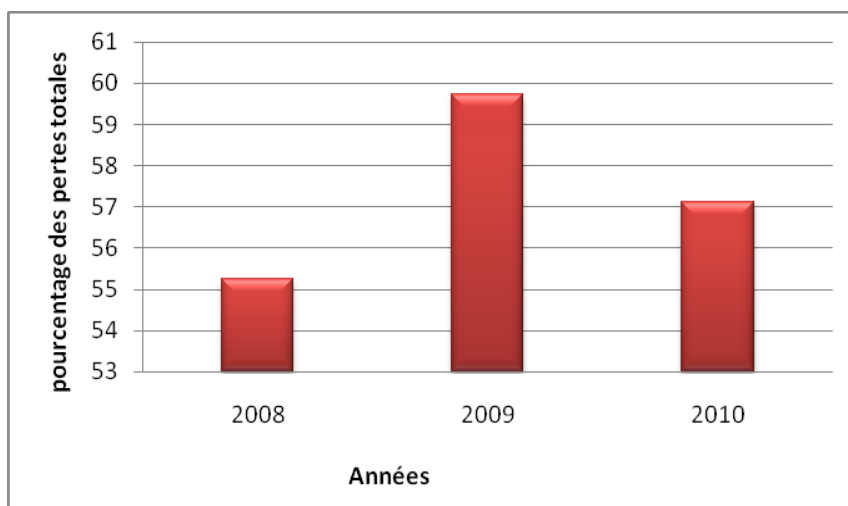


Graphique 5.20: Evolution des volumes totaux perdus de la ville de Batna

5.2.8.6. Pourcentage des pertes totales d’eaux

Tableau 5.26: Evolution du poucentage des pertes totales d’eau de la ville de Batna

Années	2008	2009	2010
Pertes en %	55,25	59,73	57,12



Graphique 5.21 : Evolution du poucentage des pertes totales d’eaux de la ville de Batna

5.2.8.7. Interprétation

Les volumes totaux d’eau qui se perdent au niveau du réseau d’AEP de la ville de Batna pendant les trois dernières années est énorme ; comme il est indiqué dans le tableau 5.26 et le graphique 5.21 ; le pourcentage est plus de 50 %, ce qui signifie que le réseau d’alimentation en eau n’est pas rentable, ce qui indique également que le réseau n’est pas efficace et l’existence des problèmes au niveau du réseau.

5.2.9. Le rendement

5.2.9.1. Définition

Le rendement d’un réseau permet de caractériser son efficacité et les problèmes existants. Ces chiffres sont le résultat de la comparaison entre la production, la distribution et la consommation. Les chiffres caractéristiques du rendement doivent être connus et interprétés, pour mettre en évidence les problèmes éventuels.

5.2.9.2. Le rendement primaire RP

Le rendement primaire (RP) est le rendement le plus simple à calculer, il ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés, il est calculé selon l’équation 2.2 du chapitre 2. Le tableau suivant donne une idée à propos de son évolution temporelle.

Tableau 5.27: Indice linéaire des pertes

Années	2008	2009	2010
Rendement primaire RP (%)	51,61	49,75	48,6

5.2.9.3. Calcul des indices

Les indices linéaires de pertes et de consommation (ILP, ILC et ILProd), définit respectivement selon les équations 2.4, 2.7 et 2.8 (chapitre 2).

A- Indice linéaire des pertes ILP

Pour la ville de Batna l’ILP évolue selon le tableau suivant :

Tableau 5.28: Indice linéaire des pertes

Années	2008	2009	2010
ILP (m ³ /j/km)	34,22	36,29	32,31

B- Indice linéaire de consommation ILC

Pour la ville de Batna l’ILC évolue selon le tableau suivant :

Tableau 5.29: Indice linéaire de consommation

Années	2008	2009	2010
ILC (m ³ /j/km)	48,39	49,47	52,03

C- Indice linéaire de production ILProd

Pour la ville de Batna l’ILProd évolue selon le tableau suivant :

Tableau 5.30: Indice linéaire de production

Années	2008	2009	2010
ILProd (m ³ /j/km)	108,14	122,84	121,38

5.2.10. Système d’information géographique

Dans notre cas et pour l’élaboration d’un système d’information géographique ; on a utilisé le logiciel *MapInfo professionnel 8*.

Le réseau d’AEP de l’exemple étudié et celui de la ville de Batna qui se localise spatialement dans le système de coordonnées « **Universal Transverse Mercator** » (UTM), fuseau 32 (Longitude supérieure à 6° et inférieure à 12°), (Figure 5.4).

Toutes les informations qui font l’objet de notre étude et obtenues par le SIG, MapInfo et Epanet sont représentées sous forme de tableaux dans les annexes I, II, III, IV et V.

Les informations qui font l’objet de l’ossature du réseau collecté dans MapInfo sont également représentées dans les figures suivantes :

- Information des nœuds ; **Figure 5.5**.
- Information des forages ; **Figure 5.6**.
- Information des tuyaux ; **Figure 5.7**.
- Information des ouvrages de stockage ; **Figure 5.8**.
- Information des stations de pompage ; **Figure 5.9**.

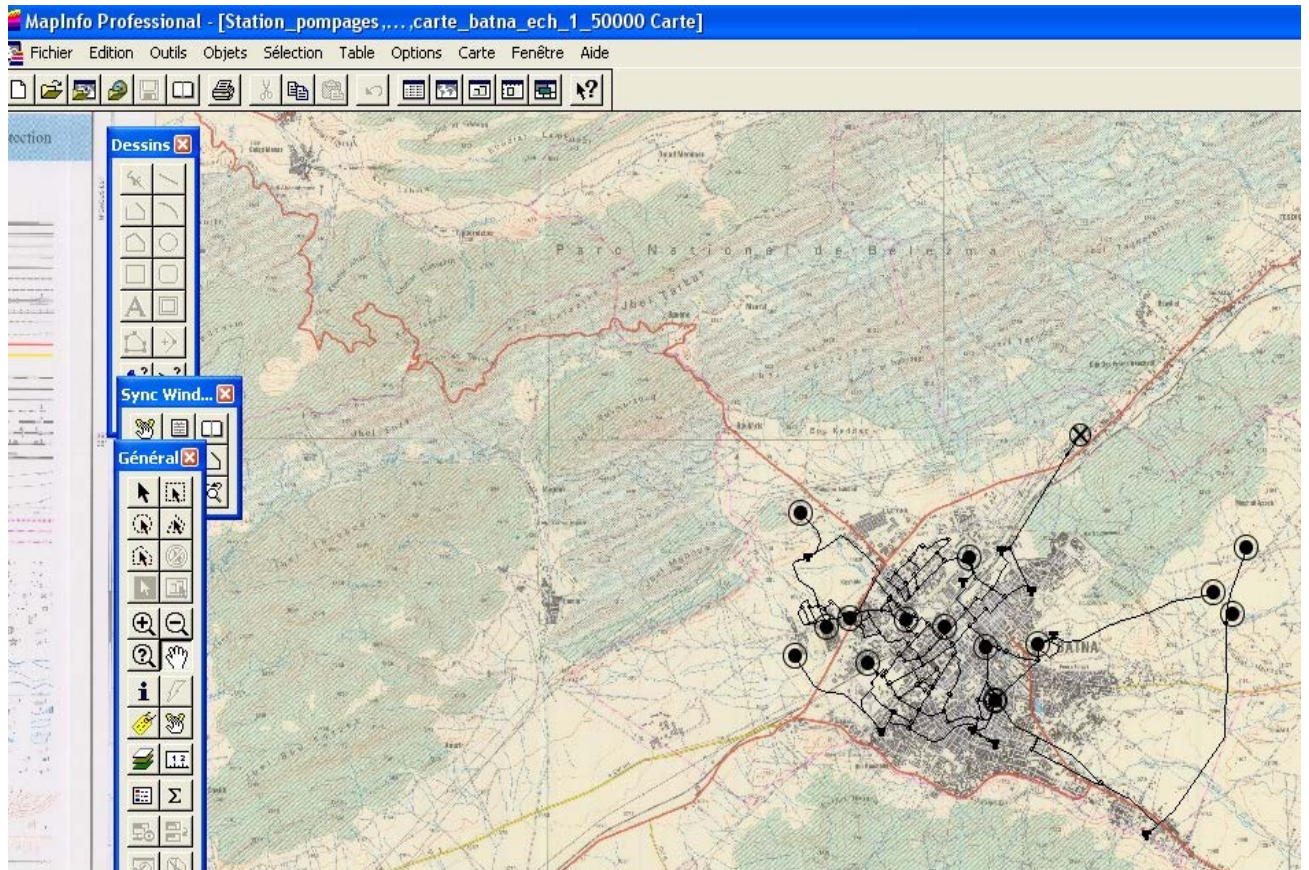


Figure 5.4 : Système d’AEP de la ville de Batna représenté par MapInfo.

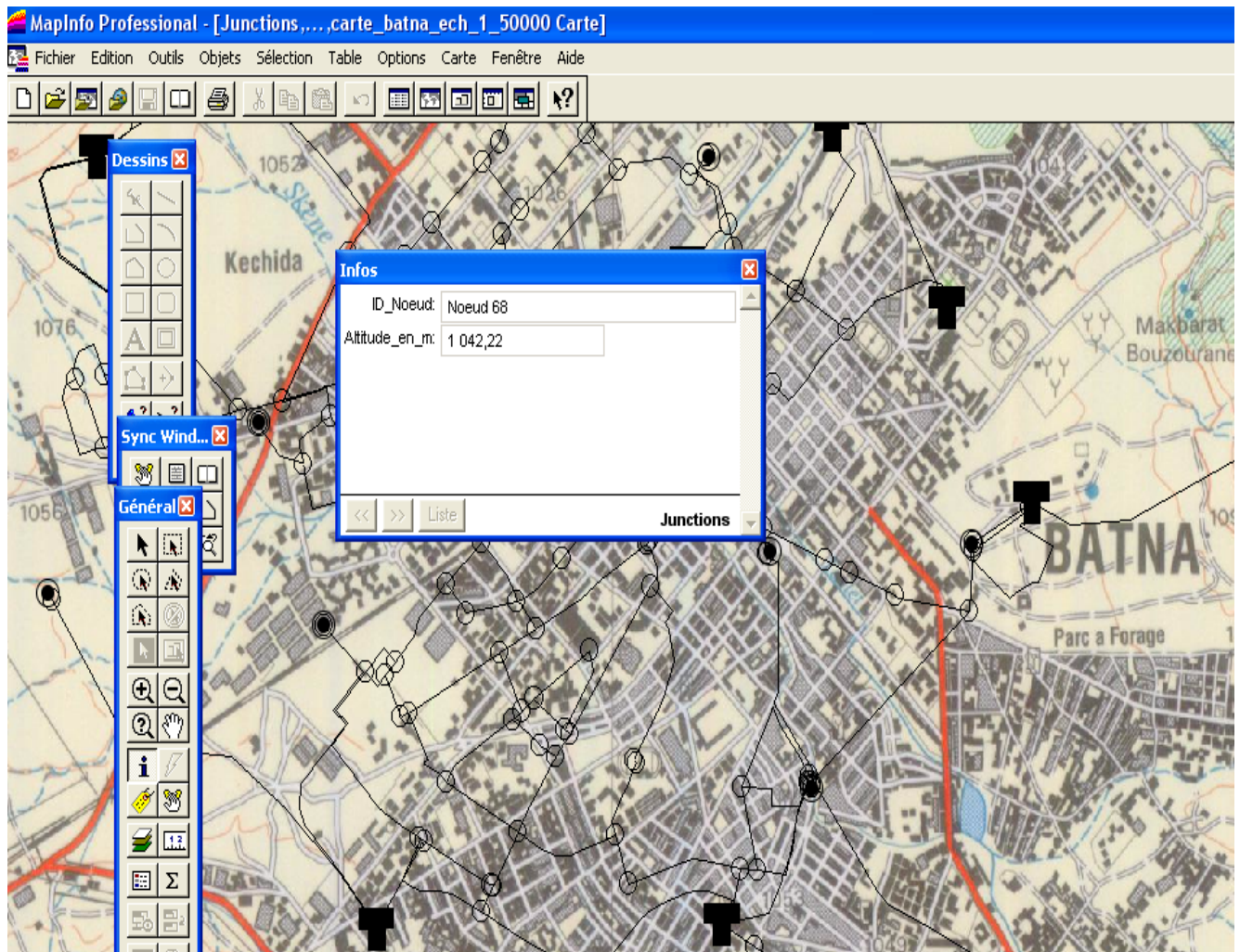


Figure 5.5 : Informations des nœuds

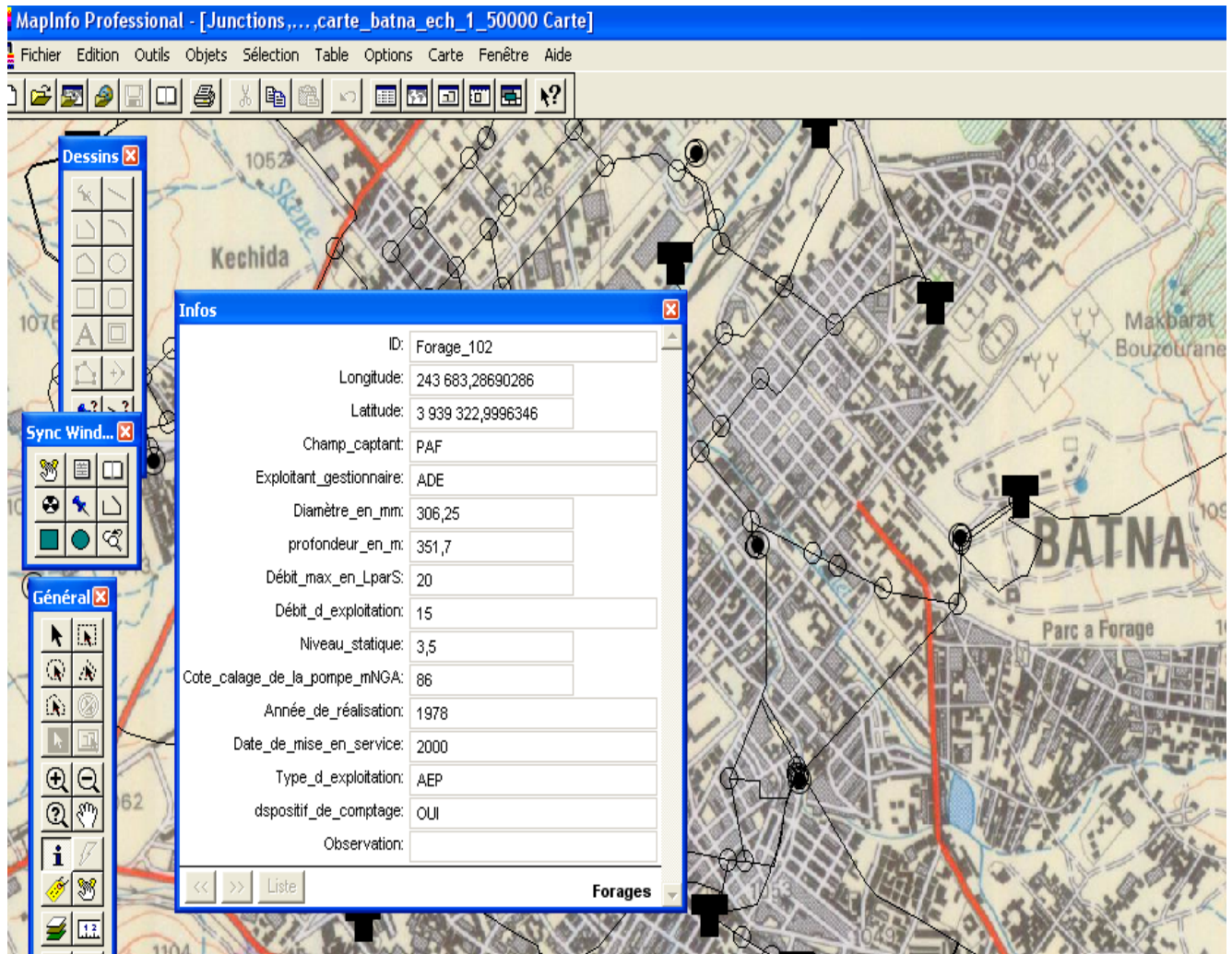


Figure 5.6 : Informations des forages

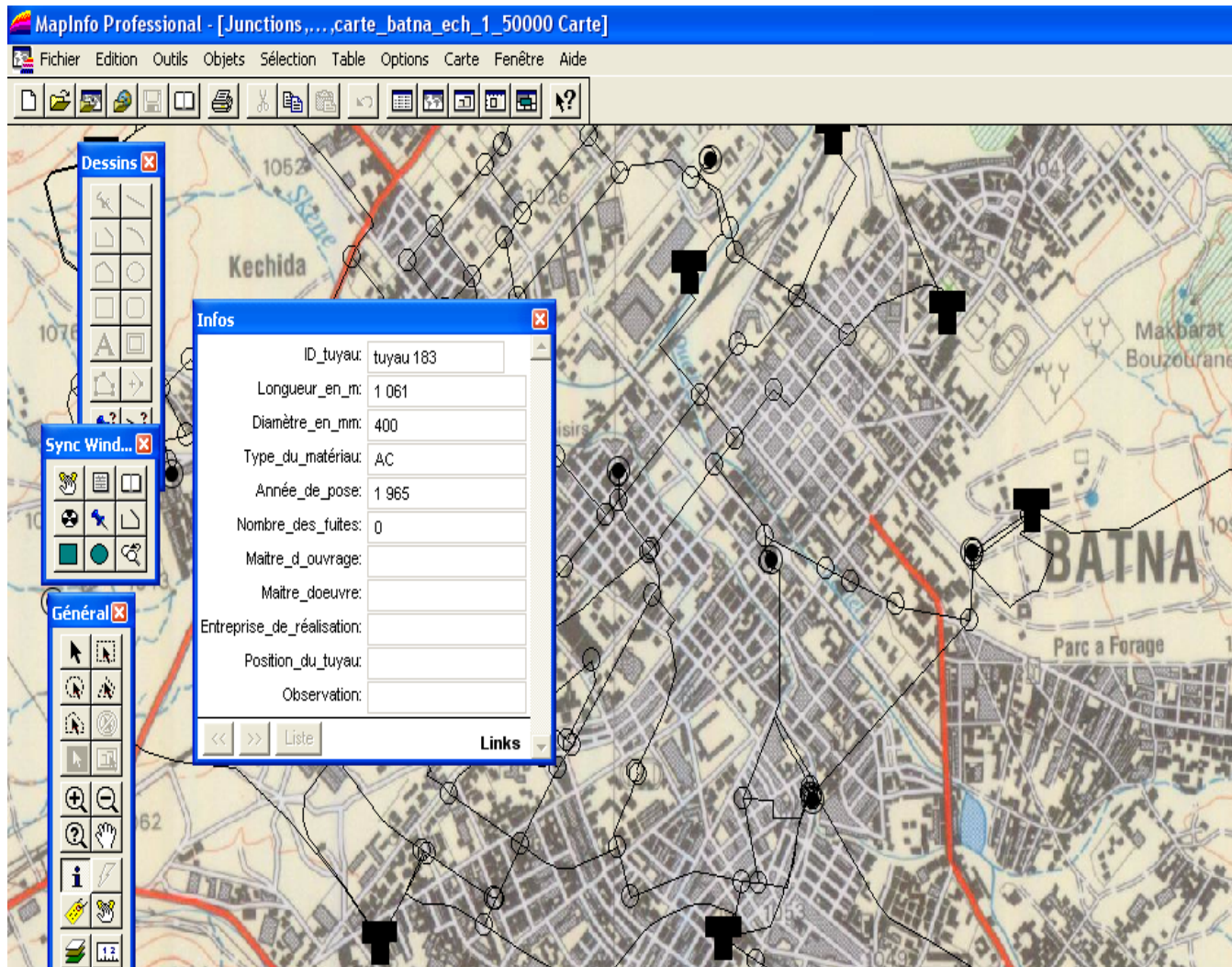


Figure 5.7 : Informations des tuyaux

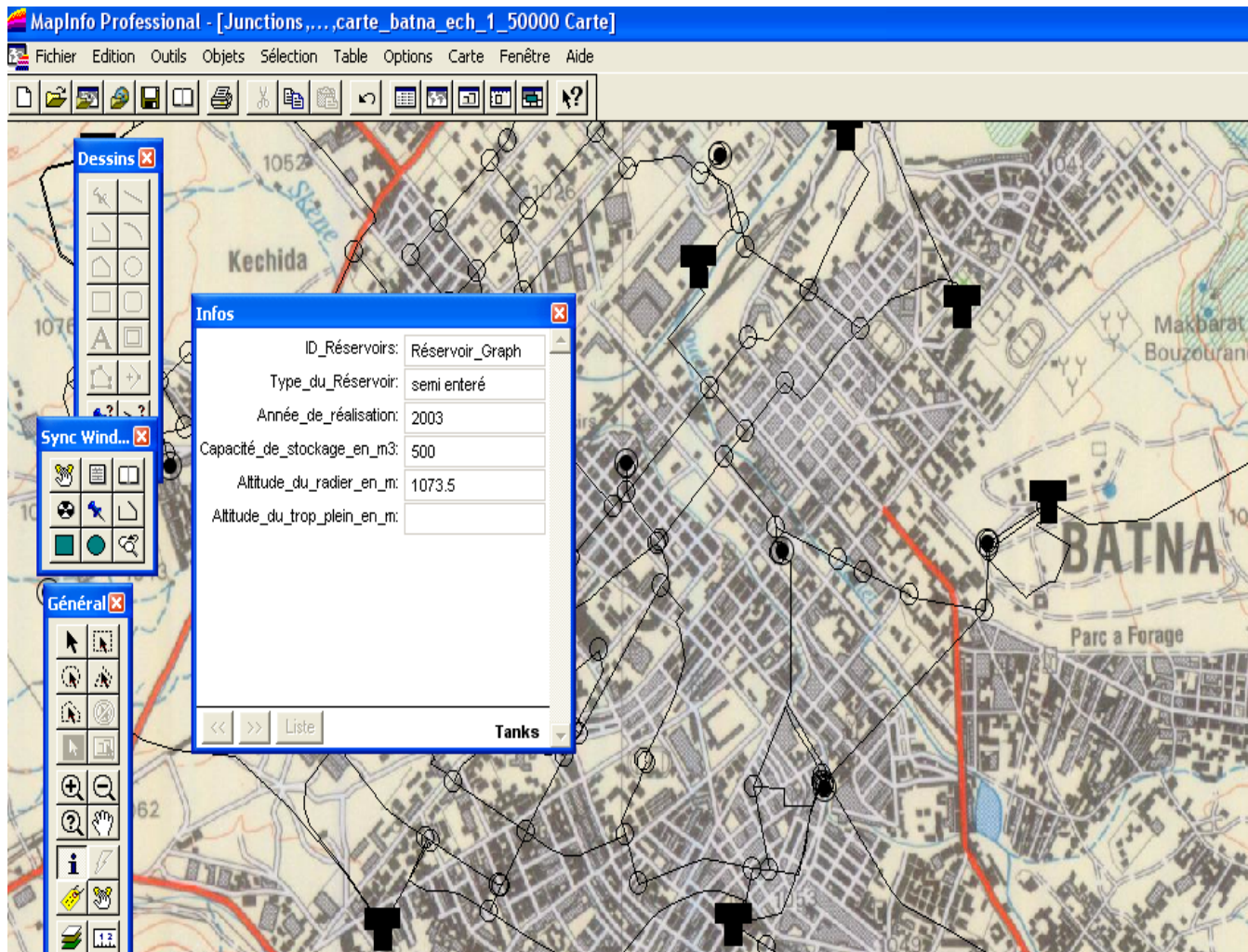


Figure 5.8 : Informations des ouvrages de stockage

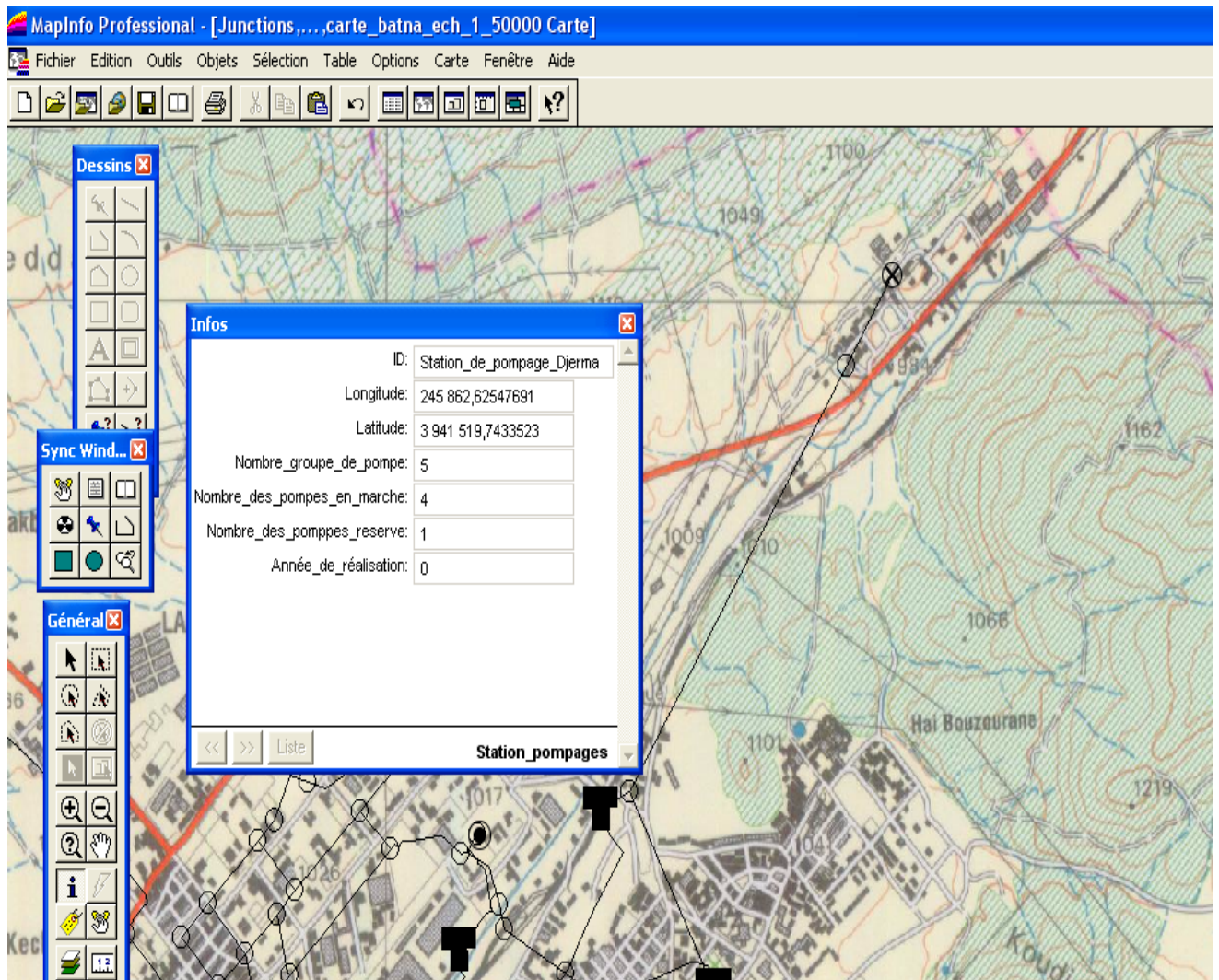


Figure 5.9 : Informations des stations de pompage

5.2.11. La modélisation

Le réseau d’AEP de la ville de Batna a été modélisé avec le logiciel Epanet 2.0

5.2.11.1. Construction du modèle

Le réseau d’AEP de la ville de Batna a été construit à l’aide du logiciel *Epanet* à partir d’un plan sous format DWG récupéré auprès de la DHW de Batna ; L’écoulement est supposé uniforme.

A partir des résultats obtenus après avoir lancé la simulation du réseau d’AEP de la ville de Batna ; on conclue que le réseau est déséquilibré et ne peut pas être équilibré ; car il y a un énorme déficit en eau à cause des pertes au niveau du réseau.

Les résultats numériques et graphiques de la modélisation sont illustrés dans les annexes VI et VII (Figure 5.10).

5.3. Schéma directeur d’alimentation en eau potable

5.3.1. Adéquation besoins ressources

5.3.1.1. Estimation des besoins actuels et futurs

- **Définition**

La définition des besoins peut être différente selon le contexte. Ils correspondent :

- Soit à la consommation enregistrée par rapport au rendement.
- Soit à une dotation unitaire multipliée par le nombre d’habitant.

- **Préambule**

La consommation actuelle des abonnés de la ville de Batna n’est pas précisément connue pour différents facteurs tels que :

- Absence de compteurs chez les abonnés.
- L’existence de compteurs trop âgés et déficients ou insuffisamment précis.
- L’existence des piquages illicites.

- **Calcul de la consommation effective (domestique)**

Les volumes totaux produits, mis en distribution et facturés durant l’année 2010 sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5.31 : Les volumes totaux produits, mis en distribution et facturés

Année	Volume total produit (m ³)	Volume total mis en distribution (m ³)	Volume total facturé (m ³)
2010	20211610	17793006	8665105

Sur la base de la population au 31 Décembre 2008 qui a été 3025858 habitants; la population à l’année 2010 est de l’ordre de 312 222 habitants avec un taux d’accroissement de 1,58. [25]

La production journalière disponible est de l’ordre de 177 l/j /habitant. Par contre le volume journalier mis en distribution pour chaque habitant est de l’ordre de 156 l/j/habitant. Ainsi le volume facturé (consommation effective) pour chaque habitant est de l’ordre 76 l/j/habitant. Soit une perte de 51 % sur les distributions.

Alors que le rendement physique est de l’ordre 49%.

5.3.1.2. Calcul des besoins actuels et futurs

Il existe deux types de besoins en eau qui sont :

- Les besoins domestiques ;
- Les besoins équipements ; administratifs ; commerciaux et d’artisanat ; les unités industrielles et touristiques.

Pour l’estimation des besoins en eau de la ville de Batna futurs et actuels ; on a pris en considération :

- Le nombre d’habitants par agglomération, pour un horizon déterminé, est établi à partir des résultats du recensement ONS de 2008, et des taux d’accroissement jusqu’à l’horizon 2030 y contenus recensement 2008 ;

- De tenir compte du contexte des ressources limitées, dans un pays semi-aride comme l’Algérie. Des dotations nettes variant comme suit :

- 100 l/j/hab. pour l’horizon 2008 ; 2015 et 2020.

- 125 l/j/hab. pour l’horizon 2025 et 2030. [8]

Pour la détermination des besoins en eau on a pris deux méthodes différentes :

- Méthodes statistique (basée sur le taux de recensement)** : Monographie de la wilaya de Batna ; étude socio économique.

- Méthode analytique** : Analyse des documents d’urbanisme ; étude des POS.

A- Méthode statistique : taux de recensement estimé.

Cette méthode s’appuie sur le taux d’accroissement de la population pour différents horizons établi par ONS 2008. [25]

Tableau 5. 32 : Estimation de la population et des besoins en eau actuels et futurs

Année	2008	2010	2015	2020	2025	2030
Taux d’accroissement	-	1,58	1,57	1,56	1,45	1,26
Population estimée	302 585	312 222	337447	364351	386485	398549
Besoins domestiques	30 259	31222	33745	36435	48311	49819
Besoins des équipements	9985	10303	11136	12024	15943	16440
Total (m³/j)	40 244	41 526	44880	48459	64253	66259

B- Méthode Analytique

Dans cette méthode ; la population future correspondait à la population du recensement de 2008 ; augmentée aux différents horizons retenus, à celle de la capacité d’accueil des secteurs en développement (POS).

Sur la base des sources des données obtenues à partir du Plan de développement et d’Aménagement Urbain (PDAU) ; réalisé en 1998 qui a donné lieu dans les années suivantes à la réalisation de Plan d’Occupation des Sols (POS) sur différents secteurs.

Les POS identifiés sont :

Tableau 5. 33 : Les POS fournis de a ville de Batna

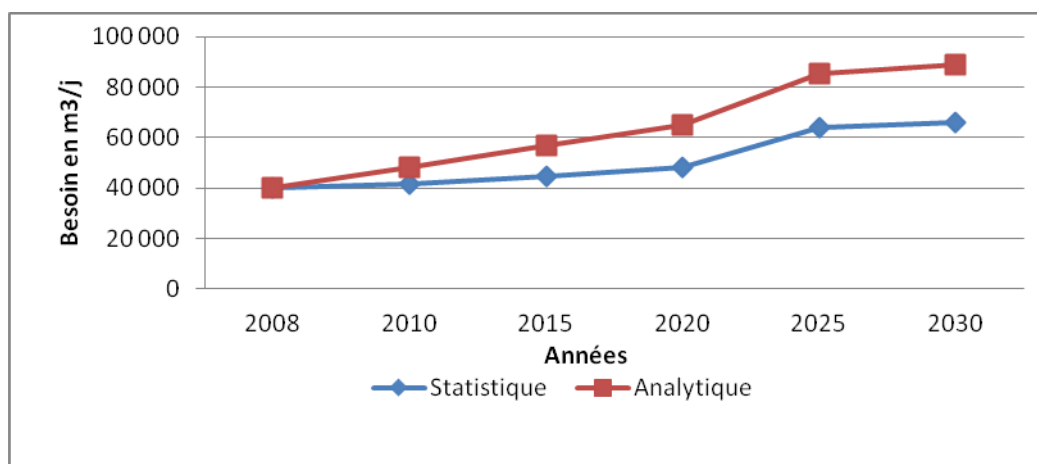
POS 1	POS 5	POS 10	POS 1-2 HAMLA
POS 2	POS 6	POS UB10	POS 3 HAMLA
POS 3	POS 6A	POS UA11	
POS 4 BIS	POS 8	UC2	

Tableau 5.34 : Populations des POS

Désignation des POS	Capacité d'accueil total (hab.)	Population aux différents horizons (hab.)					
		Années	2008	2010	2015	2020	2025
POS 1	5886	2943	384	640	640	640	640
POS 2	13 050	0	1702	2837	2837	2837	2837
POS 3	6336	0	825	1375	1375	1375	1375
POS 4	16885	8443	1101	1835	1835	1835	1835
POS 4bis		-					
POS 5	24 246	15760	1107	1845	1845	1845	1845
POS 6	10 812	2703	1058	1763	1763	1763	1763
POS 6A	10 626	1594	1178	1964	1964	1964	1964
POS 8		-					
POS 10	37 476	11243	3422	5703	5703	5703	5703
POS UB10	7 392	0	963	1604	1604	1604	1604
POS UA11	3552	1510	460	766	766	766	766
POS 1-2 Hamla	17 500	5250	6125	6125			
POS 3 Hamla	120000	0	40000	40000	40000		
UC2	5 600	0	730	1217	1217	1217	1217
Total	280842	49446	59055	67674	61549	21549	21549

Tableau 5. 35 : Estimation de la population et les besoins sur la base des POS

Année	2008	2010	2015	2020	2025	2030
Population estimée	302585	361640	429314	490863	512412	533961
Besoins domestique (m³/j)	30 259	36164	42931	49086	64052	66745
Besoins des équipements (m³/j)	9985	11934	14167	16198	21137	22026
Total (m³/j)	40 244	48098	57098	65284	85189	88771

**Graphique 5.22:** Evolution des besoins en eau de la ville de Batna analytiquement et statistiquement

5.3.1.3. Estimation des besoins en eau avec prise en compte des pertes

Les pertes d’eau constituent une partie importante de la demande en eau, dans notre cas les pertes forment 51% du volume distribué, donc 49% du rendement du réseau de la ville.

Comme on a cité auparavant que la consommation des abonnés de la ville de Batna n’est pas connue pour des différentes raisons pour cela on accepte un rendement physique de 60%.

Alors l’hypothèse de l’amélioration du rendement progressive jusqu’à 80% à l’horizon 2030 (après une rénovation du réseau).

La réduction des pertes est prise en compte pour le calcul des besoins en eau.

Tableau 5.36 : Hypothèse de rendement avec prise en compte du calcul des besoins

Année	2010	2015	2020	2025	2030
Hypothèse de rendement	60%	65%	70%	75%	80%

5.3.1.4. Calcul des besoins globaux actuels et futurs

Les besoins qui prennent en compte le rendement de réseau sont :

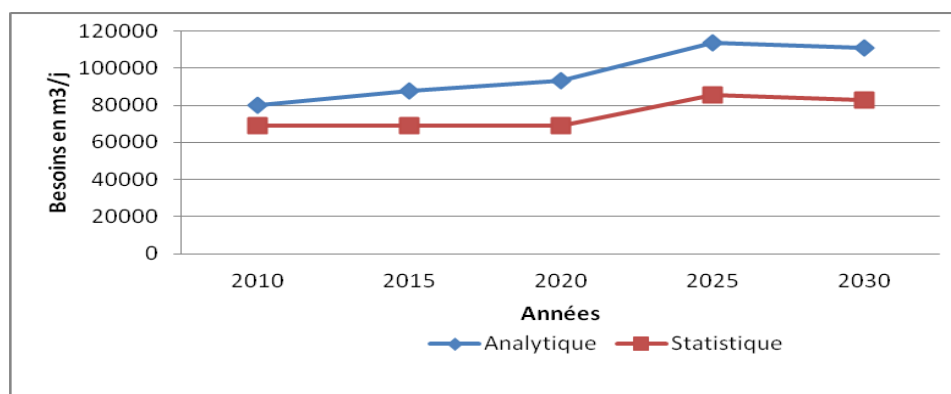
- Le besoin du jour moyen (m^3/j) ;
- Le besoin du jour moyen de pointe (m^3/j).

A- Besoin du jour moyen

Dans le tableau ci-dessous, sont consignées toutes les informations :

Tableau 5.37: Besoins actuels et futurs journaliers moyen en (m^3/j).

Estimation de la consommation	Hypothèse de rendements	Besoins journaliers en m^3/j				
		2010	2015	2120	2025	2030
Selon document POS	Hypothèse du rendement amélioré progressivement	80163	87843	93263	113585	110964
Selon monographie de la wilaya		69210	69046	69227	85671	82824

**Graphique 5.23:** Besoins actuels et futurs journaliers moyens en (m^3/j)

B- Besoin du jour de pointe

Pour estimer les besoins futurs en eau ; il est impératif de connaître le coefficient de pointe journalier (K_{jp}) ; le coefficient de pointe est calculé sur la base des volumes mensuels mise en distribution pour l’année 2010 ; nous retiendrons la valeur 1,2.

Les besoins du jour de pointe (B_{jp}) ont été calculés par la formule suivante :

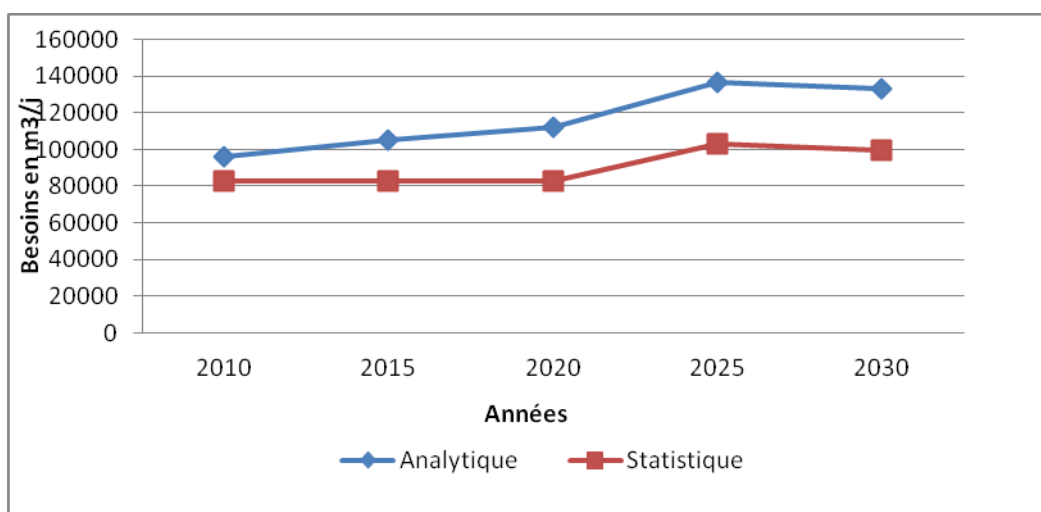
$$B_{jp} = \frac{Cons.K_{jp}}{Rendement} \quad (5.1)$$

Avec :

Cons. : Consommation réelle journalière.

Tableau 5.38 : Besoins actuels et futurs journaliers de pointe en (m³/j) pour K_{jp} = 1,2

Estimation de la consommation	Hypothèse de rendements	Besoins journaliers en m ³ /j				
		2010	2015	2120	2025	2030
Selon document POS	Hypothèse de rendement amélioré progressivement	96196	105412	111916	136302	133157
Selon monographie de la wilaya		83052	82855	83072	102805	99389



Graphique 5.24 : Besoins actuels et futurs du jour de pointe en (m³/j) pour K_{jp} = 1,2

5.3.2. Analyse des ressources

5.3.2.1. Description des sites de production souterraine

Les ressources actuellement exploitées par la ville de Batna sont exposées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5.39 : Liste des forages du site de production souterraine

Désignation générale	Désignation de l’aquifère	Nom du forage	Débit exploité En (l/s)
			Octobre 2010
Champ interne	Azzeb	Azzeb 2	17
		Azzeb 3	37
		Azzeb 4	17
	Kechida	Kechida 1	28,5
		Kechida 3	33,8
		Kechida 4	12
		Kechida 5	4
		Laita	4
		Erriadh	12
	Parc à fourrage	Paf 1	57
		Paf 3	7
		Paf 4	1,6
		742 logts	14
		F 102	22
		Negrier	13
AADL	Aadl	14	
Champ externe	EL Madher	Djerma	20
		El madher 1	22
		El madher 3	arrêt
	Fontaine chaude	Fontaine chaude 1bis	65
		Fontaine chaude 2	12
	Gadaïne	Gadaïne 1	25
		Gadaïne 2	66
		Total	504

D’après les débits indiqués dans le tableau ci-dessus ; la capacité de la production souterraine est de 504 l/s.

D’après les renseignements recueillis à partir *du Département d’exploitation et maintenance ADE unité de Batna*. Le fonctionnement des forages qui alimentent la ville de Batna est variable dans le temps tous dépend des besoins.

Pour cela on a pris un moyen de fonctionnement des forages de 22h ; d’un débit, exploité actuellement, de 40000 m³/j.

5.3.2.2. Description des ressources des eaux de surface

La ville de Batna est alimentée par les eaux du transfert du Barrage de Koudiet Medaouar ; Les hypothèses qui avaient été retenues pour ce projet par B.E.T SOGREAH ; les débits mobilisés pour l’AEP de la ville de Batna pour différents horizons sont :

Tableau 5.40 : Débit à mobiliser pour la ville de Batna à partir du Barrage Koudiet Medaouar

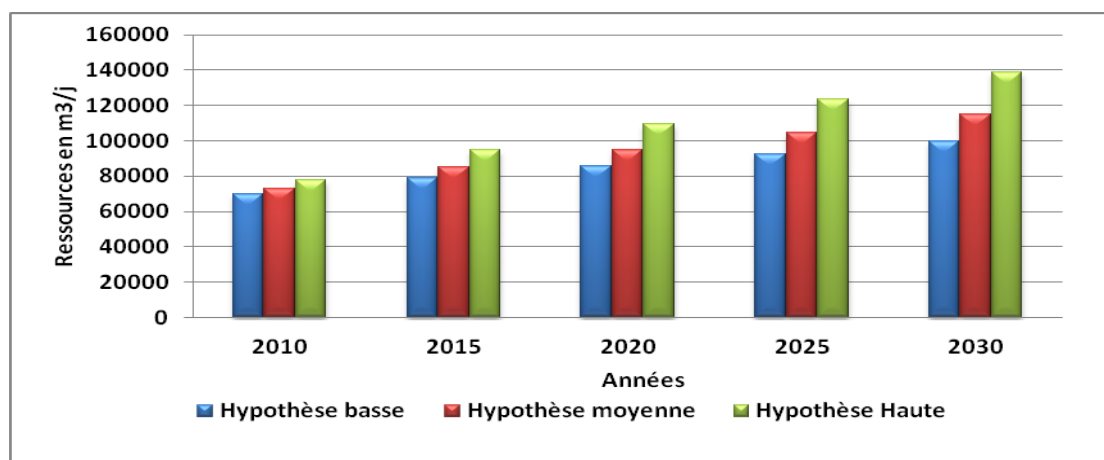
Batna ville	Années				
	2010	2015	2020	2025	2030
Débit à mobiliser m ³ /j	30002	39116	45675	52342	59572

5.3.2.3. Etude des ressources actuelles et futures

Les différentes hypothèses concernant la disponibilité des ressources en situation actuelle et future sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 5.41: Hypothèses retenues concernant la disponibilité des ressources actuelles et futures

Horizons		2010	2015	2020	2025	2030
Apport projeté du barrage (m ³ /j)		30002	39116	45675	52342	59572
Ressources propres (m ³ /j)	Configuration actuelle	40000	40000	40000	40000	40000
	Augmentées niveau bas	43088	46176	49264	52352	55440
	Augmentées niveau haut	47840	55680	63520	71360	79200
Total (m ³ /j)	Hypothèse basse	70002	79116	85675	92342	99572
	Hypothèse moyenne	73090	85292	94939	104694	115012
	Hypothèse Haute	77842	94856	109195	123702	138772



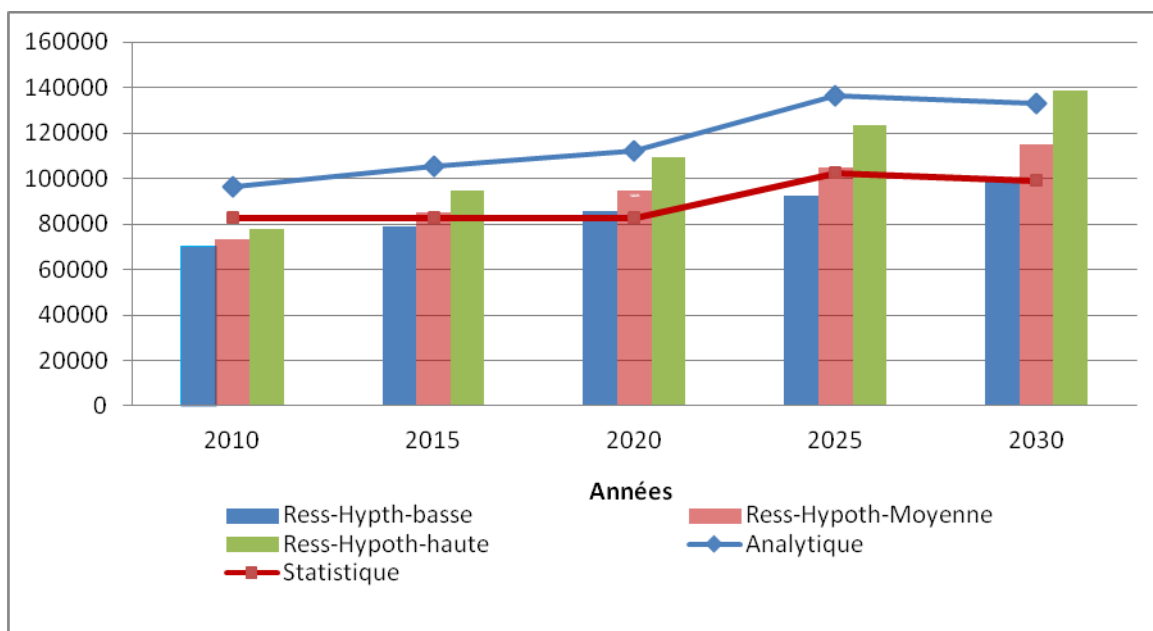
Graphique 5.25 : Evaluation des ressources actuelles et futures (m³/j)

- Ressources Hypothèse Basse : ressources locales dans leur configuration actuelle plus apport du barrage ; On suppose dans cette hypothèse que les ressources sont celle des apports du barrage 30002 (m^3/j) plus les 40000 (m^3/j) des eaux souterraines.
- Ressources Hypothèse Moyenne : ressources locales augmentées niveau bas plus apport du barrage, pour cette hypothèse les ressources sont celle des apports du barrage plus les eaux provenant des forages augmentées par 700 l/s.
- Ressources Hypothèse Haute : ressources locales augmentées niveau Haut plus apport du barrage. Dans ce cas on considère les eaux provenant du barrage plus les eaux des forages augmentées par un débit de 1000 l/s.

5.3.3. Adéquation Besoins-Ressources

L’analyse du bilan Besoins/ Ressources à montrer sont :

- L’existence d’un déficit de l’ordre 26194 m^3/j .
- Avec la diminution des pertes progressivement, on peut éliminer le manque du besoin en moyen terme selon l’approche statistique.
- On ne peut jamais atteindre les besoins en eau avec l’approche analytique.



Graphique 5.26 : Bilan Besoins/ressources en état actuel et futur

5.4. Conclusion

*Afin de combler le déficit en eau observé ; il est nécessaire de minimiser les pertes en eau de telle façon à augmenter le rendement du réseau d’AEP. Ce qui permet de couvrir en partie l’accroissement de la consommation. Pour atteindre ces objectifs il est recommandé de mettre en place un programme de **rénovation du réseau d’AEP** et un autre pour le développement et la recherche des nouvelles ressources.*

Conclusion générale

Le travail présenté dans cette thèse avait pour objectif l'élaboration d'une méthodologie pour le diagnostic des réseaux d'eau potable. Elles s'adressent aux acteurs dans le secteur de l'eau en Algérie.

Le contexte, la problématique et l'analyse de l'existant nous ont montré que le vieillissement des conduites peut se traduire par une augmentation des fuites dont les conséquences peuvent affecter le fonctionnement de tout le réseau.

Il est alors nécessaire de diagnostiquer le réseau afin de proposer les actions à entreprendre pour le mettre à niveau et augmenter ainsi son rendement.

Sur l'ensemble des méthodes recensées, certaines permettent de réaliser un diagnostic des réseaux d'eau dans le contexte Algérien.

Néanmoins, leurs utilisations nécessitent :

- L'acquisition d'archive, en format papier et numérique.
- Une qualification du personnel de l'exploitant.

Ce constat nous à orienter vers la proposition d'une nouvelle méthodologie de diagnostic constituée de :

- Saisie des plans et données du système existant
- Diagnostic du réseau de distribution existant
- Diagnostic du système d'AEP existant
- Préparation d'un schéma directeur pour la réhabilitation et le recalibrage du réseau d'AEP.

Notre contribution ne répond peut être pas à toutes les configurations mais nous jugeons qu'elle peut être utilisée dans les cas où l'on dispose que de peu d'informations (le cas défavorable).

Bibliographie

- [1] **AGENCES DE L'EAU. (2004).** Diagnostic des systèmes d'alimentation en eau potable. Ministère de l'écologie et du développement durable, France.
- [2] **AGENCE DE L'EAU. (2005).** Connaissance et maîtrise des pertes Dans les réseaux d'eau potable. **ADOUR-GARONNE.** France.
- [3] **AIDE EN LIGNE D'EPANET 2.0. Aide logiciel d'Epanet Version 2.0.** Version Française.
- [4] **NAFI A. (2006).** La programmation pluriannuelle du renouvellement des réseaux D'eau potable. Thèse de doctorat Université Louis Pasteur, Strasbourg 1
- [5] **ROSSMAN A. (2003).** Epanet 2.0; Manuel de l'utilisateur, Version Française, L'Agence d'Environnement des États-Unis.
- [6] **BAHMED L., DJEBABRA M., ABIBSI A. (2004).** Démarche d'intégration du concept qualité – sécurité - environnement aux systèmes d'alimentation en eau potable. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 03, pp.115-128.
- [7] **CECILE A., JEAN-MARC B., JEAN-LUC C. (2004).** Réhabilitation / remplacement des réseaux d'eau potable en zone rurale. Document technique FNDAE. Hors série N- 10. Office international de l'eau SNIDE. France.
- [8] **COOPERATION TECHNIQUE ALGERO-ALLEMANDE (GTZ). (2005).** Projet de soutien au MRE pour l'établissement des plans directeurs d'aménagement des ressources en eau (PDARE). Note sur paramètres et objectifs de la de planification. Ministère des ressources en eau . Algérie.
- [9] **BENGORA D., HOUICHI L., BENABDESALEM A., BENMOUSSA H. (2007).** Rapport annuel rapport de recherche, projet CNEPRU. Diagnostic et remise à niveau du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Batna. Univ. Batna.
- [10] **CYRIL G., HENRI G., MARC N. (1970).** La distribution d'eau dans les agglomérations urbaines et rurales. Collection des cours l'école chez soi. Editions eyrolles. France.
- [11] **COL B. (2005).** Fonction hydraulique Tome1. Ecole supérieure et d'application du matériel. Ministère de la défense. France.
- [12] **DUPOND A. (1981).** Hydraulique urbaine Tome2 – Editions Eyrolles. France.
- [13] **COMMUNE DU PETIT- BORNAD. (2008) ;** Etude diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable. France.

-
- [14] **HABERT E. (2000).** Laboratoire de cartographie appliquée - IRD-France.
- [15] **GANGBAZO G. (2006).** Guide pour l'élaboration d'un plan directeur de l'eau. Ingénieur, PH.D. Direction des politiques de l'eau. France.
- [16] **HAUTE SAVOIE ; REGIE DEPARTEMENT D'ASSISTANCE ;** présentation de la division Etudes-Diagnostics ; Etude diag. AEP (1986).
- [17] **HAMMOUM H., BOUZIDA R. (2010).** Pratique des systèmes d'information géographiques (S.I.G) application sous MapInfo. Pages Bleues. France.
- [18] **BLINDU I. (2004).** Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques. Thèse doctorat. Ecole nationale des mines Saint-Étienne. France.
- [19] **BONNIN J. (1982).** Aide mémoire d'hydraulique urbaine. Édition Eyrolles. France.
- [20] **LA COMMISSION LOCALE DE L'EAU DU SAGE NAPPE PROFONDES DE GIRONDE. (Avril 2004).** Economie d'eau et maîtrise de la consommation. France
- [21] **IBARROLA A. (2000).** ; Lausanne à l'écoute de son Réseau. Suisse.
- [22] **DOUMBOUYA L. (2003).** Modélisation du réseau d'Adduction en eau potable de Lausanne. Diagnostic et optimisation eau service ville de Lausanne, section Techniques de réseau, Suisse.
- [23] **MICHEL A. MOREL, LABORDE J.P. (1994).** Exercice de mécanique des fluides. Edition Chihab. Algérie.
- [24] **BENBLIDIA M., THIVET G. (2010).** Gestion des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre. La note d'analyse du centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes (CIHEM). CE.
- [25] **MONOGRAPHIE DE LA WILAYA DE BATNA. EDITION MARS (2009).**
- [26] **MERZOUK N. (2005).** Méthodologie de détection et de localisation des fuites dans Un réseau d'eau potable dans les petites et les moyennes collectivités. Proposition de deux modèles de localisation. Thèse de Doctorat de l'université d'Artois en collaboration avec l'école des mines de Douai. France.
- [27] **HUNAIDI O. (2000).** La détection des fuites dans les conduites de distribution. PH.D. Conseil national de recherche du canada ISSN 1206. Canada.
- [28] **BOUDOUKHA A. (2002).** Cours hydrogéologie. Université de Batna.

- [29] **EISENBEIS P. (2004)**. Modélisation statistique de la prévision des défaillances sur les conduites d'eau potable. Thèse de doctorat de l'université Louis Pasteur. France.

SITES INTERNET

- [30] www.cnrs.com
[31] www.wikipedia.com
[32] www.cceg.fr/jsp/site/Portal.jsp?page_id=167
[33] <http://sinfotech.cemagref.fr/asp/index.asp>
[34] www.trinkwasser.ch
[35] Fr.geneawiki.com
[36] www.herault.pref.gouv.fr/actions/eau_potable/fiche14.pdf
[37] www.eau.seine-et-marne.fr

ANNEXES

ANNEXE I: S.I.G

ID_ Nœud	Altitude en m	ID_ Nœud	Altitude en m	ID_ Nœud	Altitude en m
Nœud 1	1026.48	Nœud 46	1039.4	Nœud 103	1018
Nœud 2	1029.77	Nœud 47	1051.09	Nœud 104	1147
Nœud 3	1043.05	Nœud 48	1057.23	Nœud 105	1139
Nœud 4	1045.09	Nœud 49	1057.9	Nœud 106	1055
Nœud 5	1038.49	Nœud 50	1057.68	Nœud 108	1020
Nœud 6	1033.3	Nœud 51	1072.41	Nœud 109	1027.74
Nœud 7	1031.25	Nœud 52	1060.11	Nœud 110	1039.65
Nœud 8	1034.97	Nœud 53	1059.14	Nœud 111	1042.19
Nœud 9	1034.69	Nœud 54	1057.12	Nœud 112	1062.24
Nœud 11	1037.31	Nœud 55	1058.33	Nœud 113	1045.68
Nœud 12	1051.98	Nœud 56	1059.58	Nœud 114	1038.4
Nœud 13	1056.47	Nœud 57	1063.81	Nœud 116	1036
Nœud 14	1073.94	Nœud 58	1082.79	Nœud 117	1034.56
Nœud 15	1087.16	Nœud 59	1083.3	Nœud 118	1035.62
Nœud 16	1094.36	Nœud 61	1112	Nœud 119	1050.03
Nœud 17	1084.65	Nœud 62	1092.77	Nœud 120	1063.92
Nœud 18	1070.9	Nœud 63	1081.36	Nœud 121	1051.9
Nœud 19	1042.07	Nœud 64	1092.92	Nœud 122	1043.73
Nœud 20	1044.81	Nœud 68	1042.22	Nœud 123	1050.46
Nœud 21	1041.21	Nœud 70	1073.29	Nœud 124	1061.98
Nœud 22	1044.49	Nœud 71	1040.4	Nœud 125	1061.7
Nœud 24	1049.36	Nœud 72	1079.1	Nœud 126	1059.82
Nœud 25	1040.26	Nœud 73	1071.27	Nœud 129	1059.44
Nœud 26	1041.32	Nœud 74	1081.44	Nœud 130	1059.15
Nœud 27	1037.61	Nœud 75	1077.21	Nœud 133	1050.34
Nœud 28	1038.4	Nœud 77	1064.14	Nœud 134	1033.63
Nœud 29	1036.43	Nœud 78	1056.77	Nœud 135	1027.88
Nœud 30	1039.4	Nœud 66	1067.8	Nœud 137	1027.97
Nœud 31	1038.64	Nœud 81	1088.7	Nœud 138	1080
Nœud 32	1051.68	Nœud 82	890	Nœud 139	1058
Nœud 10	1040.06	Nœud 83	1081.99	Nœud 140	1048
Nœud 34	1078	Nœud 84	1054.77	Nœud 143	1051
Nœud 37	1040.65	Nœud 85	1054.92	Nœud 145	1045
Nœud 38	1049.35	Nœud 86	1070.89	Nœud 147	1069
Nœud 39	1053	Nœud 91	1058.85	Nœud 80	1058
Nœud 40	1065.44	Nœud 92	1045.48	Nœud 87	1113.74
Nœud 41	1054.8	Nœud 93	1047.16	Nœud 127	1086
Nœud 42	1036.85	Nœud 94	909	Nœud 128	880
Nœud 43	1038.66	Nœud 100	1058		
Nœud 44	1045.14	Nœud 101	1054		
Nœud 45	1044.48	Nœud 102	1071		

ANNEXE II: Informations des Forages

ID-Forage	Longitude en m	Latitude en m	Champ captant	Exploitant gestionnaire	Diamètre en mm	Profondeur en m	Débit max en l/s	Débit d'exploitation	Niveau statique	Côte de calage pompe	Année de réalisation	Date de mise en service	Type d'exploitation	Compteur	Observation
Forage_Azzeb_4	249010.16	3939362.49	Azeeb	ADE	334.37	250	50	40	88.2	90	1990	1999	AEP	OUI	
Forage_Azzeb_3	248364.44	3938563.75	Azeeb	ADE	334.37	190	60	40	48.2	114	1997	1998	AEP	OUI	
Forage_Azzeb_2	248703.39	3938166.25	Azeeb	ADE	334.37	190	60	16	48.2	114	1996	1997	AEP	OUI	
Forage_Paf_03	244970.47	3937703.5	PAF	ADE	334.37	400	9	6	85	123	1979	1986	AEP	OUI	
Forage_102	243683.29	3939323	PAF	ADE	306.25	351.7	20	15	3.5	86	1978	2000	AEP	OUI	
Forage_Paf_01	243949.64	3937696.25	PAF	ADE	334.37	183	78	39	17	84	1958	1959	AEP	OUI	
Forage_K3	241685.21	3937452.5	Kechida	ADE	334.37	250	50	36	36	86	1978	1987	AEP	OUI	
Forage_K4	240296.44	3937616	Kechida	ADE	334.37	330	20	20	44.8	126	1973	1993	AEP	OUI	
Forage_K1	240909.49	3938123.25	Kechida	ADE	334.37	300	32	29	26.1	105	1980	1988	AEP	OUI	
Forage_ERRIADH	241375.69	3938292.5	Kechida	ADE	240.7	200	12	10	30	100	2004	2004	AEP	OUI	
Forage_LAITA	242449.74	3938224.75	Kechida	ADE	334.37	180	9	6	46.5	80	1979	1996	AEP	OUI	
Forage_K5	240468.69	3940229.74	Kechida	ADE	240.62	337	10	8	118	147	2000	2002	AEP	OUI	
Forage_Negrier	243179.25	3938076.49	PAF	ADE	334.37	203	14	8	32.5	89	1979	1996	AEP	OUI	
Forage_742	244132.08	3936715.25	PAF	ADE	334.37	200	20	16	34.27	88	1988	1991	AEP	OUI	

ANNEXE III: Informations des Tuyaux

ID_tuyau	Longueur en m	Diamètre en mm	Type du matériau	Année de pose	Nombre de fuites	Maître d'ouvrage	Maître d'œuvre	Entreprise de réalisation	Position de la conduite	Observation
tuyau 1	297	250	PEHD	2000						
tuyau 3	497	160	PVC	1975						
tuyau 4	198	160	PVC	1975						
tuyau 5	447	250	PEHD	2000						
tuyau 6	1002	315	PEHD	2000						
tuyau 7	459	200	AC	1965						
tuyau 8	276	110	PVC	1975						
tuyau 9	134	200	AC	1965						
tuyau 12	254	110	PVC	1975						
tuyau 13	353	110	PVC	1975						
tuyau 14	302	250	PEHD	2000						
tuyau 15	260	200	AC	1965						
tuyau 17	373	110	PEHD	2000						
tuyau 18	0	110	PEHD	2000						
tuyau 19	292	200	PEHD	2000						
tuyau 21	128	315	PEHD	2000						
tuyau 22	297	110	PEHD	2000						
tuyau 23	342	125	PEHD	2000						
tuyau 24	319	125	PEHD	2000						
tuyau 25	487	110	PEHD	2000						
tuyau 26	126	110	PEHD	2000						
tuyau16	340	200	ACIER	1975						
tuyau 27	290	150	ACIER	1975						
tuyau 28	490	150	AC	1965						
tuyau 29	582	200	PVC	1975						
tuyau 30	726	160	PVC	1975						
tuyau31	247	300	AC	1965						
tuyau 32	229	150	AC	1965						
tuyau 33	247	125	AC	1965						
tuyau 34	301	150	AC	1965						
tuyau 35	285	300	AC	1965						
tuyau 10	30	125	AC	1965						
tuyau 11	409	125	AC	1965						
tuyau 38	275	125	AC	1965						
tuyau 39	451	250	AC	1965						
tuyau 40	1946	300	FONTE	1940						
tuyau 41	1307	315	PEHD	2000						
tuyau 44	100	300	AC	1965						
tuyau 45	291	300	AC	1965						
tuyau 46	308	200	AC	1965						

tuyau 47	157	200	AC	1965						
tuyau 48	189	200	AC	1965						
tuyau 49	208	150	AC	1965						
tuyau 50	523	250	AC	1965						
tuyau 51	148	160	PVC	1975						
tuyau 52	88	400	AC	1965						
tuyau 53	252	125	AC	1965						
tuyau 54	152	400	ACIER	1975						
tuyau 55	595	400	AC	1965						
tuyau 56	469	400	ACIER	1975						
tuyau 57	258	400	PEHD	2000						
tuyau 58	661	200	AC	1965						
tuyau 59	420	125	PVC	1975						
tuyau 60	216	160	PVC	1975						
tuyau 61	77	160	PVC	1975						
tuyau 62	139	160	PVC	1975						
tuyau 63	33	200	AC	1965						
tuyau 64	198	200	AC	1965						
tuyau 65	91	250	AC	1965						
tuyau 66	114	160	PVC	1975						
tuyau 67	368	125	AC	1965						
tuyau 68	262	150	AC	1965						
tuyau 69	41	300	AC	1965						
tuyau 70	375	300	AC	1965						
tuyau 71	431	200	AC	1965						
tuyau 72	83	200	AC	1965						
tuyau 73	59	200	ACIER	1975						
tuyau 74	451	300	FONTE	1940						
tuyau 75	625	250	FONTE	1940						
tuyau 76	120	250	FONTE	1940						
tuyau 77	381	400	AC	1965						
tuyau 78	30	400	AC	1965						
tuyau 79	394	350	FONTE	1940						
tuyau 80	262	150	AC	1965						
tuyau 81	420	400	AC	1965						
tuyau 82	364	200	AC	1965						
tuyau 85	828	300	FONTE	1940						
tuyau 86	1560	250	FONTE	1940						
tuyau 87	732	400	AC	1965						
tuyau 88	4	200	AC	1965						
tuyau 89	385	110	PVC	1975						
tuyau 90	205	500	FONTE	1940						
tuyau 91	1016	400	AC	1965						
tuyau 92	211	400	FONTE	1940						

tuyau 93	531	400	FONTE	1940						
tuyau 95	21	500	FONTE	1940						
tuyau 97	924	200	PEHD	2000						
tuyau 98	344	500	FONTE	1940						
tuyau 99	249	200	AC	1965						
tuyau 100	386	110	PVC	1975						
tuyau 101	535	400	FONTE	1940						
tuyau 102	255	102	ACIER	1975						
tuyau 105	1326	250	PVC	1975						
tuyau 106	1485	125	PVC	1975						
tuyau 107	1746	160	PVC	1975						
tuyau 109	566	300	FONTE	1940						
tuyau 114	336	250	PEHD	2000						
tuyau 116	1198	500	FONTE	1940						
tuyau 118	87	200	PEHD	2000						
tuyau 122	3219	250	AC	1965						
tuyau 123	1417	250	AC	1965						
tuyau 124	209	250	AC	1965						
tuyau 126	1652	250	AC	1965						
tuyau 127	986	125	PVC	1975						
tuyau 128	1652	200	FONTE	1940						
tuyau 120	2239	200	AC	1965						
tuyau 137	457	110	PVC	1975						
tuyau 138	805	160	PEHD	2000						
tuyau 139	399	125	PEHD	2000						
tuyau 140	167	160	PVC	1975						
tuyau 141	227	200	AC	1965						
tuyau 142	186	200	PEHD	2000						
tuyau 2	275	250	PEHD	2000						
tuyau 143	177	200	PEHD	2000						
tuyau 20	276	110	PEHD	2000						
tuyau 145	97	110	PVC	1975						
tuyau 43	187	200	AC	1965						
tuyau 146	336	250	AC	1965						
tuyau 36	114	300	AC	1965						
tuyau 147	372	315	PEHD	2000						
tuyau 148	211	250	AC	1965						
tuyau 149	177	200	PEHD	2000						
tuyau 150	495	200	PEHD	2000						
tuyau 151	695	300	FONTE	1940						
tuyau 152	187	200	AC	1965						
tuyau 153	266	300	AC	1965						
tuyau 154	296	400	PEHD	2000						
tuyau 155	18	200	AC	1965						

tuyau 156	341	200	ACIER	1975						
tuyau 157	176	150	AC	1965						
tuyau 37	243	125	AC	1965						
tuyau 158	135	250	PEHD	2000						
tuyau 163	9	400	AC	1965						
tuyau 94	20	110	PVC	1975						
tuyau 164	844	200	PEHD	2000						
tuyau 165	331	300	FONTE	1940						
tuyau 166	349	200	PEHD	2000						
tuyau 167	480	200	ACIER	1975						
tuyau 83	283	125	AC	1965						
tuyau 112	518	500	FONTE	1940						
tuyau 113	284	400	ACIER	1975						
tuyau 115	664	500	FONTE	1940						
tuyau 117	358	300	FONTE	1940						
tuyau 170	103	200	AC	1965						
tuyau 171	323	300	AC	1965						
tuyau 172	410	315	PEHD	2000						
tuyau 108	100	200	PVC	1975						
tuyau 173	100	200	PVC	1975						
tuyau 175	340	200	ACIER	1975						
tuyau 121	272	200	PVC	1975						
tuyau 159	4422	300	AC	1965						
tuyau 177	18	200	ACIER	1975						
tuyau 178	300	250	PEHD	2000						
tuyau 180	696	160	PVC	1975						
tuyau 181	607	150	FONTE	1940						
tuyau 182	109	200	AC	1965						
tuyau 183	1061	400	AC	1965						
tuyau 84	1071	200	ACIER	1975						
tuyau 04	98	146	ACIER	1975						
tuyau 174	130	700	FONTEDUCTIL	2005						
tuyau 135	17000	200	AC	1965						
tuyau 179	100	200	AC	1965						
tuyau 184	100	200	AC	1965						
tuyau 187	100	200	AC	1965						
tuyau 04	7804	1000	FONTEDUCTIL	2005						
tuyau 110	6681	1000	FONTEDUCTIL	2005						
tuyau	0	0		0						

ANNEXE IV: Informations des ouvrages de stockage

ID_ Réservoir	Type du réservoir	Année de réalisation	Capacité de stockage (m³)	Altitude du radier en m	Altitude du trop plein en m
Réservoir_Carrière	semi enterré	1978	5000	1069	1074,5
Réservoir_Azzeb	semi enterré	1978	2*5000	1108	1113,5
Réservoir_PAF	semi enterré	2003	2500	1098	
Réservoir_Graph	semi enterré	2003	500	1073.5	
Réservoir_Douar_Diss	semi enterré	1983	5000	1122	1127,5
Réservoir_RMC	semi enterré	2006	0	1188.12	
Réservoir_SAE	semi enterré	1989	2500	1137	1143,5
Réservoir _route_de_Tazoulet	semi enterré	2003	1000	1148	1154
Réservoir_Kechida	semi enterré	1988	5000	1132	1138

ANNEXE V: Informations des stations de pompage

ID _Station de pompage	Longitude en m	Latitude en m	Nbre. groupe pompes	Nbre. pompes en marche	Année de réalisation
Station_de_pompage_Djerma	245862.63	3941519.74	5	4	1
Station_de_pompage_742	244126.82	3936745.25	0	0	0

ANNEXE VI: MODELISATION (rapport tableau) (Epanet)

État des Nœuds du Réseau				
ID Nœud	Altitude en m	Demande base en l/s	Charge en m	Pression en m
Noeud 1	1026,48	2,7	1104,23	77,75
Noeud 2	1029,77	2,7	1103,91	74,14
Noeud 3	1043,05	2,7	1102,99	59,94
Noeud 4	1045,09	2,7	1103,24	58,15
Noeud 5	1038,49	2,7	1103,46	64,97
Noeud 6	1033,3	2,7	1103,63	70,33
Noeud 7	1031,25	2,7	1103,84	72,59
Noeud 8	1034,97	2,7	1103,55	68,58
Noeud 9	1034,69	2,7	1103,51	68,82
Noeud 11	1037,31	2,7	1103,46	66,15
Noeud 12	1051,98	2,7	1123,54	71,56
Noeud 13	1056,47	2,7	1132,04	75,57
Noeud 14	1073,94	2,7	1132,59	58,65
Noeud 15	1087,16	2,7	1132,54	45,38
Noeud 16	1094,36	2,7	1131,88	37,52
Noeud 17	1084,65	2,7	1131,92	47,27
Noeud 18	1070,9	2,7	1131,85	60,95
Noeud 19	1042,07	2,7	1121,85	79,78
Noeud 20	1044,81	2,7	1121,83	77,02
Noeud 21	1041,21	2,7	1121,26	80,05
Noeud 22	1044,49	2,7	1112,79	68,3
Noeud 24	1049,36	2,7	1112,63	63,27
Noeud 25	1040,26	2,7	1112,98	72,72
Noeud 26	1041,32	2,7	1112,79	71,47
Noeud 27	1037,61	2,7	1112,06	74,45
Noeud 28	1038,4	2,7	1112,94	74,54
Noeud 29	1036,43	2,7	1114,38	77,95
Noeud 30	1039,4	2,7	1115,94	76,54
Noeud 31	1038,64	2,7	1115,72	77,08
Noeud 32	1051,68	2,7	1120,24	68,56
Noeud 10	1040,06	2,7	1115,69	75,63
Noeud 34	1078	2,7	1132,71	54,71
Noeud 37	1040,65	2,7	1111,69	71,04
Noeud 38	1049,35	2,7	1112,31	62,96
Noeud 39	1053	2,7	1113,67	60,67
Noeud 40	1063,44	2,7	1122,53	59,09
Noeud 41	1054,8	2,7	1119,8	65
Noeud 42	1036,58	2,7	1111,51	74,93

Noeud 43	1038,66	2,7	1111,46	72,8
Noeud 44	1045,14	2,7	1110,04	64,9
Noeud 45	1044,48	2,7	1110,16	65,68
Noeud 46	1039,4	2,7	1110,62	71,22
Noeud 47	1051,09	2,7	1104,99	53,9
Noeud 48	1057,23	2,7	1125,33	68,1
Noeud 49	1057,9	2,7	1125,03	67,13
Noeud 50	1057,68	2,7	1130,77	73,09
Noeud 51	1072,41	2,7	1122,57	50,16
Noeud 52	1060,11	2,7	1118,38	58,27
Noeud 53	1059,14	2,7	1117,79	58,65
Noeud 54	1057,12	2,7	1116,34	59,22
Noeud 55	1058,33	2,7	1114,28	55,95
Noeud 56	1059,58	2,7	1113,84	54,26
Noeud 57	1063,81	2,7	1118,42	54,61
Noeud 58	1082,79	2,7	1131,63	48,84
Noeud 59	1083,3	2,7	1131,68	48,38
Noeud 61	1112	2,7	1131,16	19,16
Noeud 62	1092,77	2,7	1131,36	38,59
Noeud 63	1081,36	2,7	1122,78	41,42
Noeud 64	1092,92	2,7	1131,36	38,44
Noeud 68	1042,22	2,7	1112,99	70,77
Noeud 70	1037,29	2,7	1103,46	66,17
Noeud 71	1040,4	2,7	1112,86	72,46
Noeud 72	1079,1	2,7	1123,51	44,41
Noeud 73	1071,27	2,7	1123,17	51,9
Noeud 74	1081,44	2,7	1200,97	119,53
Noeud 75	1077,21	2,7	1200,54	123,33
Noeud 77	1064,14	2,7	1165,84	101,7
Noeud 78	1056,77	2,7	1104,99	48,22
Noeud 66	1067,8	2,7	1124,49	56,69
Noeud 81	1088,7	2,7	1144,07	55,37
Noeud 82	890	2,7	1148,07	258,07
Noeud 83	1081,99	2,7	1124,94	42,95
Noeud 84	1054,77	2,7	1099,03	44,26
Noeud 85	1054,92	2,7	1115,54	60,62
Noeud 86	1070,89	2,7	1115,86	44,97
Noeud 91	1058,85	2,7	1110,52	51,67
Noeud 92	1045,48	2,7	1072,14	26,66
Noeud 93	1047,16	2,7	1106,77	59,61
Noeud 94	909	0	1154,65	245,65
Noeud 100	1058	0	1142,87	84,87

Noeud 101	1054	0	1177,33	123,33
Noeud 102	1171	0	1139,62	-31,38
Noeud 103	1118	0	1201	83
Noeud 104	1147	0	1155,52	8,51
Noeud 105	1139	0	1154,76	15,76
Noeud 106	1055	0	1148,31	93,31
Noeud 108	1020	0	1153,33	133,33
Noeud 109	1027,74	2,7	1102,72	74,98
Noeud 110	1039,65	2,7	1102,69	63,04
Noeud 111	1042,19	2,7	1102,89	60,7
Noeud 112	1062,24	2,7	1132,26	70,02
Noeud 113	1045,68	2,7	1103,4	57,72
Noeud 114	1038,4	2,7	1113,81	75,41
Noeud 116	1036	0	1113,81	77,81
Noeud 117	1034,56	2,7	1113,2	78,64
Noeud 118	1035,62	2,7	1114,54	78,92
Noeud 119	1050,03	2,7	1119,77	69,74
Noeud 120	1063,92	2,7	1122,59	58,67
Noeud 121	1051,9	2,7	1112,36	60,46
Noeud 122	1043,73	2,7	1111,87	68,14
Noeud 123	1050,46	2,7	1116,08	65,62
Noeud 124	1061,98	2,7	1118,41	56,43
Noeud 125	1061,7	2,7	1113,5	51,8
Noeud 126	1059,82	2,7	1105,2	45,38
Noeud 129	1059,44	2,7	1122,93	63,49
Noeud 130	1059,15	2,7	1119,42	60,27
Noeud 133	1050,34	2,7	1110,38	60,04
Noeud 134	1033,63	2,7	1106,25	72,62
Noeud 135	1027,88	2,7	1105,22	77,34
Noeud 137	1027,97	2,7	1104,84	76,87
Noeud 138	1080	0	1151,67	71,67
Noeud 139	1058	0	1245	187
Noeud 140	1048	0	1121,97	73,97
Noeud 143	1051	2,7	1076,19	25,19
Noeud 145	1045	0	1112,98	67,98
Noeud 147	1069	2,7	1088,15	19,15
Noeud 80	1058	0	1129,77	71,77
Noeud 87	1113,74	56	1157,26	43,52
Noeud 127	1086	593	1126,9	40,9
Noeud 128	880	0	1145,21	265,21

Etat des Arcs du Réseau				
ID Arc	Longueur en m	Diamètre en mm	Débit en l/s	Vitesse en m/s
Tuyau 1	297,3	220,4	18,25	0,48
Tuyau 3	497	147,6	-4,2	0,25
Tuyau 4	198,52	147,6	-5,35	0,31
Tuyau 5	447,81	220,4	-10,37	0,27
Tuyau 6	1002,15	277,6	19,55	0,32
Tuyau 7	459,6	200	12,02	0,38
Tuyau 8	276,14	99,4	3,08	0,4
Tuyau 9	134,15	200	6,25	0,2
Tuyau 12	254,82	99,4	2,4	0,31
Tuyau 13	353,14	99,4	1,39	0,18
Tuyau 14	302,23	220,4	14,45	0,38
Tuyau 15	260,46	200	0,38	0,01
Tuyau 17	373,92	96,8	-10,47	1,42
Tuyau 18	292,14	96,8	-11,75	1,6
Tuyau 19	224,54	176,2	-15,69	0,64
Tuyau 21	128,16	277,6	-31,56	0,52
Tuyau 22	297,28	96,8	-2,91	0,4
Tuyau 23	342,34	110,2	3,95	0,41
Tuyau 24	319,33	110,2	-0,81	0,08
Tuyau 25	487,46	96,8	0,44	0,06
Tuyau 26	126,58	96,8	1,45	0,2
Tuyau 16	340,14	200	-18,02	0,57
Tuyau 27	290,17	150	-1,2	0,07
Tuyau 28	490,74	150	-6,97	0,39
Tuyau 29	582,48	184,6	-19,52	0,73
Tuyau 30	726,68	147,6	-22,29	1,3
Tuyau 31	247,33	300	-13,81	0,2
Tuyau 32	229,45	150	0,65	0,04
Tuyau 33	247,7	125	3,02	0,25
Tuyau 34	301,72	150	-10,16	0,58
Tuyau 35	285,76	300	-72,45	1,02
Tuyau 10	30,94	125	11,12	0,91
Tuyau 11	409,37	125	-7,35	0,6
Tuyau 38	275,34	125	1,07	0,09
Tuyau 39	451,51	250	-80,56	1,64
Tuyau 40	1946,19	300	-115,66	1,64
Tuyau 41	1307,85	277,6	43,82	0,72
Tuyau 44	100	300	-79,91	1,13
Tuyau 45	291,17	300	-49,8	0,7
Tuyau 46	308,32	200	-17,22	0,55

Tuyau 47	157,31	200	-18,33	0,58
Tuyau 48	189,12	200	-13,51	0,43
Tuyau 49	208,7	150	-37,52	2,12
Tuyau 50	523,39	250	-58,89	1,2
Tuyau 51	148,84	147,6	19,65	1,15
Tuyau 52	88,95	400	-124,32	0,99
Tuyau 53	252,65	125	-5,37	0,44
Tuyau 54	152,12	400	76,6	0,61
Tuyau 55	595,9	400	-105,66	0,84
Tuyau 56	469,19	400	-153,2	1,22
Tuyau 57	258,29	352,6	-24,99	0,26
Tuyau 58	661,96	200	-15,17	0,48
Tuyau 59	420,97	113	-18,01	1,8
Tuyau 60	216,55	147,6	-33,18	1,94
Tuyau 61	77,34	147,6	12,46	0,73
Tuyau 62	139,22	147,6	-42,8	2,5
Tuyau 63	33,61	200	-53,11	1,69
Tuyau 64	198,92	200	-46,73	1,49
Tuyau 65	91,74	250	5,44	0,11
Tuyau 66	114,16	147,6	-42,22	2,47
Tuyau 67	368,26	125	-9,09	0,74
Tuyau 68	262,83	150	-18,66	1,06
Tuyau 69	41,07	300	-49,86	0,71
Tuyau 70	375,48	300	11,72	0,17
Tuyau 71	431,63	200	-45,21	1,44
Tuyau 72	83,14	200	-61,21	1,95
Tuyau 73	59,8	200	-45,25	1,44
Tuyau 74	451,37	300	-182,77	2,59
Tuyau 75	625,5	250	21,28	0,43
Tuyau 76	120,29	250	32,36	0,66
Tuyau 77	381,34	400	-77,42	0,62
Tuyau 78	30,32	400	102,66	0,82
Tuyau 79	394,59	350	-227,11	2,36
Tuyau 80	262,35	150	-39,66	2,24
Tuyau 81	420,17	400	59,63	0,47
Tuyau 82	364,62	200	-50,36	1,6
Tuyau 85	828,66	300	100,33	1,42
Tuyau 86	1560,89	250	50,94	1,04
Tuyau 87	732,36	400	-92,63	0,74
Tuyau 88	4	200	1,7	0,05
Tuyau 89	385,62	99,4	1,55	0,2
Tuyau 90	205,12	500	118,44	0,6

Tuyau 91	1016,21	400	-78,68	0,63
Tuyau 92	211,26	400	109,65	0,87
Tuyau 93	531,36	400	73,04	0,58
Tuyau 95	21,28	500	182,25	0,93
Tuyau 97	924,96	176,2	6,41	0,26
Tuyau 98	344,76	500	-173,13	0,88
Tuyau 99	249,23	200	176,85	5,63
Tuyau 100	386,59	99,4	27,76	3,58
Tuyau 101	585,39	400	112,35	0,89
Tuyau 102	255,11	500	-221,33	1,13
Tuyau 105	1326,46	230,8	35,85	0,86
Tuyau 106	1485,43	113	11,57	1,15
Tuyau 107	1746,77	147,6	21,57	1,26
Tuyau 109	567,7	300	-29,73	0,42
Tuyau 114	336,13	2204	19,66	0,01
Tuyau 116	1198,83	500	-48,11	0,25
Tuyau 118	87,79	176,2	-106,28	4,36
Tuyau 122	3219,86	250	0	0
Tuyau 123	1417,65	250	18,91	0,39
Tuyau 124	209,92	250	17,22	0,35
Tuyau 126	1652,4	250	0	0
Tuyau 127	986,23	113	6,79	0,68
Tuyau 128	1665,9	200	40,85	1,3
Tuyau 120	2239,03	200	15,56	0,5
Tuyau 137	457,2	99,4	3,53	0,45
Tuyau 138	805,4	141	0,83	0,05
Tuyau 139	399	110,2	-1,87	0,2
Tuyau 140	167,19	147,6	-4,57	0,27
Tuyau 141	227,21	200	5,95	0,19
Tuyau 142	186,76	176,2	-13,17	0,54
Tuyau 2	275,95	220,4	-8,05	0,21
Tuyau 143	177,17	176,2	9,56	0,39
Tuyau 20	276,91	96,8	1,24	0,17
Tuyau 145	97,79	99,4	0	0
Tuyau 43	187,54	200	-30,02	0,96
Tuyau 146	336,64	250	-32,72	0,67
Tuyau 36	114,43	300	-61,35	0,87
Tuyau 147	372,44	277,6	-64,05	1,06
Tuyau 148	211,46	250	-66,75	1,36
Tuyau 149	177,67	176,2	-28,07	1,15
Tuyau 150	495,34	176,2	-29,7	1,22
Tuyau 151	695,97	300	-32,4	0,46

Tuyau 152	187,68	200	52,56	1,67
Tuyau 153	266,17	300	-15,63	0,22
Tuyau 154	296,71	352,6	-47,1	0,48
Tuyau 155	18,23	200	-130,91	4,17
Tuyau 156	341,77	200	-11,79	0,38
Tuyau 157	176,59	150	2,74	0,16
Tuyau 37	243,46	125	25,06	2,04
Tuyau 158	135,11	220,4	22,36	0,59
Tuyau 163	9,87	400	-35,06	0,28
Tuyau 94	20,62	99,4	31,21	4,02
Tuyau 164	844,21	176,2	-28,51	1,17
Tuyau 165	331,14	300	-33,91	0,48
Tuyau 166	349,64	176,2	-73,85	3,03
Tuyau 167	484,24	200	-128,63	4,09
Tuyau 83	283,58	125	-50,81	4,14
Tuyau 112	521,13	500	76,63	0,39
Tuyau 113	284,04	400	73,93	0,59
Tuyau 115	664,49	500	130,63	0,67
Tuyau 117	358,12	300	48,6	0,69
Tuyau 170	103,52	200	45,9	1,46
Tuyau 171	323,69	300	43,2	0,61
Tuyau 172	410,02	277,6	40,5	0,67
Tuyau 108	1378,28	184,6	30,45	1,14
Tuyau 173	709,89	184,6	57,47	2,15
Tuyau 175	340,24	200	0	0
Tuyau 121	272,6	184,6	-38,55	1,44
Tuyau 159	4422,46	300	36,13	0,51
Tuyau 177	18,1	200	0	0
Tuyau 178	300,18	220,4	10,87	0,28
Tuyau 180	696,25	147,6	-46,77	2,73
Tuyau 181	607,84	150	0	0
Tuyau 182	109,42	200	-244,07	7,77
Tuyau 183	1061,56	400	317,34	2,53
Tuyau 84	1071,75	200	146,39	4,66
Tuyau 04	98,44	100	9,03	1,15
Tuyau 174	130	700	1487,85	3,87
Tuyau 135	2039,43	200	78,03	2,48

ANNEXE VII: MODELISATION (rapport graphique) (Epanet)

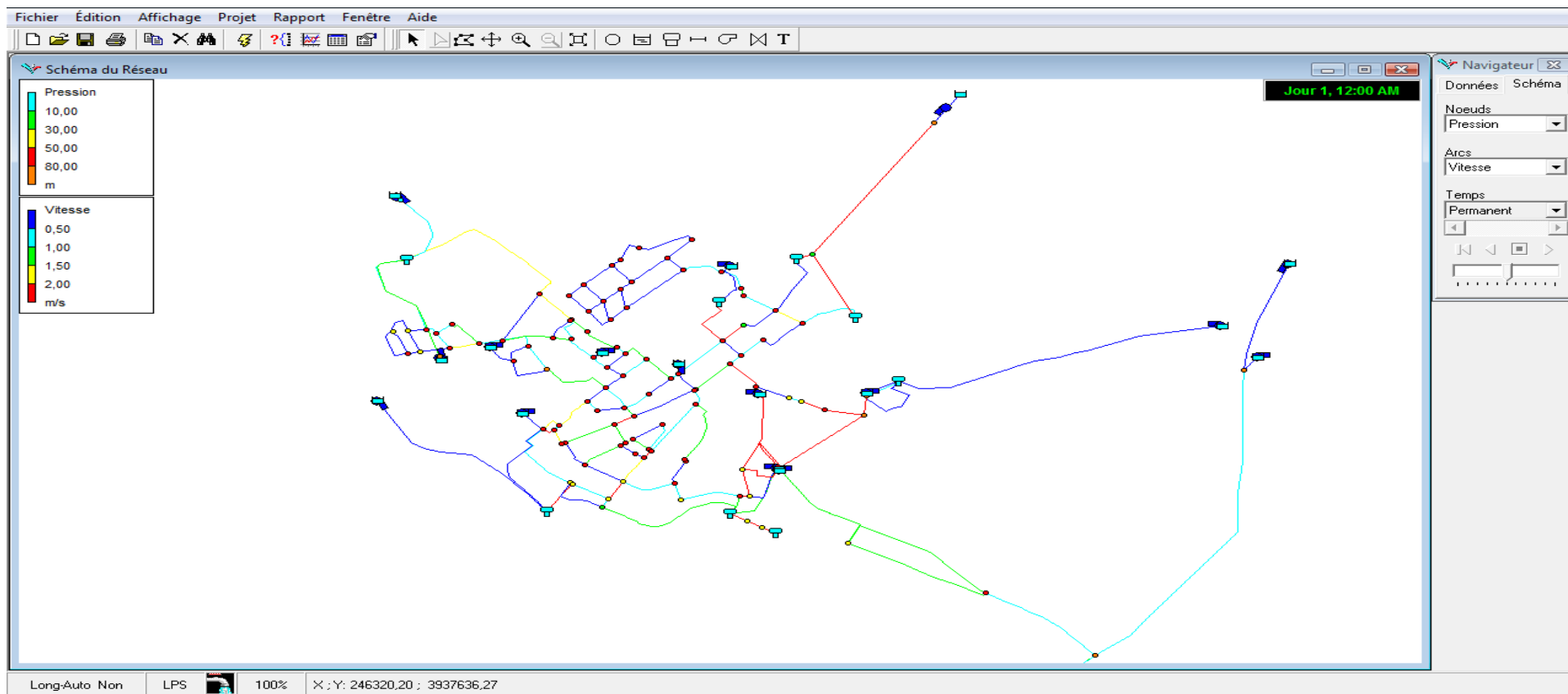


Figure 5.10 : Simulation du réseau d'AEP de la ville de Batna par Epanet