

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIRA de Bejaia



Faculté de Technologie
Département d'**Hydraulique**
Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :
M^{elle} **TAROUDJIT Fouzia**
M^{elle} **TOUAZI Lamia**

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER en Hydraulique**

Option : **Hydraulique Urbaine**

INTITULE :
Elaboration d'un système d'informations géographiques
diagnostic et réhabilitation du réseau d'AEP du chef lieu d'Aokas,
Wilaya de Bejaia

Soutenu le 29/06 /2015 devant le jury composé de :

- Président : M^r **BRAKENI.A**
- Promoteur : M^r **SAOU.A**
- Co-Promoteur : M^r **AYOUZ.R**
- Examineur (s) : M^r **BEDJOU .H**

Remerciements

Avant tout :

Nous remercions le Dieu tout puissant de nous avoir permis de marcher sur le chemin de la science, et aujourd'hui d'effectuer ce travail.

Avant tout le monde :

Nous remercions notre cher enseignant et promoteur M' SAOU.A d'avoir accepté notre encadrement, et de nous avoir assistées durant toute cette période, en nous accordant toute l'attention et le temps qu'il faut.

Nous remercions aussi notre Co-promoteur M' AYOUZ.R qui lui aussi n'a pas hésité à nous assister et à nous apporter son aide et ses conseils.

On tient aussi à remercier le personnel de l'ADE unité d'Aokas, le personnel du service technique de l'APC d'Aokas, le personnel de la subdivision de l'hydraulique de Tichy et tous ceux qui de près ou de loin nous ont apporté un plus.

On remercie messieurs les membres du jury d'avoir accepté de juger notre travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mon papa et ma maman qui m'ont toujours poussée et soutenue pour aller de l'avant et qui ont tout donnée pour me voir réussir,

A mes grands parents qui ne cessent de prier pour moi et de me souhaiter tout ce qui a de plus beau.

A tous mes oncles et tentes en particulier ma tante Farida que j'adore.

A mon petit frère Nabil, et a mes sœurs Siham, Meryem et Rima.

A une personne qui occupe une place spéciale dans mon cœur.

A mon binôme Lamia, tout mes amis, et tout mes camarades.

Fouzia.T

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents qui m'ont toujours poussée et soutenue pour aller de l'avant et qui ont tout donnée pour me voir réussir,

A mes frères Cherif, Yahia, Lyes Meziane et Ouahid,

A mes sœurs Djaouida, Katia et Amel.

A ma grand mère Ouardia,

A tous mes amis, mes copines de chambre et mes chers camarades.

A mon binôme Fouzia ainsi qu'à toute sa famille.

Lamia.T

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : Présentation du site et estimation des besoins	
I.1. Introduction	3
I.2. Situation géographique	3
I.3. Situation climatique	4
I.4. Situation topographique	4
I.5. Economie de la région	4
I.6. Présentation du système d'alimentation en eau potable	4
I.6.1 .La production	4
I.6.2 .Le réservoir	5
I.6.3 .La distribution	5
I.7. Estimation des besoins en eau	7
I.7.1 .Les besoins actuels	7
I.7.1.1.Estimation de la population actuelle	7
I.7.1.2.Estimation des besoins de la population actuelle	7
I.7.1.3.Estimation des besoins des équipements actuels	7
I.7.2 .Les besoins à l'horizon 2040 :	8
I.7.2.1. Estimation de la population future	8
I.7.2.2. Estimation des besoins de la population future	9
I.7.2.3. Estimation des besoins des équipements future	9
I.7.2.4. Estimation des besoins de la zone touristique projetée	9
I.7.2. 5.consommation moyenne journalière totale	9
I.7.3 .Calcul du débit moyen journalier	10
I.7.3.1.Majoration de la consommation moyenne journalière	10
I.7.4 .Calcul du débit maximum journalier	10
I.7.5 .Calcul du débit maximum horaire	11
I.8. Bilan ressources-besoins	12

I.9.Conclusion	12
----------------------	----

CHAPITRE II : Diagnostic du réseau existant

II.1. Introduction	15
II.2. Définitions	15
II.2.1. Diagnostique d'un réseau d'AEP	15
II.2.2. Vieillessement d'un réseau d'AEP	15
II.2.3. Défaillance	15
II.3. Le diagnostic physique du réseau existant	17
II.3.1. Forage Tabellout	17
II.3.2. Station de reprise1	17
II.3.3. Station de reprise 2	18
II.3.4. le réservoir 2x300m ³	18
II.3.5. Réservoir 1000m ³	18
II.3.6. les conduites d'adduction	18
II.4. vérification de la capacité de réservoir	20
II.5. Le diagnostic fonctionnel du réseau existant	22
II.5.1.Modélisation du réseau de distribution existant sur EPANET	22
II.5.1.1. description du logiciel Epanet	22
II.5.1.2. Les étapes suivies pour la modélisation du réseau	23
II.5.1.3. La simulation du réseau sous les conditions actuelles (Ø et besoins en eau)	27
II.5.1.4. La simulation du réseau sous les conditions futures (Ø et demande en eau)	31
II.5.2. Vérification du dimensionnement du réseau	35
II.5.2.1. Dimensionnement avec le débit de pointe actuelle (Q _{pa} =59.03 l/s)	35

II.5.2.2. Dimensionnement à l'horizon futur ($Q_{pf}=88.91$ l/s)	38
II.5.3. Interprétation des résultats du diagnostic fonctionnel	39
II.6. Le diagnostic hydraulique du réseau existant	42
II.6.1 Définitions	42
II.6.1.1. Le volume produit (V_p)	42
II.6.1.2. Le volume distribué (V_d)	42
II.6.1.4. Le volume des fuites (V_{fuite})	42
II.6.1.5. Le rendement du réseau (R)	42
II.6.1.6. L'indice linéaire de consommation	42
II.6.1.7. L'indice linéaire de pertes (ILP)	43
II.7. Conclusion	44

CHAPITRE III : Réhabilitation du réseau d'alimentation en eau potable

III.1. Introduction	45
III.2. Définitions	45
III.2.1. Réhabilitation d'un réseau d'AEP	45
III.2.2. Rénovation	45
III.2.3. Réparation	45
III.2.4. Renouvellement (remplacement)	45
III.3. Procédés de réhabilitation des conduites	46
III.3.1. Méthodes non structurantes	46
III.3.1.1. Méthode de projection d'un revêtement interne	46
III.3.1.2. Méthode de réhabilitation par injections	46
III.3.2. Méthodes structurantes	47
III.3.2.1. Gainage (Tubage)	47
III.3.2.2. Le chemisage	47

III.4. Renforcement du réservoir	47
III.5. Réhabilitation du réseau de distribution	48
III.6. Modélisation du réseau de distribution réhabilité	50
III.7. Vérification du comportement du réseau en cas d'incendie	54
III.8. Conclusion	55

CHAPITRE IV : Elaboration d'un SIG pour le réseau d'AEP du chef lieu d'Aokas et techniques de gestion

IV.1. Introduction	56
IV.2.Elaboration du SIG du réseau d'AEP du Chef Lieu d'Aokas	56
IV.2.1.Définitions	56
IV.2.1.1. Système	56
IV.2.1.2.Information	56
IV.2.1.3.Géographique	56
IV.2.1.4.Informatique	56
IV.2.1.5.Système d'information	56
IV.2.1.6. Information géographique	56
IV.2.1.7.Système d'information géographique(SIG)	56
IV.2.2.Historique des premiers SIG	57
IV.2.3.Composantes d'un SIG	58
IV.2.4.Fonctionnalités d'un SIG	58
IV.2.5.Utilité des SIG	58
IV.2.6. Elaboration d'un SIG	59
IV.2.7. Présentation du logiciel MapInfo	59
IV.2.8. Création du système d'information géographique du réseau d'AEP du Chef Lieu d'Aokas	60
IV.2.8.1.Préparation des fonds de cartes	60

IV.2.8.2.Création des tables	61
IV.2.8.3.La vectorisation du réseau d'AEP sur le logiciel MapInfo	63
IV.3. La gestion des réseaux d'alimentation en eau potable	65
IV.3.1 La gestion classique des réseaux d'AEP	65
IV.3.2 Gestion informatisé des réseaux d'AEP	65
IV.3.3. Gestion des réseaux d'AEP par SIG	66
IV.3.3.1. Requêtes SQL	66
IV.3.3.2. Analyse thématique	67
IV.3.3.3.Couplage SIG, logiciel de modélisation	68
IV.4. Conclusion	68
CONCLUSION GENERALE	74

LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

AEP : Alimentation en Eau Potable

ADE : Algérienne Des Eaux

PDAU : Plan Directeur d'Aménagement et D'Urbanisme

DPSB : Direction de Programmation et de Suivie Budgétaire

AFEE : Association Française pour l'Etude des Eaux

ISTED : Institut des Sciences et des Techniques de l'Equipement et de l'Environnement pour le Développement

CNIG : Conseil National de l'Information Géographique

DRAST : la Direction de la Recherche et de l'Animation Scientifique et Technique

P : population à l'horizon considéré

P₀ : population à l'année de référence

T : taux d'accroissement annuel de la population

N_i : nombre de consommateurs

Q_{moy,j} : débit moyen journalier

K_f : coefficient de fuite

Q_{dom} : Débit domestique (m³/j)

Q_{equip} : Débit des équipements (m³/j)

Q_{max,j} : Débit maximum journalier

Q_{max,h} : Débit maximum horaire

Q_{moy,h} : Débit moyen horaire

Q_n : Débit au nœud,

Q_{ri} : Débit de route traversant le nœud i

Q_{conc} : Débit concentré au niveau du nœud i

q_s : le débit spécifique

Q_p : le débit de pointe

L_i : la somme des longueurs

L_i : la longueur du tronçon.

Q_c : le débit calculé

: coefficient qui dépend de la répartition de la consommation du débit en route

L : longueur de la conduite

D : diamètre de la conduite

V : vitesse d'écoulement

g : accélération de la pesanteur

Liste des Figures et des Images

Figure I.1 : Localisation de la ville d'Aokas dans la wilaya de Bejaia.....	3
Figure I.2 : Schéma synoptique du réseau d'adduction d'eau potable.....	13
Figure I.3 : Schéma synoptique du réseau de distribution d'eau potable.....	14
Figure II.1 : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable.....	16
Image 1 : forage Tabellout.....	19
Image 2 : station de reprise1.....	19
Image 3 : les vannes du réservoir 1000m ³	19
Image 4 : chambre de vannes du réservoir 1000m ³	19
Image 5 : Fuite au niveau de la vanne de vidange de SR1.....	19
Image 6 : chambre de pompe de SR1.....	19
Image 7 : vanne à la station de reprise2.....	20
Image 8 : Réservoirs 2x300m ³	20
Image 9 : Eléments en Nevada au niveau du réservoir 1000m ³	20
Figure II.3 : Le tracé du réseau sur EPANET.....	24
Figure II.4 : Les options hydrauliques de la simulation.....	27
Figure II.5 : les pressions après simulation.....	27
Figure II.6 : Débits après simulation	28
Figure II.7 : Vitesses après simulation (vitesse).....	28
Figure II.8 : pressions après simulation (débit de pointe futur).....	31
Figure II.9 : Débits au niveau des conduites après simulation (débit de pointe future).....	31
Figure II.10 : vitesses au niveau des conduites après la simulation (débit de pointe futur).....	32
Figure II.11 : les nœuds ayant une pression <10 m.....	39
Figure II.12 : les nœuds ayant une pression >80 m.....	39

Figure II.13 : les conduites ayant une vitesse <0.5m/s.....	39
Figure II.14 : les conduites ayant une vitesse >1.5 m/s.....	39
Figure II.15 : les nœuds ayant une pression <10 m	40
Figure II.16 : les nœuds ayant une pression >80 m.....	40
Figure II.17 : les conduites ayant une vitesse <0.5m/s.....	40
Figure II.18 : les conduites ayant une vitesse >1.5 m/s.....	40
Figure II.19 : Schéma des volumes mis en œuvre dans un réseau de distribution d'eau potable.....	43
Figure III.1 : Le nouveau tracé du réseau de distribution.....	48
Figure III.2 : La pression au niveau des nœuds après simulation.....	50
Figure III.3 : Le débit au niveau des conduites après simulation.....	52
Figure III.4 : La vitesse au niveau des conduites après simulation.....	52
Figure III.5 : Le comportement du réseau cas : heure de pointe+ incendie.....	54
Figure IV.1 : structure d'un système d'information géographique	57
Figure IV.2 : Le fond de carte du SIG chaine de refoulement.....	60
Figure IV.3 : Le fond de carte du SIG réseau de distribution.....	61
Figure IV.4 : résultats de la vectorisation du réseau de distribution.....	63
Figure IV.5 : Résultat de la vectorisation de la chaine de refoulement.....	63
Figure IV.6 : informations sur les différents composants du réseau.....	64
Figure IV.7 : Résultat de la requête : conduites en acier galvanisé.....	66
Figure IV.8 : Les étapes de l'analyse thématique.....	67
Figure IV.9 : l'analyse thématique (longueurs des conduites).....	67
Figure IV.10 : Tracé du réseau de distribution géoréférencé du chef lieu d'Aokas	69
Figure IV.11 : Tracé du réseau de distribution du chef lieu d'Aokas.....	70
Figure IV.12 : Tracé de la chaine de refoulement géoréférencé de la ville d'Aokas.....	71
Figure IV.13 : Tracé de la chaine de refoulement de la ville d'Aokas	72

Liste des Tableaux

Tableau (I.1) : Débit des ressources en eau alimentant le chef lieu d'Aokas.....	4
Tableau (I.2) : Caractéristiques des conduites d'amenées	5
Tableau (I.3) : Caractéristiques des conduites du réseau de distribution.....	5
Tableau (I.4) : Estimation des besoins en eau des équipements.....	7
Tableau (I.5) : Synthèse des besoins actuels et futurs.....	9
Tableau (I.6) : Détermination des débits moyens journalier.....	10
Tableau (I.7) : La consommation maximale journalière aux différents horizons.....	11
Tableau (I.8) : les valeurs des coefficients max et min en fonction du nombre d'habitant.....	11
Tableau (I.9) : Calcul des coefficients max et $K_{max.h}$	11
Tableau (I.10) : Récapitulatif des débits de pointes	12
Tableau (II.1) : manifestations et mesures de la dégradation des conduites d'eau potable.....	16
Tableau (II.2) : Variation de la consommation journalière	21
Tableau (II.3) : Récapitulation des résultats	22
Tableau (II.4) : Altitudes et demandes de base au niveau des nœuds du réseau.....	24
Tableau (II.5) : Données physiques du réseau de distribution.....	26
Tableau (II.6) : Etat des nœuds après simulation.....	29
Tableau (II.7) : Etat des conduites après simulation.....	30
Tableau (II.8) : Etat des nœuds après simulation (débit de pointe futur).....	33
Tableau (II.9) : Etat des conduites après simulation (débit de pointe futur).....	34
Tableau (II.10) : Dimensionnement du réseau avec la pointe actuelle.....	37
Tableau (II.11) : Dimensionnement du réseau à l'horizon futur.....	38
Tableau (II.12) : Confrontation des différents diamètres.....	41
Tableau (II.13) : Le type du réseau en fonction de l'ILC.....	43
Tableau (II.114) : Etat du réseau.....	43

Tableau (III.1): Caractéristiques des conduites du réseau.....	49
Tableau (III.2): Etat des nœuds après simulation.....	51
Tableau (III.3): Etat des conduites après simulation.....	53

Introduction Générale

L'importance de l'eau pour toute forme de vie est incontestable, son utilisation a pris de l'ampleur avec l'accroissement démographique et le développement technologique, économique et social. De plus le réchauffement climatique qui a pour effet la modification du cycle hydrologique, donc des conséquences sur les systèmes de gestion de l'eau, qui aujourd'hui devrait être pris en charge dans la conception et la gestion des systèmes hydrauliques.

Alors que la demande en eau ne cesse d'augmenter certains pays atteignent déjà les limites de leurs ressources hydriques, ce qui est le cas de l'Algérie qui est classé parmi les 13 pays africains souffrant le plus de manque d'eau, ce qui le met dans l'obligation d'instaurer une politique de gestion de l'eau et d'accorder plus d'attention aux infrastructures qui abritent et véhiculent cette ressource rare.

Selon l'ADE Plus de 50% des volumes d'eau produits et mis en distribution n'arrivent pas aux consommateurs et sont perdus lors de leur acheminement sous forme de pertes et de fuites, souvent dues aux : vieillissement et vétusté des conduites, piquages illicites, défauts de réalisation et surtout à une mauvaise gestion des réseaux d'alimentation en eaux.

Notre travail consiste à diagnostiquer le réseau d'alimentation en eau potable existant du chef lieu de la ville d'Aokas, de proposer une éventuelle réhabilitation visant à améliorer son fonctionnement et d'élaborer un système d'information géographique (SIG) pour rassembler toutes les données relatives à ce dernier.

Nous avons optés pour le choix de cette thématique du fait que les réseaux d'alimentation en eau potable existants commencent à vieillir et à se dégrader et que leurs rendements frôlent à peine le seuil des 50% ce qui fait qu'il est nécessaire de faire du diagnostic et d'instaurer des programmes de réhabilitation et de gestion de ces réseaux, et bien sûr l'orientation vers les systèmes d'informations géographiques et leurs intégrations dans la gestion pour les avantages qu'ils présentent en matière d'archivage d'analyse et de mise à jour des données géo-référencées.

La méthodologie entreprise était d'abord le rassemblement des données nécessaires à travers les enquêtes que nous avons mené au près des différents services concernés et les investigations sur terrain des différents ouvrages du réseau, ensuite le traitement des données et la modélisation du réseau, puis la détection des anomalies et la réhabilitation et enfin l'archivage en forme de SIG en utilisant le logiciel MapInfo.

Ainsi le travail présenté s'articulera sur les axes suivants :

Premier chapitre : une présentation générale du site étudié, de son réseau d'alimentation en eau potable et l'estimation de ses besoins en eau.

Deuxième chapitre: le diagnostic du réseau d'alimentation en eau et la détection des anomalies qu'il rencontre.

Troisième chapitre : La réhabilitation du réseau d'alimentation en eau.

Quatrième chapitre : l'élaboration d'un système d'information géographique servant de base de données destinée à faciliter la tâche de la gestion de ce patrimoine ainsi que l'illustration de quelques techniques de gestion par SIG.

Et enfin une conclusion générale synthétisant l'ensemble du travail effectuée et les projections avenir.

Chapitre I:
Présentation du site et Estimation des besoins

Présentation du site et Estimation des besoins

I.1. Introduction :

Chaque région ou même chaque localité possède ses propres caractéristiques géographiques, topographiques, climatiques, et démographiques...et qui influencent directement la nature et la quantité des besoins en eau à satisfaire. L'analyse de la zone d'étude est donc nécessaire avant tout projet afin d'estimer le débit à assurer. C'est ce que nous allons aborder dans ce premier chapitre.

I.2. Situation géographique :

Le chef lieu d'Aokas est situé sur l'axe littoral Est de la wilaya de Bejaia, il est limité [1] :

- Au Nord par la mer méditerranéenne,
- Au Sud par Taskriout,
- A l'Est par Souk El Tenine,
- A l'Ouest par Tichy et Tizi N'Berbère.

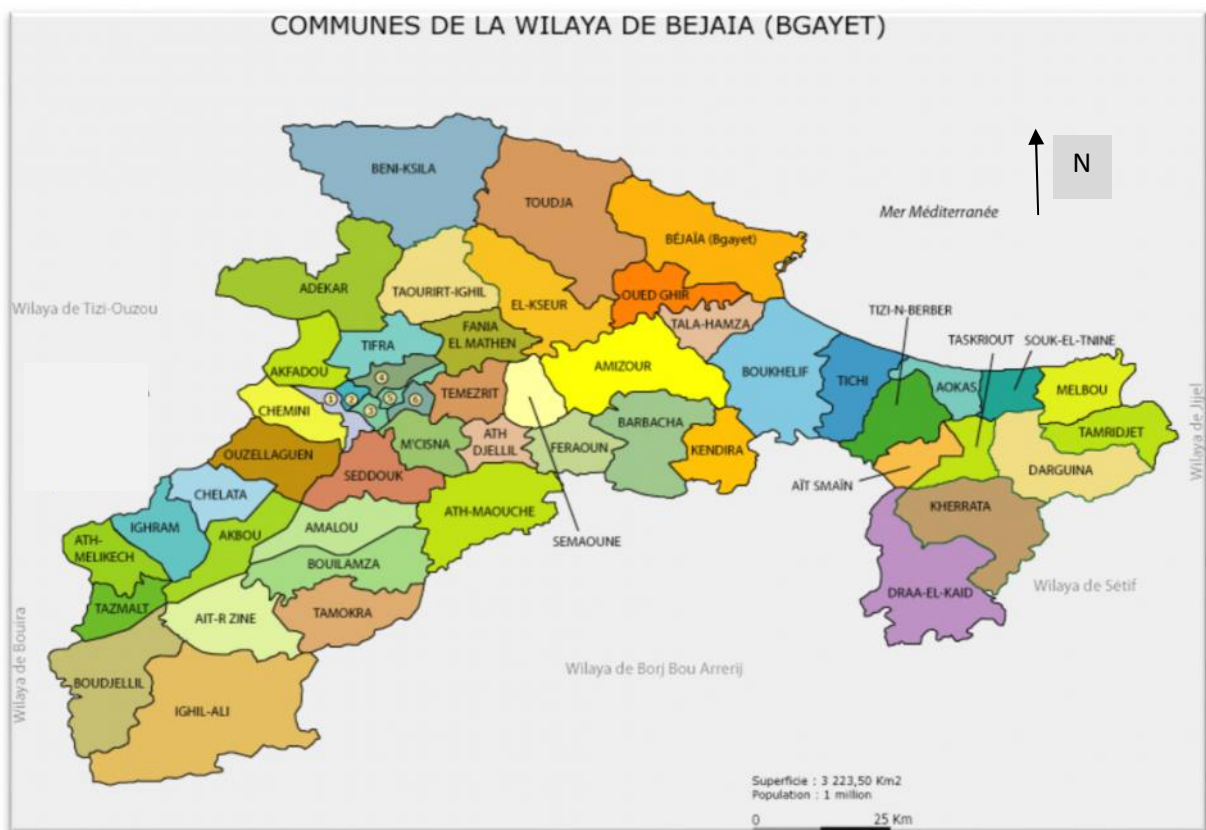


Figure I.1 : Localisation de la ville d'Aokas dans la wilaya de Bejaia.

I.3. Situation climatique :

Le climat de la région est de type méditerranéen, il se caractérise par un été chaud, humide avec une faible pluviométrie et un hiver considérablement doux avec une importante pluviométrie estimée de 600 à 800 mm en moyenne. La température moyenne annuelle est d'environ 22.9°C, [1].

I.4. Situation topographique

Le Chef Lieu d'Aokas jouit d'un relief relativement plat, on distingue deux parties :

-La première partie qui représente plus de 80 % de la superficie du chef lieu a une morphologie plate, avec une altitude maximale de 25 m et la pente moyenne qui ne dépasse pas 15%.

-La deuxième partie qui est la partie sud du chef lieu présente une morphologie montagneuse, avec une altitude maximale de 113 m et une forte pente de 28% en moyenne, [1].

I.5. Economie de la région :

La région d'Aokas possède des atouts naturels (hydrauliques, agricoles, forestiers et touristiques), mais s'illustre d'une économie primaire qui s'accroît sur les activités purement artisanales, [1].

I.6. Présentation du système d'alimentation en eau potable :

I.6.1 .La production :

Le Chef Lieu d'Aokas est alimenté par (*Figure I.2*), [2] :

- le forage Tabellout, situé au niveau de Oued Zitouna ayant un débit initial de 25 l/s, relié aux réservoirs 2×300m³, Ces derniers desservent gravitairement le village Tabellout et le trop plein se dirige vers le réservoir 1000m³.
- La source Kefrida débite environ 20l/s vers le réservoir 1000 m³ en période de crue, Ce débit diminue considérablement en période d'étiage, et avec les multiples piquages opérés le long de la conduite d'adduction la reliant au réservoir 1000m³, son apport devient négligeable.

Tableau (I.1) : Débit des ressources en eau alimentant le Chef Lieu d'Aokas.

Type de ressource	Forage Tabellout	Source Kefrida	
		Hiver	Eté
Débit (l/s)	25	20	3

Tableau (I.2) : Caractéristiques des conduites d'amenées.

Conduite	Diamètre de la conduite d'adduction (mm)	matériaux	Longueurs
Forage (F5)-SR1	250	Fonte	1408
SR1-SR2	250	Fonte	1110
SR2-R 2*300	250	Fonte	1038
R 2*300- R 1000	200	Acier	-
Source Kefrida- R 1000	150	Acier noir	-

I.6.2 .Le réservoir :

Le réservoir alimentant le chef lieu d'Aokas a une capacité de 1000 m³. Il est implanté à une altitude de 109m et il est de forme circulaire semi enterré.

I.6.3 .La distribution :

Le chef lieu d'Aokas dispose d'un réseau de distribution d'environ 9.3 Km celui-ci dessert 2200 abonnés. Il est de type ramifié (**Figure I.3**), [2] :

Tableau (I.3) : Caractéristiques des conduites du réseau de distribution.

Tronçon	Diamètre (mm)	Longueur (m)	Matériau
R-1	300	146	Acier noir
1-30	40	332	Acier noir
1-31	100	220	Acier noir
1-2	300	334	Acier noir
2-3	300	126	Acier noir bitumé
3-32	80	318	Acier galvanisé
32-33	50	132	Acier galvanisé
32-4	80	62	Acier galvanisé
4-5	50	402	Acier galvanisé
4-6	50	186	Acier galvanisé
4-7	50	74	Acier galvanisé
7-8	50	182	Acier galvanisé
7-9	50	290	Acier galvanisé
3-10	300	30	Acier noir bitumé
10-11	80	530	Acier noir bitumé
11-34	80	174	Acier galvanisé
10-12	300	360	Acier noir bitumé
12-13	150	110	Acier galvanisé
13-36	40	104	Acier noir bitumé
12-35	300	96	Acier noir bitumé
14-35	80	562	Acier galvanisé
14-15	40	120	PEHD
14-16	80	270	Acier galvanisé
16-17	80	168	Acier galvanisé

16-18	40	600	Acier galvanisé
2-19	300	36	Acier noir bitumé
20-19	100	544	Acier noir bitumé
20-21	80	96	Acier galvanisé
20-22	100	86	Acier galvanisé
19-23	150	146	Acier noir bitumé
23-24	110	438	PEHD
23-25	150	92	Acier noir bitumé
25-26	40	94	Acier galvanisé
25-27	150	384	Acier noir
27-28	100	514	Acier galvanisé
27-29	80	884	Acier galvanisé
Total		9242	

I.7. Estimation des besoins en eau :

I.7.1 .Les besoins actuels :

I.7.1.1.Estimation de la population actuelle :

Pour l'estimation de la population du Chef Lieu d'Aokas, nous nous sommes basées sur les données qui nous ont été communiquées par la Direction de la Programmation et Suivit Budgétaire(DPSB) de la wilaya de Bejaia (annuaire statistique de 2013).

- Le Chef Lieu d'Aokas compte en 2015 une population de 7617 habitants.
- Le taux d'accroissement est de 0.99%.(RGPH 98)

I.7.1.2.Estimation des besoins de la population actuelle :

La consommation en eau d'une agglomération est estimée en fonction des dotations journalières de chaque catégorie de consommateurs. Elle est exprimée par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy},j} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i \times N_i}{1000} \quad (\text{m}^3/\text{j})$$

Avec :

q_i : la dotation journalière pour chaque catégorie de consommateurs en (l/j/habitant).

N_i : effectif de chaque catégorie de consommateurs.

La norme de consommation de la population du chef lieu d'Aokas est de 160 (l/j/habitant), [3].

Il en résulte que: $Q_{\text{moy},j(\text{domestique})} = (7617 \times 160) / 1000 = 1218.72 \text{ (m}^3/\text{j)}$

I.7.1.3.Estimation des besoins des équipements actuels :

Pour déterminer les besoins en eau de l'ensemble des équipements dont dispose notre zone d'étude, nous avons d'abord recensé ces derniers, puis nous avons essayé dans la mesure du possible de déterminer les normes de consommations de chaque type de consommateurs. Mais vue l'absence d'étude estimatif de ces normes de consommation propre a notre cas nous avons pris une étude traitant les dotations des équipements d'une région(Loire Bretagne) qui consomme à peu près de la même manière que notre zone d'étude avec une dotation de consommation de la population de 150l/hab/j, [1],[3],[4].

Tableau (I.4) : Estimation des besoins en eau des équipements.

Equipements	Capacité (Ni)	Unité	Dotation (l/j/u)	Besoins en eau (m3/j)
Education et formation professionnelle				
Enseignement primaire (4 écoles)	1640	Elève	20	32,8
Enseignement moyen (2 CEM)	2160	Elève	20	43,2
Enseignement secondaire (2lycées)	2108	Elève	20	42,16
Centre de formation professionnel	220	Elève	20	4,4
Ecole de formation paramédicale	718	Stagiaire	20	14,36
Santé				

Hôpital	88	Patient	150	13,2
Centre de soin	180	Lit	20	3,6
Protection sociale				
Centre pour les inadaptés mentaux	60	Pensionnaire	300	18
Jeunesse et Sport				
Centre de sport polyvalent (CSP)	150	sportif	25	3,75
Stade Communal	200	sportif	30	6
Maison de jeunes	120	lit	100	12
Tourisme et Hôtellerie				
Hôtel classé	19	Lit	400	7,6
2 campings	500	touriste	60	30
Culture				
Direction de la culture (CCA)	150	Employé	20	3
salle de cinéma	400	place	20	8
Culte				
1 mosquée	350	Fidèle	20	7
Poste et télécommunication				
1 bureau de poste	30	Employé	20	0,6
Infrastructure commerciale				
Marché hebdomadaire	600	Surface	5	3
Locaux commerciaux	200	Local	25	5
Sécurité civile				
Sureté national	400	Employé	100	40
Gendarmerie	20	Employé	100	2
unité secondaire de la protection civile	20	employé	100	2
Administration				
APC	100	Employé	20	2
Daïra	50	employé	20	1
Arrosage des espaces verts et nettoyage				
Arrosage des espaces verts	2084,57	surface	4	8,34
Autres				
STEP	30	Employé	20	0,6
2 pompes à essence avec lavage	40	Employé	20	0,8
Salle des fêtes	400	Personne	40	16
Abattoir	50	Carcasse	500	25
Total				355,41

I.7.2 .Les besoins à l'horizon 2040 :

I.7.2.1. Estimation de la population future :

Pour estimer la population à l'horizon 2040 nous allons faire une estimation moyennant la formule des accroissements finis, qui est la suivante :

$$P_n = P_0 (1+t)^n$$

Avec :

P_n : population de l'année considérée.

P_0 : population de l'année de référence.

t : le taux d'accroissement (%).

n : le nombre d'année séparant P_n et P_0 .

$$P_n = P_0 (1+t)^n$$

$$P_{2040} = P_{2015} (1+t)^{25}$$

$$P_{2040} = 9744 \text{ habitants}$$

1.7.2.2. Estimation des besoins de la population future :

$$Q_{\text{moy.j (domestique future)}} = (160 \times 9744) / 1000 = 1559,04 \text{ m}^3/\text{j}$$

1.7.2.3. Estimation des besoins des équipements futurs :

Pour estimer les besoins des équipements projetés nous allons faire le rapport entre les besoins d'équipements et les besoins domestiques actuelles et à l'horizon voulu par la formule suivante:

$$\frac{\text{Débit domestique 2015}}{\text{débit des équipements 2015}} = \frac{\text{Débit domestique 2040}}{\text{Débit des équipements 2040}}$$

$$Q_{\text{équipement 2040}} = \frac{1559,04 \times 355,41}{1218} = 454,92 \text{ m}^3/\text{j}$$

1.7.2.4. Estimation des besoins de la zone touristique projetée :

Vue la situation géographique d'Aokas (ville côtière), une zone touristique à été projeté avec une capacité de 1316 habitants. Avec une dotation de 400 l/j/lit, les besoins en eau de cette zone, [1] :

$$Q_{\text{moy.j}} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i \times N_i}{1000} \quad (\text{m}^3/\text{j})$$

$$\text{Donc : } Q_{\text{moy.j}} = 400 \times 1316 / 1000 = 526.4 \text{ m}^3/\text{j}$$

1.7.2.5. Consommation moyenne journalière totale :

Le tableau ci-dessous récapitule le total des besoins :

Tableau (I.5) : synthèse des besoins actuels et futurs

Besoins en eau	Besoins domestique (m ³ /j)	Besoins des équipements (m ³ /j)	Zone d'extension touristique (m ³ /j)	Total des besoins (m ³ /j)
Actuels	1218.72	355,41	-	1574,13
Futurs	1559.04	454,92	526.4	2540,36

I.7.3 .Calcul du débit moyen journalier :**I.7.3 .1.Majoration de la consommation moyenne journalière:**

On obtient cette consommation en tenant compte des volumes de pertes situés à différents niveaux (prise d'eau, station de pompage, les réseaux d'adduction et de distribution, les pertes accidentelles en cas de rupture) causées par l'âge, l'état du réseau d'alimentation ainsi que les compétences et services de maintenance.

On prend une majoration de 20% donc le débit moyen journalier devient :

$$Q_{\text{moy.j}} = K_f \times (Q_{\text{dom}} + Q_{\text{équi}})$$

$Q_{\text{moy.j}}$: Débit moyen journalier (m^3/j) ;

K_f : coefficient de fuite ;

Q_{dom} : Débit domestique (m^3/j)

$Q_{\text{équip}}$: Débit des équipements (m^3/j)

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{équi}}$$

En générale la valeur du coefficient de fuite (K_f) varie entre 1,2 et 1,5, [5] :

- $K_f = 1,2$ pour un réseau neuf ou bien entretenu,
- $K_f = 1,25$ à $1,35$ pour un réseau moyennement entretenu,
- $K_f = 1,5$ pour un réseau vétuste ou mal entretenu.

Dans le cas de notre réseau, nous avons pris $K_f = 1,5$ vu l'âge du réseau qui dépasse 40ans et son état dégradé.

Tableau (I.6) : Détermination des débits moyens journalier

Horizon	Q_{total} (m^3/j)	K_f	$Q_{\text{moy.j}}$ (m^3/j)	$Q_{\text{moy.j}}$ (l/s)
2015	1574,13	1,5	2361,195	27,33
2040	2540,36	1,3	3810,54	44,10

I.7.4 .Calcul du débit maximum journalier :

$$Q_{\text{max.j}} = K_{\text{max.j}} \times Q_{\text{moy.j}}$$

$Q_{\text{max.j}}$: Débit maximum journalier

$Q_{\text{moy.j}}$: Débit moyen journalier

$K_{\text{max.j}}$ (=jour de pointe / jour moyen) conditionne le plus souvent le dimensionnement des installations, si l'on admet que la permanence du service public est un objectif primordial et que la régulation journalière est assurée par les réservoirs. Il varie entre 1,1 et 1,3 [6].

Nous avons pris $K_{\text{max.j}} = 1,2$, on aura alors :

$$Q_{\max,j} = 1,2 \times Q_{\text{moy},j}$$

Tableau (I.7) : la consommation maximale journalière aux différents horizons

Horizon	$Q_{\text{moy},j}$	$Q_{\max,j}$ (m ³ /j)	$Q_{\max,j}$ (l/s)
2015	2361,195	2833,43	32,79
2040	3810,54	4572,65	52,92

I.7.5 .Calcul du débit maximum horaire :

$$Q_{\max,h} = K_{\max,h} \times Q_{\text{moy},h}$$

$Q_{\max,h}$: Débit maximum horaire,

$Q_{\text{moy},h}$: Débit moyen horaire.

$K_{\max,h}$: le coefficient de pointe horaire est égale (Débit de l'heure de pointe/ Débit de l'heure moyenne du jour considéré) conditionne le plus souvent le dimensionnement des conduites de distribution et des réservoirs. On admet souvent un coefficient de pointe horaire de 1,6 mais la valeur de ce coefficient varie sensiblement d'un service à l'autre, ainsi que l'emplacement des heures de pointe au cours de la journée,[6]. Nous avons :

$$K_{\max,h} = \max \times \max$$

\max : varie entre 1,2 et 1,4 ; on prend $\max = 1,3$

On détermine le coefficient \max en fonction de la population à partir du tableau suivant :

Tableau (I.8) : les valeurs des coefficients \max et \min en fonction du nombre d'habitant.

Nombre d'habitant×1000	<1.0	1.5	2.5	4.0	6.0	10	20	30	100	300	1000
\max	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.15	1.1	1.03	1.0

Par interpolation on détermine les valeurs de \max pour les deux horizons 2015 et 2040, les résultats sont résumés dans le tableau (I.9)

Tableau (I.9) : Calcul des coefficients \max et $K_{\max,h}$.

Horizon	Population	\max	$K_{\max,h}$
2015	7617	1.36	1.77 1.8
2040	9744	1.31	1.7

Nous avons :

-Pour un régime de consommation égale à 1.8 correspond un pourcentage de consommation horaire $P=7.5\%$, [Annexe I].

-Pour un régime de consommation égale à 1.7 correspond un pourcentage de consommation horaire P=7%, [Annexe I].

De ce fait on détermine le débit maximum horaire ($Q_{\max,h}$) à partir de la formule suivante :

$$Q_{\max,h} = \frac{P \times Q_{\max,j}}{100} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Ou :

$Q_{\max,h}$: Débit maximum horaire (débit de pointe).

P : pourcentage de consommation horaire.

Nous avons portés les résultats obtenus sur le tableau suivant :

Tableau (I.10) : récapitulatif des débits de pointes.

Horizon	P (%)	$Q_{\max,h}$ (l/s)
2015	7.5	59,03
2040	7	88,91

I.8. Bilan ressources-besoins :

La ressource disponible est de 35l/s, soit 3024 m³/j. Les besoins actuels du Chef Lieu d'Aokas sont estimés à 59,03l/s. Comptent aux besoins futurs ils ont été estimés à 88,91 l/s.

I.9. Conclusion :

Après avoir présenté notre zone d'étude et avoir estimé ses besoins en eau actuels et futurs, nous constatons que les ressources mobilisées ne répondent pas aux besoins de l'agglomération, et nous concluons que les ressources existantes présentent un déficit, ce qui nécessite la mobilisation de nouvelles ressources afin de répondre aux besoins de l'agglomération.

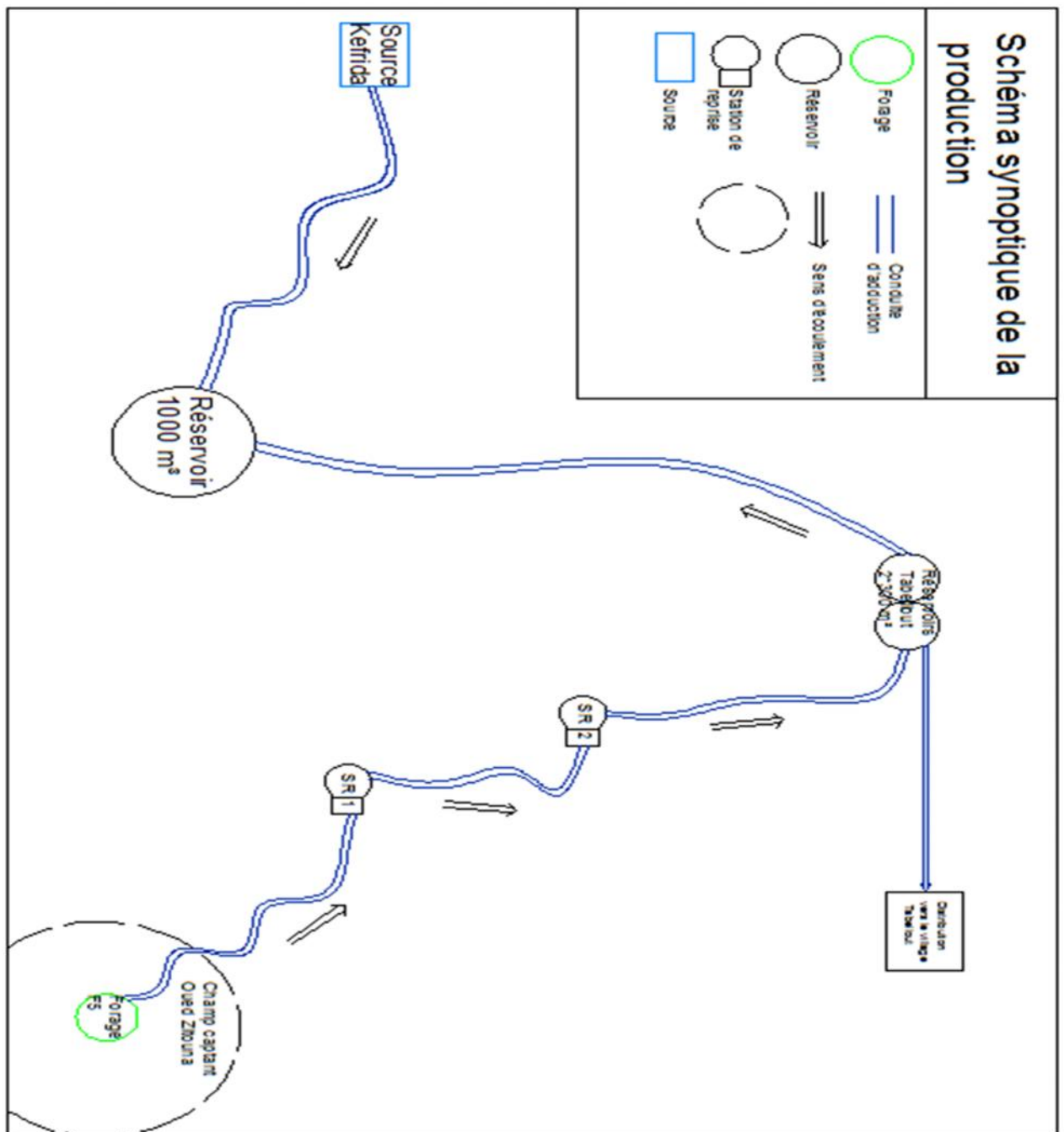


Figure I.2 : Schéma synoptique du réseau d'adduction d'eau potable.

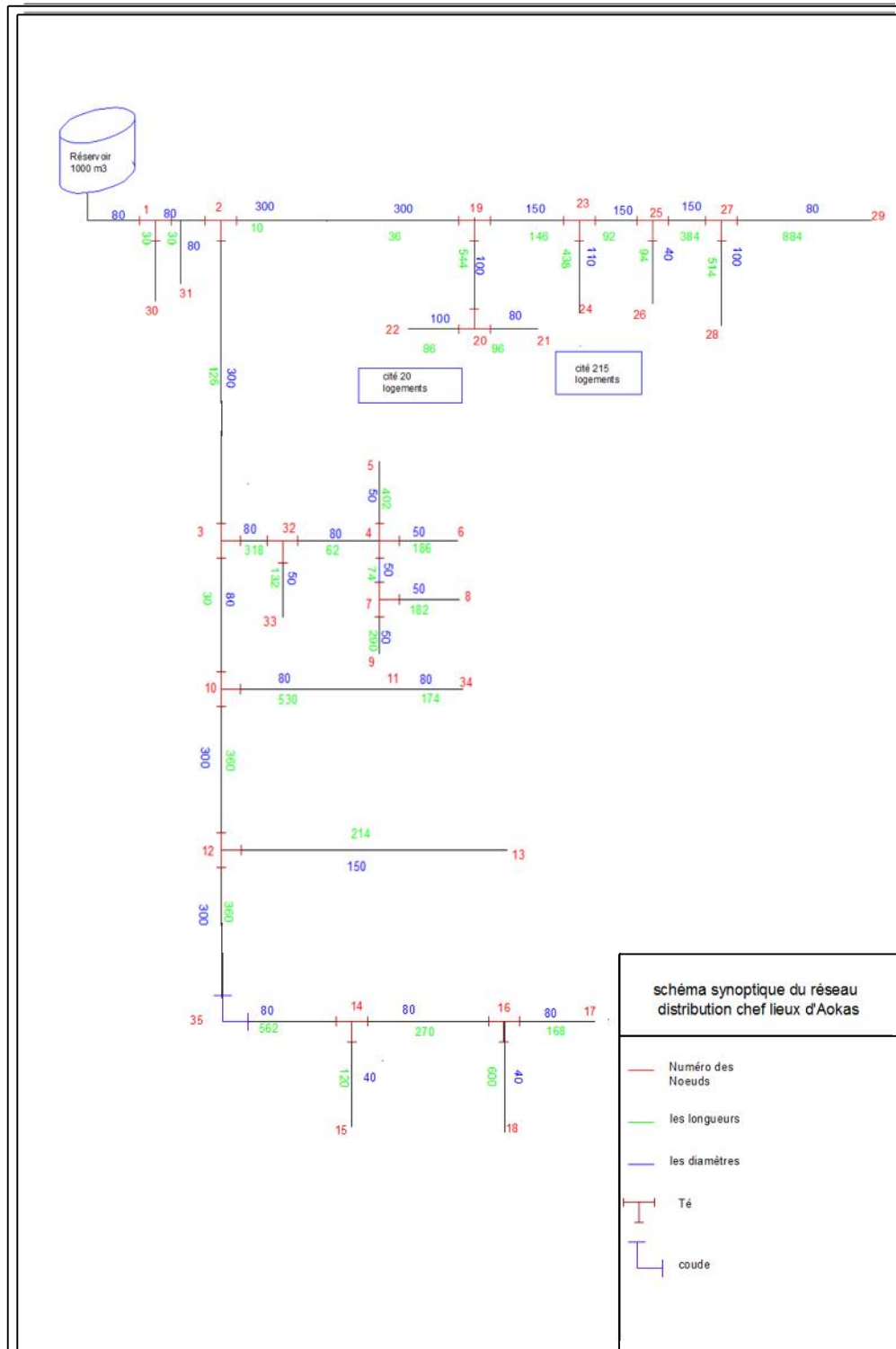


Figure I.3 : Schéma synoptique du réseau de distribution d'eau potable.

***Chapitre II:
Diagnostic du réseau
existant***

*Chapitre II:
Diagnostic du réseau
existant*

II.1. Introduction :

Avant d'entreprendre toute action de réhabilitation ou de rénovation des réseaux d'eau potable existants, il y a lieu de détecter toutes les anomalies de ces réseaux entraînant des dysfonctionnements, insuffisances, pertes en eaux etc

Pour ce faire, plusieurs enquêtes au près des services techniques concernés (APC, ADE et DRE) ont été effectuées et un maximum d'informations a été récolté.

II.2. Définitions :

II.2.1. Diagnostic d'un réseau d'AEP :

L'étude diagnostic d'un réseau d'AEP consiste à analyser qualitativement et quantitativement tous les aléas pouvant surgir sur le réseau et se manifester par des observations. Il s'agit dans tous les cas d'établir le cheminement possible entre les observations, les causes possibles, et d'évaluer les conséquences induites afin de définir une éventuelle réhabilitation à prévoir pour améliorer les prestations et optimiser la gestion du réseau [7].

Pour ce faire, un diagnostic peut s'effectuer selon les étapes suivantes :

- Connaissance et diagnostic physique du réseau,
- Diagnostic fonctionnel du réseau,
- Diagnostic hydraulique appelé aussi parfois pré-diagnostic (Analyse statistique de la production et de la consommation).

II.2.2. Vieillessement d'un réseau d'AEP:

Le vieillissement d'un réseau correspond à sa dégradation dans le temps. Cette dégradation se manifeste par l'observation de certains dommages, ou par un mauvais fonctionnement hydraulique. Tous ces phénomènes peuvent être regroupés en deux catégories :

- Mauvais fonctionnement hydraulique du réseau engendré par le vieillissement d'une conduite.
- Dommages divers dans le réseau.

II.2.3. Défaillance :

Une défaillance est une rupture ou une fuite apparente nécessitant une intervention sur le réseau. Elle peut avoir lieu soit sur la conduite, soit sur le joint. Et elle peut être de différentes natures (figure II.1 ; tableau II.1).

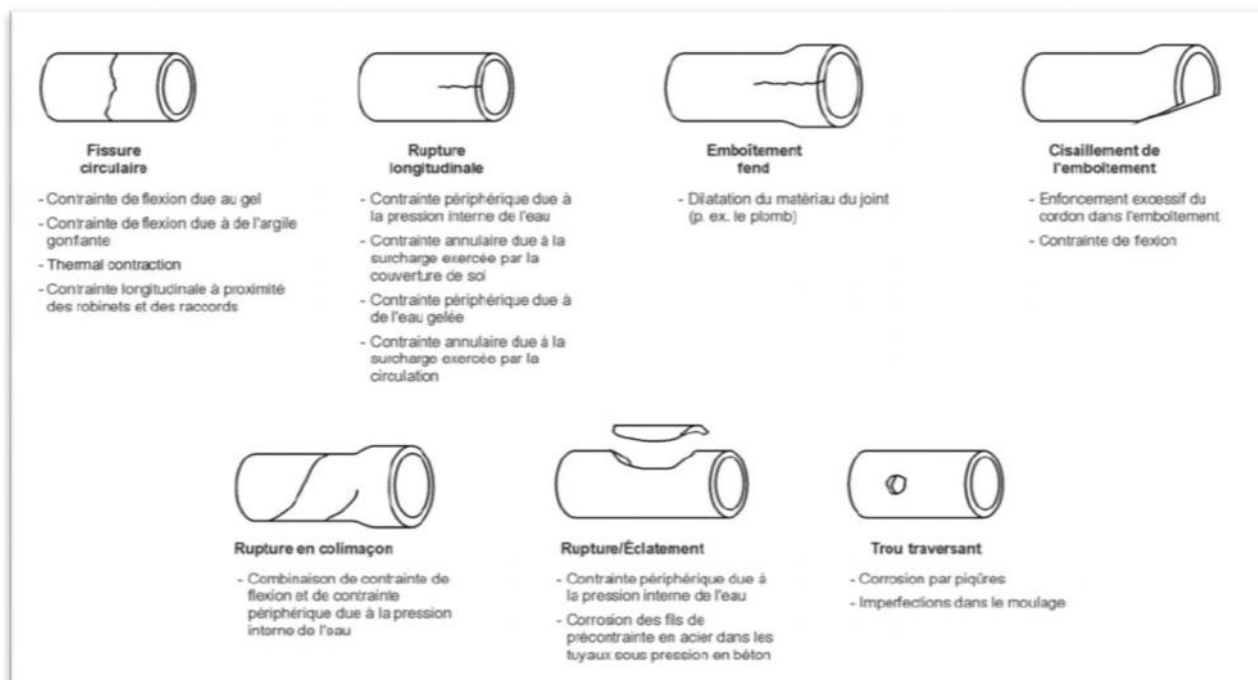


Figure II.1 : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable [7]

Tableau (II.1) : manifestations et mesures de la dégradation des conduites d'eau potable.

Manifestation	-Dégradation de la qualité de l'eau.	-Diminution de la capacité de transport.	-Augmentation des fuites diffuses.	-Ruptures ou fuites apparentes.
Origines	-Corrosion interne (chimique ou biologique). -Porosité de joints ou tuyaux.	-Entartrage -Protubérance de produits de corrosion	-Corrosions internes et externes. -Détérioration des joints	-Corrosions internes et externes. -Dégradation du lit de pose. -Mouvement de sol.
Mesures du vieillissement	-Mesures chimiques. -Plaintes des consommateurs	-Mesure de diamètre ou de coefficients de rugosité. -Chutes de pression.	-Nombre de fuites/Km. -Débit des fuites.	-Taux de fuites ou de casses annuel.

II.3. Le diagnostic physique du réseau existant :

Le diagnostic physique d'un réseau d'AEP se fait sur la base des investigations de reconnaissances in situ des ouvrages (stations de pompes, réservoirs, forages,... etc).

II.3.1. Forage Tabellout :

Le forage Tabellout a les caractéristiques suivantes :

- $Q = 25 \text{ l/s}$,
- Profondeur : 45m
- Diamètre : 300 mm
- Niveau statique : 9.02 m
- Niveau dynamique : 10,15 m

Ce forage est équipé d'un groupe électro pompe immergé qui refoule un débit de 25l/s vers la station de reprise1. La conduite de refoulement est en fonte de diamètre 250mm.

L'abri du forage est dans un état insalubre ce qui favorise l'installation des rongeurs, son nettoyage est recommandé, les compteurs se trouvant à l'intérieur (manomètre et débitmètre) donnent des valeurs erronées ; leurs changement s'impose. *[Image1]*

II.3.2. Station de reprise1 :

La station de reprise 1 se situe au village Timaarest à une altitude de 152m, la clôture en grillage est détériorée dans certains endroits et la porte est attaquée par l'oxydation ce qui rend l'accès facile aux personnes étrangères. Par contre on aperçoit que l'état du génie civil au niveau de la station est bon. *[Image 2]*

a. Chambre de pompe : *[Image 6]*

- ✚ Cette chambre est très étroite ce qui ne facilite pas le travail des agents de l'ADE pendant son exploitation, son élargissement est souhaitable.
- ✚ Cette chambre contient uniquement une seule pompe immergée, ce qui provoque une rupture d'alimentation vers la station de reprise 2 en cas de panne.
- ✚ Fuites d'eau au niveau de la chambre de pompe ce qui nécessite leurs réparation.

b. Chambre de vannes : *[Image 4]*

Manque d'entretien et présence d'eau à l'intérieur de la chambre suite aux fuites au niveau des joints, ce qui nécessite le remplacement de ces derniers

c. Les vannes : *[Image 3 et 5]*

- ✚ Le regard de vannage au niveau de la station est exposé à l'air libre, il faut couvrir celui-ci avec un tampon pour éviter toute manœuvre et garder sa propreté.
- ✚ On remarque une fuite d'eau énorme au niveau de la vanne. Chose qui peut causer un glissement de terrain.
- ✚ La conduite en acier noir a perdu son enrobage. Cela peut accélérer le processus de corrosion.

⚡ Jonction de la conduite acier noir et acier galvanisé peut créer le processus de corrosion ou électrolyse.

d. Le réservoir :

C'est un réservoir circulaire, semi enterré d'une capacité de 100m³ et d'une hauteur de quatre mètre.il est dans sa globalité en bon état.

II.3.3. Station de reprise 2 :

La station de reprise 2 reliant la station de reprise 1 au réservoir 2x300m³ se situe aussi au village Timaarest à une altitude de 262m, elle présente les mêmes caractéristiques que la station de reprise 1 concernant l'état du génie civile et la clôture.

II.3.4. le réservoir 2x300m³ : [Image 8]

Ce réservoir est situé au village Tabellout à une altitude de 374 m, la clôture est en mauvaise état, son changement est donc nécessaire. Le nettoyage et le revêtement extérieur sont recommandés.

II.3.5. Réservoir 1000m³ :

C'est un réservoir circulaire semi enterré d'une capacité de1000m³. Il présente une cote du radier de 109m et une cote du trop plein de 113,5m.

- La chambre des vannes nécessite le nettoyage et la réparation des fuites à son niveau. [Image 4]
- Introduction de la lumière à l'intérieurs à travers les éléments en Nevada ce qui peut altérer la qualité de l'eau [Image 9].

II.3.6. les conduites d'adduction :

Les conduites d'adduction ont été récemment rénovées en fonte et en diamètre 250 mm. Elles sont en bon état.



Image 1 : forage Tabellout.



Image 2 : station de reprise1.



Image 3 : les vannes du réservoir 1000m³.



Image4 : chambre de vannes du réservoir 1000m³.



Image 5 : Fuite au niveau de la vanne de vidange de SR1.



Image 6 : chambre de pompe de SR1.



Image 7 : vannes à la station de reprise2.



Image 8 : Réservoirs 2x300m³.



Image 9 : Eléments en Nevada au niveau du réservoir 1000m³.

II.4. vérification de la capacité de réservoir :

La capacité du réservoir est déterminée en fonction des variations de débit rentrant et sortant de réservoir.

➤ **Calcul du volume de stockage d'un réservoir :**

Le volume total de stockage d'un réservoir est déterminé par la formule suivante :

$$V_r = \frac{P_{\max} \cdot Q_{\max j}}{100}$$

Tel que :

$$P_{\max} \% = V^+ + V^-$$

Avec :

V_r : volume régulier total (m³),

P_{\max} : résidu maximum en (%),

$Q_{\max j}$: débit maximum journalier à consommer (m³/j),

V : résidu.

Pour le calcul de volume total (V_t) du réservoir, la réserve d'incendie sera prise en compte, donc ce volume total est donné par :

$$V_t = V_r + V_{inc}$$

V_t : volume total de réservoir (m³),

V_{inc} : volume de la réserve d'incendie ($V_{inc}=120m^3$).

➤ **Calcul de coefficient de variation horaire K_{maxh} :**

$$K_{\max h} = \max \cdot \max$$

Avec :

\max : coefficient de confort (niveau de vie de la localité) qui varie de 1.2 à 1.4,

\max : coefficient qui dépend du nombre d'habitants.

Donc : $K_{\max} = 1.62$. (On va prendre la colonne qui correspond à $K_{\max} = 1.7$).

➤ **Calcul de la capacité de notre réservoir :**

Pour le calcul de la capacité du réservoir on doit représenter un tableau des bilans massiques entrants et sortants de ce réservoir, et les résultats sont les suivants :

Tableau (II.2) : variation de la consommation journalière.

Heure	Apport (%)	Distribution (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
0-1	4,16	1	3,16	-	3,16
1-2	4,16	1	3,16	-	6,32
2-3	4,16	1	3,16	-	9,48
3-4	4,16	1	3,16	-	12,64
4-5	4,16	2	2,16	-	14,8
5-6	4,16	3	1,16	-	15,96
6-7	4,16	5	-	-0,84	15,12
7-8	4,16	6,5	-	-2,34	12,78
8-9	4,17	6,5	-	-2,34	10,44
9-10	4,17	5,5	-	-1,34	9,1
10-11	4,17	4,5	-	-0,34	8,76
11-12	4,17	5,5	-	-1,34	7,42
12-13	4,17	7	-	-2,84	4,58
13-14	4,17	7	-	-2,84	1,74
14-15	4,17	5,5	-	-1,34	0,4
15-16	4,17	4,5	-	-0,34	0,06
16-17	4,17	5	-	-0,84	-0,78
17-18	4,17	6,5	-	-2,84	-3,12
18-19	4,17	6,5	-	-2,84	-5,46
19-20	4,17	5	-	-0,84	-6,3
20-21	4,17	4,5	-	-0,34	-6,74
21-22	4,17	3	1,16	-	-5,48
22-23	4,17	2	2,16	-	-3,16
23-24	4,17	1	3,16	-	0
Total	100	100			

Tableau (II.3) : Récapitulation des résultats.

P+	P-	P _{max}	Q _{max}	V _r	V _{inc}	V _{tot}
15.96	-6.54	22.71	4572.65	1037.99	120	1157.99

II.5. Le diagnostic fonctionnel du réseau existant :

Pour réaliser ce diagnostic fonctionnel nous avons choisit deux méthodes : la première est la modélisation du réseau de distribution sur le logiciel EPANET pour pouvoir analyser son comportement et ses caractéristiques hydrauliques (débits, pressions et vitesses), la deuxième est le redimensionnement du réseau de distribution selon le tracé existant en tenant compte des besoins en eau actuel et futur du CLA, pour les comparer avec les dimensions du réseau existant.

II.5.1. Modélisation du réseau de distribution existant sur EPANET :

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. [5]

II.5.1.1. description du logiciel Epanet : [8]

Epanet est un logiciel élaboré par l'organisme national américain de l'environnement, il est d'un usage courant aux Etats-Unis. Il a été introduit en Europe par un grand groupe mondial de distribution d'eau et progressivement d'autres utilisateurs l'adoptent.

Le logiciel considère le réseau de distribution comme un ensemble de nœuds reliés entre eux par des arcs. Les nœuds peuvent être des nœuds de demande ou des réservoirs et les arcs représentent des conduites, vannes de contrôle ou bien des pompes.

➤ Nœuds de demande :

Ce sont les points de jonction entre les arcs, les données d'entrées obligatoires pour effectuer la simulation sont :

- L'altitude du nœud ;
- Le débit d'entrée ou de sortie ;
- Le numéro du nœud.

Les résultats calculés après la simulation sont :

- La hauteur piézométrique au nœud,
- La pression au nœud.

➤ Les réservoirs

Ce sont des nœuds avec une capacité de stockage et avec une hauteur d'eau initiale, les données de base pour pouvoir effectuer une simulation sont :

- La côte altimétrique du radier,
- Le niveau initial, minimal et maximal du réservoir,
- Le diamètre du réservoir.

Les résultats donnés après la simulation sont :

- La charge (altitude du niveau d'eau),
- La pression (niveau de l'eau dans le réservoir).

➤ Les conduites :

Les conduites sont des arcs qui transportent de l'eau du nœud qui a la pression la plus élevée au deuxième nœud.

Les données nécessaires pour effectuer la simulation sont :

- Longueurs,
- Diamètres,
- Rugosités,
- L'état de la conduite (fermée, ouverte ou clapet anti-retour).

Les valeurs calculées après la simulation sont :

- Le débit,
- La vitesse,
- La perte de charge.

Pour le calcul des pertes de charge, EPANET propose trois formules :

- Hazen-Williams,
- Darcy-Weisbach,
- Chezy-Manning.

II.5.1.2. Les étapes suivies pour la modélisation du réseau :

➤ ***Le tracé du réseau :***

Tracer l'ossature du réseau sur la fenêtre schéma du réseau ou l'importer d'un autre fichier dessin. Dans notre cas nous avons importé le tracé du réseau à partir d'un fichier dessin mapinfo en tant que fond d'écran, puis nous avons reproduit ce dernier en plaçant les nœuds et les arcs.

Schéma du Réseau



Figure II.3 : Le tracé du réseau sur EPANET.

➤ **Introduction des données physiques et hydrauliques :**

- Au niveau des nœuds :

Tableau (II.4) : Altitudes et demandes de base au niveau des nœuds du réseau.

Identifiant du nœud	Altitudes (m)	Demande de base Q_n actuelle (l/s)	Demande de base Q_n future (l/s)
Nœud 1	74,46	2,83	4,26
Nœud 2	23,24	1,58	2,39
Nœud 3	17,69	1,51	2,28
Nœud 4	9,41	2,31	3,48
Nœud 5	6,3	1,28	1,93
Nœud 6	6,01	0,59	0,89
Nœud 7	9,49	1,74	2,63
Nœud 8	8,22	0,58	0,87

Nœud 9	5,39	0,93	1,39
Nœud 10	14,97	2,94	4,42
Nœud 11	12,75	2,25	3,39
Nœud 12	23,87	1,81	2,72
Nœud 13	12,94	0,68	1,03
Nœud 14	5	3,04	4,58
Nœud 15	5	0,38	0,58
Nœud 16	5	3,32	4,99
Nœud 17	15	0,54	0,81
Nœud 18	5,83	1,92	2,89
Nœud 19	21,2	2,32	3,49
Nœud 20	12,84	2,32	3,49
Nœud 21	11,28	0,31	0,46
Nœud 22	10,02	0,27	0,41
Nœud 23	24,81	2,16	3,25
Nœud 24	24,31	1,4	2,11
Nœud 25	25,89	1,82	2,74
Nœud 26	33	0,3	0,45
Nœud 27	20	5,69	8,57
Nœud 28	10	1,64	2,47
Nœud 29	17,7	2,82	4,25
Nœud 30	39,77	1,06	1,60
Nœud 31	63,55	0,7	1,06
Nœud 32	10,16	1,64	2,46
Nœud 33	9,4	0,42	0,63
Nœud 34	5,21	0,55	0,84
Nœud 35	24,13	2,1	3,16
Nœud 36	15	0,33	0,50
Réservoir 37	109	Sans Valeur	Sans valeur

Avec : $Q_n = 0.5 \sum Q_{ri} + Q_{conc}$

Tels que :

Q_n : Débit au nœud,

Q_{ri} : Débit de route traversant le nœud i ,

Q_{conc} : Débit concentré au niveau du nœud i .

- Au niveau des arcs :

Tableau (II.5) : Données physiques du réseau de distribution.

Identifiant tuyaux	Tronçon	Longueur	Diamètre	Rugosité
R-1	Tuyau 1	146	300	0,5
1-2	Tuyau 2	334	300	0,5
2-3	Tuyau 3	126	300	0,5
3-32	Tuyau 4	318	80	0,5
32-4	Tuyau 5	62	80	0,5
4-5	Tuyau 6	402	50	0,5
4-6	Tuyau 7	186	50	0,5
4-7	Tuyau 8	74	50	0,5
7-8	Tuyau 9	182	50	0,5
7-9	Tuyau 10	290	50	0,5
32-33	Tuyau 11	132	50	0,5
3-10	Tuyau 12	30	300	0,5
10-11	Tuyau 13	530	80	0,5
11-34	Tuyau 14	174	80	0,5
10-12	Tuyau 15	360	300	0,5
12-13	Tuyau 16	110	40	0,5
13-36	Tuyau 17	100	200	0,5
12-35	Tuyau 18	96	300	0,5
35-14	Tuyau 19	562	80	0,5
14-15	Tuyau 20	120	40	0,03
2-19	Tuyau 21	36	300	0,5
19-23	Tuyau 22	146	150	0,5
23-24	Tuyau 23	438	110	0,03
19-20	Tuyau 24	544	100	0,5
20-21	Tuyau 25	96	80	0,5
23-25	Tuyau 26	92	150	0,5
25-26	Tuyau 27	94	40	0,5
25-27	Tuyau 28	384	150	0,5
27-29	Tuyau 29	884	80	0,5
27-28	Tuyau 30	514	100	0,5
14-16	Tuyau 31	270	80	0,5
16-17	Tuyau 32	168	80	0,5
16-18	Tuyau 33	600	40	0,5
1-31	Tuyau 34	220	100	0,5
1-30	Tuyau 35	332	40	0,5
20-22	Tuyau 36	86	100	0,5

➤ *lancement de la simulation du réseau :*

Après avoir tracé l'ossature de notre réseau et introduit toute les caractéristiques des arcs et des nœuds nous avons lancé la simulation en déterminant ses paramètres hydrauliques (figure II.3)

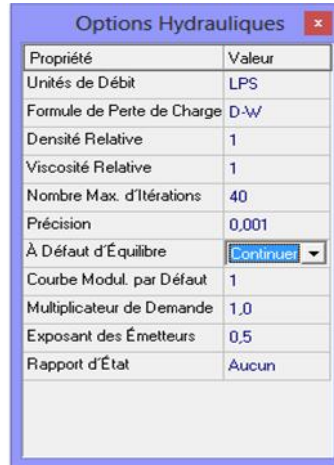


Figure II.4 : Les options hydrauliques de la simulation.

II.5.1.3. La simulation du réseau sous les conditions actuelles (\emptyset et besoins en eau) :

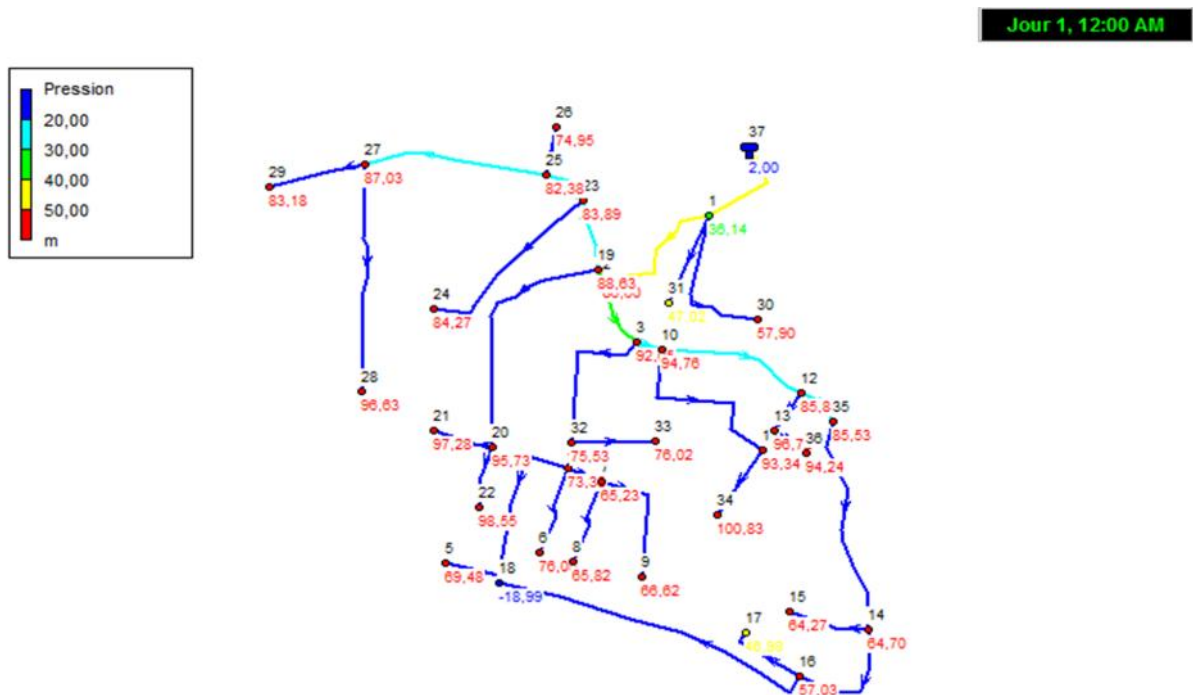


Figure II.5 : les pressions après simulation.

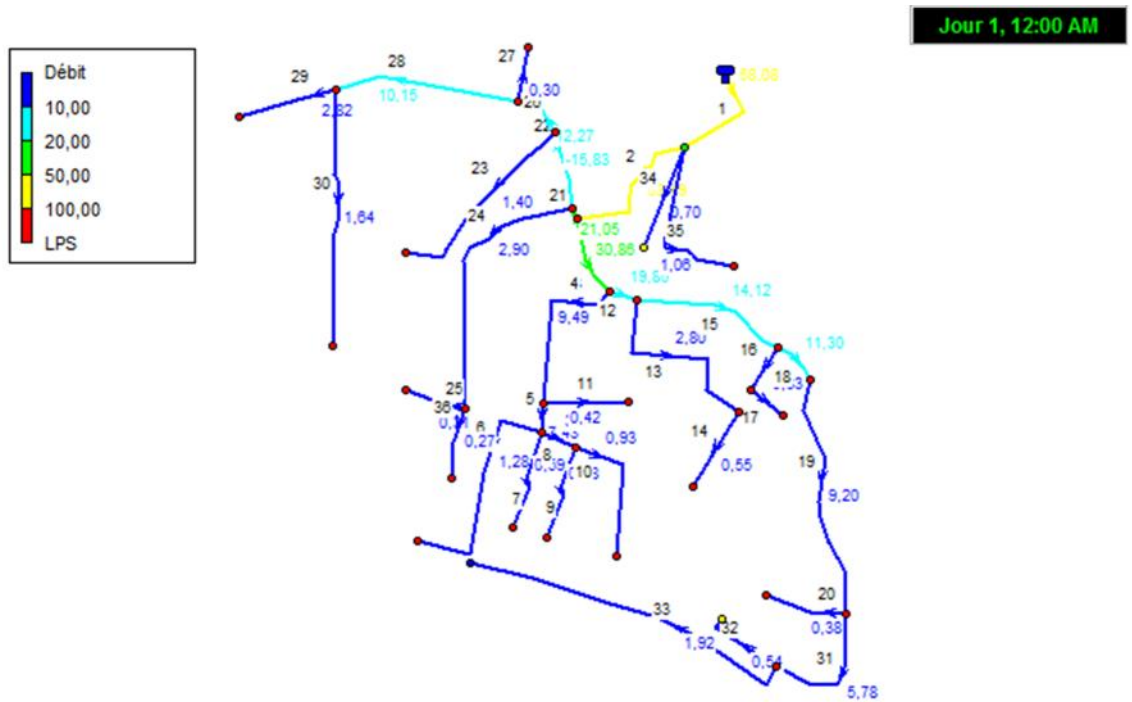


Figure II.6 : Débits après simulation.

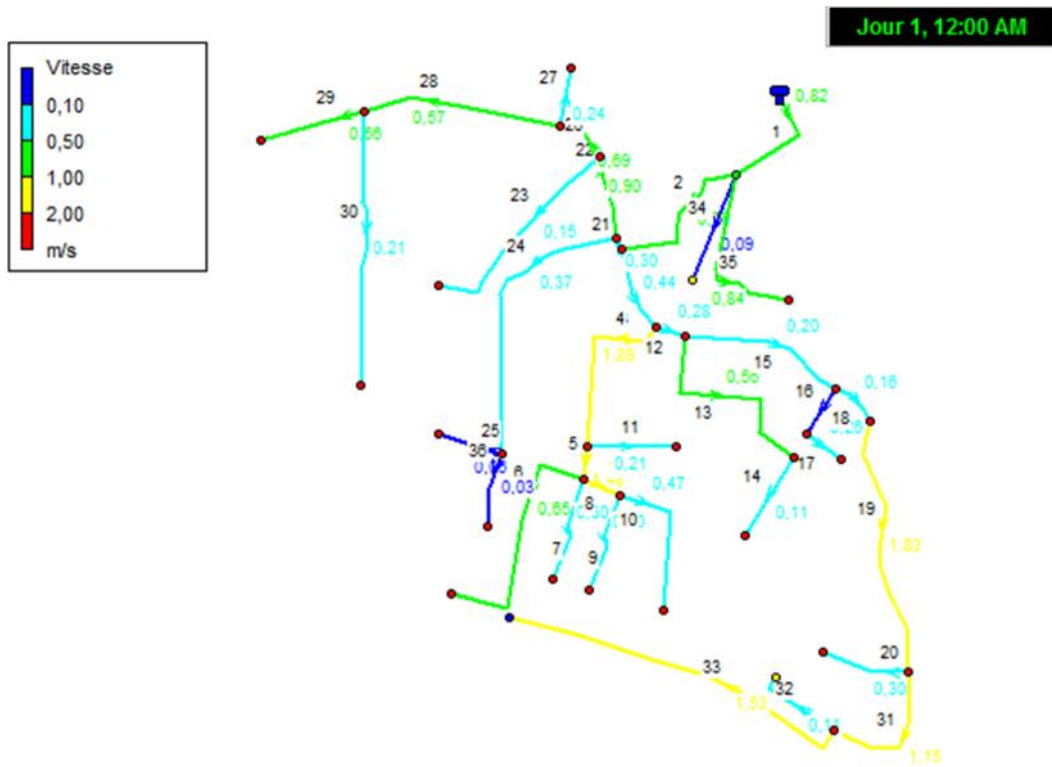


Figure II.7 : vitesses après simulation.

Tableau (II.6) : Etat des nœuds après simulation.

ID Nœud	Altitude (m)	Demande de base (l/s)	Charge (m)	Pression(m)
Nœud 1	74,46	2,83	110,60	36,14
Nœud 2	23,24	1,58	109,84	86,60
Nœud 3	17,69	1,51	109,74	92,05
Nœud 4	9,41	2,31	82,79	73,38
Nœud 5	6,3	1,28	75,78	69,48
Nœud 6	6,01	0,59	82,06	76,05
Nœud 7	9,49	1,74	74,72	65,23
Nœud 8	8,22	0,58	74,04	65,82
Nœud 9	5,39	0,93	72,01	66,62
Nœud 10	14,97	2,94	109,73	94,76
Nœud 11	12,75	2,25	106,09	93,34
Nœud 12	23,87	1,81	109,67	85,80
Nœud 13	12,94	0,68	109,66	96,72
Nœud 14	5	3,04	69,70	64,70
Nœud 15	5	0,38	69,27	64,27
Nœud 16	5	3,32	62,03	57,03
Nœud 17	15	0,54	61,98	46,98
Nœud 18	5,83	1,92	-13,16	-18,99
Nœud 19	21,2	2,32	109,83	88,63
Nœud 20	12,84	2,32	108,57	95,73
Nœud 21	11,28	0,31	108,56	97,28
Nœud 22	10,02	0,27	108,57	98,55
Nœud 23	24,81	2,16	108,70	83,89
Nœud 24	24,31	1,40	108,58	84,27
Nœud 25	25,89	1,82	108,27	82,38
Nœud 26	33	0,30	107,95	74,95
Nœud 27	20	5,69	107,03	87,03
Nœud 28	10	1,64	106,63	96,63
Nœud 29	17,7	2,82	100,88	83,18
Nœud 30	39,77	1,06	97,67	57,90
Nœud 31	63,55	0,70	110,57	47,02
Nœud 32	10,16	1,64	85,69	75,53
Nœud 33	9,4	0,42	85,42	76,02
Nœud 34	5,21	0,55	106,04	100,83
Nœud 35	24,13	2,10	109,66	85,53
Nœud 36	15	0,33	109,24	94,24
Réservoir 37	109	-58,08	111,00	2,00

Tableau (II.7) : Etat des conduites après simulation.

Tronçons	ID Arc	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge (m)
R-1	Tuyau 1	58,08	0,82	2,71
1-2	Tuyau 2	53,49	0,76	2,29
2-3	Tuyau 3	30,86	0,44	0,79
3-32	Tuyau 4	9,49	1,89	75,63
32-4	Tuyau 5	7,43	1,48	46,83
4-5	Tuyau 6	1,28	0,65	17,42
4-6	Tuyau 7	0,59	0,30	3,90
4-7	Tuyau 8	3,25	1,66	108,94
7-8	Tuyau 9	0,58	0,30	3,78
7-9	Tuyau 10	0,93	0,47	9,36
32-33	Tuyau 11	0,42	0,21	2,05
3-10	Tuyau 12	19,86	0,28	0,35
10-11	Tuyau 13	2,80	0,56	6,86
11-34	Tuyau 14	0,55	0,11	0,31
10-12	Tuyau 15	14,12	0,20	0,17
12-13	Tuyau 16	1,01	0,06	0,04
13-36	Tuyau 17	0,33	0,26	4,08
12-35	Tuyau 18	11,30	0,16	0,12
35-14	Tuyau 19	9,20	1,83	71,09
14-15	Tuyau 20	0,38	0,30	3,61
2-19	Tuyau 21	21,05	0,30	0,39
19-23	Tuyau 22	-15,83	0,90	7,71
23-24	Tuyau 23	1,40	0,15	0,28
19-20	Tuyau 24	2,90	0,37	2,31
20-21	Tuyau 25	0,31	0,06	0,11
23-25	Tuyau 26	12,27	0,69	4,69
25-26	Tuyau 27	0,30	0,24	3,41
25-27	Tuyau 28	10,15	0,57	3,22
27-29	Tuyau 29	2,82	0,56	6,96
27-28	Tuyau 30	1,64	0,21	0,78
14-16	Tuyau 31	5,78	1,15	28,41
16-17	Tuyau 32	0,54	0,11	0,30
16-18	Tuyau 33	1,92	1,53	125,32
1-31	Tuyau 34	0,70	0,09	0,16
1-30	Tuyau 35	1,06	0,84	38,95
20-22	Tuyau 36	0,27	0,03	0,02

II.5.1.4. La simulation du réseau sous les conditions futures (\emptyset et demande en eau) :

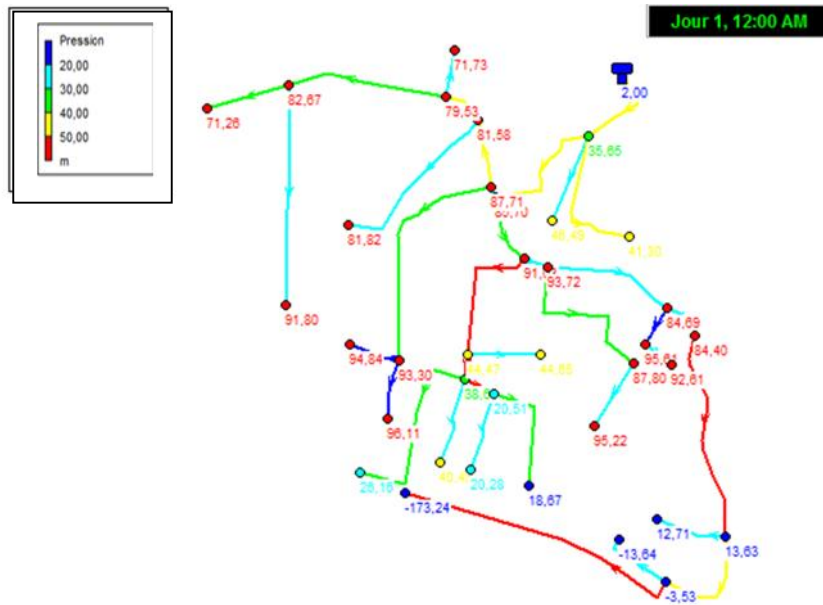


Figure II.8 : pressions au niveau des nœuds après simulation (débit de pointe futur).

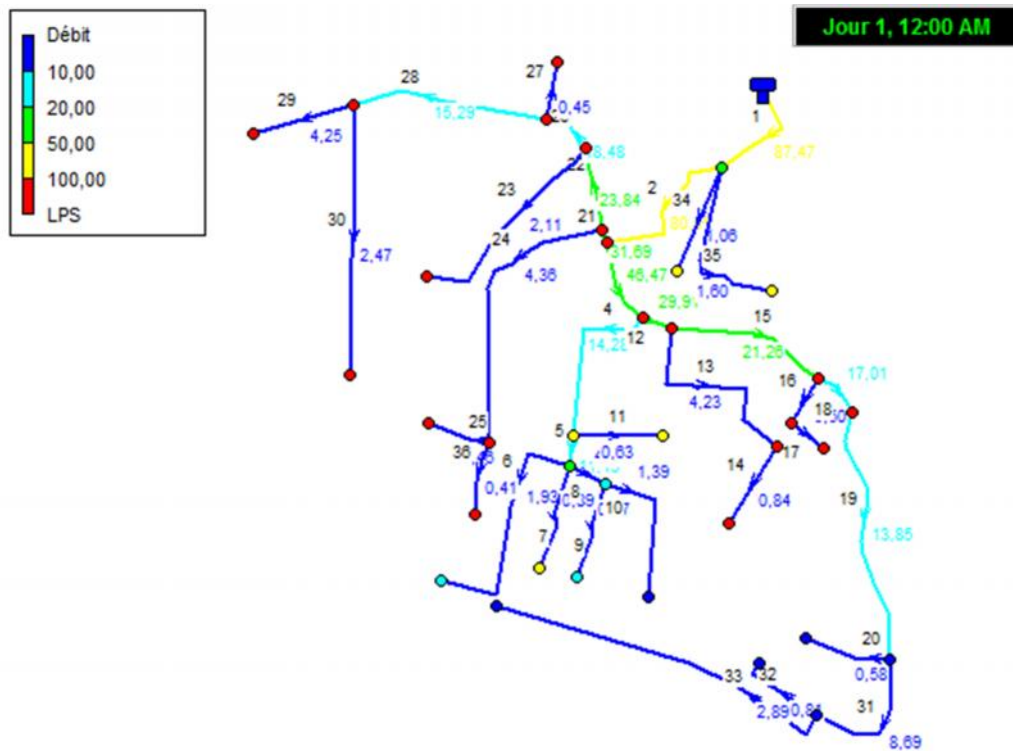


Figure II.9 : Débits au niveau des conduites après simulation (débit de pointe futur).

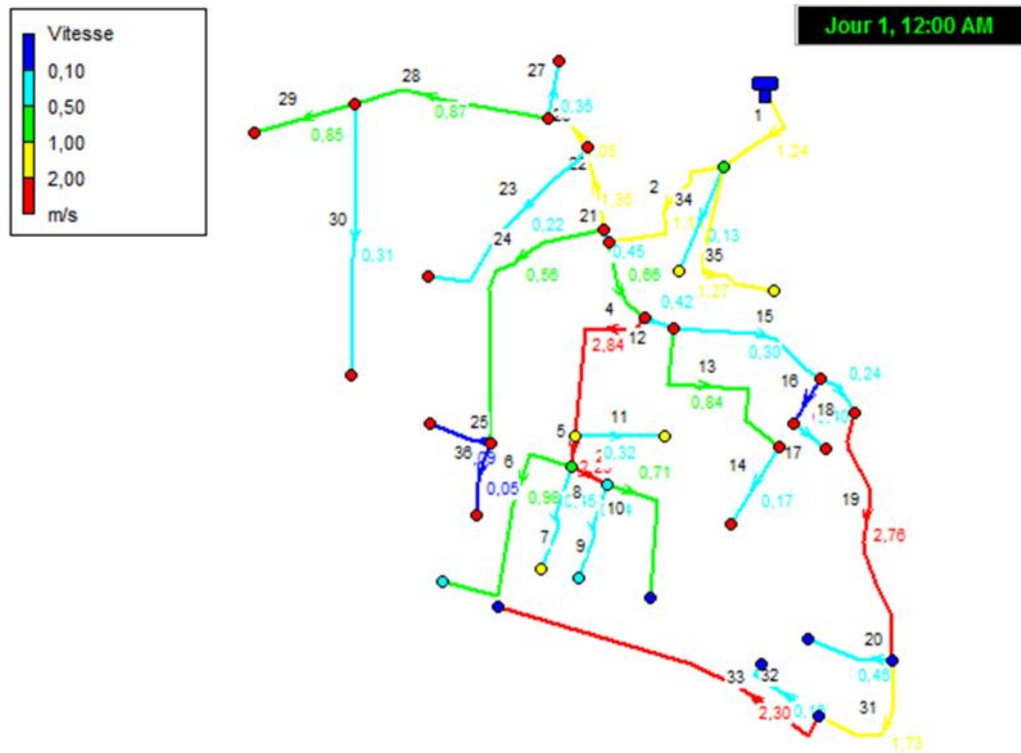


Figure II.10 : vitesses au niveau des conduites après la simulation (débit de pointe futur).

Tableau (II.8) : Etat des nœuds après simulation (débit de pointe futur).

ID Nœud	Altitude (m)	Demande de base (l/s)	Charge (m)	Pression(m)
Nœud 1	74,46	4,26	110,11	35,65
Nœud 2	23,24	2,39	108,94	85,70
Nœud 3	17,69	2,28	108,72	91,03
Nœud 4	9,41	3,48	48,10	38,69
Nœud 5	6,3	1,93	32,46	26,16
Nœud 6	6,01	0,89	46,50	40,49
Nœud 7	9,49	2,63	30,00	20,51
Nœud 8	8,22	0,87	28,50	20,28
Nœud 9	5,39	1,39	24,06	18,67
Nœud 10	14,97	4,42	108,69	93,72
Nœud 11	12,75	3,39	100,55	87,80
Nœud 12	23,87	2,72	108,56	84,69
Nœud 13	12,94	1,03	99,74	86,80
Nœud 14	5	4,58	18,63	13,63
Nœud 15	5	0,58	17,71	12,71
Nœud 16	5	4,99	1,47	-3,53
Nœud 17	15	0,81	1,36	-13,64
Nœud 18	5,83	2,89	-167,41	-173,24
Nœud 19	21,2	3,49	108,91	87,71
Nœud 20	12,84	3,49	106,14	93,30
Nœud 21	11,28	0,46	106,12	94,84
Nœud 22	10,02	0,41	106,13	96,11
Nœud 23	24,81	3,25	106,39	81,58
Nœud 24	24,31	2,11	106,13	81,82
Nœud 25	25,89	2,74	105,42	79,53
Nœud 26	33	0,45	104,73	71,73
Nœud 27	20	8,57	102,67	82,67
Nœud 28	10	2,47	101,80	91,80
Nœud 29	17,7	4,25	88,96	71,26
Nœud 30	39,77	1,60	81,07	41,30
Nœud 31	63,55	1,06	110,04	46,49
Nœud 32	10,16	2,46	54,63	44,47
Nœud 33	9,4	0,63	54,05	44,65
Nœud 34	5,21	0,84	100,43	95,22
Nœud 35	24,13	3,16	108,53	84,40
Nœud 36	15	0,50	99,74	84,74
Réservoir 37	109	-87,47	111,00	2,00

Tableau (II.9) : Etat des conduites après simulation (débit de pointe futur)..

Tronçons	ID Arc	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Perte de charge unitaire (m/Km)
R-1	Tuyau 1	87,47	1,24	6,07
1-2	Tuyau 2	80,55	1,14	3,52
2-3	Tuyau 3	46,47	0,66	1,75
3-32	Tuyau 4	14,28	2,84	170,07
32-4	Tuyau 5	11,19	2,23	105,33
4-5	Tuyau 6	1,93	0,98	38,92
4-6	Tuyau 7	0,89	0,45	8,60
4-7	Tuyau 8	4,89	2,49	244,67
7-8	Tuyau 9	0,87	0,44	8,23
7-9	Tuyau 10	1,39	0,71	20,46
32-33	Tuyau 11	0,63	0,32	4,42
3-10	Tuyau 12	29,91	0,42	0,78
10-11	Tuyau 13	4,23	0,84	15,37
11-34	Tuyau 14	0,84	0,17	0,69
10-12	Tuyau 15	21,26	0,30	0,38
12-13	Tuyau 16	1,53	1,22	80,16
13-36	Tuyau 17	0,50	0,03	0,01
12-35	Tuyau 18	17,01	0,24	0,25
35-14	Tuyau 19	13,85	2,76	159,98
14-15	Tuyau 20	0,58	0,46	7,65
2-19	Tuyau 21	31,69	0,45	0,86
19-23	Tuyau 22	23,84	1,35	17,26
23-24	Tuyau 23	2,11	0,22	0,58
19-20	Tuyau 24	4,36	0,56	5,09
20-21	Tuyau 25	0,46	0,09	0,22
23-25	Tuyau 26	18,48	1,05	10,48
25-26	Tuyau 27	0,45	0,36	7,39
25-27	Tuyau 28	15,29	0,87	7,17
27-29	Tuyau 29	4,25	0,85	15,51
27-28	Tuyau 30	2,47	0,31	1,70
14-16	Tuyau 31	8,69	1,73	63,55
16-17	Tuyau 32	0,81	0,16	0,64
16-18	Tuyau 33	2,89	2,30	281,46
1-31	Tuyau 34	1,06	0,13	0,34
1-30	Tuyau 35	1,60	1,27	87,47
20-22	Tuyau 36	0,41	0,05	0,06

II.5.2. Vérification du dimensionnement du réseau:

II.5.2.1. Dimensionnement avec le débit de pointe actuelle ($Q_{pa}=59.03$ l/s):

- Le débit spécifique :

Par hypothèse on prend une répartition uniforme des habitations par rapport aux tronçons du réseau donc une consommation uniforme.

Avec : $q_s = Q_p / L_i$

Tels que :

q_s : le débit spécifique en (l/s/m),

Q_p : le débit de pointe en (l/s),

L_i : la somme des longueurs des tronçons du réseau en (m).

- Le débit de route :

Le débit de route est un débit qui entre dans la conduite et n'en sort pas, puisque, par définition, il est consommé par les abonnées tout le long du tronçon.

Avec : $Q_{ri} = q_s \times L_i$

Tels que :

Q_{ri} : le débit de route du tronçon i,

L_i : la longueur du tronçon.

- Le débit transit :

Le débit transit (Q_t) est le débit qui transite uniquement par le tronçon de conduite sans être consommé.

- Le débit calculé:

Le débit calculé pour un tronçon donné est celui avec lequel on dimensionne la conduite, en admettant que le tronçon doit distribuer un débit uniformément répartis Q_r et faire transiter un débit Q_t .

Avec : $Q_c = Q_t + Q_r$

Tels que :

Q_c : le débit calculé.

: coefficient qui dépend de la répartition de la consommation du débit en route, dans la littérature on prend $0.5 < \alpha < 0.58$.

- Le diamètre:

Nous avons : $Q = V \times S$ (Équation de continuité).

Avec :

Q : le débit en (m^3/s),

V : vitesse en (m/s),

S : L'aire de la section de la conduite tels que $S = \frac{1}{4} \pi D^2$ en (m^2)

N.B : La vitesse doit être comprise entre 0.5 et 1.5 (l/s).

- Les pertes de charges linéaires [Dupont]:

On définit la perte de charge linéaire J par la formule de Darcy- Weisbach :

$$J = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \text{ en (m)}$$

Avec :

L : longueur de la conduite en (m),

D : diamètre de la conduite (m),

V : vitesse d'écoulement (m/s),

g : accélération de la pesanteur (m/s^2),

λ : le coefficient de frottement de Darcy, il caractérise l'écoulement ainsi que la nature de la rugosité des parois, il est donné par la formule de Colbrook.

Pour le cas d'un régime transitoire : $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\frac{K}{3.71D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} \right]$

Avec :

Re : nombre de Reynolds, tels que : $Re = \frac{V \times D}{\nu}$

ν : viscosité cinématique de l'eau, tels que : $\nu = \frac{0.0178}{1 + 0.0337t + 0.000221t^2}$ en (stocks)

K : rugosité absolue, Pour notre calcul nous avons pris les valeurs suivantes de K pour des tubes anciens : 0.5 pour les tubes en acier et 0.03 pour le PEHD.[9]

- Les pertes de charges singulières [5]:

Les pertes de charges singulières sont celles occasionnées par des singularités dans une conduite (coudes, vannes, clapets, ...etc.).En pratique, ces pertes de charges sont estimées à 15% des pertes de charges linéaires pour les conduites en Acier et de 10% pour les conduites en PEHD.

Tableau (II.10) : Dimensionnement du réseau.

Tronçon	Longueur (m)	q_s (l/s/m)	Q_r (l/s)	Q_t (l/s)	Q_c (l/s)	V (m/s)	D (mm)	DN (mm)	D_1 (mm)	$V_{réel}$ (m/s)	Matériau	Perte de charge (m)
29-27	884	0,00638715	5,65	0	2,82	1	59,97	76	66	0,82	GLV	8,39
28-27	514		3,28	0	1,64		45,73	60	50	0,84	GLV	6,61
27-25	384		2,45	8,93	10,15		113,74	140	127	0,80	Acier.N	1,79
26-25	94		0,6	0	0,30		19,55	33	21	0,87	GLV	3,09
25-23	92		0,59	11,98	12,28		125,05	140	127	0,97	Acier.N.B	0,62
24-23	438		2,80	0	1,40		42,21	50	40	1,11	PEHD	41,42
23-19	146		0,93	15,37	15,83		142,02	200	168	0,71	Acier.N.B	0,41
22-20	86		0,55	0	0,27		18,70	33	21	0,79	GLV	2,37
21-20	96		0,61	0	0,31		19,76	33	21	0,88	GLV	3,29
20-19	544		3,47	1,16	2,90		60,78	76	66	0,85	Acier.N.B	5,44
19-2	36		0,23	20,94	21,05		163,76	200	168	0,95	GLV	0,18
18-16	600		3,83	0	1,92		49,40	60	50	0,98	GLV	10,51
17-16	168		1,07	0	0,54		26,14	42	33	0,63	GLV	1,84
16-14	270		1,72	4,90	5,77		85,72	114	102	0,71	GLV	1,21
15-14	120		0,77	0	0,38		22,09	32	28	0,62	PEHD	5,07
14-35	562		3,59	7,40	9,19		108,20	140	127	0,72	GLV	2,14
35-12	96		0,61	10,98	11,29		119,94	140	127	0,89	Acier.N.B	0,55
13-36	104		0,66	0	0,33		20,57	33	21	0,96	Acier.N.B	4,19
13-12	110		0,70	0,66	1,01		35,97	49	40	0,81	GLV	1,65
12-10	360		2,30	12,96	14,11		134,09	200	168	0,64	Acier.N.B	0,80
34-11	174		1,11	0	0,55		26,60	42	33	0,65	GLV	2,05
11-10	530		3,38	1,11	2,80		59,76	76	66	0,82	Acier.N.B	4,96
10-3	30		0,19	19,76	19,86		159,05	200	168	0,90	Acier.N.B	0,13
9--7	290		1,85	0	0,93		34,35	42	33	1,08	GLV	9,47
8-7	182		1,16	0	0,58		27,21	42	33	0,68	GLV	2,34
7-4	74		0,47	3,01	3,25		64,35	76	66	0,95	GLV	0,93
6-4	186		1,18	0	0,59		27,51	42	33	0,69	GLV	2,50
5-4	402		2,57	0	1,28		40,44	50	40	1,02	GLV	9,64
4-32	62		0,40	7,24	7,44		97,36	114	102	0,91	GLV	0,46
33-32	132		0,84	0	0,42		23,17	34	26	0,79	GLV	2,94
32-3	318		2,03	8,48	9,50		109,99	114	102	1,16	Acier.N.B	3,87
3-2	126		0,80	30,47	30,87		198,30	250	218	0,83	Acier.N.B	0,36
2-1	334	2,13	52,44	53,50	261,07	300	264	0,98	Acier.N	1,11		
31-1	220	1,40	0	0,70	29,92	42	33	0,82	Acier.N	4,13		
30-1	332	2,12	0	1,06	36,75	50	40	0,84	Acier.N	5,43		
1-R	146	0	58,10	58,10	272,05	350	310	0,77	Acier.N	0,26		

II.5.2.2. Dimensionnement à l'horizon futur ($Q_{pf}=88.91$ l/s):

Tableau (II.11) : Dimensionnement du réseau à l'horizon futur.

Tronçon	Longueur	q_s (l/s/m)	Q_r (l/s)	Q_t (l/s)	Q_c (l/s)	V (m/s)	D (mm)	DN (mm)	D_i (mm)	$V_{réel}$ (m/s)	Matériau	Perte de charge (m)
29-27	884	0.00962021	8,50	0	4,25	1	73,6	90	80	0,85	GLV	7,27
28-27	514		4,94	0	2,47		56,12	70	60	0,87	GLV	6,02
27-25	384		3,69	13,45	15,30		139,59	200	168	0,69	Acier.N	1,00
26-25	94		0,90	0	0,45		24	42	33	0,53	GLV	0,73
25-23	92		0,88	18,05	18,49		153,47	200	168	0,83	Acier.N.B	0,35
24-23	438		4,21	0	2,11		51,80	60	50	1,07	PEHD	17,21
23-19	146		1,40	23,15	23,85		174,30	200	168	1,08	Acier.N.B	0,92
22-20	86		0,83	0	0,41		22,95	34	26	0,78	GLV	1,84
21-20	96		0,92	0	0,46		24,25	34	26	0,87	GLV	2,57
20-19	544		5,23	1,75	4,37		74,59	90	80	0,87	Acier.N.B	4,72
19-2	36		0,35	31,53	31,71		200,98	250	218	0,85	GLV	0,11
18-16	600		5,77	0	2,89		60,63	76	66	0,84	GLV	5,95
17-16	168		1,62	0	0,81		32,08	42	33	0,94	GLV	4,18
16-14	270		2,60	7,39	8,69		105,20	114	102	1,06	GLV	2,75
15-14	120		1,15	0	0,58		27,12	32	28	0,94	PEHD	6,43
14-35	562		5,41	11,14	13,84		132,80	140	127	1,09	GLV	4,86
35-12	96		0,92	16,55	17,01		147,20	200	168	0,77	Acier.N.B	0,31
13-36	104		1,00	0	0,50		25,24	42	33	0,58	Acier.N.B	0,99
13-12	110		1,06	1,00	1,53		44,14	60	50	0,78	GLV	1,23
12-10	360		3,46	19,53	21,26		164,57	200	168	0,96	Acier.N.B	1,81
34-11	174		1,67	0	0,84		32,65	42	33	0,98	GLV	4,64
11-10	530		5,10	1,67	4,22		73,35	90	80	0,84	Acier.N.B	4,30
10-3	30		0,29	29,76	29,91		195,19	250	218	0,80	Acier.N.B	0,08
9—7	290		2,79	0	1,39		42,15	60	50	0,71	GLV	2,69
8-7	182		1,75	0	0,87		33,39	42	33	1,02	GLV	5,31
7-4	74		0,71	4,54	4,90		78,98	90	80	0,97	GLV	0,81
6-4	186		1,79	0	0,89		33,76	42	33	1,05	GLV	5,67
5-4	402		3,87	0	1,93		49,63	60	50	0,98	GLV	7,17
4-32	62		0,60	10,91	11,21		119,49	140	127	0,88	GLV	0,35
33-32	132		1,27	0	0,63		28,44	33	21	1,83	GLV	19,42
32-3	318	3,06	12,77	14,30	134,99	165	152	0,79	Acier.N.B	1,19		
3-2	126	1,21	45,89	46,49	243,37	300	264	0,85	Acier.N.B	0,32		
2-1	334	3,21	78,98	80,59	320,41	350	310	1,07	Acier.N	1,13		
31-1	220	2,12	0	1,06	36,71	50	40	0,84	Acier.N	3,58		
30-1	332	3,19	0	1,60	45,10	60	50	0,81	Acier.N	4,04		
1-R	146	0	87,50	87,50	333,87	400	356	0,88	Acier.N	0,29		

II.5.3. Interprétation des résultats du diagnostic fonctionnel :

Après avoir effectué la simulation du réseau sous les conditions actuelles et futures, on ressort avec les résultats suivants :

➤ Conditions actuelles :

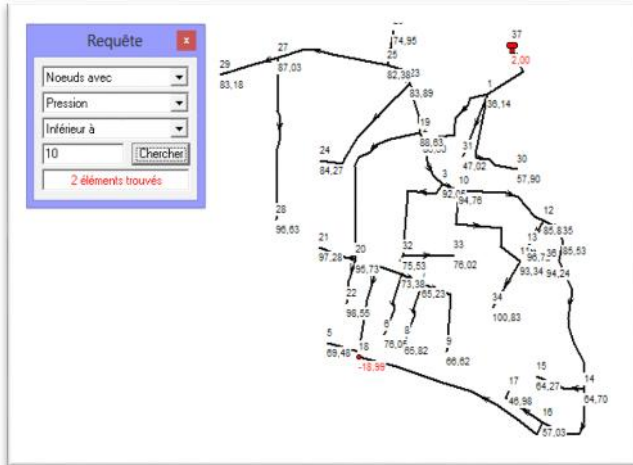


Figure II.11 : les nœuds ayant une pression <10 m.

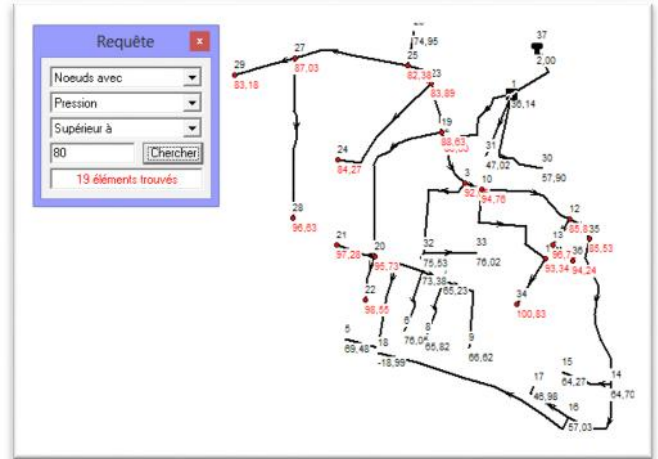


Figure II.12 : les nœuds ayant une pression >80 m.

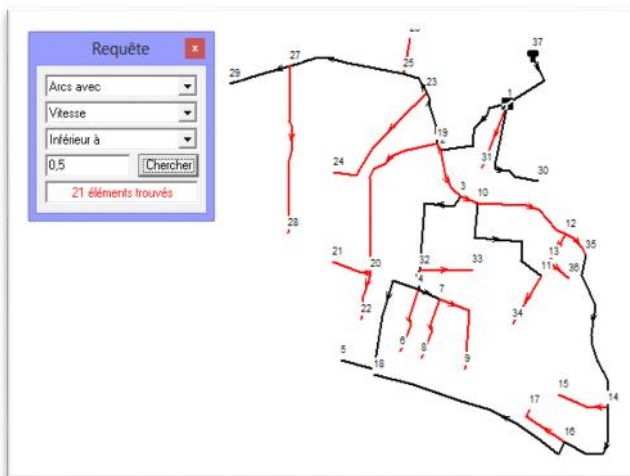


Figure II.13 : les conduites ayant une vitesse <0.5 m/s.

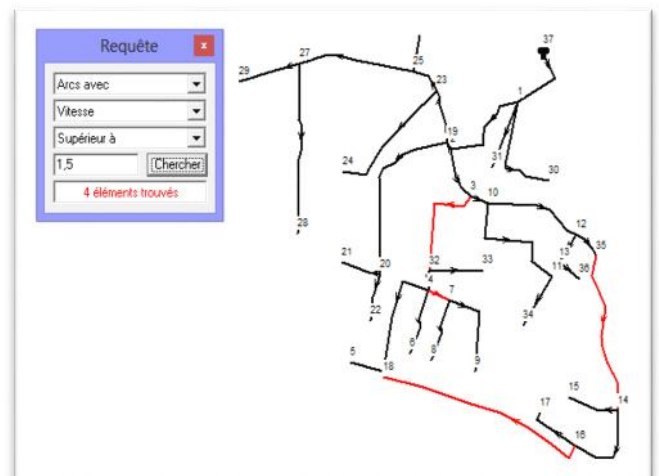


Figure II.14 : les conduites ayant une vitesse >1.5 m/s.

➤ Conditions futures :

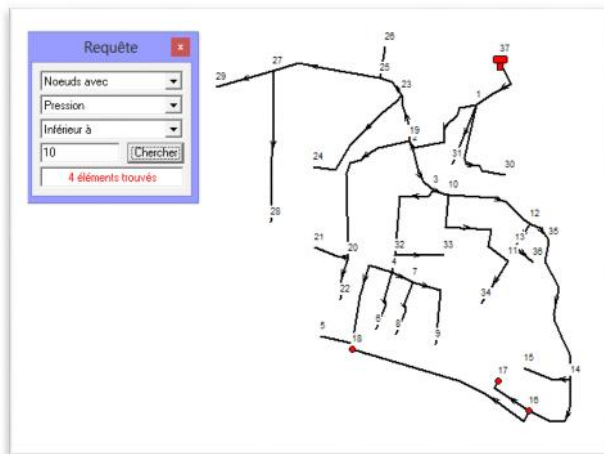


Figure II.15 : les nœuds ayant une pression < 10 m.

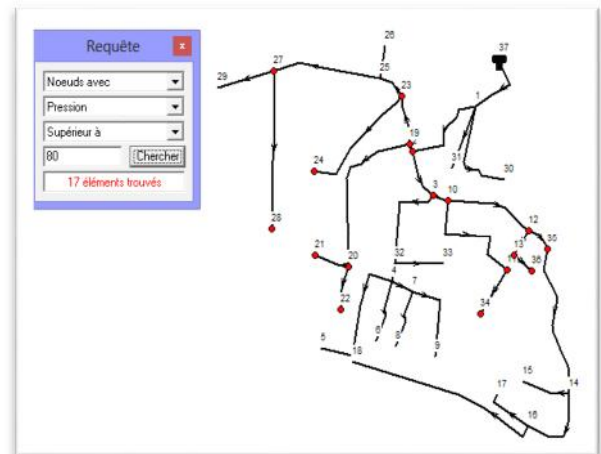


Figure II.16 : les nœuds ayant une pression > 80 m.

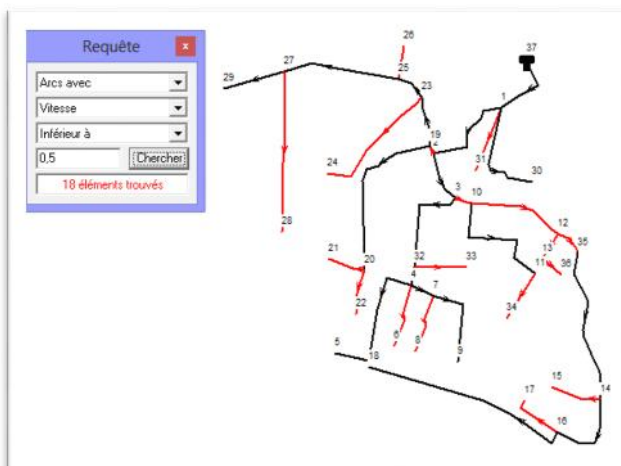


Figure II.17 : les conduites ayant une vitesse < (0.5 m/s).

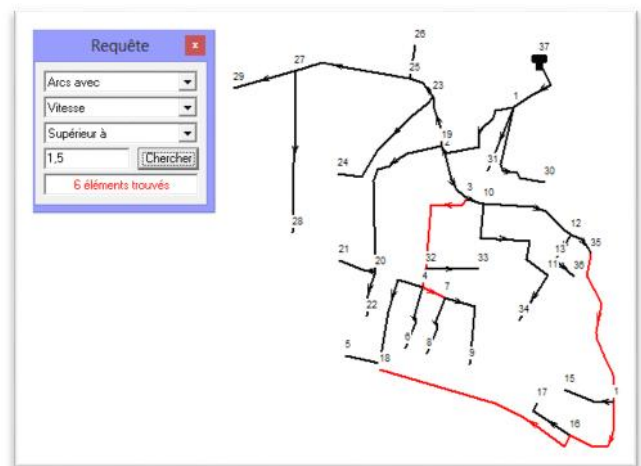


Figure II.18 : les conduites ayant une vitesse > (1.5 m/s).

Tableau (II.12) : confrontation des différents diamètres.

Tronçons	Tuyau	Diamètre réel existant	Diamètre calculé actuel	Diamètre calculé futur
R-1	1	300	350	400
1-30	35	40	50	60
1-31	34	100	42	50
1-2	2	300	300	350
2-3	3	300	250	300
3-32	4	80	114	165
32-33	11	50	34	33
32-4	5	80	114	140
4-5	6	50	50	60
4-6	7	50	42	42
4-7	8	50	76	90
7-8	9	50	42	42
7-9	10	50	42	60
3-10	12	300	200	250
10-11	13	80	76	90
11-34	14	80	42	42
10-12	15	300	200	200
12-13	16	40	49	60
13-36	17	150	33	42
12-35	18	300	140	200
14-35	19	80	140	140
14-15	20	40	32	32
14-16	31	80	114	114
16-17	32	80	42	42
16-18	33	40	60	76
2-19	21	300	200	250
20-19	24	100	76	90
20-21	25	80	33	34
20-22	36	100	33	34
19-23	22	150	200	200
23-24	23	110	50	60
23-25	26	150	140	200
25-26	27	40	33	42
25-27	28	150	140	200

27-28	30	100	60	70
27-29	29	80	76	90

II.6. Le diagnostic hydraulique du réseau existant :

II.6.1 Définitions :

II.6.1.1. Le volume produit (V_p) :

Les volumes produits correspondent à la somme des volumes issus des pompages ou de l'usine de traitement exprimés en (m^3/an). [Diagnostic des systèmes d'alimentation en eau potable- guide rédactionnel février 2004. Etude Inter-Agences]

II.6.1.2. Le volume distribué (V_d) :

C'est le volume annuel introduit dans le réseau de distribution.

II.6.1.3. Le volume facturé (V_f) :

C'est le volume annuel résultant de l'ensemble des factures des abonnées au réseau de distribution.

II.6.1.4. Le volume des fuites (V_{fuite}) :

Les volumes des fuites sont des volumes perdus, soit produits et non distribuée c'est-à-dire les fuites au niveau de l'adduction, soit distribués et non facturés c'est-à-dire au niveau du réseau de distribution. Ces fuites peuvent être de deux types : fuites techniques et fuites administratives.

II.6.1.5. Le rendement du réseau (R) :

Le rendement d'un réseau permet de caractériser son efficacité et les problèmes existants. Ces chiffres caractéristiques sont issus de la comparaison entre la production, la distribution et la consommation. Ils sont donnés de manière globale ou sectorielle, comme pour les données elle mêmes. [Diagnostic des systèmes d'alimentation en eau potable- guide rédactionnel février 2004. Etude Inter-Agences]

On définit :

$$R_{\text{primaire}} = \frac{V_{\text{produit}}}{V_{\text{facturé}}} \quad (\text{rendement primaire})$$

$$R_{\text{net}} = \frac{V_{\text{distribué}}}{V_{\text{facturé}}} \quad (\text{rendement net})$$

II.6.1.6. L'indice linéaire de consommation (ILC) :

L'indice linéaire de consommation est un indice qui traduit la quantité d'eau consommé sur 1Km de canalisation, à partir de cet indice on se renseigne sur le type du réseau (rural, semi-rural ou urbain). Et il s'agit du rapport entre les volumes consommés et le linéaire du réseau de distribution, on l'estime comme suit :

Tableau (II.13) Le type du réseau en fonction de l'ILC, [10].

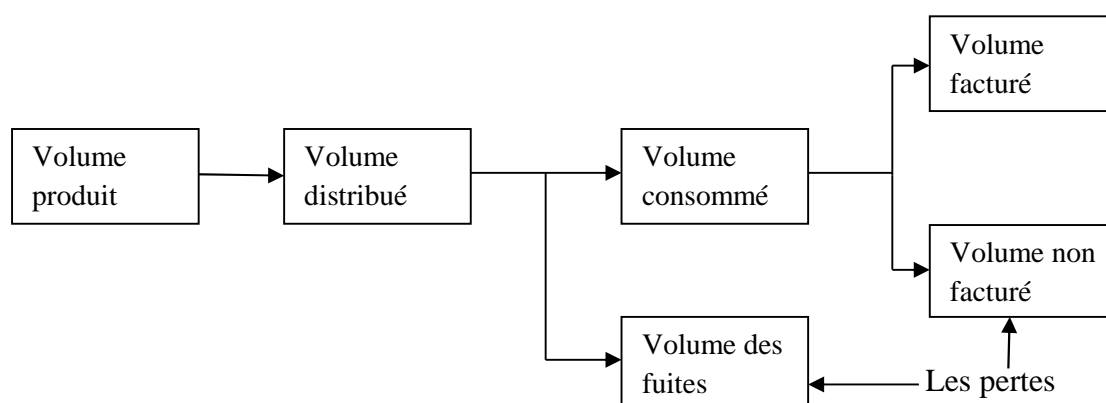
Type du réseau	ILC
Rural	$ILC < 10$
Semi-rural	$10 < ILC < 30$
Urbain	$ILC > 30$

II.6.1.7.L'indice linéaire de pertes (ILP):

L'indice linéaire de perte est un indice qui traduit la quantité d'eau perdu sur 1Km de canalisation, il nous renseigne sur l'état du réseau (bon, acceptable, médiocre, mauvais). On le calcul par le rapport entre le volume des fuites sur le linéaire du réseau de distribution. Il est donné comme suit :

Tableau (II.14) : Etat du réseau [10] ;

Etat du réseau	Rural	Semi-rural	Urbain
Bon	$ILP < 1,5$	$ILP < 3$	$ILP < 7$
Acceptable	$1,5 < ILP < 2,5$	$3 < ILP < 5$	$7 < ILP < 10$
Médiocre	$2,5 < ILP < 4$	$5 < ILP < 8$	$10 < ILP < 15$
Mauvais	$ILP > 4$	$ILP > 8$	$ILP > 15$

**Figure II.19 :** Schéma des volumes mis en œuvre dans un réseau de distribution d'eau potable.

II.7. Conclusion :

En suivant les trois étapes du diagnostic, nous concluons ce qui suit :

Le diagnostic physique nous a permis de voir l'état dont se trouvent les ouvrages du réseau et sur lesquels nous avons proposé quelques solutions.

La capacité du réservoir est insuffisante.

Avec le diagnostic fonctionnel nous sommes ressortis avec les résultats suivants :

- La majorité des nœuds enregistrent des pressions supérieures à 8 bars, et au niveau de quelques nœuds des pressions inférieures à 1 bars,
- Les vitesses au niveau des conduites sont soit inférieures à 0.5 m/s, soit supérieures à 1.5 m/s et rare sont les tronçons qui ont une vitesse admissible (entre 0.5 et 1.5 m/s),
- Parmi les flagrantes anomalies on soulève le tronçon (16-18) qui a une vitesse égale à 1.53 m/s sous les conditions actuelles et 2.3 m/s sous les conditions futures, plus le problème de la dépression enregistré au niveau du nœud 18 (-18.99 m pour l'actuel et -173.24 m pour le futur), ce qui est très logique vu la longueur et le diamètre de celui-ci. Ce mauvais fonctionnement hydraulique du réseau s'explique par le sous-dimensionnement et parfois surdimensionnement des tronçons [*Tableau (II.9)*].

Le diagnostic hydraulique n'est pas fait à cause de l'indisponibilité des données nécessaires au niveau des services concernés.

Ces résultats nous pousseront-ils à opter pour une profonde réhabilitation du réseau ?

Chapitre III:
Réhabilitation du réseau
d'alimentation en eau potable

*Réhabilitation du réseau
d'alimentation en eau potable*

III.1. Introduction :

Le but de toute étude de diagnostic est d'améliorer les performances du réseau de distribution d'eau et de le rétablir dans ses fonctions d'origines et ceci en apportant des solutions par des actions de réparation des anomalies et dysfonctionnements mis en évidence lors de ce dernier.

III.2. Définitions :

III.2.1. Réhabilitation d'un réseau d'AEP : Une réhabilitation est toute mesure entreprise (rénovation, réparation et remplacement) pour restaurer ou améliorer les performances des ouvrages du service d'eau potable. [12]

III.2.2. Rénovation: Travaux de réhabilitation conservant tout ou partie de l'ouvrage existant, les travaux de rénovation incluent les opérations telles que le chemisage des conduites, ils peuvent être structurants ou non. [12]

III.2.3. Réparation: Les travaux de réparation sont des travaux de réhabilitation rectifiant des défauts localisés.

III.2.4. Renouvellement (remplacement): Travaux de réhabilitation conduisant à la mise en place d'ouvrage neuf ; les travaux de remplacement s'accompagne de la mise hors service d'ouvrages existants. Le remplacement des conduites vétustes en zone urbaine se heurte souvent à des difficultés pour trouver un nouveau tracé satisfaisant, du fait :

-De l'encombrement du sous-sol dû aux différentes installations existantes,

-Des contraintes imposées par le gestionnaire de la voirie qui exige que les conduites soient installées sous trottoirs.

Par ailleurs, l'abandon d'une conduite vétuste dans le sol est de plus en plus contesté par les gestionnaires du domaine public. Ce contexte incite les gestionnaires de réseaux et les entreprises à développer des procédés qui permettent, soit l'utilisation de l'ancienne conduite, soit sa destruction afin de pouvoir bénéficier de son emplacement, [13]

III.3. Procédés de réhabilitation des conduites :

Il existe plusieurs procédés de réhabilitation qu'on peut regrouper en deux types : Les méthodes non structurantes et les méthodes structurantes.

III.3.1. Méthodes non structurantes :

III.3.1.1. Méthode de projection d'un revêtement interne :

Le revêtement interne des conduites d'eau potable est un procédé anti corrosion, économique pour le rétablissement des conduites dont le bon fonctionnement a été altéré par des incrustations et la corrosion, applicable aux canalisations métalliques de Ø100 à Ø6000 mm ayant conservées une bonne tenue mécanique en dépit d'une forte corrosion de leurs parois internes. Le revêtement interne non structurant le plus commun est le mortier de ciment, cette méthode consiste à projeter avec force le mortier de ciment sur les parois intérieures de la canalisation, après son nettoyage, on introduit un appareillage muni d'une tête de projection a mortier rotative et tracté par le fil d'alimentation en mortier relié a une pompe et un malaxeur, la vitesse de déplacement et le débit de la pompe sont réglé en fonction du diamètre de la conduite. Les résines époxy constituent une alternative au mortier de ciment, elles permettent généralement une facilité d'application et présentent également une tolérance a l'humidité. De plus les résine époxy durcissent rapidement et sont insensible au PH de l'eau, [11].

III.3.1.2. Méthode de réhabilitation par injections :

Cette technique consiste à injecter de la résine à travers le matériau depuis l'intérieur des ouvrages ; elle peut être utilisée dans les réseaux circulaires de Ø150 à Ø 900 et permet d'améliorer les caractéristiques physiques des matériaux constitutifs des ouvrages. On introduit dans la canalisation un manchon gonflable destiné à l'injection des produits. Ce manchon est tracté entre deux regards de visite et positionné au droit de chaque joint détérioré ou fissure à l'aide d'une caméra de télévision , une fois positionné, on procède au gonflage à l'air des deux extrémités créant ainsi dans la partie centrale du manchon, une chambre annulaire d'injection de la solution de résine, isolé du reste de la canalisation. On procède ensuite à l'injection de solution de résine jusqu'à complet étanchement du défaut constaté. Cette méthode n'est pas adaptée aux détériorations importantes, [11].

III.3.2. Méthodes structurantes :

III.3.2.1. Gainage (Tubage):

Cette technique consiste à mettre en place dans une canalisation à réhabiliter, une nouvelle conduite de diamètre inférieur, elle s'emploie couramment sur des Ø150~2500 mm, elle consiste à introduire dans l'ancienne conduite une nouvelle conduite généralement en plastique (PEHD) et par le moyen d'un vérin à l'intérieur de la canalisation dégradé l'inconvénient de cette méthode est l'espace annulaire à remplir et la nécessité de déviation ou de stockage des effluents, [11].

III.3.2.2. Le chemisage :

Cette méthode consiste à insérer à l'intérieur de la conduite dégradé une enveloppe souple imbibée de résine durcissable, sans laisser d'espace annulaire. On effectue une inspection télévisuelle et un curage du collecteur dégradé. Dans un premier temps on introduit une gaine souple appelé manchette, qui est composée d'un tissu de verre de carbone trempé avec de la résine, ensuite on procède au gonflage du tissu et au durcissement de la manchette par une polymérisation à chaud grâce à des résistances électriques placés dans le manchon, [11].

III.4. Renforcement du réservoir :

Il existe généralement trois méthodes pour remédier à l'insuffisance en eau des réservoirs ; elles peuvent se résumer comme suit :

1. L'extension du réservoir existant en lui ajoutant 1 ou 2m de hauteur selon la demande,
2. Gestion sur le remplissage et la vidange du réservoir,
3. Renforcement du réservoir existant par un autre réservoir.

Chaque méthode illustrée ci-dessus présente des avantages et des inconvénients ; dont la l'extension du réservoir à pour avantage d'être plus économique mais elle demande une profonde étude de la résistance du sol et la distribution d'eau va être coupée pour un moment ce qui déplaira aux consommateurs.

La deuxième méthode demande une très bonne gestion au niveau des vannes et ne permet aucune négligence de la part des gestionnaires

Concernant la troisième méthode, elle est plus coûteuse elle demande beaucoup de matériaux mais elle très sûre.

Lors du précédent chapitre, nous avons déduit que la capacité du réservoir 1000 m³ est insuffisante. Pour cela nous proposons de renforcer ce dernier par un autre réservoir de capacité de 200m³ qui seront en jonction l'un et l'autre et placées sur la même hauteur. Les deux réservoirs vont desservir la même conduite de 250m³.

III.5. Réhabilitation du réseau de distribution :

La méthode de réhabilitation utilisée est le renouvellement ou remplacement des conduites vétustes constaté lors de la modélisation, qui malheureusement malgré ses inconvénients en terme de quantité de travaux et en terme de gêne et de désordre provoqués, reste la seule méthode utilisée dans notre pays par faute de possession de savoir et de techniques de réhabilitation modernes.

Nous avons remplacé, rajouté et supprimé quelques tronçons, en créant un réseau maillé pour bénéficier des avantages qu'il présente, tout en essayant de garder le plus que possibles de tronçons existants pour minimiser les frais de la réhabilitation. Après plusieurs propositions suivies d'une modélisation sous Epanet nous avons opté pour le tracé le plus avantageux représenté en (*figure III.1*).

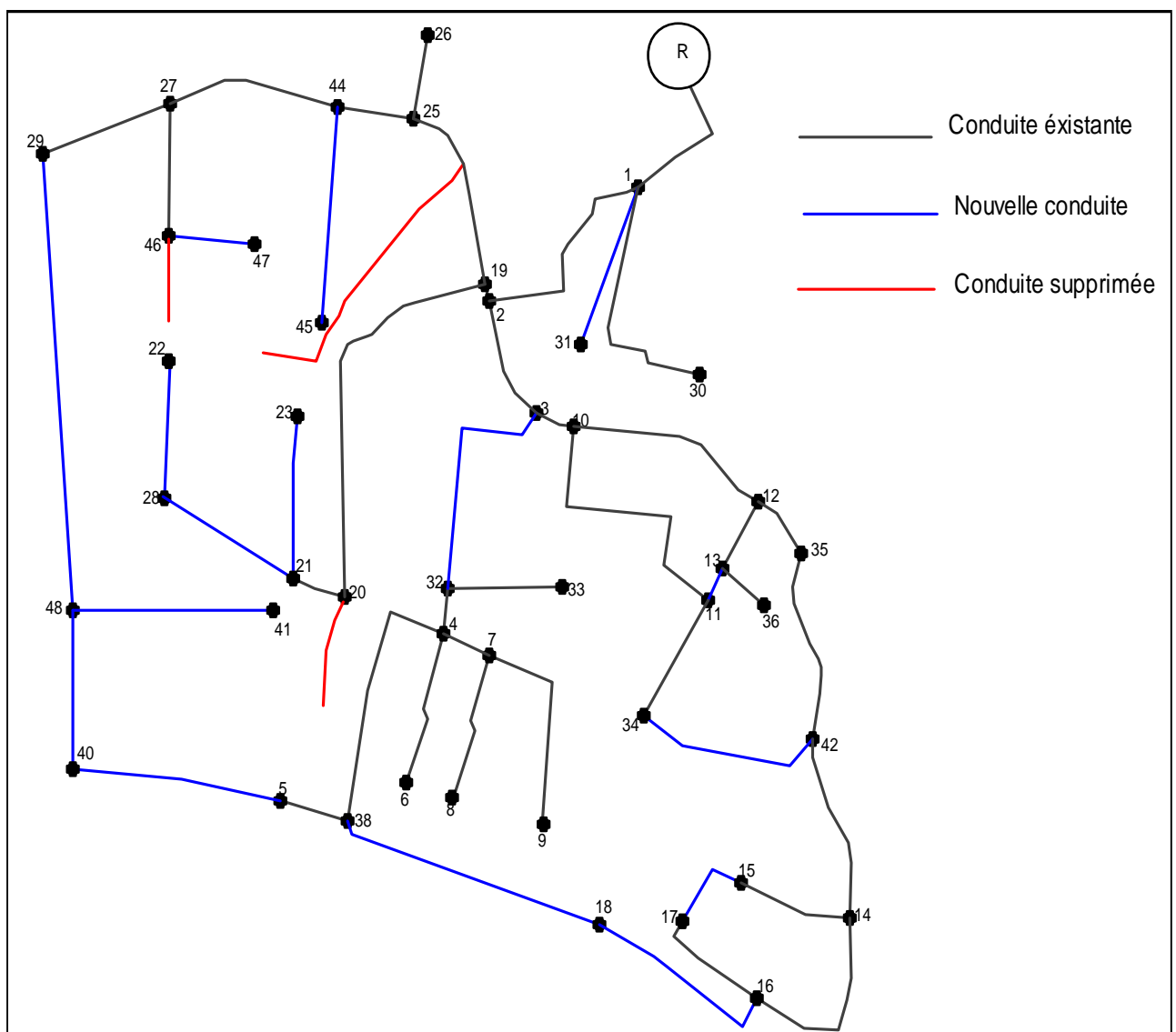


Figure III.1 : Le nouveau tracé du réseau de distribution.

Tableau (III.1) : Caractéristiques des conduites du réseau.

Tronçon	Longueur	Diamètre	Matériau	état
1-R	146	300	Acier noir	Ancien
1-30	332	40	Acier noir	Ancien
1-31	220	20	PEHD	Neuf
1-2	334	300	Acier noir	Ancien
2-3	126	300	Acier. NB	Ancien
3-32	318	160	PEHD	Neuf
32-33	132	50	Acier. G	Ancien
32-4	62	80	Acier. G	Ancien
4-38	344	50	Acier. G	Ancien
38-5	112	50	Acier. G	Ancien
5-40	306	32	PEHD	Neuf
40-48	201,4	50	PEHD	Neuf
48-41	295	50	PEHD	Neuf
38-18	391,5	50	PEHD	Neuf
18-16	271	50	PEHD	Neuf
16-17	168	80	Acier. G	Ancien
17-15	112	32	PEHD	Neuf
15-14	120	40	PEHD	Ancien
16-14	270	80	Acier. G	Ancien
14-42	231	80	Acier. G	Ancien
42-35	252	80	Acier. G	Ancien
35-12	96	300	Acier. NB	Ancien
12-13	110	150	Acier. G	Ancien
36-13	104	40	Acier. NB	Ancien
13-11	55	80	PEHD	Neuf
11-34	174	80	Acier. G	Ancien
34-42	279	80	PEHD	Neuf
10-11	530	80	Acier. NB	Ancien
10-12	360	300	Acier. NB	Ancien
10-3	30	300	Acier. NB	Ancien
4-6	186	50	Acier. G	Ancien
4-7	74	50	Acier. G	Ancien
7-8	182	50	Acier. G	Ancien
7-9	290	50	Acier. G	Ancien
2-19	36	300	Acier. NB	Ancien
19-20	544	100	Acier. NB	Ancien
20-21	85	80	Acier. G	Ancien
21-23	199	40	PEHD	Neuf
21-28	138	63	PEHD	Neuf
28-22	182	40	PEHD	Neuf
19-25	253	150	Acier. NB	Ancien
25-26	94	40	Acier. G	Ancien
25-44	115	150	Acier. N	Ancien
44-45	266	50	PEHD	Neuf
44-27	246	150	Acier. N	Ancien
27-46	168	100	Acier. G	Ancien

46-47	119	32	PEHD	Neuf
27-29	884	80	Acier. G	Ancien
29-48	800	80	PEHD	Neuf

III.6. Modélisation du réseau de distribution réhabilité :

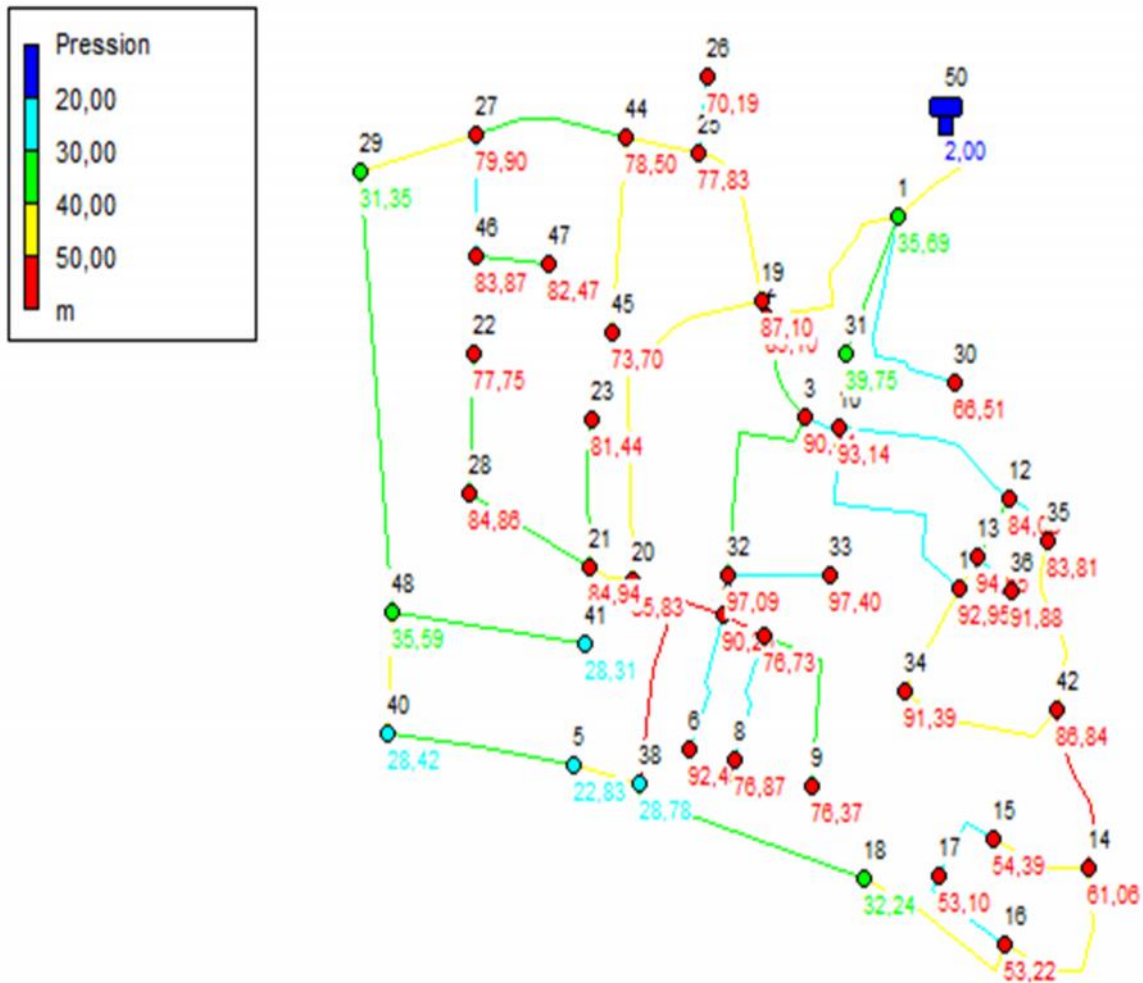


Figure III.2 : La pression au niveau des nœuds après simulation.

Tableau (III.2) : Etat des nœuds après simulation.

ID Nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
Nœud 1	74,46	1,94	110,15	35,69
Nœud 2	23,24	2,10	108,34	85,10
Nœud 3	17,69	1,96	108,13	90,44
Nœud 4	9,41	2,76	99,67	90,26
Nœud 5	6,3	2,45	29,13	22,83
Nœud 6	6,01	0,77	98,46	92,45
Nœud 7	9,49	2,26	86,22	76,73
Nœud 8	8,22	0,75	85,09	76,87
Nœud 9	5,39	1,20	81,76	76,37
Nœud 10	14,97	3,81	108,11	93,14
Nœud 11	12,75	3,14	105,70	92,95
Nœud 12	23,87	2,34	107,95	84,08
Nœud 13	12,94	1,11	107,59	94,65
Nœud 14	5	2,57	66,06	61,06
Nœud 15	5	0,96	59,39	54,39
Nœud 16	5	2,94	58,22	53,22
Nœud 17	5	1,16	58,10	53,10
Nœud 18	5	2,74	37,24	32,24
Nœud 19	21,2	3,45	108,30	87,10
Nœud 20	12,84	2,96	98,67	85,83
Nœud 21	11,7	1,75	96,64	84,94
Nœud 23	12,5	0,82	93,94	81,44
Nœud 25	25,89	1,91	103,72	77,83
Nœud 26	33	0,39	103,19	70,19
Nœud 27	20	5,38	99,90	79,90
Nœud 28	10	1,96	94,86	84,86
Nœud 29	17,7	3,66	49,05	31,35
Nœud 30	39,77	0,57	106,28	66,51
Nœud 31	63,55	0,20	103,30	39,75
Nœud 32	10,16	1,32	107,25	97,09
Nœud 33	9,4	0,55	106,80	97,40
Nœud 34	5,21	1,88	96,60	91,39
Nœud 35	24,13	1,44	107,94	83,81
Nœud 36	15	0,43	106,88	91,88
Nœud 38	5	3,51	33,78	28,78
Nœud 40	5	2,10	33,42	28,42
Nœud 41	9,5	1,22	37,81	28,31
Nœud 42	5	3,16	91,84	86,84
Nœud 44	23,5	2,60	102,00	78,50
Nœud 45	17	2,82	90,70	73,70
Nœud 46	15,6	2,58	99,47	83,87
Nœud 47	15,1	0,49	97,57	82,47
Nœud 48	5	0,83	40,59	35,59
Nœud 22	15	0,75	92,75	77,75
Réservoir 50	109	-85,69	111,00	2,00

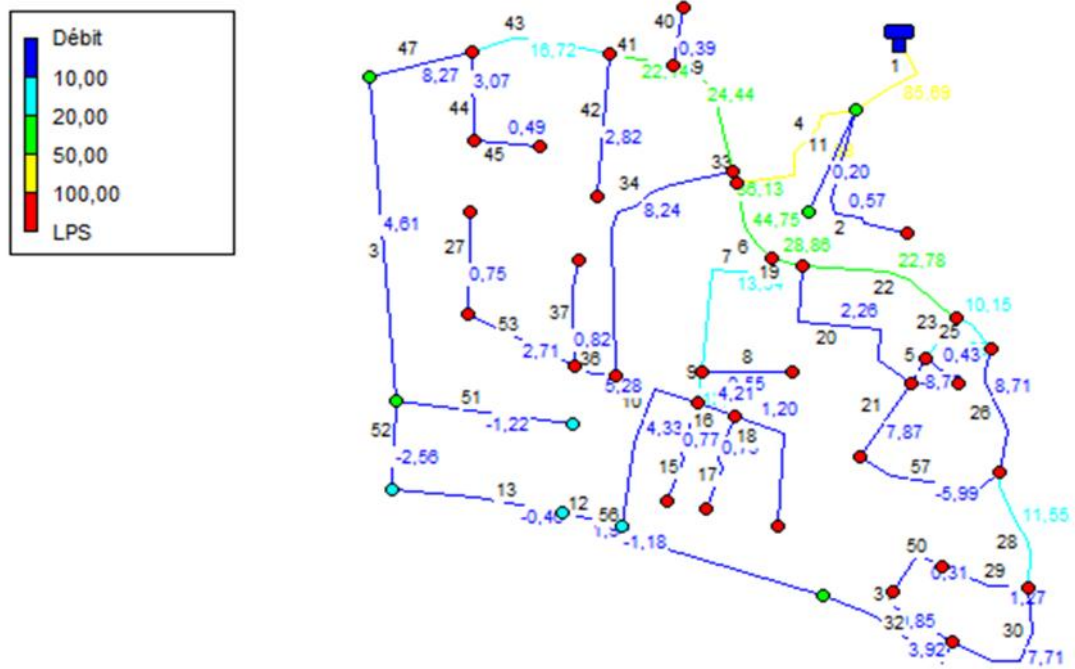


Figure III.3 : Le débit au niveau des conduites après simulation.

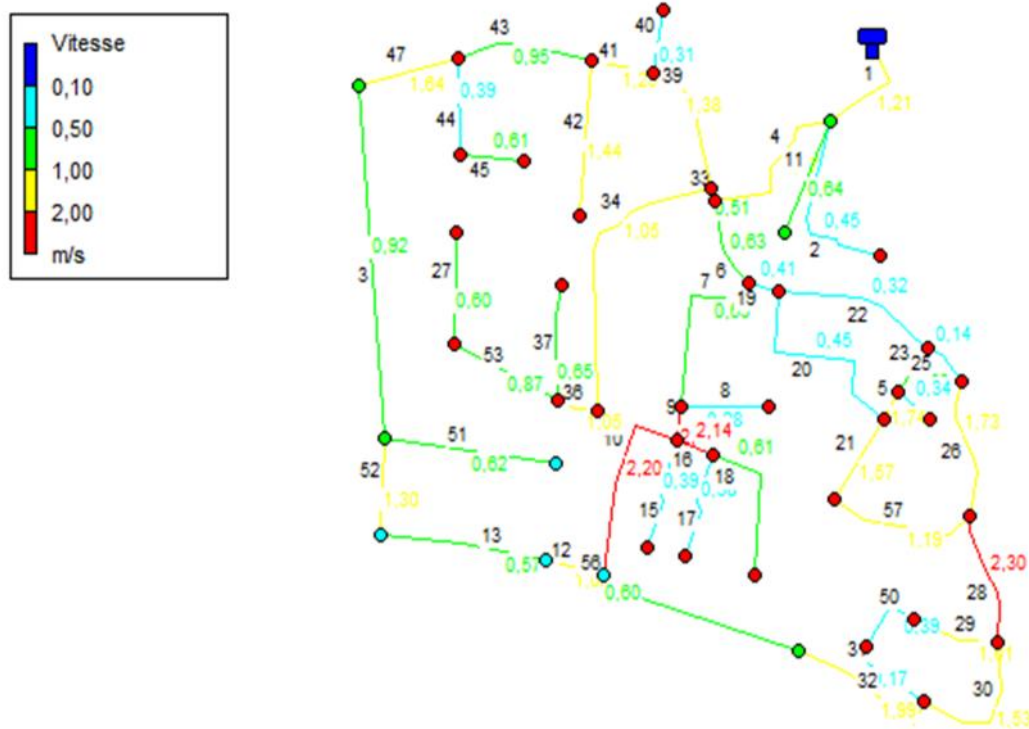


Figure III.4 : La vitesse au niveau des conduites après simulation.

Tableau (III.3) : Etat des conduites après simulation.

Tronçon	ID conduite	débit	Vitesse	Perte de charge
R-1	Tuyau 1	85,69	1,21	5,83
1-30	Tuyau 2	0,57	0,45	11,64
1-2	Tuyau 4	82,98	1,17	5,43
13-11	Tuyau 5	-8,75	1,74	34,28
2-3	Tuyau 6	44,75	0,63	1,63
3-32	Tuyau 7	13,94	0,69	2,75
32-33	Tuyau 8	0,55	0,28	3,41
32-4	Tuyau 9	12,07	2,40	122,32
4-38	Tuyau 10	4,33	2,20	191,54
38-5	Tuyau 12	1,99	1,02	41,53
5-40	Tuyau 13	-0,46	0,57	14,03
4-6	Tuyau 15	0,77	0,39	6,50
4-7	Tuyau 16	4,21	2,14	181,82
7-8	Tuyau 17	0,75	0,38	6,18
7-9	Tuyau 18	1,20	0,61	15,36
3-10	Tuyau 19	28,86	0,41	0,73
10-11	Tuyau 20	2,26	0,45	4,54
11-34	Tuyau 21	7,87	1,57	52,31
10-12	Tuyau 22	22,78	0,32	0,43
12-13	Tuyau 23	10,29	0,58	3,32
13-36	Tuyau 24	0,43	0,34	6,77
12-35	Tuyau 25	10,15	0,14	0,09
35-42	Tuyau 26	8,71	1,73	63,90
42-14	Tuyau 28	11,55	2,30	111,62
14-15	Tuyau 29	1,27	1,01	55,56
14-16	Tuyau 30	7,71	1,53	29,04
16-17	Tuyau 31	0,85	0,17	0,70
16-18	Tuyau 32	3,92	1,99	77,41
2-19	Tuyau 33	36,13	0,51	1,11
19-20	Tuyau 34	8,24	1,05	17,70
20-21	Tuyau 36	5,28	1,05	23,84
21-23	Tuyau 37	0,82	0,65	13,57
19-25	Tuyau 39	24,44	1,38	18,08
25-26	Tuyau 40	0,39	0,31	5,62
25-44	Tuyau 41	22,14	1,25	14,93
44-45	Tuyau 42	2,82	1,44	42,49
44-27	Tuyau 43	16,72	0,95	8,56
27-46	Tuyau 44	3,07	0,39	2,58
46-47	Tuyau 45	0,49	0,61	15,89
27-29	Tuyau 47	8,27	1,64	57,52
15-17	Tuyau 50	0,31	0,39	11,53
48-41	Tuyau 51	-1,22	0,62	9,41
48-40	Tuyau 52	-2,56	1,30	35,58
21-28	Tuyau 53	2,71	0,87	12,92
38-18	Tuyau 56	-1,18	0,60	8,83
42-34	Tuyau 57	-5,99	1,19	17,07

29-48	Tuyau 3	4,61	0,92	10,58
1-31	Tuyau 11	0,20	0,64	31,12
28-22	Tuyau 27	0,75	0,60	11,58

III.7. Vérification du comportement du réseau en cas d'incendie :

Afin de vérifier le comportement du réseau de distribution en cas d'incendie (heure de pointe plus incendie), le débit d'incendie à prévoir au point le plus défavorable en pression du réseau est un débit de 60 m³/h pendant deux heures, soit un débit de 17 l/s, [14].

Les canalisations alimentant les appareils d'incendie devront pouvoir fournir un débit minimal de 17l/s avec une pression au sol d'au moins 1 bar. Toutefois, exceptionnellement, cette pression pourra descendre jusqu'à 0,6 bar.

Les équipements hydrauliques utilisés par les pompiers sont, soit des bouches d'incendie, soit des poteaux d'incendie, mieux visibles l'hiver par temps de neige. Ces équipements doivent être espacés de 200 à 300 m les uns des autres et être répartis suivant l'importance des risques à défendre. Si le risque est faible, l'écartement pourra être porté à 400 m. L'appareil normalisé est la bouche d'incendie de 0.100 m.

La condition d'incendie (17l/s) à 1 bar est souvent difficile à satisfaire dans les petites installations et oblige parfois à prévoir des diamètres surabondants pour les besoins normaux. [5]

Pour notre cas le nœud le plus défavorable est le nœud 5 avec une pression de 22,83m.

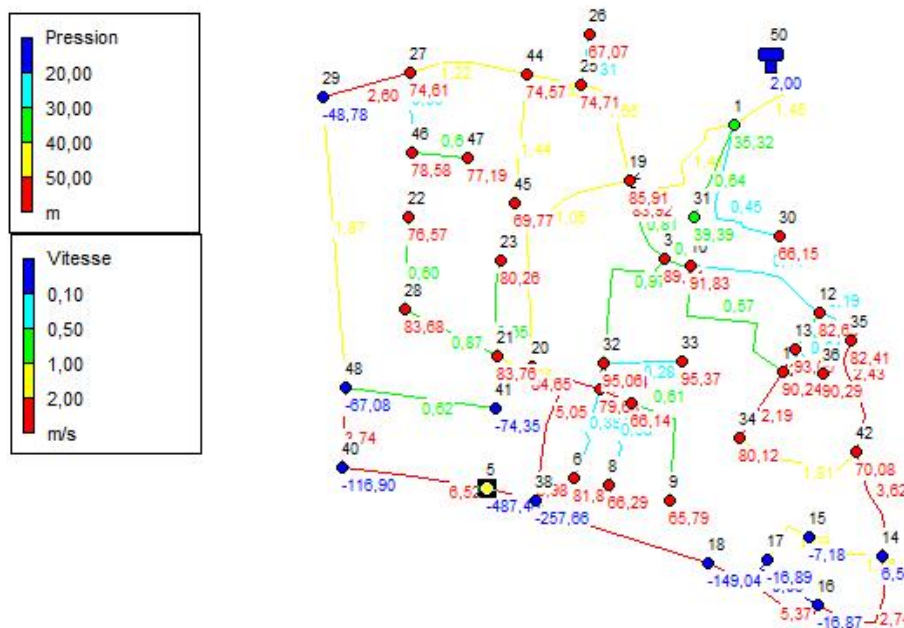


Figure III.5 : Le comportement du réseau cas : heure de pointe+ incendie.

III.8. Conclusion :

Nous avons proposé une réhabilitation du réseau de distribution tout en gardant près de 70% du réseau ce qui permet de minimiser les frais de cette dernière.

Le fonctionnement du réseau réhabilité en termes de vitesse et de pression est globalement satisfaisant en prenant en considération l'âge du réseau.

Le réseau ne peut fournir un débit d'incendie comme nous l'avons constaté lors de la modélisation du réseau réhabilité avec le débit de pointe plus l'incendie, ce qui nous pousse à dire qu'il faudrait prévoir dans notre cas un réseau d'incendie séparé.

***Chapitre IV:
Elaboration d'un SIG
pour le réseau d'AEP
du Chef Lieu d'Aokas et techniques
de gestion***

IV.1. Introduction :

La gestion journalière du réseau d'AEP pour assurer la distribution de l'eau nécessite le suivi du comportement hydraulique du réseau. Pour cela avoir l'information complète sur tous les paramètres du réseau avec une mise à jour suite à chaque modification s'avère indispensable.

Pour s'y faire les systèmes d'informations géographiques présentent le meilleur moyen de stockage et de gestion des données.

IV.2.Elaboration du SIG du réseau d'AEP du Chef Lieu d'Aokas :

IV.2.1.Définitions :

IV.2.1.1. Système : Un système est une combinaison d'éléments réunis de manière à former un ensemble. Dans le SIG le terme système sous-entend généralement système informatique.

IV.2.1.2.Information : Une information est un élément de connaissance susceptible d'être codé pour être conservé, traité ou communiqué.

IV.2.1.3.Géographique : Relatif à la géographie ayant pour objet la description de la surface de la terre.

IV.2.1.4.Informatique : Etant la science du traitement automatique et rationnel de l'information en tant que support des connaissances et des communications mettant en œuvre des matériels et des logiciels.

IV.2.1.5.Système d'information : C'est un ensemble de composants inter-reliés qui recueillent de l'information, la traitent, la stockent et la diffusent afin de soutenir la prise de décisions et le contrôle au sein d'une organisation.

IV.2.1.6. 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.

IV.2.1.7.Système d'information géographique (SIG) : C'est un système informatique de matériels, de logiciels, et de processus permettant la collecte, la gestion, la manipulation et l'affichage des données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes d'aménagement et de gestion. Pour cela, il fait la transformation d'un objet réel en référence spatiale en couches thématiques structuré dans une base de données numérique.[15]

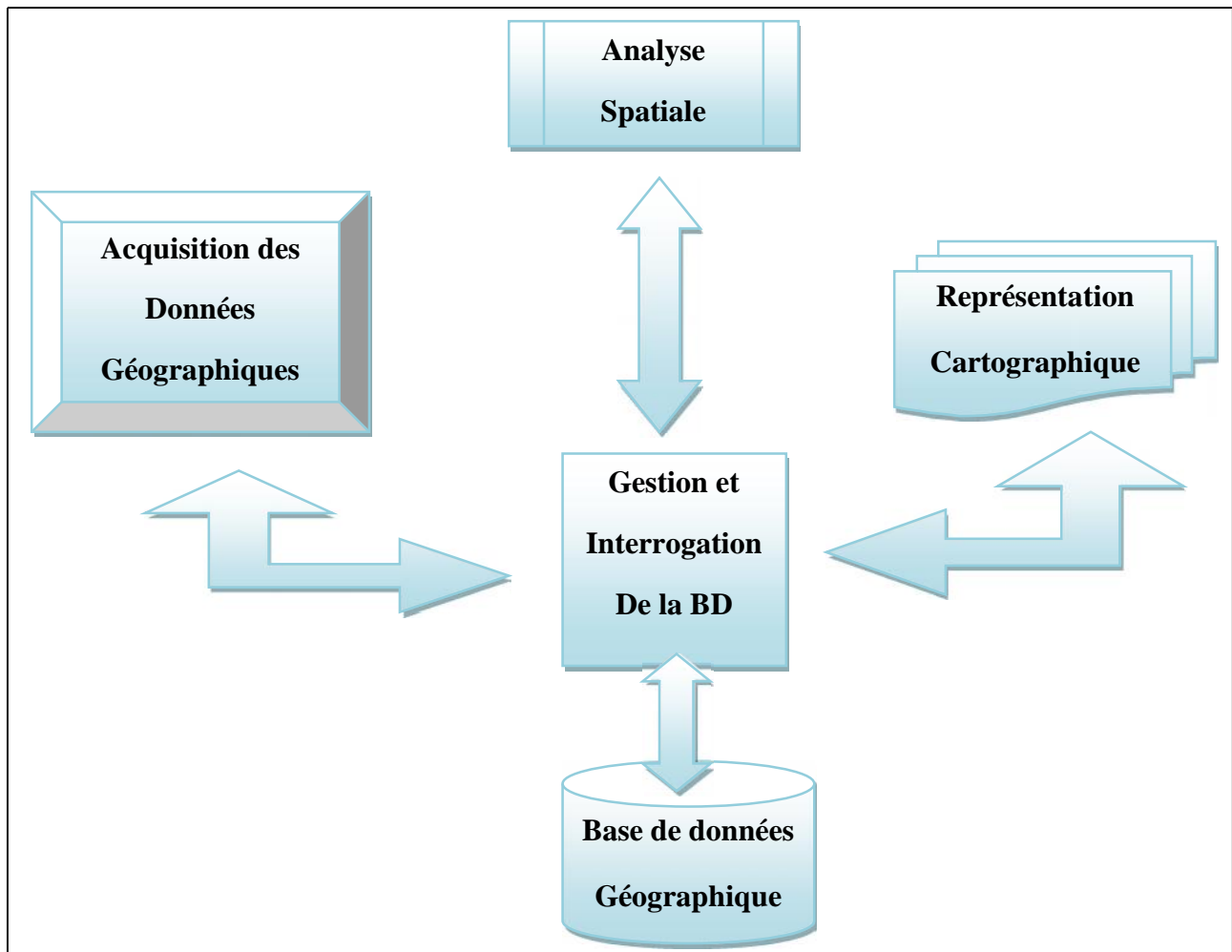


Figure IV.1 : structure d'un système d'information géographique. [7]

IV.2.2.Historique des premiers SIG :

Les premiers SIG opérationnels sont apparus dans les années 1960, au Canada et aux Etats Unis. Le pionnier est indiscutablement le canadien Géographie Information System (1964), qui rassemble des informations relatives à l'usage du sol, et des données concernant l'environnement, sur une grande partie du territoire canadien. Le logiciel a été développé pour ces besoins spécifiques. Deux autres réalisations méritent précoces méritent d'être mentionnées : Le New York Land Use Information System(1969). Depuis cette époque, les couts et les difficultés techniques sont aujourd'hui disponibles, offrant de bonnes performances à un prix raisonnable, [15].

IV.2.3.Composantes d'un SIG :

Les systèmes d'information géographique sont composées de :

- Matériels informatique,
- Logiciel SIG,
- Les données organisées en base,
- Les méthodes,
- Les ressources humaines.

IV.2.4.Fonctionnalités d'un SIG :

Les fonctions attendues d'un SIG sont définies par les ' 5A ' qui sont : Abstraction, Acquisition, Archivage, Analyse et Affichage. [15].

Abstraction : C'est la modélisation du monde réel suivant différents prismes. Elle se fait en deux étapes :

- La construction du schéma conceptuel de données.
- Trouver le logiciel qui soit capable de transcrire et de stocker le schéma.

Acquisition : C'est de trouver l'information auprès des organismes nationaux ou internationaux producteurs ou revendeurs. Et si la donnée n'existe pas, il est possible de la créer soi-même ou par un prestataire (numérisation du cadastre, levé topographique).

Archivage : Cette fonction de SIG permet de stocker et de retrouver facilement les données acquises.

Analyse : Le système d'information géographique est un outil au service de l'information géographique qui se base sur deux analyses :

- Analyse spatiale à partir de la sémantique : description qualitative et quantitative d'un espace.
- Analyse spatiale géométrique : elle se base sur la position de l'objet, sa forme, et les relations éventuelles entre ces objets.

Affichage : Le but de l'affichage est de permettre à l'utilisateur d'appréhender des phénomènes spatiaux dans la mesure où la représentation graphique respecte les règles de la cartographie et cela sert à communiquer.

IV.2.5.Utilité des SIG :

De nombreuses organisations ayant intégré l'usage d'un SIG ont constaté qu'un des principaux bénéfices obtenus, concerne la gestion de leurs propres ressources. Les SIG permettant de lier entre elles toutes sortes d'informations par le biais de la géographie, offrent les avantages suivants :

- Le stockage de gros volumes de données géographiques de manière centralisé et durable sous forme numérique,
- Un accès à l'information plus facile,
- Afficher et consulter les données sur l'écran, par superposition de plusieurs couches d'informations de différentes natures (topographiques, environnementales, économique...etc.),

- Croisement de données de différentes sources,
- Réalisation rapide de cartes thématiques,
- Un meilleur partage de l'information et une meilleure communication entre les différents services,
- Actualiser ou recréer des données sans avoir à recréer un document,
- Apporter ou extraire des données, les transformer pour les mettre à disposition d'un prestataire ou d'un décideur,
- Editer des plans et des cartes à la demande.

IV.2.6. Elaboration d'un SIG :

Avant d'entreprendre la mise en place d'un SIG, il est primordial d'évaluer au mieux les besoins des futurs utilisateurs du système et c'est à partir de cette analyse que dépendra la structuration de la base de données. Plusieurs opérateurs sont utilisés pour l'élaboration d'un SIG tel que :

- Arc GIS (Arc Info, Arc View ...),
- Auto CAD Map 3D,
- MapInfo...

Dans notre cas on utilisera le logiciel MapInfo.

IV.2.7. Présentation du logiciel MapInfo :

MapInfo est un :

- un système d'information géographique (SIG),
- un logiciel conviviale 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 et de les afficher sous forme de cartes, de tables ou de diagrammes, [16].

IV.2.8. Création du système d'information géographique du réseau d'AEP du Chef Lieu d'Aokas:

Pour la création de notre SIG nous avons décidé de représenter la chaîne de refoulement et le réseau de distribution séparément pour une meilleure précision à cause de l'indisponibilité d'une carte claire englobant les deux parties du système d'alimentation en eau potable.

IV.2.8.1.Préparation des fonds de cartes:

Le réseau d'AEP du Chef Lieu d'Aokas se localise spatialement dans le système de coordonnées « Universal Transverse Mercator » (UTM), fuseau 36(longitude supérieure 5°15 , longitude inférieure 5°14)

Nous avons utilisée comme support de digitalisation de la chaîne de refoulement une carte de la partie centrale de Bejaia a une échelle de 1/25000 (*Figure IV.1*) et pour le réseau de distribution une photo satellite de la zone d'étude obtenue sur Google earth (*Figure IV.2*).

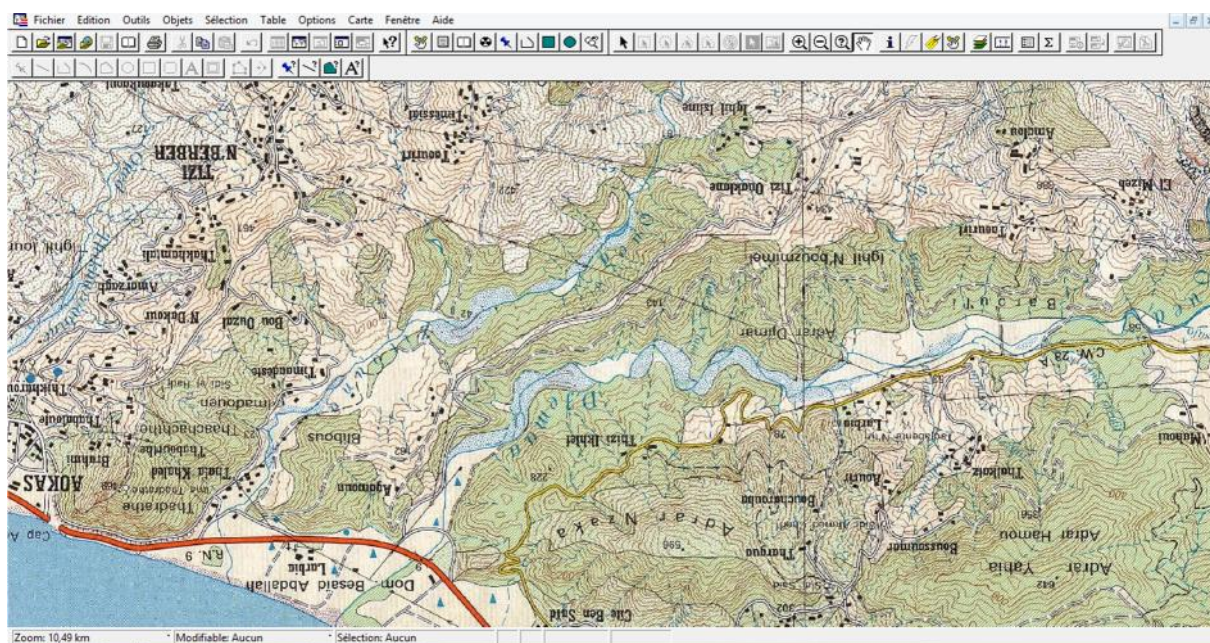


Figure IV.2 : Le fond de carte du SIG chaîne de refoulement.

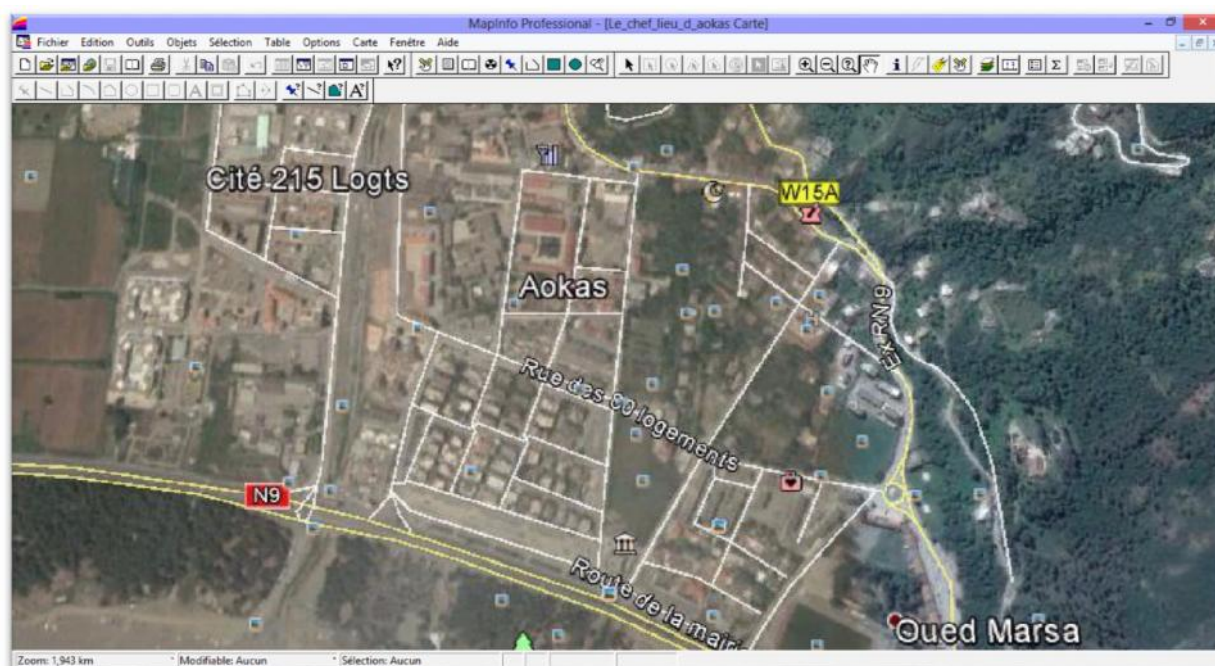


Figure IV.3 : Le fond de carte du SIG réseau de distribution.

IV.2.8.2. Création des tables:

Le but essentiel attendu d'un SIG est de réaliser une base d'information fiable et organisée en plusieurs couches superposables en forme de fenêtre carte, c'est pour cela qu'il faut accorder une particulière attention lors de la définition de la structure des tables de la base de données, en fonction des ressources et des données à gérer. Les structures des tables créées sont comme suit :

Structure de la table conduite:

- ID_ Conduite,
- Longueur _m,
- Diamètre _mm,
- Vitesse_m/s,
- Type_ matériau,
- Etat _ de _ la _ conduite,
- Année_ de _ pose,
- Profondeur_ réelle _ de _ pose,
- Entreprise_ de _ réalisation,
- Nombre_ d'intervention _ sur _ la_ conduite,
- Observations.

Structure de la table nœud:

- ID _ nœud,
- Altitude _ nœud _m,
- Pression _m,
- Longitude,

- Latitude.

❑ **Structure de la table réservoir:**

- ID _ réservoir,
- Localisation,
- Cote _ radier _ m,
- Hauteur _ trop _ plein _ m,
- Hauteur _ m,
- Capacité _ m³,
- Volume _ incendie,
- Année _ de _ réalisation,
- Entreprise _ de réalisation,
- Longitude,
- Latitude.

❑ **Structure de la table forage:**

- ID _ forage,
- Champ _ captant,
- Diamètre _ mm,
- Profondeur _ m,
- Débit _ max _ l/s,
- Débit _ d'exploitation _ l/s,
- Niveau _ statique _ m,
- Niveau _ dynamique _ m,
- HMT _ m,
- Profondeur _ pompe _ m,
- Matériau _ tubage,
- Année _ de _ réalisation,
- Date _ de _ mise _ en _ service,
- Type _ d'exploitation,
- Compteur,
- Longitude,
- Latitude.

❑ **Structure de la table station de pompage:**

- ID _ station _ de _ pompage,
- Altitude _ m,
- Nombre _ de _ pompe,
- Nombre _ de _ pompe _ en _ marche,
- HMT _ m,
- Débit _ l/s,
- Longitude,
- Latitude.

IV.2.8.3. La vectorisation du réseau d'AEP sur le logiciel MapInfo:

La vectorisation du réseau consiste à attribuer aux données spatiales des données alphanumériques. Les données spatiales représentent des objets géographiques associés avec leurs localisations dans le monde réel. Les objets géographiques sont représentés sur les cartes par des points (nœuds), des lignes (conduites), des objets (réservoirs, forages, station de pompage... etc.).

Les données attributaires décrivent des propriétés particulières des objets géographiques.

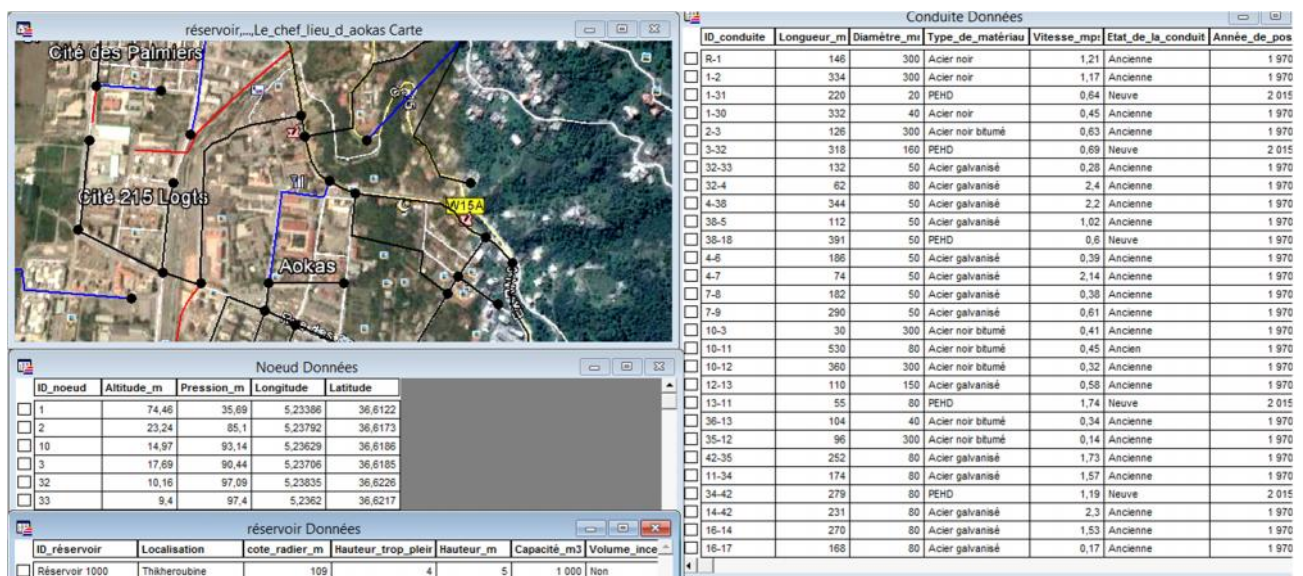


Figure IV.4 : résultats de la vectorisation du réseau de distribution.

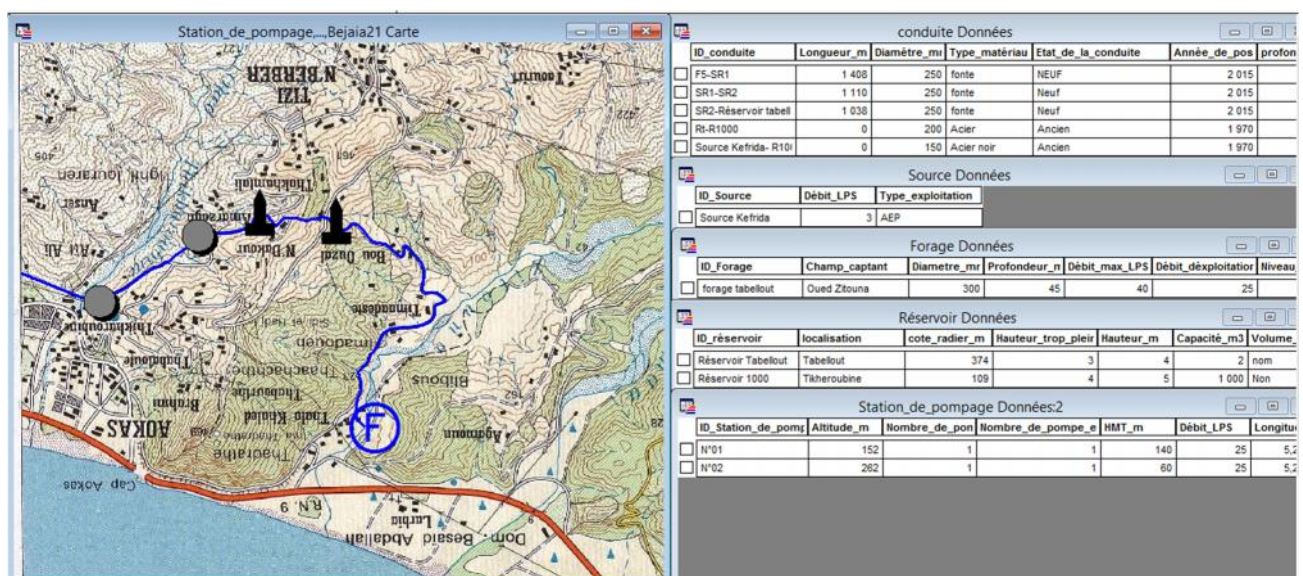


Figure IV.5 : Résultat de la vectorisation de la chaîne de refoulement.

Une fois la vectorisation achevé on active l'icône information, et en pointant le curseur sur n'importe quel composant du réseau d'AEP, une fenêtre d'information sera affichée contenant toutes les informations concernant l'objet que nous lui avons attribuées précédemment.



Figure IV.6 : informations attributaires des composantes du réseau.

IV.3. La gestion des réseaux d'alimentation en eau potable :

La problématique des exploitants des réseaux d'AEP se pose en plusieurs points : une démographie galopante, une urbanisation mal contrôlée, des réseaux vétustes et par parties mal connus, un déficit de la ressource, une gestion administrative laborieuse et une consommation incontrôlée rendant nécessaire la mise en place de moyens modernes et efficaces. [17].

L'objectif de la gestion d'un réseau d'AEP est d'assurer les fonctions de stockage, de distribution et de production. Et cela pour optimiser la consommation et minimiser les fuites dans le réseau.

IV.3.1. La gestion classique des réseaux d'AEP :

La gestion classique des réseaux présente beaucoup d'inconvénients car les supports cartographiques sur lesquels sont portés les objets sont difficilement manipulables. Cette gestion est aussi très limitée. Ils présentent les problèmes suivants :

- ✓ L'archivage des documents cartographiques et les fiches techniques du réseau en support papier,
- ✓ la perte de temps pour la recherche d'une information bien déterminé,
- ✓ la difficulté de la mise à jour,
- ✓ la facilité de perdre les informations à cause de la mémorisation et l'archivage anarchique, [18].

IV.3.2. Gestion informatisé des réseaux d'AEP :

Pour répondre à toutes les difficultés trouvées dans la gestion classique des réseaux d'AEP, une gestion informatisée s'avère indispensable et cela est rendu possible grâce aux progrès de l'informatique.

Elle présente les avantages suivants :

- ✓ Améliorer la connaissance des réseaux étudiés,
- ✓ Détecter et comprendre les désordres pouvant se produire sur le réseau,
- ✓ Simuler sur une période d'au moins une journée le comportement du réseau afin d'en optimiser les ressources, les capacités de stockage, les pompes,
- ✓ Etudier l'impact de nouvelles consommations ou d'éventuels incidents, prévoir et adapter les installations pour faire face à de nouvelles contraintes ou à des situations de crises,
- ✓ Dimensionner les extensions, les renforcements ou les aménagements nécessaires pour satisfaire les nouveaux besoins, [17].

IV.3.3. Gestion des réseaux d'AEP par SIG :

Le SIG joue le rôle d'aide à la décision pour les gestionnaires des réseaux d'AEP et cette gestion est liée à la structure du réseau et aux conditions d'exploitation. Différentes techniques ont été développées pour la gestion des réseaux par SIG.

IV.3.3.1. Requêtes SQL :

L'interrogation d'une base de données relationnelle se fait par l'intermédiaire d'un langage de requêtes SQL (Structured Query Language) ; ce langage permet de formuler des requêtes sur une base de données en s'appuyant sur des opérateurs de l'algèbre relationnel. La commande SQL la plus riche sémantiquement est de l'ordre SELECT. Dont la forme la plus simple comprend les clauses Select, From et Where.

- Select (liste des attributs) : permet d'exprimer la projection sur la liste d'attributs.
- From (liste des tables) : permet de citer la liste des tables.
- Where (condition) : regroupe un ensemble de conditions et permet d'exprimer l'objet de la restriction.

La syntaxe SQL se schématise ainsi : **Select** : colonne **FROM** : table **Where** : critère.

❑ Exemple de requête sur le SIG du réseau d'AEP du Chef Lieu d'Aokas :

Nous avons analysé notre réseau selon le critère : conduites en acier galvanisé, nous avons obtenues les résultats suivants :

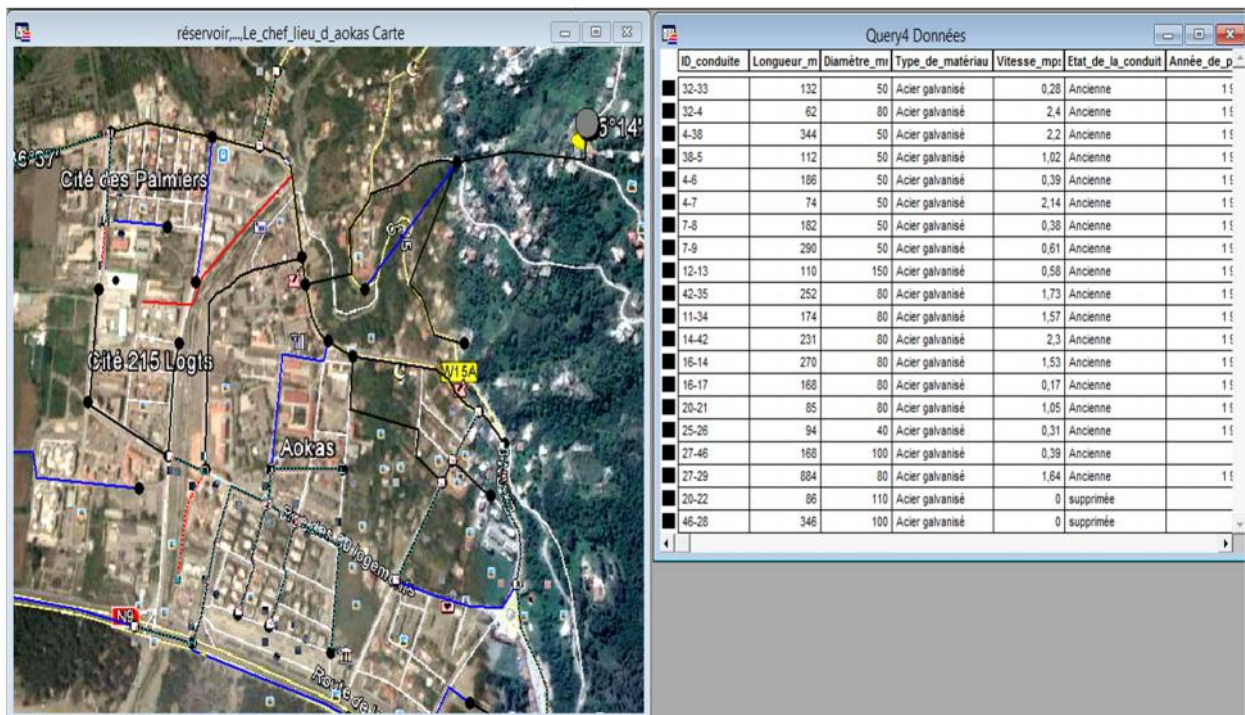


Figure IV.7 : Résultat de la requête : conduites en acier galvanisé.

IV.3.3.2. Analyse thématique :

Une analyse thématique c'est de donner du sens à une représentation graphique, pour lancer une analyse thématique une superposition de couche doit être ouverte en procédant comme suit :
Carte > analyse thématique.

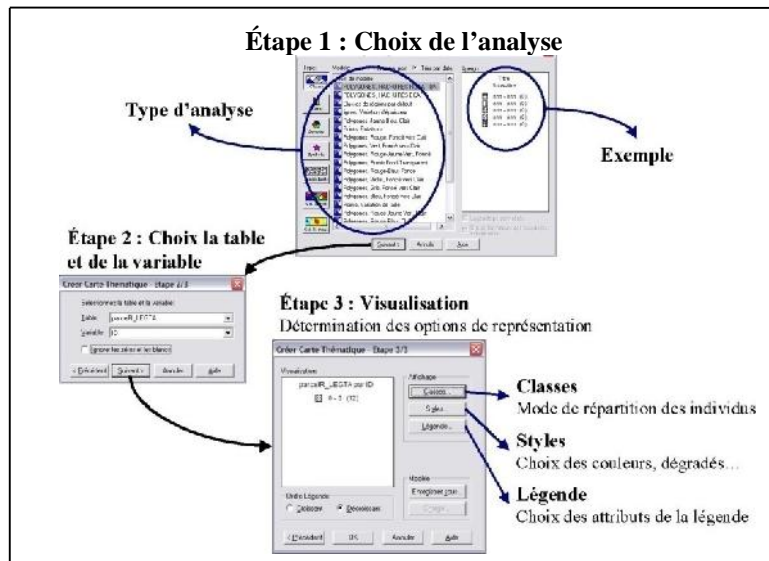


Figure IV.8 : Les étapes de l'analyse thématique.

- ❑ **Exemple d'analyse thématique sur le SIG du réseau d'AEP du Chef Lieu d'Aokas :**
En suivant les étapes précédentes nous avons effectué une analyse thématique du réseau de distribution du point de vue longueurs des conduites.

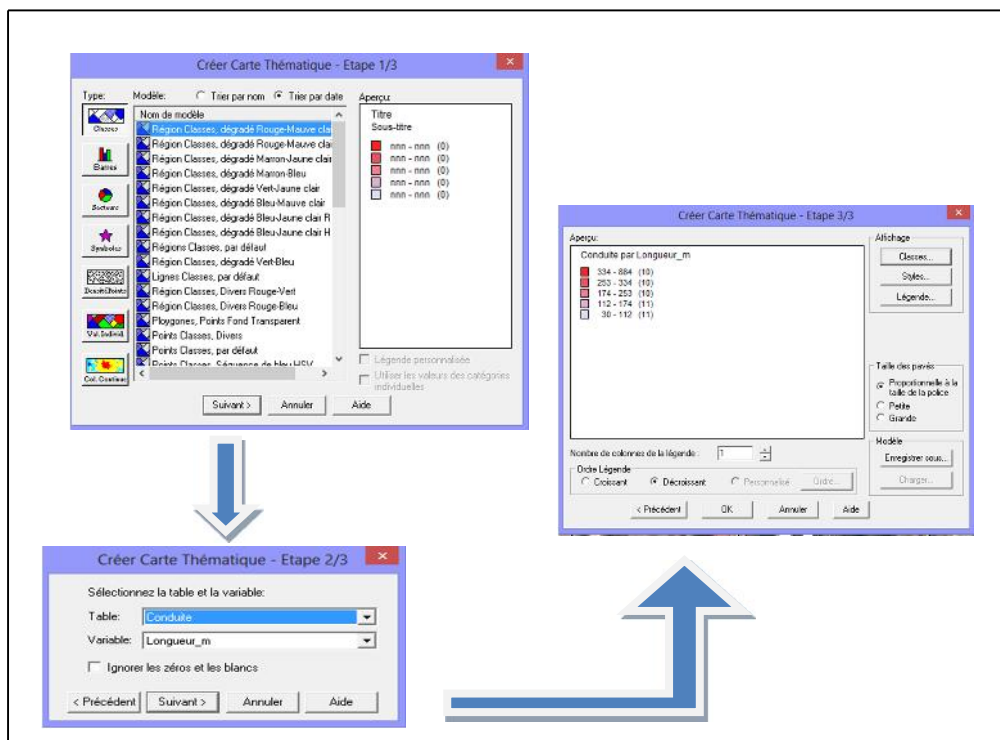


Figure IV.9 : l'analyse thématique (longueurs des conduites).

IV.3.3.3. Couplage SIG, logiciel de modélisation :

Le couplage SIG, logiciels de modélisation contribue efficacement à la gestion des réseaux d'AEP. Ce couplage permet aux SIG d'emprunter les capacités analytique des modèles et de l'autre coté les modèles empruntent les capacités graphiques et de gestion de données du SIG, [18].

Les opérations de saisi, stockage et de mise à jour des données permettent d'emmagasiner un historique des problèmes d'exploitation utile pour les prévisions d'intervention sur le réseau.

IV.4. Conclusion :

L'élaboration d'un système d'informations géographique a eu comme but principale la création d'une banque de données en relation avec le modèle numérique de terrain (MNT) à travers ce dit modèle, nous avons pu proposer quelques techniques de gestion par SIG dans lesquelles nous avons illustré les résultats de la requête SQL et de l'analyse thématique.

Il s'avère que l'élaboration d'un système d'information géographique pour les réseaux, notamment les réseaux d'AEP est non seulement une nouveauté mais aussi une opportunité incontournable pour toute éventuelle conception, réhabilitation ou gestion.

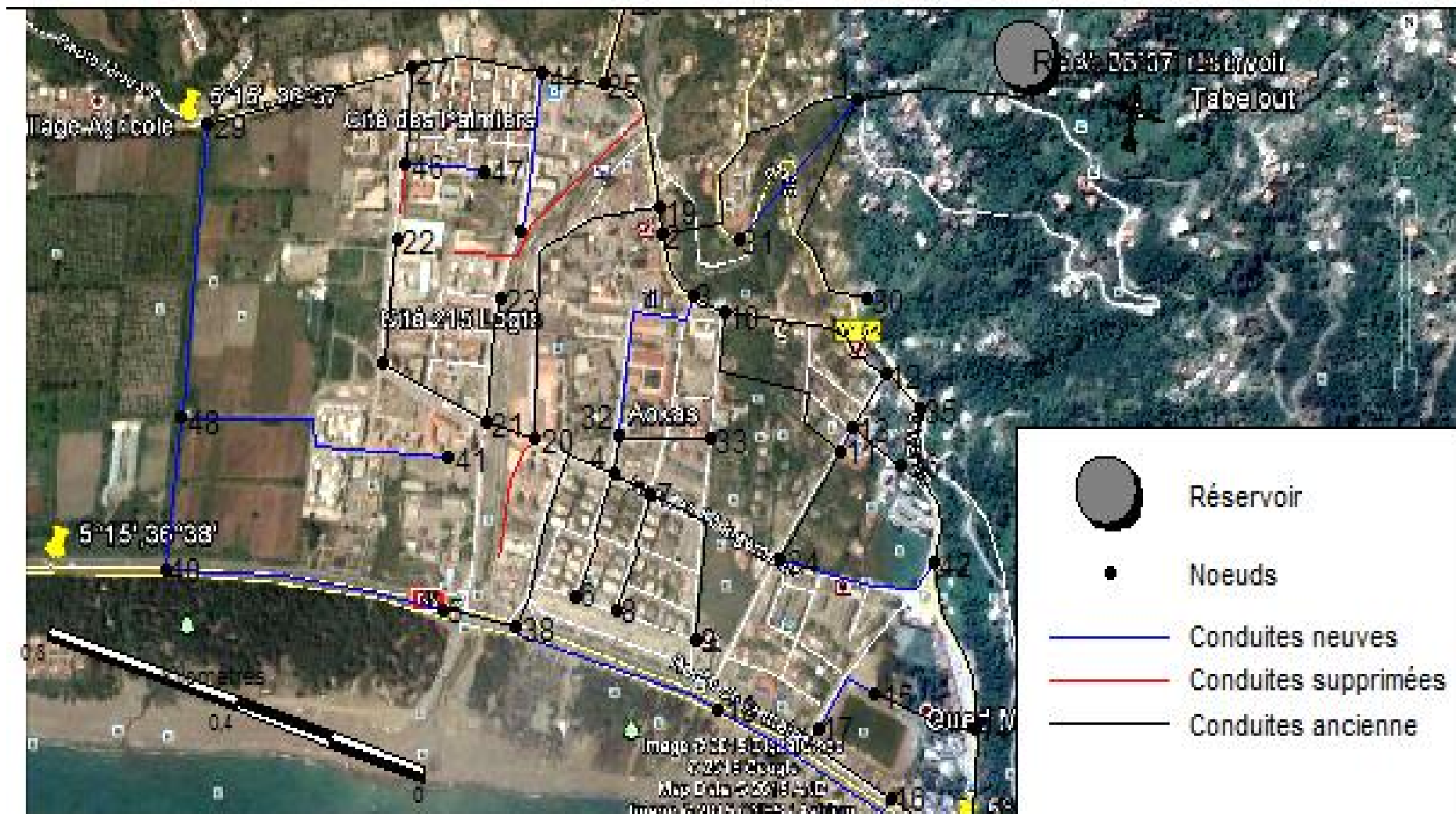


Figure IV.10 : Tracé du réseau de distribution géoréférencé du chef lieu d'Aokas.

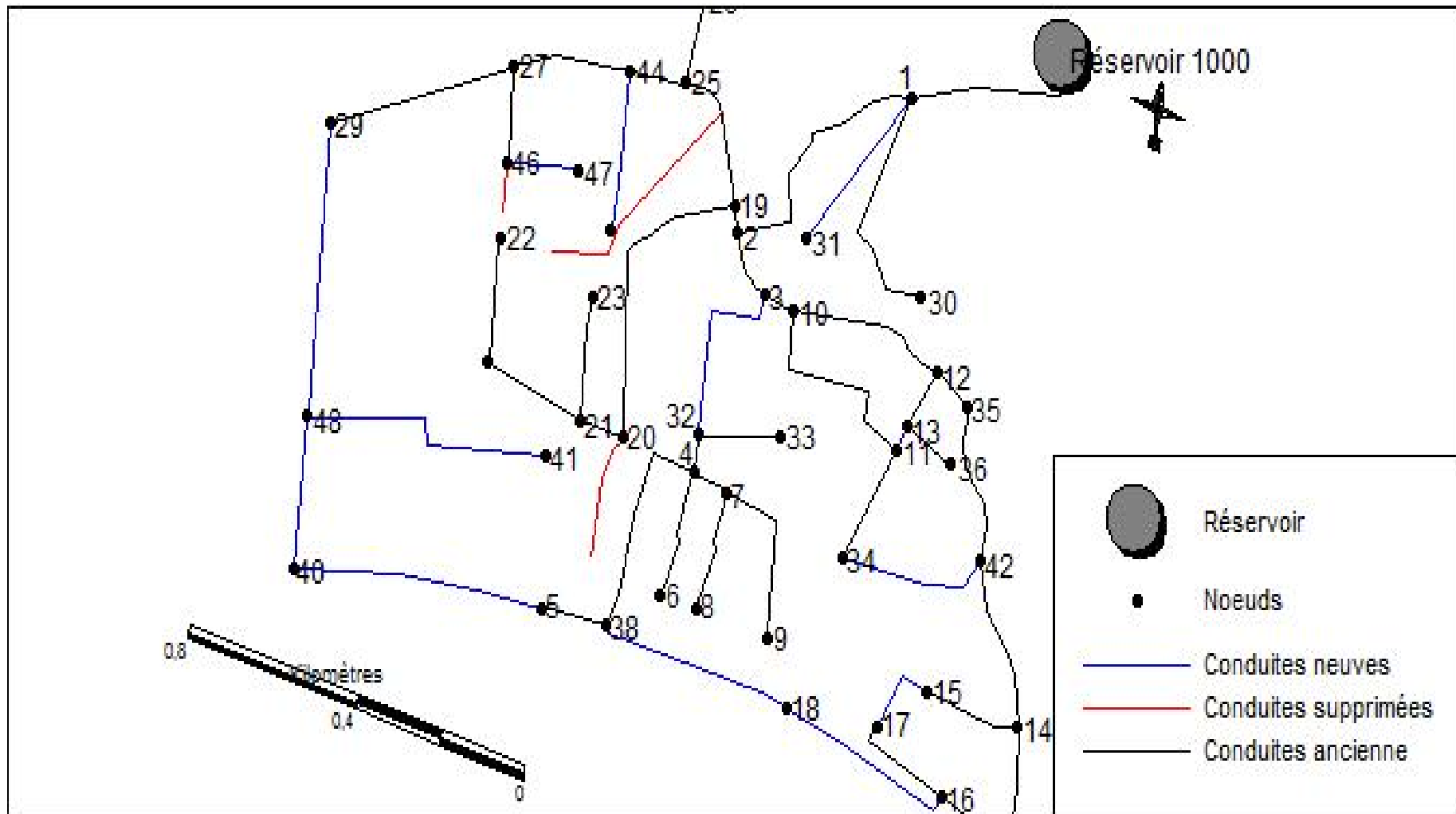


Figure IV.11 : Tracé du réseau de distribution du chef lieu d'Aokas.

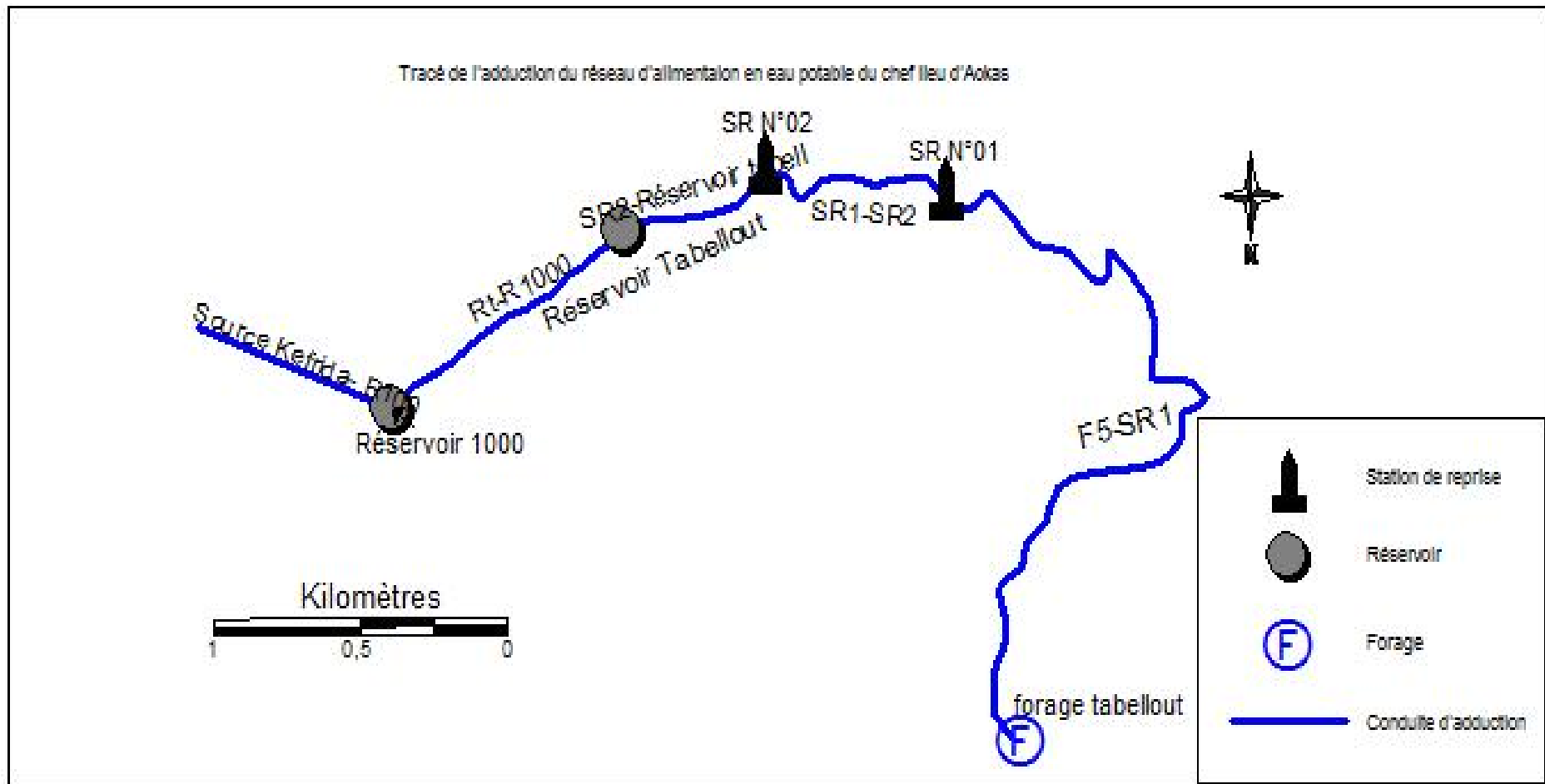


Figure IV.13 : Tracé de la chaîne de refoulement de la ville d'Aokas.

Conclusion Générale

Le diagnostic et la gestion d'un réseau d'AEP a pour principal objectif de livrer aux consommateurs une eau répondant aux normes de qualité avec une continuité du service. Une bonne connaissance des infrastructures, du fonctionnement hydraulique et de l'état du réseau sont les garants d'une gestion efficace du réseau. Le vieillissement et la dégradation de la qualité de service ainsi que l'augmentation des fuites et les plaintes des usagers sur le réseau d'AEP du chef lieu d'Aokas (source ADE) nous ont motivés à effectuer ce travail.

En effet, plusieurs sorties sur le terrain ainsi que nos rapprochements des services hydrauliques concernés par la gestion du réseau d'AEP du chef lieu d'Aokas, nous ont permis d'acquérir le maximum de données et par la suite d'essayer de trouver des solutions à la défectuosité du réseau.

En premier lieu, nous avons fait une présentation du site et nous avons donné toutes les caractéristiques du réseau d'AEP existant avec une estimation des besoins en eau actuels et futures qui sont respectivement de **59,03 l/s** et **88,91 l/s** et qui sont bien loin d'être satisfaisant par rapport aux débits journaliers fournis par le forage Tabellout et la source Kefrida qui est de **35 l/s** ce qui nécessite la mobilisation d'autres ressources.

Puis nous avons effectué un diagnostic du réseau et nous avons obtenu les résultats suivants :

- ✓ Le diagnostic physique nous a révélé quelques anomalies au niveau des ouvrages d'adduction auxquels nous avons proposé des réhabilitations.
- ✓ La capacité du réservoir n'est pas vérifiée et demande un volume de 1200 m³.
- ✓ le diagnostic fonctionnel nous a permis de voir que la majorité des nœuds enregistrent des surpressions ; avec quelques nœuds qui enregistrent des dépressions. Par contre, une forte variation de vitesses a été observée dans les conduites.

Nous avons également effectué une réhabilitation du réseau dans laquelle nous avons renforcé le réservoir existant par un autre réservoir de 200m³. Et nous avons proposé un autre tracé pour le réseau de distribution tout en gardant l'existant et cela avec le remplacement de quelques conduites, l'apport d'autres et la suppression de quelques unes.

Enfin, nous avons élaboré un système d'information géographique avec le logiciel SIG MapInfo qui a pour but la création d'une banque de données en relation avec le modèle numérique de terrain.

Néanmoins, on aurait aimé faire un jumelage entre SIG et Epanet pour que la gestion soit plus efficace et plus rapide ; mais nous n'avons pas pu vu la contrainte du temps.

Comme perspectives nous proposons ce qui suit :

La modernisation des services de gestion de la qualité des réseaux d'AEP par la mise à jour des SIG.

Opter pour un système d'amélioration continu se basant sur la détection des dysfonctionnement et des défaillances éventuelles, et l'archivage de ces défaillances et anomalies pour mettre en évidence les problèmes récurrents du réseau et ses secteurs sensibles, avec l'acquisition d'un matériel adéquat et un personnel compétent.

La mise en place d'une politique de formation est primordiale et permet à l'organisme gestionnaire d'atteindre ses objectifs de qualité. L'instauration d'un centre de formation pour chaque catégorie de personnel est plus que nécessaire.

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Plan Directeur d'Aménagement et Urbanisme de la commune d'Aokas (PDAU), 2014
- [2] Algérienne Des Eaux (ADE), unité d'Aokas.
- [3] Direction de Programmation et de Suivie Budgétaire de Bejaïa (DPSB), annuaire statistique 2013, wilaya de Béjaïa.
- [4] Agence de l'eau, Loire Bretagne et ADEME ; chiffres moyens cité dans : Etablissement public du bassin de la vienne, Guide des économies d'eau dans les bâtiments et espaces publics, 38 page, janvier 2009.
- [5] **Dupont, A.**, HYDRAULIQUE URBAINE : Ouvrage de transport, Elévation et distribution des eaux, Tome 2, Edition Eyrolles, 1979.
- [6] Lyonnaise des eaux., Mémonto de l'eau et de l'Assainissement, Lavoisier tec et doc. Tome 1, 435 pages, 1994.
- [7] **BLÏNDU, I.**, Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau Monnet, Fance, 304 pages, mai 2004.
- [8] **Rossman, Louis, A.**, Epanet 2 : Manuel de l'utilisateur, National Risk Management Research Laboratory, *U.S. Environmental Protection Agency, version française, 2003*
- [9] Fiche Memento, Thermique et Sanitaire, Mécanique des fluides, les pertes de charge, pp 1-3, 2013
- [10] **AFEE.**, Fiabilité de la distribution d'eau potable, l'entretien des réseaux d'eau, étude de synthèse, *Edition Association française pour l'étude des eaux, AFEE, Paris, 143 pages, 1985.*
- [11] **Onema.**, gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable, mai 2013
- [12] La Houille Blanche, N°6 , pp. 479-483, Octobre 1992
- [13] **Mahmoud, M.**, Cours d'alimentation en eau potable, Professeur à l'ENIT, 2002
- [14] **Hammoun, H. et Bouzida, R.**, Pratique des systèmes d'Information Géographiques

(S.I.G), Application sous MapInfo, , Alger, 196 pages, 2010.

[15] **Tarfaya, C.** Approche méthodologique pour le diagnostic des réseaux d'eau, *mémoire de magistère*, Université Hadj Lakhdhar de Batna, Algérie, Avril 2012.

[16] **ISTED., CNIG., and DRAST.,** la gestion des réseaux, SIG et gestion durable de l'eau ; Troisième Forum mondiale sur l'eau ; Kyoto2003 ; pp. 65-104 Février, 2003.

[17] **ABDELBAKI, C.,** Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG – cas du groupement urbain de Tlemcen-, *Thèse de doctorat*, Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, Algérie, 139 pages, Décembre 2014.

Annexes

Annexes

Annexe I : Valeurs du débit journalier consommé en % en fonction de $K_{max h}$.

Heure du jour	Régime de consommation des agglomérations											
	1.2	1.25	1.3	1.35	1.4	1.45	1.5	1.7	1.8	1.9	2	2.5
0-1	3.50	3.35	3.20	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.90	0.85	0.75	0.60
1-2	3.45	3.25	3.25	3.20	2.65	2.10	1.50	1.00	0.90	0.85	0.75	0.60
2-3	3.45	3.30	2.90	2.50	2.20	1.85	1.50	1.00	0.90	0.85	1.00	1.20
3-4	3.40	3.20	2.9	2.60	2.25	1.90	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
4-5	3.40	3.25	3.35	3.50	3.20	2.85	2.50	2.00	1.35	2.70	3.00	3.50
5-6	3.55	3.40	3.75	4.10	3.90	3.70	3.50	3.00	3.85	4.70	5.50	3.50
6-7	4.00	3.85	4.15	4.50	4.50	4.50	4.50	5.00	5.20	5.35	5.50	4.50
7-8	4.40	4.45	4.65	4.90	5.10	5.30	5.50	6.50	6.20	5.85	5.50	10.20
8-9	5.00	5.20	5.05	4.90	5.35	5.80	6.25	6.50	5.50	4.50	3.50	8.80
9-10	4.80	5.05	5.40	5.60	5.85	6.05	6.25	5.50	5.85	4.20	3.50	6.50
10-11	4.70	4.35	4.85	4.90	5.35	5.80	6.25	4.50	5.00	5.50	6.00	4.10
11-12	4.55	4.60	4.60	4.70	5.25	5.70	6.25	5.50	6.50	7.50	8.50	4.10
12-13	4.55	4.60	4.50	4.40	4.60	4.80	5.00	7.00	7.50	7.90	8.50	3.50
13-14	4.45	4.55	4.30	4.10	4.40	4.70	5.00	7.00	6.70	6.35	6.00	3.50
14-15	4.60	4.75	4.40	4.10	4.60	5.05	5.50	5.50	5.35	5.20	5.00	4.70
15-16	4.60	4.70	4.55	4.40	4.60	5.30	6.00	4.50	4.65	4.80	5.00	6.20
16-17	4.60	4.65	4.50	4.30	4.90	5.45	6.00	5.00	4.50	4.00	3.50	10.40
17-18	4.30	4.35	4.25	4.10	4.60	5.05	5.50	6.50	5.50	4.50	3.50	9.40
18-19	4.35	4.40	4.45	4.50	4.70	4.85	5.00	6.50	6.30	6.20	6.00	7.30
19-20	4.15	4.30	4.40	4.50	4.50	4.50	4.50	5.00	5.35	5.70	6.00	1.60
20-21	4.15	4.30	4.40	4.50	4.40	4.20	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	1.60
21-22	4.15	4.20	4.50	4.80	4.20	3.60	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00
22-23	3.90	3.75	4.20	4.60	3.70	2.85	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.60
23-24	3.80	3.70	3.50	3.30	2.70	2.10	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Annexe II : Informations attributaires des différents composants du réseau d'AEP DU CHEF LIEU d'Aokas sur SIG MapInfo.

Tableau (II.1) : Informations attributaires des conduites du réseau de distribution.

ID_conduite	Longueur_m	Diamètre_m	Type_de_matériau	Vitesse_mps	Etat_de_la_conduit	Année_de_pos	Profondeur_réelle_de	Entreprise_de_réalisation	Nombre_d_interven	Observations
R-1	146	300	Acier noir	1,21	Ancienne	1970	0	-	0	-
1-2	334	300	Acier noir	1,17	Ancienne	1970	0	-	0	-
1-31	220	20	PEHD	0,64	Neuve	2 015	0	-	0	-
1-30	332	40	Acier noir	0,45	Ancienne	1970	0	-	0	-
2-3	126	300	Acier noir bitumé	0,63	Ancienne	1970	0	-	0	-
3-32	318	160	PEHD	0,69	Neuve	2 015	0	-	0	-
32-33	132	50	Acier galvanisé	0,28	Ancienne	1970	0	-	0	-
32-4	62	80	Acier galvanisé	2,4	Ancienne	1970	0	-	0	-
4-38	344	50	Acier galvanisé	2,2	Ancienne	1970	0	-	0	-
38-5	112	50	Acier galvanisé	1,02	Ancienne	1970	0	-	0	-
38-18	391	50	PEHD	0,6	Neuve	1970	0	-	0	-
4-6	186	50	Acier galvanisé	0,39	Ancienne	1970	0	-	0	-
4-7	74	50	Acier galvanisé	2,14	Ancienne	1970	0	-	0	-
7-8	182	50	Acier galvanisé	0,38	Ancienne	1970	0	-	0	-
7-9	290	50	Acier galvanisé	0,61	Ancienne	1970	0	-	0	-
10-3	30	300	Acier noir bitumé	0,41	Ancienne	1970	0	-	0	-
10-11	530	80	Acier noir bitumé	0,45	Ancien	1970	0	-	0	-
10-12	360	300	Acier noir bitumé	0,32	Ancienne	1970	0	-	0	-
12-13	110	150	Acier galvanisé	0,58	Ancienne	1970	0	-	0	-
13-11	55	80	PEHD	1,74	Neuve	2 015	0	-	0	-
36-13	104	40	Acier noir bitumé	0,34	Ancienne	1970	0	-	0	-
35-12	96	300	Acier noir bitumé	0,14	Ancienne	1970	0	-	0	-
42-35	252	80	Acier galvanisé	1,73	Ancienne	1970	0	-	0	-
11-34	174	80	Acier galvanisé	1,57	Ancienne	1970	0	-	0	-
34-42	279	80	PEHD	1,19	Neuve	2 015	0	-	0	-
14-42	231	80	Acier galvanisé	2,3	Ancienne	1970	0	-	0	-
16-14	270	80	Acier galvanisé	1,53	Ancienne	1970	0	-	0	-
16-17	168	80	Acier galvanisé	0,17	Ancienne	1970	0	-	0	-
17-15	112	32	PEHD	0,39	Neuve	2 015	0	-	0	-
15-14	120	40	PEHD	1,01	Ancienne	1970	0	-	0	-
18-16	271	50	PEHD	1,99	Neuve	2 015	0	-	0	-
2-19	36	300	Acier noir bitumé	0,51	Ancienne	1970	0	-	0	-
19-20	544	100	Acier noir bitumé	1,05	Ancienne	1970	0	-	0	-
20-21	85	80	Acier galvanisé	1,05	Ancienne	1970	0	-	0	-
21-23	199	40	PEHD	0,65	Neuve	2 015	0	-	0	-
21-28	138	63	PEHD	0,87	Neuve	2 015	0	-	0	-
28-22	182	40	PEHD	0,6	Neuve	2 015	0	-	0	-
19-25	253	150	Acier noir bitumé	1,38	Ancienne	2 015	0	-	0	-
25-26	94	40	Acier galvanisé	0,31	Ancienne	1970	0	-	0	-
25-44	115	150	Acier noir	1,25	Ancienne	1970	0	-	0	-
44-45	266	50	PEHD	1,44	Neuve	2 015	0	-	0	-
44-27	246	150	Acier noir	0,95	Ancienne	1970	0	-	0	-
27-46	168	100	Acier galvanisé	0,39	Ancienne	1970	0	-	0	-
46-47	119	32	PEHD	0,61	Neuve	2 015	0	-	0	-
5-40	306	32	PEHD	0,57	Neuve	2 015	0	-	0	-
40-48	201	50	PEHD	1,3	Neuve	2 015	0	-	0	-
48-41	296	50	PEHD	0,62	Neuve	2 015	0	-	0	-
29-48	800	80	PEHD	0,92	Neuve	2 015	0	-	0	-
27-29	884	80	Acier galvanisé	1,64	Ancienne	1970	0	-	0	-
20-22	86	110	Acier galvanisé	0	supprimée	0	0	-	0	-
23-24	438	110	PEHD	0	supprimée	0	0	-	0	-
46-28	346	100	Acier galvanisé	0	supprimée	0	0	-	0	-

Tableau (II.2) : Informations attributaires des nœuds du réseau de distribution.

ID_noeud	Altitude_m	Pression_m	Longitude	Latitude
1	74,46	35,69	5,23386	36,6122
2	23,24	85,1	5,23792	36,6173
10	14,97	93,14	5,23629	36,6186
3	17,69	90,44	5,23706	36,6185
32	10,16	97,09	5,23835	36,6226
33	9,4	97,4	5,2362	36,6217
4	9,41	90,26	5,23836	36,6236
38	5	28,78	5,24012	36,6282
5	6,3	22,83	5,24186	36,6285
6	6,01	92,45	5,23887	36,6269
7	9,49	76,73	5,23743	36,6237
8	8,22	76,87	5,23791	36,6269
9	5,39	76,37	5,236	36,6269
12	23,87	84,08	5,23242	36,6186
13	12,94	94,65	5,23305	36,6202
35	24,13	83,81	5,23157	36,6192
36	15	91,88	5,2318	36,6207
11	12,75	92,95	5,23327	36,6209
34	5,21	91,39	5,23432	36,6241
42	5	86,84	5,23078	36,6228
14	5	61,06	5,22933	36,6265
16	5	53,22	5,23109	36,629
17	5	53,1	5,23294	36,6279
15	5	54,39	5,23176	36,6265
18	5	32,24	5,23529	36,6284
19	21,2	87,1	5,23812	36,6166
20	12,84	85,83	5,24027	36,6234
21	11,7	84,94	5,24139	36,6235
23	12,5	81,44	5,24145	36,6203
28	10	84,86	5,24395	36,623
25	25,89	77,83	5,23972	36,6141
26	33	70,19	5,23943	36,6118
44	23,5	78,5	5,24112	36,6144
45	17	73,7	5,24116	36,6185
27	20	79,9	5,24414	36,6155
46	15,6	83,87	5,244	36,6179
47	15,1	82,87	5,24217	36,6173
22	15	77,75	5,24397	36,6198
29	17,7	31,35	5,24862	36,6187
48	5	35,59	5,24835	36,6262
40	5	28,42	5,24828	36,6301
41	9,5	28,31	5,24216	36,6247
30	39,77	66,51	5,23306	36,6169
31	63,55	39,75	5,23616	36,6167

Tableau (II.3) : Informations attributaires du réservoir 1000 m³.

ID_réservoir	Localisation	cote_radier_m	Hauteur_trop_plein	Hauteur_m	Capacité_m3	Volume_incendie	Année_de_réalisat	Entreprise_de_réalisation	Longitude	latitude
Réservoir 1000	Tikheroubine	109	4	5	1 000	Non	1980		5,23012	36,6096

Tableau (II.4) : Informations attributaires des conduites d'adduction.

ID_conduite	Longueur_m	Diamètre_m	Type_matériau	Etat_de_la_conduite	Année_de_pos	profondeur_réelle_de	Entreprise_de_réalisation	Nombre_d_interven	Observations
F5-SR1	1 408	250	forte	NEUF	2 015	0 -		0	-
SR1-SR2	1 110	250	forte	Neuf	2 015	0 -		0	-
SR2-Réservoir tabal	1 038	250	forte	Neuf	2 015	0 -		0	-
R-R1000	0	200	Acier	Ancien	1 970	0 -		0	-
Source Katrida- R'DC	0	150	Acier noir	Ancien	1 970	0 -		0	-

Tableau (II.5) : Informations attributaires du forage (F5) Tabellout.

ID_Forage	Champ_captant	Diamètre_m	Profondeur_m	Débit_max_LPS	Débit_d'exploitation	Niveau_statique_m	Niveau_dynamique	HMT_m	Profondeur_pompe	Matériau_tubage	Année_de_réalisation	Date_de_mise_en_se
Forage tabellout	Oued Zitouna	300	45	40	25	9,02	10,15	120	0	inox	1992	1995

Tableau (II.2) : Informations attributaires des réservoirs.

ID_réservoir	localisation	cote_radier_m	Hauteur_trop_plein	Hauteur_m	Capacité_m3	Volume_incendie	Année_de_réalisation	Entreprise_de_réalisation	Longitude	Latitude
Réservoir Tabellout	Tabellout	374	3	4	600	non	-	-	5,23397	36,6285
Réservoir 1000	Tikheroubine	109	4	5	1 000	Non	1980	-	5,24286	36,6313

Tableau (II.2) : Informations attributaires des stations de pompage

ID_Station_de_pompe	Altitude_m	Nombre_de_pompe	Nombre_de_pompe_e	HMT_m	Débit_LPS	Longitude	Latitude
N°01	152	1	1	140	25	5,22166	36,6253
N°02	262	1	1	60	25	5,22856	36,6246

العنوان: إنشاء نظام معلومات جغرافية, تشخيص و إعادة تأهيل شبكة التزويد بالمياه الصالحة للشرب المجمع
لمدينة

: بالمياه يتوجب عليه ذكية,
الجغرافية
هذا
لمدينة,
الرئيسية: التزويد بالمياه, تشخيص, تأهيل, تسيير, الجغرافية

Titre: Elaboration d'un système d'informations géographiques, diagnostic et réhabilitation du réseau d'alimentation en eau potable du chef lieu de la ville d'Aokas.

Résumé : Les réseaux d'alimentation en eau potable représentent un patrimoine considérable pour les collectivités. Il faudra donc les préserver par une gestion intelligente : l'utilisation des logiciels de modélisation et des systèmes d'informations géographiques. Le travail effectué dans ce mémoire porte sur le diagnostic et la réhabilitation du réseau d'AEP du chef lieu d'Aokas, puis l'élaboration du système d'informations géographiques servant de base de données pour optimiser la gestion ultérieure du réseau.

Mots clés : Réseau d'AEP, diagnostic, réhabilitation, gestion, Système d'informations géographiques.

Title : Elaboration of geographical information system, diagnostic and rehabilitation of the drinking water supply system of the chief town of Aokas.

Abstract : Drinking water supply system represent heritage for communities. we have to preserve them, with an intelligent management using modeling software and geographical information system.

The work carried out in this memory is about diagnostic and the network rehabilitation of the Aokas chief town. then the elaboration of geographical information system, witch is used as database, that make simple the management of the network.

Key words : Drinking water supply system, diagnostic, rehabilitation, management, geographical information system.