

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Alimentation en eau potable de la ville des quatre chemins Ain El Bey (w. Constantine).

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 1-0020-11

APA Citation (APA توثيق):

Lachtar, Aicha (2011). Alimentation en eau potable de la ville des quatre chemins Ain El Bey (w. Constantine)[Mem Ing, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics.

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات بيداغوجية، مقالات الدوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة و يتم إدارته من طرف مديرة المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
<<ARBAOUI Abdellah>>**

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE**

Option : Conception de systèmes d'alimentation en eau potable.

THEME :

**Alimentation en eau potable de la ville des quatre
chemins Ain El Bey (Constantine)**

Présenté par :
M^{elle} LACHTAR Aicha

Promoteur :
Mr SALAH Boualem

Devant le jury composé de :

Président: M^r O. KHODJET - KESBA

**Examineurs: M^r M. S.BENHAFID
M^r A. AYADI
M^{me} L. TAFAT
M^r R. KERID**

Septembre 2011

Remerciements :

*Avant tout, je remercie **DIEU** qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.*

Je tiens à remercier particulièrement Monsieur SALAH Boualem, mon promoteur, pour ses conseils avisés, son aide précieuse et sa disponibilité au cours de toute l'année.

Je remercie également tout les enseignants qui m'on aidé par leurs savoir faire à mieux élaborer mon travail, spécialement Mlle Kadi Latifa et Mr. BOUKHELIFA Mustapha.

Je tiens à remercier aussi :

Mr O.KHODJET-KESBA qui m'a fait l'honneur de présider mon jury.

Les membres de jury : -Mr S.BENHAFID.

-Mr A.AYADI.

- Mme L.TAFAT.

-Mr R.KERID

pour avoir accepté d'évaluer mon travail.

AICHA L

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à :

-Mes parents pour leurs sacrifices et surtout leurs amour afin d'atteindre mon but.

-Mes adorables frères : Abdallah, Zakaria, Ayoub Khalifa et mes chères sœurs : Khadra et Khadidja.

-Tous mes amis (es) : Abderrahmane, Adel, Meziane, Amine, Kahina, Fetta, Asma, Kaouthar, Amina, Amel, Imen, Hajer, Hanane, Chahra, Inzo.

AICHA L

ملخص:

أطروحتنا لنهاية الدراسة تهدف إلى تزويد التجمع السكاني لمنطقة مفترق الطرق لعين الباي ولاية قسنطينة بالمياه الشروب.

عبر هذه الدراسة تم انجاز شبكة توزيع للمياه الصالحة للشرب للمنطقة المعنية حيث اشتملت هذه الأخيرة على عدة مراحل، في أول الأمر حاولنا إعطاء نظرة عامة حول المنطقة من أجل تقييم حاجيات السكان، التطور الديموغرافي، البنيات التحتية(الخزانات وشبكة التوزيع). بعد ذلك تطرقنا إلى انجاز شبكة توزيع جديدة من أجل تلبية حاجيات السكان المتزايدة للماء (أفق 2025) من حيث الكم والنوع. و في آخر الأمر قمنا بإعطاء اقتراحات و حلول لمختلف المشاكل التي واجهناها (صغر سعة الخزان، ضغط مياه عالي....). و بذلك تم تحسين الخدمات المطلوبة من حيث المياه الشروب للمنطقة.

Résumé :

Notre mémoire de fin d'étude à pour but l'alimentation en eau potable de l'agglomération des quatre chemins Ain El BEY (Constantine).

Cette présente étude vise à projeter un réseau d'alimentation en eau potable de l'agglomération de Ain El Bey, ce dernier à été élaboré en plusieurs étapes, en premier on a traité la situation actuelle de la ville de façon à ressortir les besoins en eau potable, l'évolution démographique, l'état de ses infrastructures hydrauliques tels que les réservoirs de stockage et le fonctionnement du réseau actuel, en suite on s'est consacré uniquement à l'élaboration et au développement du nouveau schéma directeur d'AEP de façon à mieux desservir les habitants. En suite on a fait la simulation hydraulique de notre réseau a fin de répondre qualitativement et quantitativement aux besoins croissants de la population (à l'horizon2025).Enfin on a donné des recommandations et solutions des problèmes rencontrés (volume du réservoir insuffisant, pressions trop élevées, coup de bélier) pour améliorer mieux l'alimentation en eau potable de la ville et satisfaire les abonnés.

Abstract:

The memoir of our last studies take on purpse the water supply of the agglomeration quatre chemins « four paths »Ain El Bey (Constantine).

This latter ame to project a network of water supply , it has been elaborated in many steps, first we treated the current situation of the city in ordre to take out again the need in water, the demographique evolution,the state of hydrauliques substructures such as tanks and the curent network working, and then we only concecrated at the achievement and the developpement of a dircteur scheme of water supply in the way to butter disturbe the water to population ,then we did the hydraulique simulation of our network in order to reply qualitatively and quantitatively at the growing needs of the population (at the horizon 2025 At least we gave recommondations and solutions of the problems met (tank, high pressure, the water hammer) to ameliorate better the water supply of the city and satisfy subscribers.

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre 1 : présentation de l'agglomération

1.1-Introduction.....	2
1.2-Situation géographique.....	2
1.3-Situation démographique.....	3
1.4-Situation climatique.....	4
1.4.1-climat.....	4
1.4.2-La pluviométrie.....	4
1.4.3-La température.....	4
1.4.4-Le vent.....	5
1.4.5- le gel.....	5
1.5-Situation hydrogéologique.....	5
1.6-Situation topographique.....	6
1.7-Situation géologique.....	6
1.8-Situation hydraulique.....	7
1.8.1-Dotation actuelle.....	7
1.8.2- Réseau de distribution existant.....	7
1.8.3-L'adduction en eau potable existante.....	8
1.8.4-Description du système d'adductions.....	8
1.8.4.1-Première partie.....	8
1.8.4.2-Deuxième partie.....	8
1.8.4.3-Troisième partie.....	8
1.8.5-Le réservoir existant de volume 300m ³	9
1.8.6-Ressources en eaux.....	10
1.9-Conclusion.....	11

Chapitre 2 : Estimation des besoins en eau potable

2.1-Introduction.....	12
2.2-Estimation de la population future.....	12
2.3-Normes unitaires de consommation.....	13
2.4-Consommation journalière moyenne.....	13
2.5-Estimation des besoins domestiques moyens	14

2.6-Estimation des besoins des autres catégories d’usagers.....	14
2.7-Récapitulation des besoins en eaux de la ville.....	15
2.8-Variations de la consommation journalière.....	16
2.8.1- Consommation maximale journalière.....	16
2.8.2-Consommation minimale journalière.....	16
2.9-Variations de la consommation horaire.....	17
2.9.1-Consommation maximale horaire.....	17
2.9.2- Consommation minimale horaire.....	18
2.9.3-Débit moyen horaire.....	18
2.10- Régime de la consommation de l’agglomération.....	19
2.11-Conclusion.....	21

Chapitre 3 : dimensionnement du réseau de distribution d’eau

3.1-Introduction.....	22
3.2-Choix du type de réseau	22
3.3-Exigences fondamentales du réseau	22
3.4-Conception du réseau de l’agglomération.....	23
3. 5-Principe du tracé du réseau.....	23
3.6-Choix du matériau des conduites	23
3.6.1-Tuyaux en P.E.....	24
3.6.1.1-Les avantages.....	24
3.6.1.2-Les inconvénients.....	24
3.6.2-Tuyaux en Pvc.....	24
3.7-Calcul hydraulique du réseau de distribution.....	24
3.7.1-Détermination du débit spécifique.....	25
3.7.2-Calcul des débits en route	25
3.7.3-Détermination des débits nodaux.....	26
3.7.4-Calcul du réseau par logiciel WATERCAD.....	27
3.7.4.1-Présentation du logiciel.....	27
3.7.4.2-Fonction et application.....	28
3.7.4.3-Résultats de la simulation.....	28
a)-Cas de pointe.....	28
b)-Cas de pointe+incendie.....	30
3.8-Les nouveaux paramètres hydrauliques après installation d’un réducteur de pression...	34

3.8.1-Cas de pointe.....	34
3.8.2-Cas de pointe+incendie.....	34
3.9-Conclusion.....	35

Chapitre 4 : réservoir d'alimentation en eau potable

4.1-Introduction.....	36
4.2-Rôle des réservoirs.....	36
4.3-Vérification de l'emplacement du réservoir.....	36
4.4-Principe de fonctionnement.....	37
4.5-Type de réservoir.....	37
4.6-Calcul de la capacité du réservoir.....	38
4.6.1-Principe de calcul.....	38
4.7-Les équipements du réservoir.....	40
4.7.1- Les équipements hydrauliques.....	40
4.7.1.1- un système d'arrêt de son alimentation.....	40
4.7.1.2- une crépine d'alimentation de la distribution.....	40
4.7.1.3- un compteur de distribution.....	40
4.7.1.4- Un robinet de prise.....	40
4.7.1.5- une conduite de soutirage.....	41
4.7.1.6- une conduite de trop plein.....	41
4.7.1.7- une conduite de vidange.....	41
4.7.1.8- un by-pass.....	41
4.7.1.9- un système de mesure du volume d'eau.....	41
4.7.1.10- matérialisation de la réserve d'incendie.....	41
4.7.1.11- Collecteurs de sédiments.....	42
4.7.2-Les équipements d'intervention.....	42
4.7.2.1- Accès.....	42
4.7.2.2- Protection contre les intrus.....	42
4.7.3-Les équipements de nettoyage.....	42
4.8-Conclusion.....	43

Chapitre 5 : les accessoires du réseau

5.1-Introduction.....	44
5.2-Les robinets.....	44
5.2.1-Les vannes à opercule.....	44

5.2.2-Les vannes papillon.....	46
5.3-Réducteur de pression.....	47
5.4-Les ventouses.....	48
5.5-Organes de mesure.....	49
5.5.1-Mesure de débit.....	49
5.5.1.1-Débitmètres à organe déprimogène.....	50
a)-Le diaphragme.....	50
b)-Les Plaques à Orifice.....	50
c)-La tuyère.....	50
d)-Le venturi.....	51
5.5.1.2-Les débitmètres.....	52
5.5.2-Mesure de pression.....	53
5.5.2.1-manomètres à aiguilles.....	53
5.5.2.2-manomètres à soufflet.....	53
5.6-Pièces spéciales de raccordement.....	54
5.6.1-Les Tés.....	54
5.6.2-Les coudes.....	54
5.6.3-Les croix de jonction.....	54
5.7- bouche d'incendie	55
5.8-Conclusion	57

Chapitre6 : Protection des conduites contre le coup de bélier

6.1-Introduction.....	58
6.2-Causes et effets du coup de bélier dans les systèmes hydrauliques.....	58
6.3-Effet du phénomène transitoire sur le système hydraulique en charge.....	59
6.3. 1-Cas de la surpression.....	59
6-3-2-Cas de la dépression.....	59
6.4-Description des phénomènes physiques en jeu.....	60
6.4.1- Etat d'équilibre d'un système hydraulique.....	60
6.4.2- Onde élastique et oscillation en masse.....	60
6.4.3-Perturbation de l'équilibre, effet sur les pressions.....	60
6.5-Schéma explicatif de notre projet.....	61
6.6-Protection de la conduite gravitaire reliant le réservoir de tête au premier nœud de distribution contre le coup de bélier.....	62
6.6.1-Calcul de la célérité d'ondes.....	62

6.6.2-Valeur numérique du coup de bélier.....	62
6.6.2.1-Cas de fermeture brusque.....	63
6.6.2.2-Cas de la fermeture lente.....	64
6.6.3-Détermination du temps de fermeture.....	65
6.6.4- Détermination du débit Q_k en fonction des caractéristiques du robinet-vanne.....	67
6.6.5-Déduction de la loi de manœuvre.....	69
6.7-Conclusion.....	71

Chapitre 7 : Organisation de chantier

7.1-Introduction.....	72
7.2-Implantation du tracé et piquetage	72
7.2.1-Repères fixes	72
7.2.2-Piquetage	73
7.3- L'exécution des terrassements nécessaires pour la pose des canalisations et des branchements.....	73
7.3.1-Largeur minimale de la tranchée.....	74
7.3.2- Dimension des fouilles pour regards.....	75
7.3.3-Profondeur de la tranchée	75
7.3.4-Choix du coefficient du talus.....	76
7.3.5-Choix des machines de terrassement.....	77
7.3.5.1-Section transversale de la tranchée (S_{tr})	77
7.3.5.3-Hauteur du cavalier (H_c).....	77
7.3.5.4-Distance de la mise du cavalier (A)	78
7.3.6-Choix de l'excavateur et du procédé d'excavation du sol	78
7.3.6.1-La pelle pour travail en butte	78
7.3.6.2-Pelle équipée en rétro.....	79
7.3.6.3-Rendement d'exploitation de la pelle choisie.....	80
7.3.6.4-Choix du bulldozer.....	81
7.4-Pose de conduite.....	82
7.5-Epreuve en tranchée.....	84
7.5.1-Conduites de toute nature à l'exception du polyéthylène (dans notre cas pvc).....	85
7.5.2-Conduites en Polyéthylène.....	85
7.6-Remblaiement des tranchées.....	86
7.6.1-Remblai primaire	86

7.6.2-Remblai secondaire	86
7.6.2.1-Sous chaussées, accotements et trottoirs.....	87
7.6.2.2-En pleine nature ou en quartiers non structurés.....	87
7.6.2.3-Grillage avertisseur.....	88
7.6.3-Remblaiement des ouvrages.....	88
7.6.4-Matériaux de remblai dont l'utilisation est interdite.....	88
7.7-Conclusion	90
Conclusion générale.....	91

Liste des figures

Chapitre 1 : présentation de l'agglomération

Figure N°01 : plan de situation géographique de la zone d'étude

Figure N°02 : le cadre géologique et hydrogéologique de la région de Constantine

Figure N°03: système d'adductions de la zone d'étude

Chapitre 2 : Estimation des besoins en eau potable

Figure N°01 : L'histogramme de la consommation journalière

Figure N°02 : La courbe cumulée de consommation

Chapitre 3 : dimensionnement du réseau de distribution d'eau

Figure N° 01 : Paramètres hydraulique : Cas de point

Figure N° 02 : Paramètres hydraulique : Cas de point +incendie

Chapitre 5 : les accessoires du réseau

Figure N°01 : robinet vanne à opercule

Figure N°2 : robinets vanne papillon à brides **PAM EUROSTOP**

Figure N°03 : réducteur de pression PAM STABAR

Figure N°04 : schéma détaillé du réducteur de pression

Figure N°05: ventouses automatiques

Figure N°06: plaques à orifice

Figure N°07: tuyère

Figure N°08 : venturi

Figure N° 09: débitmètre électromagnétique

Figure N°10: débitmètre ultra son

Figure N°11 : manomètre à aiguilles type Ref-class

Figure N°12 : raccords des tuyaux en polyéthylène

Figure N°13 : bouche d'incendie type KOLK

Chapitre6 : Protection des conduites contre le coup de bélier

Figure N°1 : schéma explicatif de la conduite R-J1

Figure N° 2: variation linéaire de la pression

Figure N° 3:cas de fermeture lente

Figure N°4: variation du débit au cours de la manœuvre de fermeture à travers le robinet vanne.

Figure N° 5 : Loi de manœuvre du robinet vanne à opercule

Chapitre 7 : Organisation de chantier

Figure N°01 : largeur de la tranchée

Figure N°02 : la profondeur de la tranchée

Figure N°03: schéma explicatif des grandeurs

Figure N°04 : pelle hydraulique

Figure N°05 : bulldozer

Figure N°06 : la pose en tranchée

Figure N° 07: coupe type en tranchée

Liste des planches

Figure N°01 : tracé en plan du réseau d'alimentation en eau potable.

Figure N°02 : profile en long de la conduite principale (R-J6).

Figure N°03: les accessoires dans le réseau de distribution.

Liste des tableaux

Chapitre 1 : présentation de l'agglomération

Tableau N°01: précipitation moyenne mensuelle

Tableau N°02: température moyenne mensuelle

Tableau N°03 : Nombre de jours de gelée

Chapitre 2 : Estimation des besoins en eau potable

Tableau N°01 : Evolution de la population

Tableau N°02 : Besoins domestiques moyens à l'horizon 2025

Tableau N°03 : besoins publiques moyens à l'horizon 2025

Tableau N° 04: Récapitulation des besoins en eaux de la ville

Tableau N°05: Calcul des consommations maximale et minimale journalières pour la ville

Tableau N° 06: β_{max} et β_{min} en fonction du nombre d'habitants

Tableau N°07 : Calcul des consommations maximales, minimales, et horaires

Tableau N°08 : Variation des débits horaires de la ville

Chapitre 3 : dimensionnement du réseau de distribution d'eau

Tableau N°01 : Détermination du débit spécifique

Tableau N°02 : Détermination des débits aux nœuds

Tableau N°03 : résultats de la simulation sur les conduites (Cas de pointe)

Tableau N°04 : résultats de la simulation sur les nœuds

Tableau N°05 : résultats de la simulation sur les conduites

Tableau N°06 : résultats de la simulation sur les nœuds

Tableau N°07 : résultats de la simulation sur les nœuds

Tableau N° 08: résultats de la simulation sur les nœuds

Chapitre 4 : réservoir d'alimentation en eau potable

Tableau N°03 : détermination de la capacité du réservoir

Chapitre 5 : les accessoires du réseau

Tableau N° 01 : Matériaux et revêtement du robinet vanne à coin

Tableau N° 02 : Matériaux et revêtement du robinet vanne papillon

Chapitre 6 : Protection des conduites contre le coup de bélier

Tableau N°04 : temps de fermeture en fonction de la surpression maximale

Tableau N°02 : Caractéristiques du dispositif, robinet vanne à opercule $D=225\text{mm}$

Tableau N°03 : Variation du débit Q_k au droit de la vanne en fonction de fermeture relative a_k/a_0

Tableau N°04 : Ouverture relative en fonction du temps de fermeture, loi de manœuvre

Chapitre 7 : Organisation de chantier

Tableau N°05 : la largeur de la tranchée en fonction de la profondeur

Tableau N°0 2 : choix du coefficient du talus

Tableau N°0 3 : Coefficient de foisonnement

Tableau N°04 : volume de déblai total et les paramètres pour la détermination de la pelle

Tableau N°05 : Capacité du godet en fonction du volume de terrassement

Tableau N°06 : Choix du bulldozer en fonction de la capacité du godet

Tableau N°07 : Volume total du lit de sable

INTRODUCTION GENERALE

Actuellement l'agglomération des quatre chemins à Ain El Bey est alimentée par un système d'alimentation en eau potable composé d'un réservoir posé sur sole, de capacité 300m³, situé à l'amont, et d'un réseau de distribution de type combiné en PVC, réalisé dans les années 90, posé par fois à même le sol.

Cette zone d'étude a été construite suite à plusieurs programmes de logements qui ont incité de projeter différents réseaux d'alimentation en eau potable, sans prendre en considération la capacité de la conduite principale à satisfaire les besoins croissants en eau potable. Vu l'état vétuste de ce réseau, il a été enregistré d'importantes fuites d'eau visibles au niveau des routes.

Ces fuites sont provoquées par une forte pression notamment la nuit. L'état anarchique de ce système et les anomalies constatées durant notre visite, ont engendré des incohérences de ce réseau dans son fonctionnement suite aux maintes opérations programmées pour le dimensionnement, l'exploitation et la gestion de ce dernier.

La présence de clôtures sur les conduites principales d'AEP destinée pour cette agglomération rend souvent difficile la réparation des fuites.

En conclusion, et contenu des données existantes et de la situation actuelle, une étude bien approprié s'impose a fin de doter cette zone d'étude par un réseau d'AEP fiable qui permettra d'assurer un débit suffisant et une pression optimale pour chaque abonné.

chapitre 1

Présentation de l'agglomération

-Chapitre -1-

PRESENTATION DE L'AGLOMERATION

1.1-Introduction :

L'agglomération des quatre chemins de Ain El Bey reconnaît une situation alarmante en matière d'alimentation en eau potable, vu l'état vétuste de son réseau de distribution et les fuites d'eau qui prennent de plus en plus d'ampleur sous l'effet de la pression. Le développement sanitaire et socio économique, l'extension du tissu urbain, l'exode rural constaté ce dernier temps, mettent l'actuel réseau dans l'incapacité de satisfaire les besoins en eau de la population. La projection d'un nouveau réseau pour cette agglomération nécessite comme étude préliminaire, la connaissance physique et hydraulique des différentes composantes constituant la dite agglomération.

1.2-Situation géographique :

La zone des quatre Chemins à Ain El Bey, est rattachée administrativement à la commune d'El Khroub située à une vingtaine de kilomètres, au Sud Est de Constantine, et à quelques kilomètres du chef lieu.

L'agglomération des quatre chemins est limitée :

au Nord par l'aéroport Mohamed Boudiaf.

Au sud par la ville de Kadri Brahim.

A l'est par l'agglomération de la cité 05, Chelia.

A l'ouest par la nouvelle ville, Ali Mendjeli.

L'agglomération des quatre chemins a un important trafic routier car elle est limitée à l'Est par la route nationale RN79 reliant Constantine à Ain M'Lila et au Nord par la route reliant El Khroub à la nouvelle ville Ali Mendjeli.

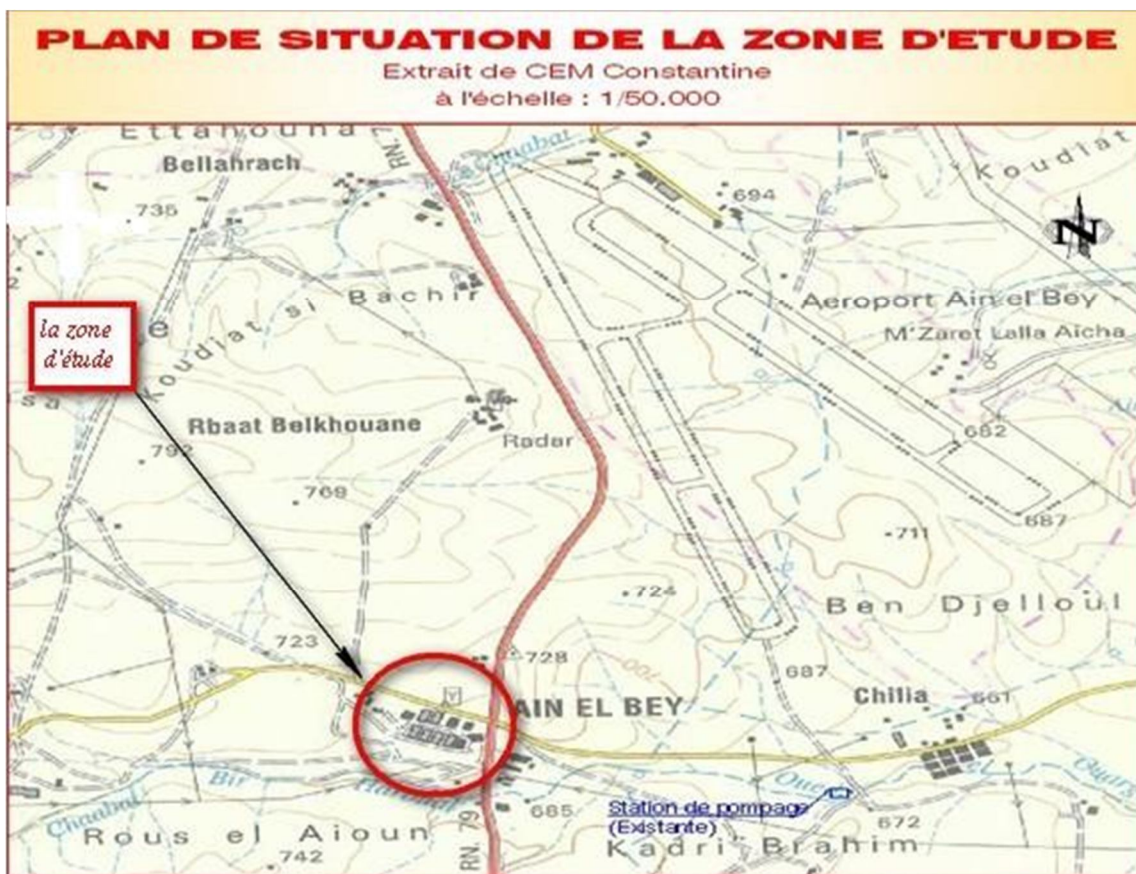


Figure N°01 : plan de situation géographique de la zone d'étude.

1.3-Situation démographique :

Ain Bey-quatre chemins est une agglomération secondaire située à la croisée de la route nationale 79 avec le chemin menant à la nouvelle ville. Il est à noter qu'aucune extension n'a été retenue actuellement. Il est objet de régulariser les opérations qui sont déjà lancées. Cette agglomération est formée de deux secteurs :

- Le secteur urbanisé avec de l'habitat existant, des lotissements promotionnels et un programme de logements sociaux (évolutif). Il y a lieu d'envisager une opération de viabilisation dont l'affectation des terrains se fera suivant les plans établis. La surface est de 31,45 ha.
- Le secteur à urbaniser au court et moyen terme, il est destiné à recevoir de l'habitat individuel (promotionnel) en plus des équipements de base, surface: 23,25 ha.

Cette agglomération se trouve à la limite de la ville nouvelle de Ain El Bey, le périmètre arrêté sera figé et ne pourra avoir plus d'extension.

1.4-Situation climatique :

1.4.1-climat :

Le climat est un facteur principal qui joue un rôle fondamental dans un projet d'AEP, notamment le contrôle de la distribution des eaux et la dynamique des écosystèmes. Les réactions des êtres vivants face aux variations des facteurs climatologiques du milieu, les données climatologiques, nous aident à se renseigner sur la pluviométrie, la température, et le taux d'humidité de l'air...

La commune de Ain El Bey jouit d'un climat méditerranéen assez contrasté et caractérisé par un été sec de très forte chaleur et un hiver humide et froid.

Les données utilisées pour caractériser l'état climatique de notre région d'étude

(La zone des quatre chemins) concernent une période représentée par des données climatiques récentes sur une période de 14 ans, allant de 1995 jusqu'à 2008, recueillie au niveau de la station météorologique (latitude: 36° 26'; longitude: 06°61').

1.4.2-La pluviométrie :

Les précipitations sont abondantes et s'étalent en moyenne sur deux saisons avec une répartition irrégulière.

D'après le tableau N°01, la plus grande valeur de précipitation moyenne mensuelle, correspond au mois de Décembre (78.4mm), par contre la plus faible valeur correspond au mois de juillet avec 5.1mm.

Tableau N°01: précipitation moyenne mensuelle.

mois	Jan	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	77,1	45,5	49,6	49,5	41,8	20,2	5,1	12,6	41,4	28,4	60,7	78,4

(Station météorologique régionale de l'Est Ain El Bey, Constantine, 2008).

1.4.3-La température :

En analysant les données de la période 1995-2008 du tableau N°02 , nous constatons que le mois de janvier est le plus froid, avec une température moyenne de 7,4°C, Juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne de 26,6°C.

Tableau N°02: température moyenne mensuelle.

mois	Jan	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc	
T°c	TM	12,3	13,4	16,7	19,7	25,6	31,3	34,7	34,2	28,6	24,4	17	12,9
	Tm	2,5	2,8	4,9	7,2	11,5	15,7	18,5	18,8	15,4	11,8	6,6	3,8
	Tmoy	7,4	8,1	10,8	13,5	18,6	23,5	26,6	26,5	22	18,1	11,8	8,4

(Station météorologique régionale de l'Est Ain El Bey, Constantine, 2008).

TM : Température maximale moyenne

Tm : Température minimale moyenne

Tmoy: Température moyenne (TM + Tm) /2.

1.4.4-Le vent :

La direction des vents prédominants sont du nord-est et sud- ouest, avec une moyenne de 2.34 m/s.

1.4.5- le gel :

Dans le Tableau N°03: nous avons présenté les données concernant le nombre des jours de gelées pour notre région d'étude de l'année 2007/2008:

Tableau N°03 : Nombre de jours de gelée

station	Nov. (2007)	Déc. (2007)	Jan. (2008)	Fév. (2008)	Mars. (2008)	Avr. (2008)	Mai. (2008)	Juin. (2008)	Juil. (2008)
Constantine	4	10	15	14	7	3	0	0	0

Le maximum de gel est enregistré en mois de janvier avec une moyenne de 15 jours, Suivi par le mois de février avec 7 jours.

1.5-Situation hydrogéologique : [1], [2]

Il y a deux grands oueds qui se trouvent dans les périphériques Est et Ouest qui sont L'oued Kebir-Rhumel et oued Boumerzoug.

L'oued Kebir-Rhumel, long de 200 km, draine plusieurs domaines géologiques et hydrogéologiques très différents.

Il va de soit que cette hétérogénéité du bassin versant provoque des influences différentes sur le régime des cours d'eau conjointement à celles dues à la répartition des précipitations.

De la source à la mer, on rencontre schématiquement 5 grands domaines géologiques et hydrogéologiques.

La ville des quatre chemins qui fait partie de la commune d'El Khroub appartient au bassin néogène de Constantine-Mila

Ce bassin mio-pliocène est à dominance argileuse à l'exception de quelques affleurements de calcaires lacustres renfermant des ressources exploitées localement, qu'on appelle des lentilles (aquicludes).

Ils sont comme des poches d'eau qui se remplissent pendant les saisons pluviales, mais s'épuisent rapidement.

D'après l'ANRH ; précisément le service des forages a effectué un forage à 500 m à vol d'oiseau de notre zone d'étude exactement dans la région de Baaraouia en 1978 à une profondeur de 1300 m sans trouver un goutte d'eau qui prouve bien que les formations de calcaires créacés se trouvent bien en profondeur.

1.6-Situation topographique :

Le relief de la ville des quatre chemins est de caractère relativement plat, avec une pente de 2,5%, on trouve l'altitude maximale qui est de 695m et l'altitude minimale : 662m.

1.7-Situation géologique : [3]

La lecture de la carte géologique d'El Khroub /Constantine, détaillée au 1/50 000 adjointe de sa notice explicative ainsi que la lecture des résultats de fouilles et les analyses géologiques effectuées par l'ANRH, a permis d'apporter les indications suivantes :

1-le périmètre de l'étude présente une pente d'environ 2,5 % favorisant un écoulement rapide et sans infiltration des eaux de pluies dans le sol.

2- il est couvert de diverses formations qui sont :

- Alluvien caillouteuses des plateaux (avec une croûte calcaire bien développée).
- Le tortonien ; sables fauves ou bruns et argiles grises.
- Pontien conglomérats et grés continentaux.
- Pliocène lacustre qui est une alternance de marnes souvent rouges ou grises et de calcaires lacustre blanchâtres, rosés ou grise beige(voir figure N°03).

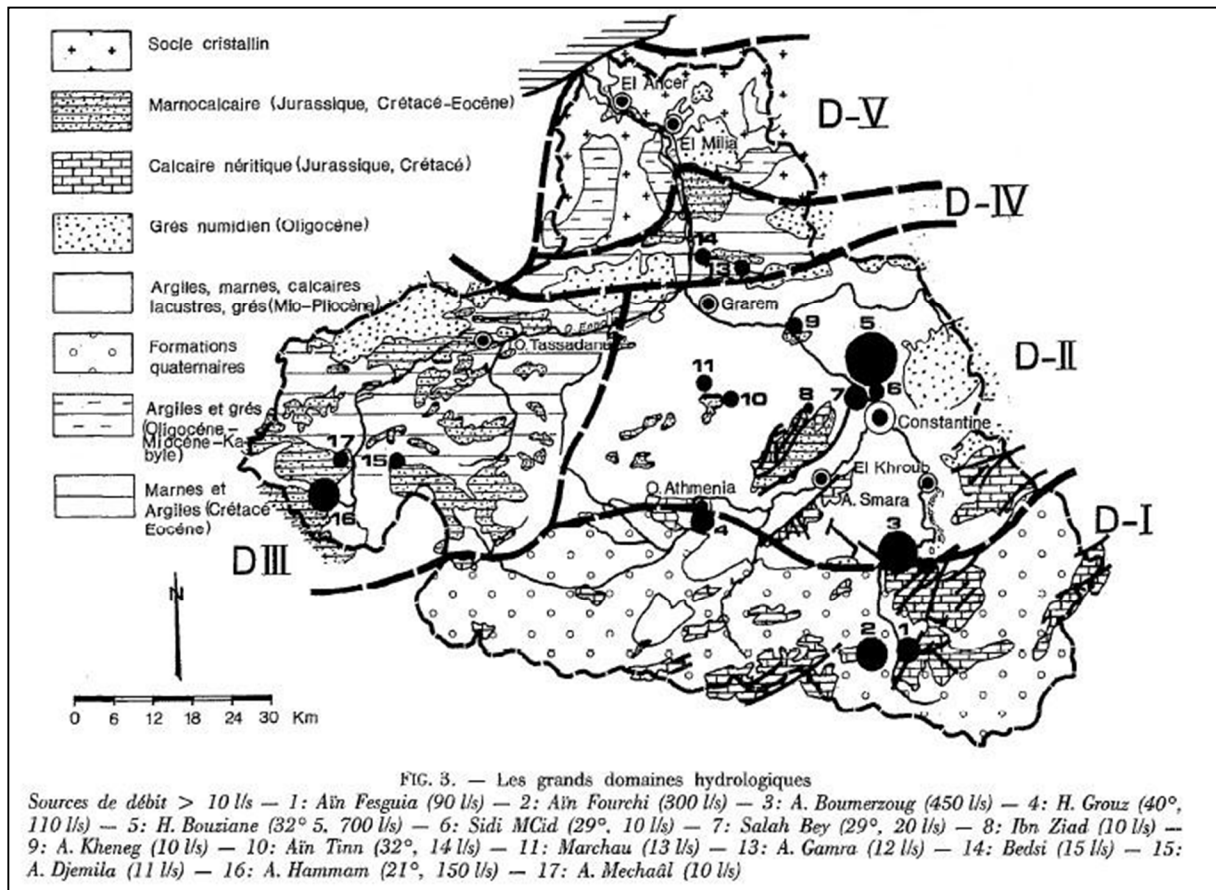


Figure N°02 : le cadre géologique et hydrogéologique de la région de Constantine.

1.8-Situation hydraulique :

Cette partie a pour but de mettre en évidence la situation actuelle de système d'alimentation en eau potable de la ville des quatre chemins Ain El Bey.

1.8.1-Dotation actuelle :

L'agglomération des Quatre chemins est servie actuellement avec une dotation estimée à 150 l/j/hab.

1.8.2- Réseau de distribution existant :

La ville des Quatre chemins dispose d'un réseau d'alimentation en eau potable combiné réalisé dans les années 90, posé à des profondeurs qui ne dépassent pas 0.50 m et parfois à même le sol. Les conduites de distribution sont en pvc, leurs diamètres varient entre 90mm et 200mm.

Notre zone d'étude est divisée en 04 compartiments A, B, C, D qui sont desservis à l'aide d'un système de vannage. Notons que cette zone d'étude a été urbanisée suite à plusieurs programmes de logements qui ont donné suite à plusieurs projets anarchiques des différents réseaux d'AEP sans prendre en considération la capacité de la conduite principale à satisfaire les besoins croissants en eau potable. Ces anomalies ont engendré des incohérences dans

l'équilibre du réseau d'AEP (le réseau d'AEP de chaque partie du programme a été dimensionné sans prendre en considération l'équilibre du réseau d'AEP de la totalité de la zone d'étude).

1.8.3-L'adduction en eau potable existante:

La ville est alimentée au moyen d'une seule adduction à partir d'un piquage qui est fait au niveau d'une conduite de diamètre 400mm en fonte reliant la station de pompage des quatre chemins aux réservoirs $2 \times 2500 \text{ m}^3$.

La station de pompage refoule 120l/s dont 87l/s à destination des réservoirs $2 \times 2500 \text{ m}^3$. la différence est destinée au réservoir de 300 m^3 au moyen d'une conduite de longueur 30m, de diamètre 110mm en pvc, avec une pression nominale (PN) de 10 bars.

1.8.4-Description du système d'adductions :

La station de pompage des quatre chemins est alimentée gravitairement en eau potable à partir du réservoir de 5000 m^3 de l'agglomération Ali Mendjeli. (figure N° :03)

Le système d'AEP mis en service est alors subdivisé en trois (03) parties :

1.8.4.1-Première partie :

A partir des barrages d'Oued Athmania et Hammam Grouz, l'eau est acheminée vers les stations de traitement de chaque barrage respectif. Après traitement de l'eau au niveau de ces deux stations, l'eau est transitée vers le réservoir de volume 5000 m^3 situé dans l'agglomération Ali Mendjeli au moyen d'une adduction en charge gravitaire en série de diamètre de 1600 à 1400 mm à partir du barrage Oued Athmania, et d'une autre adduction de même type d'écoulement de diamètre 1400 mm à partir du barrage Hammam Grouz.

A titre d'information le débit de la station de traitement de Ain Tinn (barrage d'Oued Athmania) est de $90\,000 \text{ m}^3/\text{j}$, et celui de la station de traitement (barrage de Hammam Grouz) est de $330\,000 \text{ m}^3/\text{j}$.

1.8.4.2-Deuxième partie :

A partir du réservoir 5000 m^3 de la nouvelle ville de Ali Mendjeli ; l'eau est acheminée par adduction gravitaire de matériau en fonte, en charge, de diamètre 1200mm, vers les communes de Constantine, d'El Khroub, Ain El Bey (la nouvelle ville Ali Mendjeli et la ville des quatre chemins), et Ain Smara.

1.8.4.3-Troisième partie:

Cette partie montre que la station de pompage (des Quatre chemins), est alimentée à partir d'un piquage pratiqué sur la conduite de diamètre de 1200mm. Cette station refoule en deux temps :

- En premier temps : l'eau est refoulée vers le réservoir de volume 300m^3 avec un débit de 33 l/s , à partir d'un piquage pratiqué sur la conduite de refoulement de diamètre $\text{Ø}400$ alimentant le réservoir de volume $2 \times 2500\text{m}^3$.
- En deuxième temps, l'eau est refoulée vers le réservoir $2 \times 2500\text{m}^3$ de Ali Mendjeli avec un débit de 87 l/s au moyen de la dite conduite de diamètre $\text{Ø}400$.

Par conséquent le débit issu de cette station de pompage est de : $33\text{ l/s} + 87\text{ l/s} = 120\text{ l/s}$.

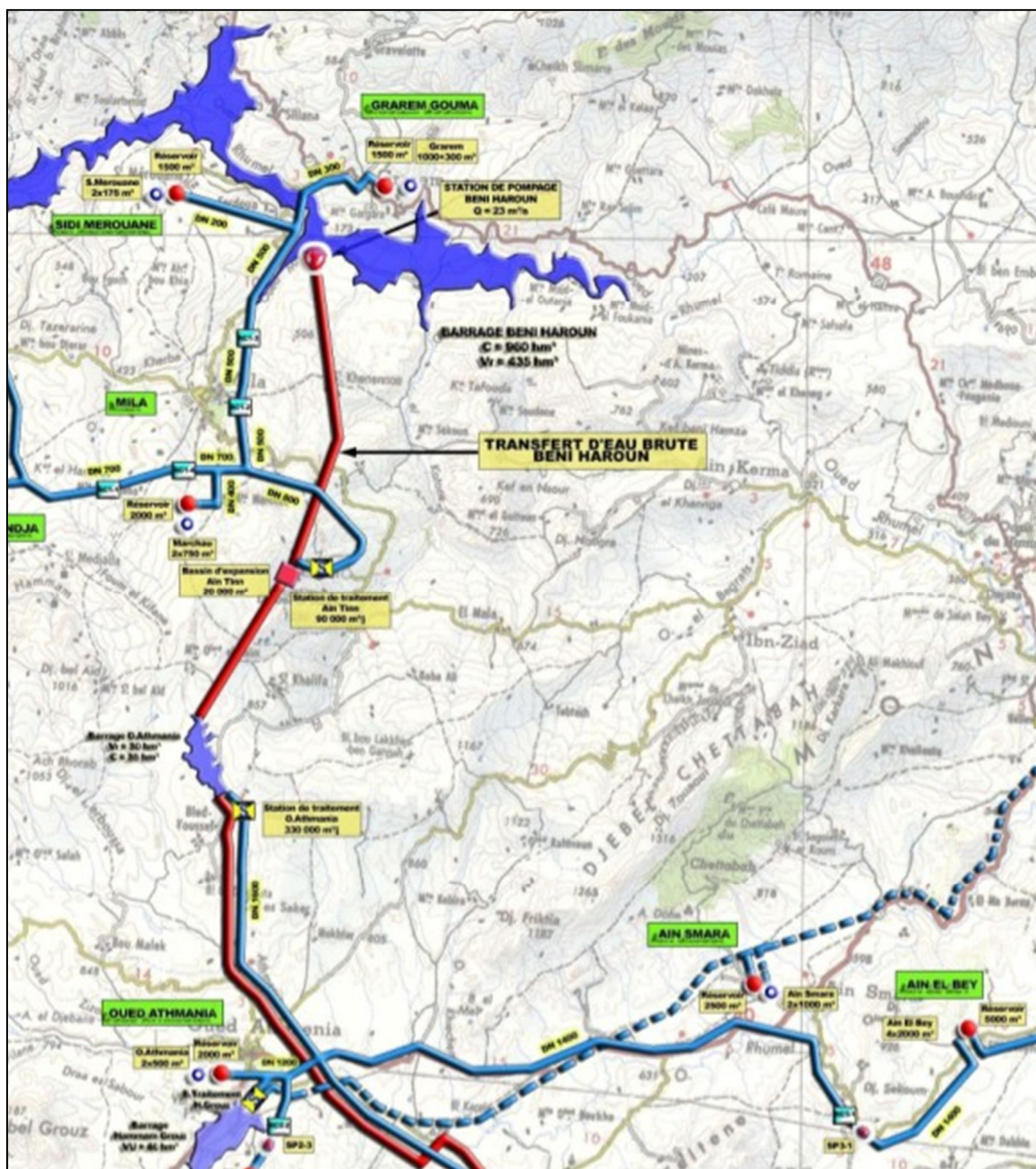


Figure N°03: système d'adductions de la zone d'étude.

1.8.5-Le réservoir existant de volume 300m³ :

La ville des quatre chemins est alimentée actuellement à partir de ce réservoir de volume 300 m³ situé à l'amont de cette dernière. Le réservoir, de type circulaire semi-enterré, présente les caractéristiques suivantes :

- Capacité : 300 m³
- diamètre de la cuve: 12m
- Conduite d'arrivée par refoulement : de longueur : 30ml, de diamètre : Ø110, et de matériau en PVC.
- côte de radier : 760.38 m NGA
- côte de trop plein : 763m NGA

Ce réservoir avait un problème de débordement, qui a été résolu par l'installation d'un flotteur type ballon placé à l'extrémité de la conduite d'arrivée.

1.8.6-Ressources en eaux :

La wilaya de Constantine a été toujours dépendante des eaux superficielles des wilayas limitrophes.

Les ressources en eau existantes localement sont principalement souterraines et souvent soumises aux aléas climatiques ne couvrant pas suffisamment les besoins en eau de la population.

A l'instar des autres wilayas Constantine a connu un essor industriel et une urbanisation considérable notamment l'expansion croissante des deux nouvelles villes (Massinissa et Ali Mendjeli) ce qui a favorisé d'avantage une demande croissante en eau.

Durant la fin des années quatre vingt dix la wilaya de Constantine recevait un débit de 1400l/s (121000 m³/j) issue principalement des nappes de Boumerzoug, Hamma Bouziane et le barrage de Hammam Gouz. Ce débit ne contribuait que de 50% de la demande totale en eau. Ce handicap a rendu incontournable le recours à la recherche d'autre ressources pour combler le déficit. A partir des années 2000, l'alimentation en eau potable reste la principale préoccupation permanente des autorités locales. Les importants investissements publics du secteur hydraulique qu'a connu la wilaya de Constantine durant toute cette période ont eu des répercussions positives sur le cadre de vie du citoyen. A titre indicatif le citoyen qui recevait de l'eau pendant une journée tous les 3à5 jours avec une dotation de 70 l/j/hab à la fin des années quatre vingt dix. Actuellement le citoyen reçoit de l'eau quotidiennement à raison d'une dotation de 155 l/j/hab.

1.9-Conclusion :

A travers ce chapitre nous avons recensé en plus des informations concernant l'agglomération les données nécessaires à l'étude hydraulique du système d'alimentation en eau potable qui sera projeté. Ces données concernent notamment le réseau de distribution vu son état vétuste et le réseau d'adduction qui s'avère nouveau au niveau de la zone d'étude. Dans notre cas ce réseau d'adduction servira de données de départ où notre projet en dépendra.

Malgré que le réseau de distribution est plus ou moins récent (les années quatre vingt dix), son schéma est dessiné d'une façon anarchique (maillage non respecté, conduite en sol, profondeur de la tranché non respectée).Excepté le réservoir d'eau qui se trouve en bon état, les anomalies recensées au niveau du réseau de distribution nous impose sa rénovation.

Chapitre 2

Estimation des besoins en eau potable

Chapitre -2-

ESTIMATION DES BESOINS EN EAU POTABLE

2.1-Introduction :

Tenant compte de la nature des constructions de la ville et du nombre des lots où des logements à bâtir à long terme, d'une part, et du fait qu'il est extrêmement difficile de simuler l'avenir d'une agglomération avec certitude, d'autre part.

Nous avons admis les hypothèses de travail suivantes :

1. La zone d'étude est scindée en deux Zones : (Zone 01 et Zone 02)
2. Le taux d'occupation de logement dans le groupement pour chaque zone et pour chaque lot/logt est de 5,35 personnes/logement (d'après le PDAU 2008).
3. La domination du style de vie par les anciennes valeurs et traditions.

2.2-Estimation de la population future:

La ville des quatre chemins a une population qui est en plein croissance. Pour avoir une idée sur la population future, nous utilisons la relation suivante :

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

Où:

P_f : population future à l'horizon considéré ; qui est de 2025 pour notre cas.

P₀ : Population à l'année de référence prise pour 2008.

t : taux d'accroissement annuel de la population en (%) t = 1.6% ;

n : nombre d'année séparant l'année de référence à l'horizon considéré.

Pour notre projet, n=17 ans.

Le tableau N°01 suivant présente l'évolution de la population entre l'année de base et l'horizon de calcul.

Tableau N°01 : Evolution de la population.

Années	population (Hab)
2008	7172
2025	9394

2.3-Normes unitaires de consommation :

La dotation moyenne journalière octroyée est fonction :

- Des ressources existantes et exploitables.
- De la structure interne de l'agglomération (densification de l'urbanisme, typologie de l'habitat, pourvoi en équipement et vocation socioéconomique de l'agglomération).
- Du niveau de vie de la population.
- Du nombre d'habitants.

Pour notre cas et dans l'hypothèse d'évolution démographique sus citée, la population prendre en charge est estimé à **9394** habitants pour l'horizon 2025.

Dans ce cas la consommation spécifique, dans une agglomération urbaine, pour un nombre d'habitants compris entre (20.000 et 100.000) habitants est de (115 à 265) l/j/hab. [4]

D'autres part, les dotations de base, dans le cadre d'un avant projet sont les suivantes :

- Villes de : 5000 à 20000 habitants : 150 à 200 l/j/hab.
- Villes de : 20000 à 100000 habitants : 200 à 300 l/j/hab.
- Au dessus de : 100000 habitants : 300 à 400 l/j/hab.

Et vue que notre ville dépasse en nombre d'habitants les 2000 habitants, alors elle est considérée comme une ville urbaine, toute fois vu la disponibilité de la ressource, et selon les recommandations de la DHW de Constantine, il convient de donner une dotation de 200l/j/hab.

Les normes fournies précédemment sont en général majorées, en raison des secondaires (sanitaire, socioculturels...etc.).

A cet effet, nous nous abstenons de procéder à une telle majoration, dans la mesure où les besoins en eau de chaque catégorie d'usager seront calculés à part selon les différents besoins.

2.4-Consommation journalière moyenne :

Sur la base des renseignements concernant tous les éventuels demandeurs d'eau, il y'a lieu de dresser un bilan des besoins en eau de consommation.

Ces besoins concernent, les besoins domestiques, mais aussi les besoins des autres catégories d'usagers recensés et qui sont :

Les besoins sanitaires, administratifs, socioculturels, industriels, l'arrosage des rues et des jardins (s'il y'a lieu), et même le bétail.

De plus ils ne sont pas constants, car ils revêtent un caractère périodique, plus précisément saisonnier et la consommation, dans tous les cas, doit être déterminée pour la saison la plus chargée de l'année.

La consommation journalière moyenne est le produit de la dotation moyenne journalière par le nombre d'usagers formant le type de consommateurs:

$$Q_{j\text{moy}} = \frac{q_i \cdot N_i}{1000} \quad (\text{m}^3/\text{j})$$

q_i : dotation moyenne journalière, en l/j/hab.

N_i : nombre d'usagers formants le type de consommateurs.

2.5-Estimation des besoins domestiques moyens :

Dans le but de parvenir à une estimation des besoins domestiques moyens, ces derniers seront calculés sur la base d'une dotation de 200l/j/hab, (y compris les besoins des jardins familiaux) avec un taux démographique prévisionnel de 1.6%.

Les résultats sont récapitulés au tableau N° 02.

Tableau N°02 : Besoins domestiques moyens à l'horizon 2025 :

année	population			dotation l/j/hab	Q moy j		
	zone01	zone02	total		zone01	zone02	total
	hab	hab	hab		m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j
2025	7991	1403	9394	200	1598,2	280,6	1878,8

2.6-Estimation des besoins des autres catégories d'usagers :

Les autres catégories d'usagers, représentés par les éventuels demandeurs d'eau, selon les différents besoins recensés sont :

Les besoins sanitaires, scolaires, municipaux, socioculturels et culturels.

Les résultats de calcul pour les différents besoins sont donnés sur le tableau N°03 suivant

Tableau N°03 : besoins publiques moyens à l'horizon 2025 :

Equipement	Unité	Nombre d'unité	Dotation, l/j/unité	Besoins moyens m ³ /j
clinique médico-chirurgicale	lit	100	300	30
salle de soin	lit	100	300	30
02 primaires	élève	200	10	4
01 CEM	élève	260	10	2,6
02 lycées	élève	300	10	6
salle de sport	vestiaires	5	25	0,125
stade	vestiaires	15	25	0,375
HAMMAME	personne	50	200	10
maison de jeunes	m ²	60	5	0,3
05restaurants	personne	40	45	9
AGENCE PTT	m ²	20	5	0,1
03 mosquées	fidèle	1000	5	15
total des besoins				107,5

2.7-Récapitulation des besoins en eaux de la ville :

Les besoins moyens totaux en eaux de la ville des quatre chemins sont donnés par le tableau N°04 ci-dessous :

Tableau N° 04: Récapitulation des besoins en eaux de la ville :

Catégorie des besoins	Q _{moy,j} (m ³ /j)
Domestiques	1878,8
publiques	107,5
Total	1986,3

Remarque : les pertes dues aux différentes défaillances rencontrées au niveau du réseau sont prises en considération lors de l'estimation des besoins de l'agglomération.

2.8-Variations de la consommation journalière :

La consommation journalière maximale est la base qui prédétermine le dimensionnement de l'ensemble des infrastructures hydrauliques, qu'il s'agisse des adductions (gravitaires ou par refoulement), des réseaux d'AEP, des capacités de stockage, ou des installations de pompage.

2.8.1- Consommation maximale journalière :

Elle est définie par le coefficient d'irrégularité journalière maximum ($K_{\max,j}$) qui tient compte des variations journalières de la consommation. Il représente le rapport de la consommation maximale journalière à la consommation moyenne journalière.

$$K_{\max,j} = \frac{Q_{\max,j}}{Q_{\text{moyj}}}$$

Avec : $K_{\max,j} = (1,1 - 1,3)$

On prend $K_{\max,j}=1,3$.

Ce coefficient nous permet de savoir de combien de fois le débit maximum journalier dépasse le débit moyen journalier.

2.8.2-Consommation minimale journalière :

Elle est définie à partir du coefficient d'irrégularité journalière minimum ($K_{\min,j}$) qui est déterminé comme étant le rapport de la consommation minimale journalière et la consommation moyenne journalière

$$K_{\min,j} = \frac{Q_{\min,j}}{Q_{\text{moyj}}}$$

Avec : $K_{\min,j} = (0,7 - 0,9)$

Il nous indique de combien de fois la consommation minimale journalière est inférieure à la consommation moyenne journalière.

Les résultats sont représentés dans le tableau N° 05 :

Tableau N°05: Calcul des consommations maximale et minimale journalières pour la ville :

ville	$Q_{moy, j}$ (m^3/j)	$K_{max, j}$	$Q_{max, j}$ (m^3/j)	$K_{min, j}$	$Q_{min, j}$ (m^3/j)
les quatre chemins	1986,3	1,3	2582,19	0,8	1589,04

2.9-Variations de la consommation horaire :**2.9.1-Consommation maximale horaire:**

Elle est représentée par le coefficient d'irrégularité maximale horaire ($K_{max, h}$) qui représente l'augmentation de la consommation horaire pour la journée la plus chargée dans l'année. Il tient compte de l'accroissement de la population ainsi que du degré de confort et du régime de travail de l'industrie.

D'une manière générale, ce coefficient peut être décomposé en deux autres coefficients : α_{max} et β_{max} ; tel que :

$$K_{max, h} = \alpha_{max} \cdot \beta_{max}$$

Avec :

α_{max} : coefficient qui tient compte du confort des équipements de l'agglomération et de régime du travail, varie de 1,2 à 1,5 et dépend du niveau de développement local. Pour notre cas on prend : $\alpha_{max} = 1,3$.

β_{max} : coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population.

Le tableau N° 06 donne sa variation en fonction du nombre d'habitants.

Tableau N° 06: β_{max} et β_{min} en fonction du nombre d'habitants.

Habitant	1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	30000	50000	100000
β_{max}	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,13	1,1
β_{min}	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,63	0,7

Donc pour notre cas on prend $\beta_{max} = 1,3$; d'où la valeur de $K_{max, h}$ sera :

$$K_{\max,h} = 1.3 * 1.3 = 1.69.$$

$$K_{\max,h} = 1,69.$$

2.9.2- Consommation minimale horaire :

Elle est donnée par le coefficient d'irrégularité minimale horaire $K_{\min,h}$ qui permet de déterminer le débit minimum horaire envisageant une sous consommation :

$$K_{\min,h} = \alpha_{\min} * \beta_{\min}$$

Avec :

α_{\min} : varie de 0,4 à 0,6. Pour notre cas on prend $\alpha_{\min} = 0,4$.

β_{\min} : coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population. Le tableau N° 06 ci-dessus donne sa variation en fonction du nombre d'habitants.

Donc pour notre cas on prend $\beta_{\min} = 0,4$; d'où la valeur de $K_{\min,h}$ sera :

$$K_{\min,h} = 0,4 * 0,4 = 0,16.$$

$$K_{\min,h} = 0,16 .$$

2.9.3-Débit moyen horaire :

Le débit moyen horaire est donné par la relation suivante :

$$Q_{\text{moyh}} = \frac{Q_{\text{maxj}}}{24} \quad (\text{m}^3 / \text{h}) \quad (2.1)$$

Avec : - $Q_{\text{moy,h}}$: débit moyen horaire en m^3/h ;

- $Q_{\text{max,j}}$: débit maximum journalier en m^3/j ;

$$\text{Donc} \quad Q_{\text{moyh}} = \frac{2582.19}{24} \quad (\text{m}^3 / \text{h}) \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{moyh}} = 107.5913 \text{m}^3/\text{h}$$

Les calculs sont résumés dans le tableau N°07.

Tableau N°07 : Calcul des consommations maximales, minimales, et horaires.

La ville	$Q_{\text{moy, h}}$ (m^3/h)	$K_{\text{max, h}}$	$Q_{\text{max,h}}$ (m^3/h)	$K_{\text{min, h}}$	$Q_{\text{min, h}}$ (m^3/h)
des quatre chemins	107,5913	1,69	181,829	0,16	17,214

Dans notre travail nous avons opté pour la détermination du débit de pointe pour la méthode donnant les variations en se rapportant au nombre d'habitants.

2.10- Régime de la consommation de l'agglomération

Le débit horaire d'une agglomération est variable selon l'importance de cette dernière. La variation des débits horaires d'une journée est représentée en fonction du nombre d'habitants (annexe)

Remarque :

Cette variation des débits horaires est exprimée en pourcentage (%) par rapport au débit maximal journalier de l'agglomération.

Pour notre cas on choisit la répartition de la colonne où le nombre d'habitants est moins de 10000 hab (Puisque le nombre d'habitants à l'année 2025 sera 9394 hab). Cette dernière est indiquée dans le tableau N°08.(voir annexe N° :01)

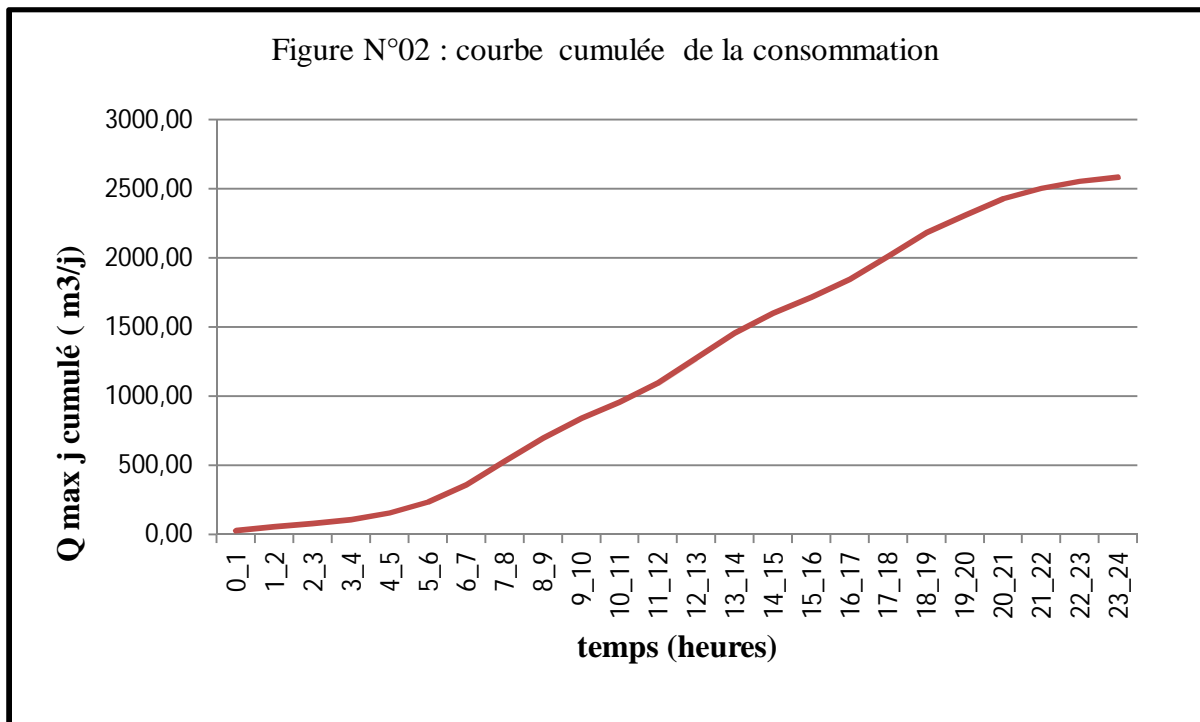
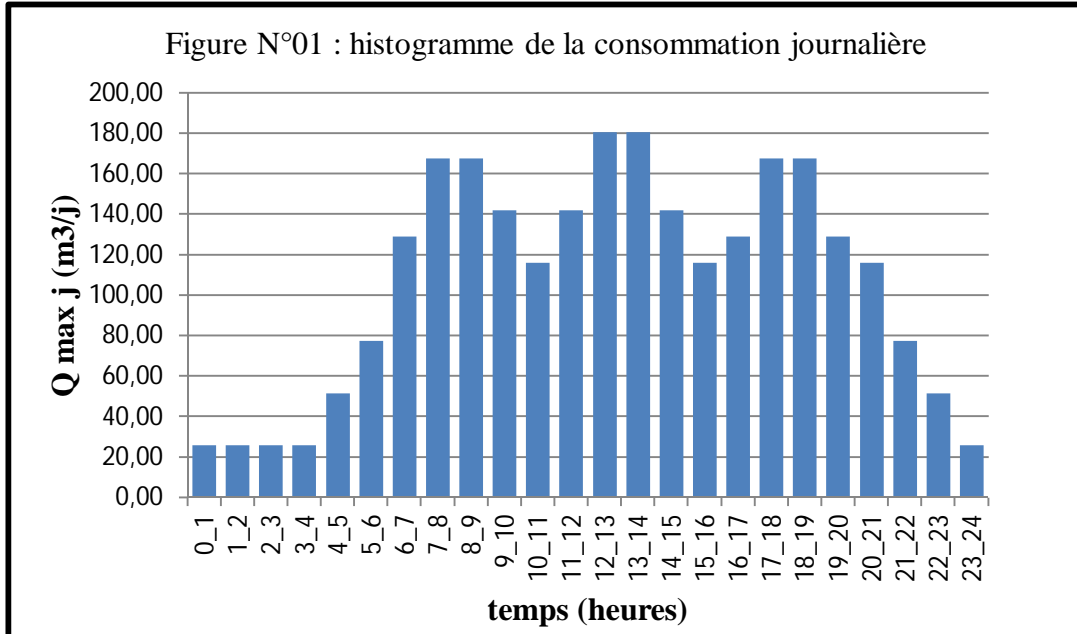
Tableau N°08 : Variation des débits horaires de la ville :

Heure	Consommation totale		Courbe de la consommation cumulée ((intégrale)	
	$Q_{\max j=2582,19 \text{ m}^3/j}$			
h	%	m^3/h	%	m^3/h
0-1	1	25,82	1	25,82
1-2	1	25,82	2	51,64
2-3	1	25,82	3	77,47
3-4	1	25,82	4	103,29
4-5	2	51,64	6	154,93
5-6	3	77,47	9	232,40
6-7	5	129,11	14	361,51
7-8	6,5	167,84	20,5	529,35
8-9	6,5	167,84	27	697,19
9-10	5,5	142,02	32,5	839,21
10-11	4,5	116,20	37	955,41
11-12	5,5	142,02	42,5	1097,43
12-13	7	180,75	49,5	1278,18
13-14	7	180,75	56,5	1458,94
14-15	5,5	142,02	62	1600,96
15-16	4,5	116,20	66,5	1717,16
16-17	5	129,11	71,5	1846,27
17-18	6,5	167,84	78	2014,11
18-19	6,5	167,84	84,5	2181,95
19-20	5	129,11	89,5	2311,06
20-21	4,5	116,20	94	2427,26
21-22	3	77,47	97	2504,72
22-23	2	51,64	99	2556,37
23-24	1	25,82	100	2582,19

A partir de ce tableau on trouve : $Q_{\max,h} = 180.75 \text{ m}^3/\text{h}$.

$$Q_{\min,h} = 25.82 \text{ m}^3/\text{h}.$$

- L'histogramme de la consommation journalière (Fig.1).
- La courbe cumulée de consommation (Fig.2).



2.11-Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de connaître les différents besoins en eau potable qu'exigent les différents types de consommateurs formant l'agglomération des quatre chemins. Les besoins dominants sont beaucoup plus domestiques ; c'est ce que montre la figure N°01. Il n'existe pas d'industrie au niveau de la ville des quatre chemins. Après comparaison entre le débit maximum journalier ($Q_{\max.j} = 2582,19 \text{ m}^3/\text{j.}$) caractérisant la consommation aux débits disponibles ($Q_{\text{fourni}} = 2851.2 \text{ m}^3/\text{j.}$) (débits de barrage), on remarque qu'il n'y a pas de déficit, et que les ressources existantes peuvent satisfaire largement la totalité des besoins en eau potable de la ville.

Chapitre 3

Dimensionnement

du réseau de distribution d'eau

Chapitre-3-
DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION D'EAU

3.1-Introduction :

Après avoir évalué les besoins en eau de l'agglomération, on doit faire le choix convenable du réseau pour distribuer l'eau aux différentes catégories de consommateurs recensés au niveau de l'agglomération.

Le but de la mise en place de ce dernier est de parvenir à satisfaire la demande des consommateurs en débit et en pression. Pour cela les différents tronçons des canalisations du réseau doivent avoir des diamètres optimums qui seront dimensionnés en conséquence.

3.2-Choix du type de réseau :

Suivant la structure et l'importance de l'agglomération, on distingue trois schémas de réseaux de distribution (les réseaux ramifiés, les réseaux maillés et les réseaux combinés : ramifiés+maillés). Selon la structure de l'agglomération, Le réseau de distribution dans notre cas d'étude est le réseau maillé.

Un réseau maillé est un réseau de conduites dont la plupart des extrémités des tronçons sont connectées pour former des mailles. Les points de rencontre des conduites sont 2 nœuds.

Le sens de l'écoulement de l'eau à l'intérieur des mailles dépend fortement de la demande. Il n'y a pas de zones mortes tant qu'il y a un minimum de consommation ; ce qui contribue à préserver la qualité de l'eau. Chaque point du réseau maillé peut être alimenté par deux nœuds. En raison de ces deux degrés de liberté, la sécurité dans la distribution et la qualité du service sont plus grandes. En cas de rupture de conduite, l'interruption de service se limite à la portion de réseau concernée, isolée par deux à trois vannes, par contre Son coût de construction est relativement élevé par rapport au réseau ramifié.

3.3-Exigences fondamentales du réseau :

- Assurer la distribution des quantités et qualités d'eau nécessaires vers les points de la consommation des agglomérations avec une pression acceptable.
- Le prix de revient des ouvrages du système d'alimentation en eau doit être minimum.

3.4-Conception du réseau de l'agglomération :

Pour concevoir un réseau de distribution, nous sommes appelés à prendre en compte un certain nombre des facteurs, qui peuvent influencer sur le réseau parmi les quels, nous avons:

- L'emplacement des quartiers ;
- l'emplacement des consommateurs ;
- le relief ;
- le souci d'assurer un service souple et régulier.

4. 5-Principe du tracé du réseau : [4]

Le tracé se fait comme suit :

- Tout d'abord, il faut repérer les consommateurs importants (par exemple les usines) ;
- repérer les quartiers ayant une densité de population importante ;
- déterminer l'itinéraire (sens) principal pour assurer la distribution à ces consommateurs
- suivant ce sens, tracer les conduites principales en parallèle ;
- Ces conduites principales doivent être bien réparties pour avoir une bonne distribution d'eau ;
- pour alimenter l'intérieur des quartiers, ces conduites principales sont reliées entre elles par des conduites secondaires pour former des boucles (mailles).

3.6-Choix du matériau des conduites :

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression, l'agressivité dû aux eaux et au sol, et l'ordre économique (coût, disponibilité sur le marché), ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes) permettent de faire le bon choix.

Parmi les matériaux à utiliser on distingue entre autre : L'acier, la fonte ductile, le PVC (polyvinyle de chlorure) et le PE (polyéthylène).

3.6.1-Tuyaux en P.E :

3.6.1.1-Les avantages :

- Bonne résistance à la corrosion interne, externe, microbiologique et à l'entartage ; grâce à l'inertie chimique du tuyau qui évite la dissolution et l'abrasion de métaux même si l'eau n'est pas parfaitement équilibrée ;
- Disponibilité sur le marché ;
- Facilité de pose (bonne flexibilité), puisque on les trouve en couronnes ou en tourets jusqu'au Ø160 .ils s'adaptent donc bien au terrain ; possibilité d'enroulement en couronne pour les petits diamètres ;
- Fiabilité au niveau des branchements (réduction de risque de fuite) ; ce qui améliore l'étanchéité du réseau ;
- La conduite étant autobutée on supprime quasiment tout massif de butée ;
- Bonne caractéristique hydraulique (coefficient de rugosité très faible) ;
- Durée de vie prouvée par l'expérience et le test de vieillissement théoriquement de 50 ans à une température de 20°C.

3.6.1.2-Les inconvénients :

- Nécessite une grande technicité pour la jonction.

3.6.2-Tuyaux en Pvc:

- Bonne résistance à la corrosion.
- Disponible sur le marché.
- Une pose de canalisation facile.

Leur inconvénient est le risque de rupture.

Pour notre cas on utilisera le PE que ça soit le PE100 (polyéthylène haute densité appelé PEHD) ou le PE80 (polyéthylène basse densité appelé PEBD), pour les nombreux avantages qu'elles offrent. Et pour la conduite qui relie le réservoir au réseau on utilisera le PVC.

3.7-Calcul hydraulique du réseau de distribution :

La détermination des débits dans un réseau maillé s'effectue de la manière suivante :

- On détermine la longueur de chaque coté de la maille du réseau.

- On détermine le débit spécifique pendant l'heure de pointe
- On calcule les débits en route en considérant le débit spécifique ; pendant les heures considérées (l'heure de pointe, l'heure de pointe +incendie) ; Cas réservoir de tête.
- Sachant les débits en route; on détermine les débits supposés concentrés aux nœuds.

3.7.1-Détermination du débit spécifique :

Il est défini comme étant le rapport entre le débit de pointe et la somme des longueurs des tronçons du réseau où il y a une distribution. On suppose que les besoins domestiques sont uniformément répartis sur toutes les longueurs des mailles du réseau:

$$q_{sp} = Q_{\text{pointe}} / \sum L_i \quad (3.1)$$

Q_{pointe} : débit de pointe calculé dans le chapitre II (l/s).

q_{sp} : débit spécifique (l/s/m).

$\sum L_i$: Somme des longueurs des tronçons du réseau assurant le service en route (m).

Tableau N°06 : Détermination du débit spécifique :

Heure de pointe	Q_{Pointe} (l/s)	50,21
	$\sum_{i=0}^{n=11} L_i$ (m)	4020,23
	q_{sp} (l/s/m)	0,01249

3. 7.2-Calcul des débits en route :

Le débit en route se définit comme étant le débit réparti uniformément le long d'un tronçon de réseau et est déterminé comme suit :

Avec :

$$Q_{ri} = Q_{sp} * L_i$$

Q_{ri} : débit en route dans le tronçon i (l/s).

q_{sp} : débit spécifique (l/s/m).

L_i : longueur du tronçon (m).

3.7.3-Détermination des débits nodaux:

C'est le débit concentré en chaque point de jonction des conduites du réseau, il est déterminé comme suit :

$$Q_{ni} = 0.5 \sum Q_{ri-k} + \sum Q_{ci} \quad (3.1)$$

Q_{ni} : débit au nœud i (l/s).

$\sum Q_{ri-k}$: la somme des débits en route des tronçons reliés au nœud i (l/s).

$\sum Q_{ci}$: la somme des débits concentrés au nœud i (l/s).

Dans le cas de pointe le débit concentré égale à 0.

Tableau N°07 : Détermination des débits aux nœuds.

N° des nœuds	N° des tronçons	longueur des tronçons (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débits en route (l/s)	Débits nodaux total (l/s)
1	1--2	201,09	0,01249	2,51	3,55
	1--4	367,25		4,59	
2	2--3	185,36		2,32	4,63
	2--1	201,09		2,51	
	2--8	355,62		4,44	
3	3--2	185,36		2,32	5,41
	3--4	446,48		5,58	

Tableau N°02 :(Suite).

N° des nœuds	N° des tronçons	longueur des tronçons (m)	débit spécifique (l/s/m)	Débits en route (l/s)	Débits nodaux total (l/s)
4	4--1	367,25	0,01249	4,59	6,69
	4--3	446,48		5,58	
	4--5	257,71		3,22	
5	5--4	257,71		3,22	4,36
	5--6	440,18		5,5	
6	6--5	440,18		5,5	6,24
	6--7	325,91		4,07	
	6--3	233,66		2,92	
7	7--6	325,91		4,07	5,27
	7--8	126,81		1,58	
	7--11	391,18		4,89	
8	8--7	126,81		1,58	4,12
	8--2	355,62		4,44	
	8--9	177,91		2,22	
9	9--8	177,91		2,22	2,98
	9--10	298,47	3,73		
10	10--9	298,47	3,73	3,19	
	10--11	212,6	2,66		
11	11--10	212,6	2,66	3,77	
	11--7	391,18	4,89		

3.7.4-Calcul du réseau par logiciel WATERCAD:

3.7.4.1-Présentation du logiciel :

Water CAD® est un logiciel de modélisation hydraulique qui détermine la qualité de l'eau pour les systèmes de distribution d'eau potable, développé par Haestad Methods. Il intègre des outils avancés de modélisation, d'optimisation et de gestion parfaite du réseau. Il aide les ingénieurs et les services publics dans l'analyse, la conception et l'optimisation des systèmes de distribution d'eau, notamment pour l'analyse de la quantité de flux disponible

pour la lutte contre l'incendie, l'analyse de la concentration des constituants et la gestion de la consommation d'énergie et des coûts d'infrastructure.

Dans cette étude nous avons travaillé avec la dernière version du logiciel (*La version 8XM*).

3.7.4.2-Fonction et application :

Le modèle WaterCAD® a pour objectif une compréhension de l'écoulement et de l'usage de l'eau dans les systèmes de distribution. Il peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse des systèmes de distribution.

Voici quelques exemples :

-La recherche de stratégies alternatives pour gérer le réseau, comme:

- L'utilisation en alternance des différentes ressources du système;
- Modifier le régime de pompage ou de marnage des réservoirs;
- Préciser l'usage des stations de ré-chloration (ou autres retraitements) en réseau;
- Planifier l'entretien et le remplacement de certaines canalisations
- Analyses de qualité de l'eau et Sécurité du système.

3.7.4.3-Résultats de la simulation :

Les calculs sont présentés pour le cas d'un système à réservoir de tête en deux cas :

- Cas de pointe.
- Cas de pointe +incendie.

a)-Cas de pointe:

Tableau N°03 : résultats de la simulation sur les conduites (Cas de pointe).

N° des conduites	Longueur (m)	Du nœud	Au nœud	Diamètres (mm)	Débits (L/s)	Vitesse (m/s)
P-1	201,09	J-1	v	200	31,09	1,48
P-2	185,36	J-2	J-3	125	10,46	1,27
P-3	446,48	J-4	J-3	63	0,69	0,37
P-4	367,25	J-1	J-4	160	15,57	1,16
P-5	233,66	J-3	J-6	125	5,74	0,7

Tableau N°03 : (suite)

N° des conduites	Longueur (m)	Du nœud	Au nœud	Diamètres (mm)	Débits (L/s)	Vitesse (m/s)
P-6	440,18	J-5	J-6	160	3,83	0,28
P-7	257,71	J-4	J-5	125	8,19	1
P-8	325,91	J-7	J-6	125	3,33	0,41
P-9	126,81	J-8	J-7	125	7,36	0,9
P-10	355,62	J-2	J-8	160	16	1,19
P-11	298,47	J-9	J-10	63	1,55	0,83
P-12	177,91	J-8	J-9	110	4,53	0,71
P-13	350,13	R	J-1	225	50,21	1,63
P-14	391,18	J-7	J-11	110	5,41	0,85
P-15	212,6	J-11	J-10	75	1,64	0,62

Tableau N°04 : résultats de la simulation sur les nœuds.

N° des nœuds	CTN (m)	débit (l/s)	cote de charge(m)	Pression (m)
J-1	688,8	3,55	756,75	70,4
J-2	682,13	4,63	753,31	75,1
J-3	684,69	5,41	748,39	70,2
J-4	691,82	6,69	751,54	64,5
J-5	680,3	4,36	746,3	73,9
J-6	670,58	6,24	744,99	83,3
J-7	670,74	5,27	745,36	82,7
J-8	672,63	4,12	747,87	81,6
J-9	671,35	2,98	746,9	82
J-10	663,8	3,19	741,78	85,5
J-11	665,42	3,77	742,83	85,3

Nous avons remarqué qu'il ya des vitesses acceptables entre 0.5 m/s et 1,5 m/s, en conséquent on a des pressions élevé, plus de 7 bars qui sont dans la plupart des nœuds du réseau, car les cotes du terrain naturel sont basse par rapport au réservoir, c'est pour cela il est nécessaire de préconiser un réducteur de pression au niveau de la conduite principale du réseau liant le réservoir au réseau de distribution.

b)-Cas de pointe+incendie:

Pour le cas du pointe+incendie on a fait le même travail que le précédent (cas de la pointe) sauf qu'on doit assurer le débit d'incendie (17l/s) dans le nœud le plus défavorable (j-6 dans notre projet), les résultats sont présents dans les tableaux qui suivent :

Tableau N°05 : résultats de la simulation sur les conduites.

N° des conduites	Longueur (m)	Du nœud	Au nœud	Diamètres (mm)	Débits (L/s)	Vitesse (m/s)
P-1	201,09	J-1	J-2	200	42,38	2,02
P-2	185,36	J-2	J-3	125	15,59	1,9
P-3	446,48	J-4	J-3	63	1,09	0,58
P-4	367,25	J-1	J-4	160	21,28	1,58
P-5	233,66	J-3	J-6	125	11,27	1,37
P-6	440,18	J-5	J-6	160	9,14	0,68
P-7	257,71	J-4	J-5	125	13,5	1,65
P-8	325,91	J-7	J-6	125	2,83	0,35
P-9	126,81	J-8	J-7	125	13,3	1,62
P-10	355,62	J-2	J-8	160	22,16	1,65
P-11	298,47	J-9	J-10	63	1,76	0,94
P-12	177,91	J-8	J-9	110	4,74	0,75
P-13	350,13	R	J-1	225	67,21	2,18
P-14	391,18	J-7	J-11	110	5,2	0,82
P-15	212,6	J-11	J-10	75	1,43	0,54

Tableau N°06 : résultats de la simulation sur les nœuds.

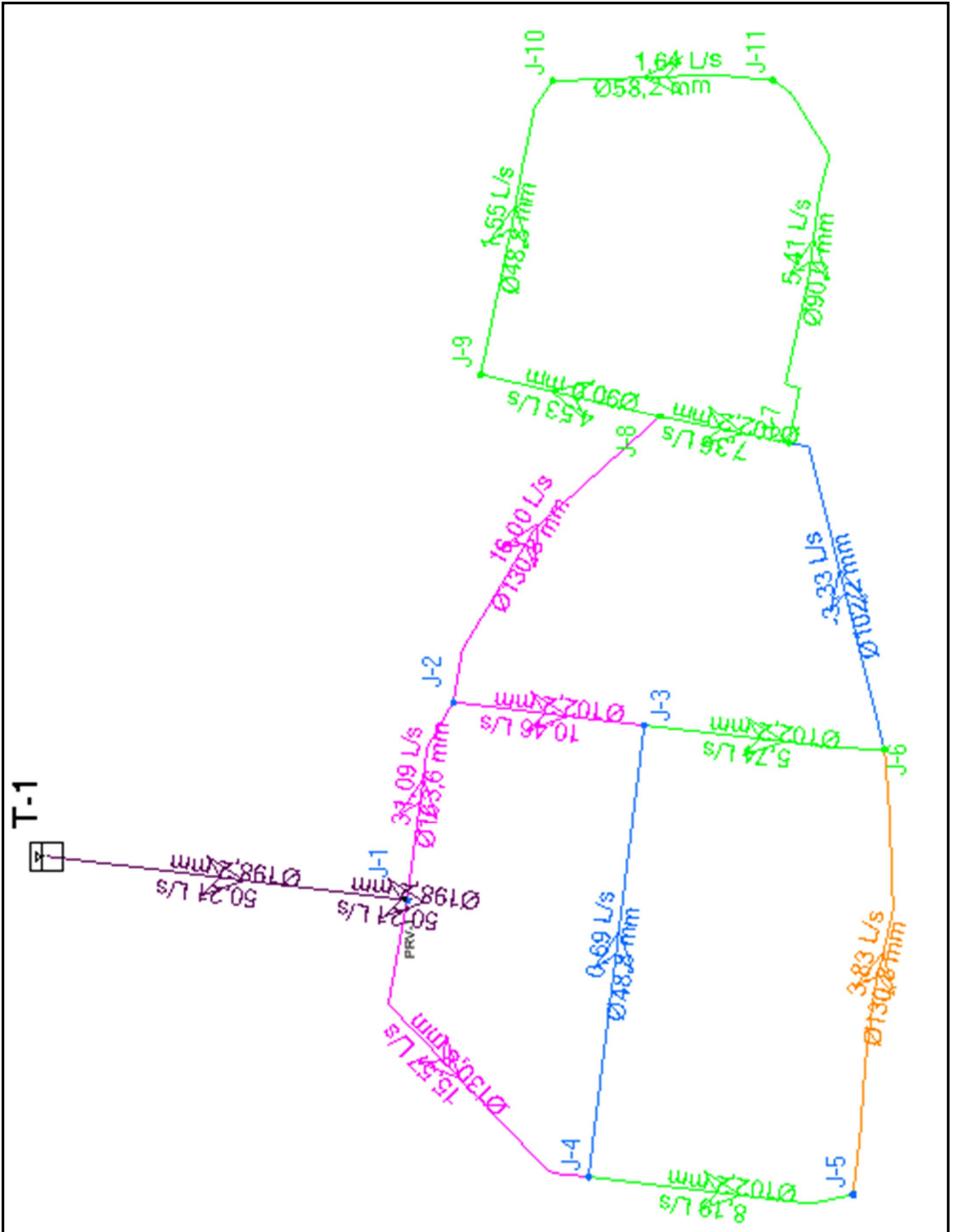
N° des nœuds	CTN (m)	débit (l/s)	cote de charge(m)	Pression (m)
J-1	688,8	3,55	756,75	67,8
J-2	682,13	4,63	755,82	71
J-3	684,69	5,41	753,05	63,6
J-4	691,82	6,69	752,61	59,6
J-5	680,3	4,36	754,93	65,9
J-6	670,58	23,24	755,42	74,3
J-7	670,74	5,27	754,71	74,5
J-8	672,63	4,12	754,24	75,1
J-9	671,35	2,98	753,24	75,4
J-10	663,8	3,19	750,06	77,8
J-11	665,42	3,77	748,14	77,3

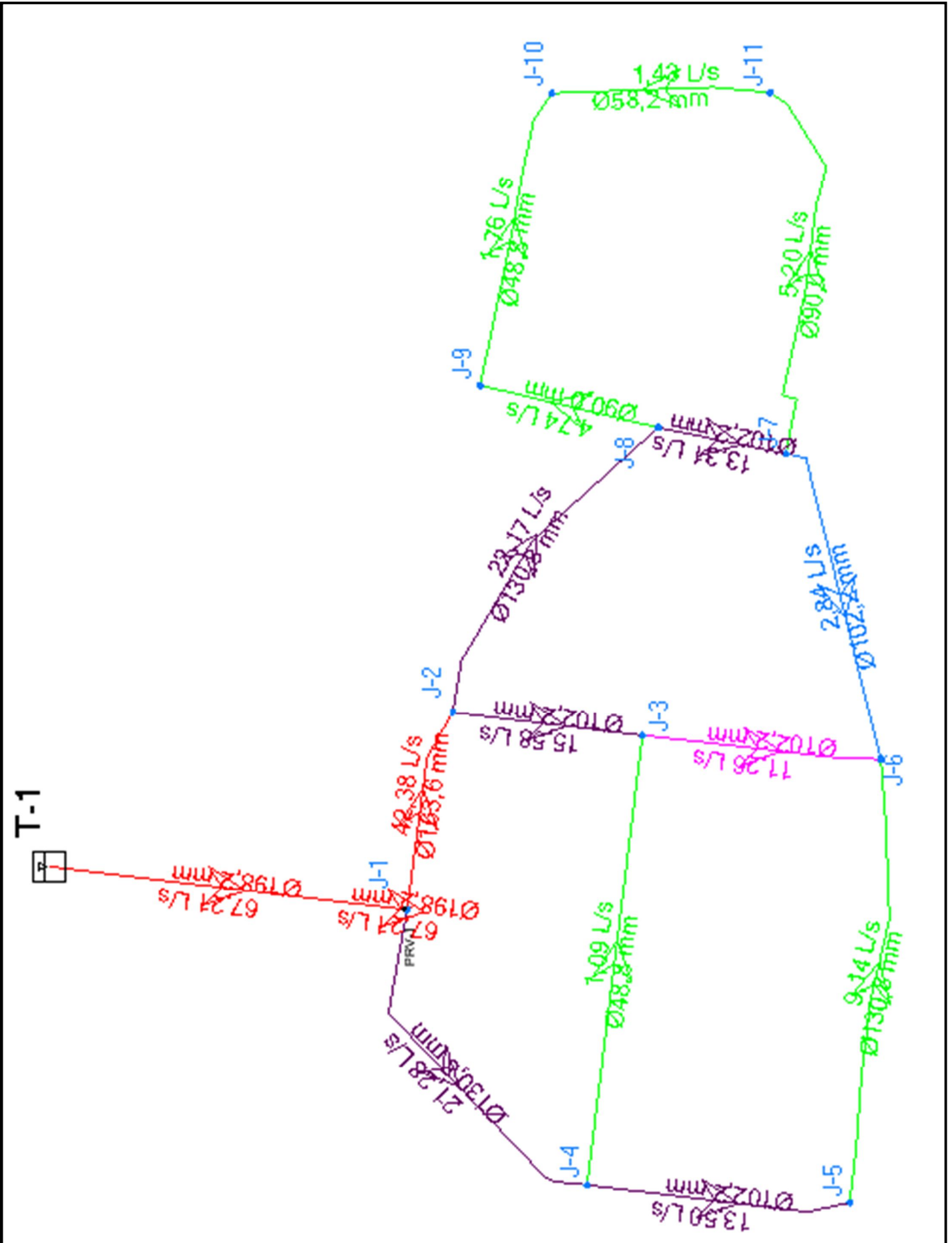
Nous avons remarqué que les vitesses sont acceptables et se trouvent entre 0,5 m/s et 1,5 m/s et atteignent jusqu'à environ 2 m/s à partir d'une vitesse faible de l'ordre de 0,35 m/s mais cela n'influence pas notre réseau, puisque le cas de pointe+incendie se caractérise par des vitesses un peu élevées par rapport au cas de pointe.

La pression aux niveaux des nœuds du réseau d'AEP est variée entre sept (07) et huit (08) bars, ces valeurs dépassent les normes admises pour un réseau d'AEP, où la pression normalement ne peut pas dépasser cinq (05) bars, à cet effet on a projeté un réducteur de pression à l'amont du réseau afin de réduire la pression de 04 bars au minimum dans chaque nœud.

Remarque :

Les résultats de la simulation sur les conduites et sur les nœuds pour le cas de pointe et pointe+incendie sont montrés dans les figures 01 et 02.





3.8-Les nouveaux paramètres hydrauliques après installation d'un réducteur de pression :

3.8.1-Cas de pointe: les calculs sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau N°07 : résultats de la simulation sur les nœuds.

N° des nœuds	CTN (m)	débit (l/s)	cote de charge(m)	Pression (m)
J-1	688,8	3,55	718,83	30
J-2	682,13	4,63	716,89	34,7
J-3	684,69	5,41	714,54	29,8
J-4	691,82	6,69	715,9	24
J-5	680,3	4,36	713,83	33,5
J-6	670,58	6,24	713,57	42,9
J-7	670,74	5,27	713,07	42,2
J-8	672,63	4,12	713,91	41,2
J-9	671,35	2,98	713,02	41,6
J-10	663,8	3,19	708,99	45,1
J-11	665,42	3,77	710,35	44,8

3.8.2-Cas de pointe+incendie:

Tableau N° 08: résultats de la simulation sur les nœuds.

N° des nœuds	CTN (m)	débit (l/s)	cote de charge(m)	Pression (m)
J-1	688,8	3,55	718,8	29,9
J-2	682,13	4,63	715,36	33,2
J-3	684,69	5,41	710,43	25,7
J-4	691,82	6,69	713,58	21,7
J-5	680,3	4,36	708,34	28
J-6	670,58	23,24	707,03	36,4
J-7	670,74	5,27	707,4	36,6
J-8	672,63	4,12	709,91	37,2
J-9	671,35	2,98	708,94	37,5
J-10	663,8	3,19	703,83	39,9
J-11	665,42	3,77	704,88	39,4

3.9-Conclusion :

Après la projection du réseau de distribution, nous avons obtenus des vitesses acceptables sur la plus part des conduites mais des pressions trop élevées sur la pluparts des nœuds, ce qui nous a poussé à utiliser un réducteur de pression qui réduit la pression de 4 bars (les détails du réducteur utilisé on les trouve dans le chapitre des accessoires du réseau ,après cette installation on obtient des valeurs de pressions se trouvant dans l'intervalle (2-5) bars ,se qui est tout à fait acceptable.

Chapitre 4

Réservoir d'alimentation en eau potable

Chapitre-4-
RESERVOIR D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

4.1-Introduction :

Après avoir calculé les besoins de l'agglomération on a constaté que le volume de ce réservoir satisfait ces besoins largement mais, il faut qu'on vérifie la capacité du réservoir d'alimentation existant à l'horizon 2025, sachant que ce réservoir de tête est de caractéristique suivantes :

- Côte de radier : 760.38 m NGA.
- Côte de trop plein : 763.0m NGA.
- Volume : 300 m³.

4.2-Rôle des réservoirs :

- Ils servent à compenser l'écart entre les apports d'eau (par gravité ou pompage) et la consommation (débit de pointe et autres).
- Ils constituent une réserve pour les imprévus (rupture, panne des pompes, réparations, extension du réseau...).
- Ils offrent de la possibilité de pomper la nuit, lorsque les tarifs d'électricité sont le plus bas.
- Ils assurent la régularité dans le fonctionnement du pompage. Les pompes refoulent à un débit constant.
- Ils simplifient l'exploitation.
- Ils régularisent les pressions dans le réseau.
- Ils garantissent la réserve d'incendie au moyen d'un volume réservé dans la cuve du réservoir.

4.3-Vérification de l'emplacement du réservoir :

Le réservoir des quatre chemins doit vérifier certains critères par son emplacement qui sont :

- Le fond des réservoirs au sol devrait être au niveau normal du sol et doit être au dessus du niveau de crue maximal.

- Si le fond est en dessous du niveau normal du sol, il doit être au-dessus de la nappe souterraine. Les égouts, les drains, les eaux stagnantes et toute autre source semblable de contamination possible doivent être à au moins 15 mètres du réservoir.
Des conduites maîtresses d'eau, essayées sur place sans fuite à une pression de 350 kPa, peuvent être utilisées comme égouts par gravité à des distances supérieures à 6 m et inférieures à 15 m.
- Le sommet d'un réservoir ne doit pas être à moins de 0,6 m au-dessus de la surface normale du sol.

Comme il doit:

- pouvoir satisfaire les abonnés en pression suffisante.
- Etre le plus près possible du centre de gravité de l'agglomération qu'il a à assurer.
- Assurer l'alimentation du réseau par gravité, c'est-à-dire que sa cote de radier doit être supérieure à la plus grande cote piézométrique du réseau.

Ces points sus cités sont respectés par notre réservoir.

4.4-Principe de fonctionnement :

La régularisation des débits (demande et apport), est posée sur les points suivants :

- Les installations et accessoires d'adduction permettant d'amener l'eau avec une régularisation importante.
- Le réservoir permet de stocker pendant les heures de faible consommation les différences entre les débits (apport -distribution) .Ce pendant lors des heures de forte consommation (heure de pointe), le déficit sera assuré par le réservoir vers le réseau de distribution.

4.5-Type de réservoir :

Pour pouvoir accomplir convenablement les fonctions pour le quel il est conçu, le réservoir des quatre chemins est de type sur sol de forme circulaire, est cela. Ce type de réservoir est déterminé par de multiples facteurs comme :

- Conditions topographiques de la région à desservir.
- Conditions hydrauliques de la distribution : volume du réservoir, pression à assurer,

- Type de décideur : maître d'ouvrage, maître d'œuvre ou exploitation.

Mais les critères les plus souvent retenus pour les choix sont :

- Les facteurs économiques,
- La sécurité d'approvisionnement et la facilité d'exploitation,
- Les possibilités d'adaptation au réseau,
- Les possibilités d'inscription harmonieuse dans le site.

4.6-Calcul de la capacité du réservoir :

Un réservoir doit être dimensionné pour répondre aux fonctions qui lui sont demandés depuis sa mise en service jusqu'aux conditions les plus exigeantes (demande de pointe). Sa capacité doit être estimée en tenant compte des variations des débits à l'entrée comme à la sortie, c'est-à-dire d'une part, du mode d'exploitation des ouvrages situés en amont et, d'autre part, de la variation de la demande.

Le plus souvent, la capacité est calculée en tenant compte des variations journalières, du jour de la plus forte consommation et de la réserve d'eau destinée à l'incendie.

4.6.1-Principe de calcul :

Ce principe de calcul se base :

- Soit sur la méthode graphique qui tient compte de la courbe de consommation totale déduite à partir des coefficients des variations horaires de la consommation et de la courbe d'apport du débit pompé.
- Soit à la méthode analytique qui tient aussi compte des débits d'apport et des débits de départ du réservoir.

Pour notre cas, on va utiliser la méthode analytique qui dépendra de deux points essentiels :

- Le régime de consommation de l'agglomération des quatre chemins caractérisé par la courbe de consommation présentée dans la figure N°02 (chapitre-2-).
- Le régime d'apport d'eau à partir de la source vers le réservoir que nous avons fixé à raison de 20 heures d'apport du fait d'un pompage à partir des réservoirs remplies du barrage.

En conséquence, la capacité sera déduite à partir des résidus entre le cumul d'apport et de départ d'eau pour chaque heure pendant 24 heures comme le montre le tableau 1

Le volume utile est donnée par :

$$V_u = \frac{a(\%)Q_{\max,j}}{100}$$

a % : représente le maximum des restes de $Q_{\max,j}$

$Q_{\max,j}$: débit maximum journalier (m^3/j)

Le tableau suivant donne le calcul de la capacité du réservoir.

Tableau N°08 : détermination de la capacité du réservoir:

heures	consommation d'eau(%)	apports d'eau (%)	Arrivée d'eau dans le réservoir (%)	départ d'eau du réservoir(%)	reste d'eau dans le réservoir (%)
0-1	1	0,00	–	1,00	6,00
1_2	1	0,00	–	1,00	5,00
2_3	1	0,00	–	1,00	4,00
3_4	1	0,00	–	1,00	3,00
4_5	2	5,00	3,00	–	6,00
5_6	3	5,00	2,00	–	8,00
6_7	5	5,00	0,00	–	8,00
7_8	6,5	5,00	–	1,50	6,50
8_9	6,5	5,00	–	1,50	5,00
9_10	5,5	5,00	–	0,50	4,50
10_11	4,5	5,00	0,50	–	5,00
11_12	5,5	5,00	–	0,50	4,50
12_13	7	5,00	–	2,00	2,50
13_14	7	5,00	–	2,00	0,50
14_15	5,5	5,00	–	0,50	0,00
15_16	4,5	5,00	0,50	–	0,50
16_17	5	5,00	0,00	–	0,50
17_18	6,5	5,00	–	1,50	-1,00
18_19	6,5	5,00	–	1,50	-2,50
19_20	5	5,00	0,00	–	-2,50
20_21	4,5	5,00	0,50	–	-2,00
21_22	3	5,00	2,00	–	0,00
22_23	2	5,00	3,00	–	3,00
23_24	1	5,00	4,00	–	7,00
total	100	100	–	–	–

Remarque :

Dans la dernière colonne, nous devons choisir la période où la cuve est vide comme dans notre cas (21-22) h, à partir de là, on fait le cumul des valeurs des colonnes (4) et(5). Et d'après la dernière colonne, on repère, en valeur absolue, la valeur la plus grande de la partie positive et négative(les extremums), qui est de 8% qui se manifeste de 7h à 8h du matin ; et sachant que le débit maximum journalier est de 2582,19 m³/j on calcul la capacité du réservoir des quatre chemins :

$$\text{Le volume utile sera : } V_u = \frac{8 * 2582,19}{100} = 206,58 \text{ m}^3 \Leftrightarrow V_u = 206,58 \text{ m}^3$$

A cela on ajoute le réserve d'incendie de l'ordre de 60 m³/h pendant 2 heures donc le volume d'incendie minimum est 120 m³.

$$\text{La capacité totale sera : } V_T = V_u + V_{inc} = 206,58 + 120 = 326,58 \text{ m}^3 \Leftrightarrow = 326,58 \text{ m}^3.$$

On note que la capacité totale du réservoir des quatre chemins est de 300 m³, alors que le volume calculé est estimé à 326.58 m³, donc la capacité existante n'est pas suffisante pour satisfaire les besoins de la ville pour l'horizon 2025.

4.7-Les équipements du réservoir :**4.7.1- Les équipements hydrauliques :**

Un réservoir doit avoir les équipements suivants pour faciliter son exploitation.

4.7.1.1- un système d'arrêt de son alimentation :

C'est un robinet à flotteur, une vanne à commande hydraulique ou une vanne à commande électrique. Le plus souvent c'est un robinet à flotteur qui obture la conduite d'arrivée lorsque le niveau maximum est atteint, et s'ouvre quand ce niveau est descendu.

4.7.1.2- une crépine d'alimentation de la distribution :

La crépine doit permettre de renouveler la réserve incendie sans pouvoir l'utiliser au cours de la simple distribution.

4.7.1.3- un compteur de distribution:

Il doit être facilement accessible afin de mesurer les volumes d'eau distribués.

4.7.1.4- Un robinet de prise:

Il sera placé sur la conduite de distribution, pour l'analyse de la qualité de l'eau

4.7.1.5- une conduite de soutirage :

De la réserve incendie dont le dispositif d'ouverture est à la disposition permanente des sapeurs pompiers,

4.7.1.6- une conduite de trop plein :

Tous les réservoirs doivent être dotés d'un trop-plein qui descend jusqu'à une profondeur comprise entre 300 mm et 600 mm au-dessus de la surface du sol, et se termine au-dessus d'une entrée d'évacuation ou d'une plaque anti-éclaboussures. Le trop-plein ne doit pas être raccordé directement à un égout ou à un collecteur d'eaux pluviales. Toutes les tuyauteries de trop-plein doivent être installées de façon que le point de sortie de l'eau soit visible.

Le trop-plein d'un réservoir au sol doit être ouvert vers le bas et l'orifice doit être protégé au moyen d'un grillage non corrosif de 16 mailles au pouce, installé dans le tuyau, à un endroit où les risques de dommage par vandalisme sont minimaux.

4.7.1.7- une conduite de vidange:

Cette conduite est munie d'un robinet - vanne, dont le système de manœuvre protégé n'est accessible que par les agents de la société de distribution. Elle ne doit pas être directement reliée à un égout ou à un collecteur d'eaux pluviales.

L'ouvrage doit pouvoir être vidangé afin d'être nettoyé ou entretenu sans qu'il en résulte une perte de pression dans le réseau de distribution.

4.7.1.8- un by-pass:

Placé entre la conduite d'arrivée et la conduite de distribution afin d'assurer la continuité du service pendant l'entretien du château d'eau.

4.7.1.9- un système de mesure du volume d'eau : qui est contenue dans le réservoir.

4.7.1.10- matérialisation de la réserve d'incendie :

Il importe que les dispositions soient prises afin d'éviter dans le cas d'un soutirage intensif, que la réserve d'incendie ne sera pas puisée par la distribution. Aussi, on opte pour un dispositif constitué par un siphon qui se désamorcé quand le niveau de la réserve est atteint, et cela grâce à l'évent ouvert à l'air libre et de cette façon la réserve ne sera pas entamée et elle se renouvelle constamment, car les réservoirs doivent être ventilés. Les trop-pleins ne doivent pas être considérés comme des événements. Il ne doit y avoir aucun espace ouvert entre la paroi et le toit. Les événements des réservoirs :

- doivent empêcher l'introduction d'eaux de ruissellement ou de pluie ;
- doivent empêcher que des oiseaux et des animaux entrent dans le réservoir ;
- devraient empêcher que les insectes et la poussière entrent dans le réservoir sans pour autant qu'une ventilation efficace devienne impossible. Dans le cas de notre réservoir au sol, on peut utiliser un grillage non corrosif ;
- doivent se terminer avec un U inversé, dans le cas des réservoirs au sol, l'ouverture étant à au moins 600 mm au-dessus du sol ou du gazon et au-dessus du niveau prévu

de la neige, et être protégés à l'aide d'un grillage non corrosif de 16 mailles au pouce, installé dans le tuyau en un endroit où les risques de vandalisme sont les plus faibles.

4.7.1.11- Collecteurs de sédiments :

Les tuyauteries de sortie de tous les réservoirs doivent être installées de manière à empêcher que des sédiments soient entraînés dans le réseau de distribution. Des collecteurs de sédiments amovibles devraient être prévus.

4.7.2-Les équipements d'intervention:

4.7.2.1- Accès :

Les réservoirs d'eau doivent être conçus avec des moyens permettant l'accès à l'intérieur pour l'inspection, le nettoyage et l'entretien.

Les trous d'homme au-dessus du niveau de l'eau :

- doivent comporter un cadre dépassant d'au moins 150 mm au-dessus de la surface du toit à l'ouverture; dans les réservoirs au sol, les trous d'homme devraient être surélevés de 600 à 900 mm au-dessus du sommet du réservoir ou du gazon qui le recouvre;
- doivent être munis d'un couvercle étanche solide pouvant être levé par une personne, recouvrant le bord du cadre et descendant autour de ce dernier d'au moins 50 mm;
- devraient comporter une charnière latérale.

4.7.2.2- Protection contre les intrus :

Des clôtures, des verrous sur les trous d'homme et toute autre précaution nécessaire doivent être prévus pour empêcher les intrusions, le vandalisme et le sabotage.

4.7.3-Les équipements de nettoyage:

- Équipements spéciaux pour le nettoyage.
- Pompe d'alimentation en eau.

Remarque :

Tous les réservoirs, ainsi que leurs accessoires et équipements, et tout particulièrement les colonnes montantes, les trop-pleins et les évènements, doivent être conçus de façon à empêcher que le gel puisse en gêner le fonctionnement.

Les entrées et les sorties devraient assurer une circulation positive et minimiser le court-circuitage de l'eau stockée.

4.8-Conclusion :

Le but de ce chapitre est de vérifier la capacité de stockage du réservoir existant à l'horizon 2025. A cette horizon il a été déduit un volume de 327m^3 qui est légèrement supérieure au volume de 300m^3 existant. étant donné que le réservoir existant est en très bonne état et qui sera maintenu à l'horizon future, pour combler le déficit de 27m^3 on doit agir par une simple augmentation du temps de pompage.

Chapitre 5

les accessoires du réseau

Chapitre-5-
LES ACCESSOIRES DU RESEAU

5.1-Introduction :

Le fonctionnement et l'exploitation d'un réseau de distribution nécessitent, en service normale comme en cas d'incident, que l'on dispose un certain nombre d'accessoires qui ont pour rôle :

- Assurer un bon écoulement.
- Régulariser les pressions et assurer les débits.
- Protéger les canalisations.
- Soutirer les débits.

Parmi ces accessoires on distingue les robinets, les clapets, les poteaux d'incendie (bouches d'incendies), les régulateurs de pression, les ventouses, les organes de mesures.

5.2-Les robinets : [5], [6], [7]

On utilise les robinets pour isoler les conduites (en particulier pour réparation), on trouve les robinets vannes à coin (à opercule) (figure N° :01) et les vannes papillon (figure N° :02), les vannes d'isolement, les vannes à clapet non retour, les vannes de réduction de pression, les vannes d'altitude.

5.2.1-Les vannes à opercule :

Ce sont des appareils de sectionnement qui doivent être complètement ouverts ou fermés. L'obturation est obtenue pour une rotation de 90° de la partie tronconique, La vanne est une sorte de lentille épaisse qui s'abaisse ou s'élève verticalement à l'aide d'une vis tournant dans un écran fixé à la vanne, leur encombrement est considérable comparé à celui des vannes papillon.

De surcroît, à partir d'un certain diamètre, il convient d'installer des by-pass pour équilibrer les pressions qui s'exercent des deux côtés du coin quand on veut le manœuvrer à partir de la position fermée.

Dans notre projet, on place ce robinet à l'aval de la conduite **PI3** liant le réservoir au réseau de distribution.

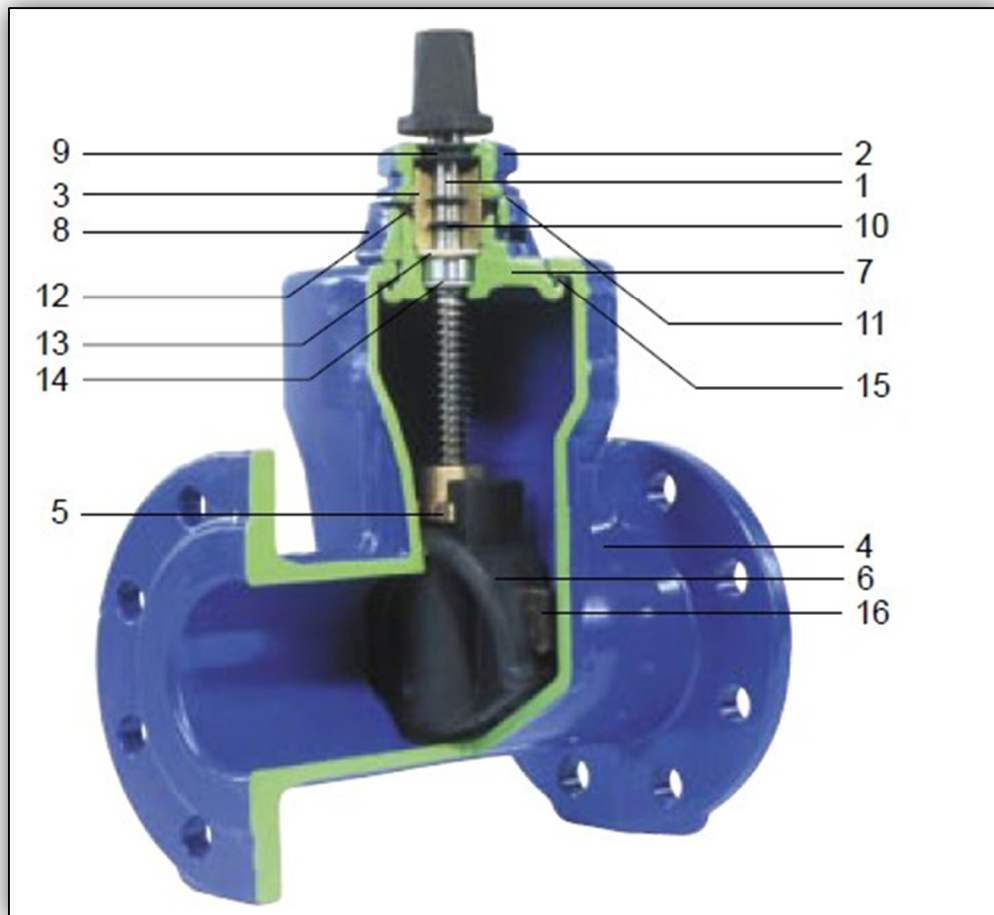


Figure N°01 : robinet vanne à opercule.

Tableau N° 01 : Matériaux et revêtement du robinet vanne à coin.

Repère	Désignation	Matière	Revêtement
1	vis	Acier inoxydable type Z20C13	Epoxy bleu mini 250 microns
2	ecrou de palier	Fonte GS	—
3	palier	Laiton type CuZn39Pb2	Epoxy bleu mini 250 microns
4	corps	Fonte GS	—
5	ecrou de manœuvre	Laiton type CuZn40Pb2	—
6	opercule	Fonte GS	Surmoulage EPDM
7	chapeau	Fonte GS	Epoxy bleu mini 250 microns
8	etirer	Fonte GS	Epoxy bleu mini 250 microns
9	joint anti-poussière	Chloroprène	—
10	joint de palier	NBR	—
11	rondelle frein	Acier type Z6 CN18.8	—

Tableau N° 01 : (suite)

Repère	Désignation	Matière	Revêtement
12	joint chapeau-etirer	NBR	-
13	rondelle d'étanchéité	Polyamide type 6-6	-
14	rondelle de butée	Polyamide type 6-6	-
15	joint-corps-chapeau	EPDM	-
16	guides	Polyamide type 6-6	-

5.2.2-Les vannes papillon :

Il s'agit d'un élément de conduite traversé par un axe déporté entraînant, en rotation, un disque obturateur appelé papillon. Ils peuvent aussi bien servir pour le sectionnement que pour le réglage des débits. Ils sont d'un encombrement réduit, légers, le couple de manœuvre est faible.

A partir d'un certain diamètre (200 à 300 mm) les robinets vannes des deux types sont généralement motorisés.

On placera un robinet papillon à la sortie du réservoir, donc à l'amont de la conduite **P13**.

Les robinets d'arrêt ou de prise sont utilisés surtout au niveau des branchements ($\varnothing < 100\text{mm}$), dans les branchements d'immeubles ou pour la commande d'appareils sous chaussées, ce qui n'est pas notre cas.

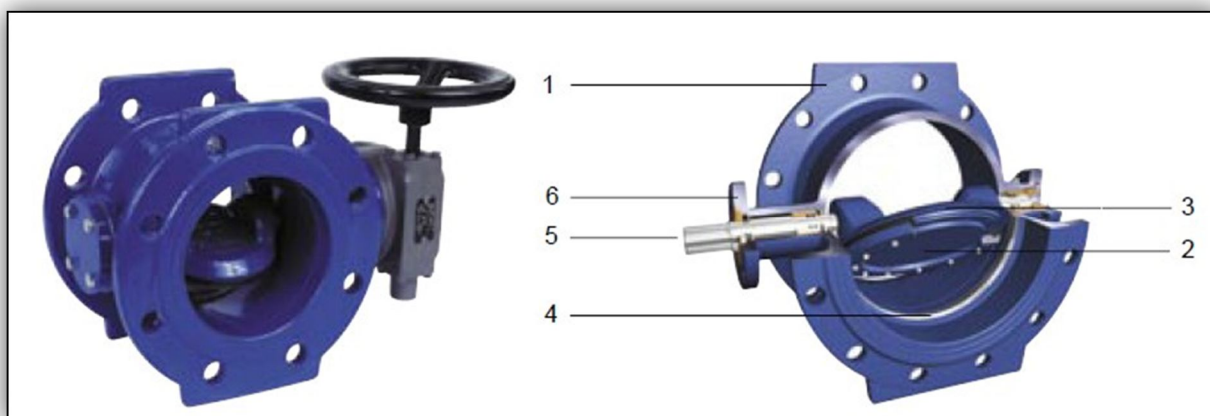


Figure N°2 : robinets vanne papillon à brides **PAM EUROSTOP**.

Tableau N° 02 : Matériaux et revêtement du robinet vanne papillon.

Repère	Désignation	Matière	Revêtement
1	Corps de vanne	fonte ductile	époxy mini 250 μm
2	Papillon	fonte ductile	époxy mini 250 μm
3	Joint d'étanchéité	EPDM	—
4	Siège d'étanchéité	NiCr20.2	—
5	Axe du papillon	NiCr20.2	—
6	Ecrous et boulons	Z20Cr13	—

5.3-Réducteur de pression : [8]

Cet appareil réduit et stabilise la pression du réseau à une valeur de consigne quelles que soient les variations de pression amont et de débit appelées dans la canalisation. La pression aval agit directement dans la chambre de commande sous la partie haute du clapet par un orifice particulier. La pression aval est équilibrée à tout moment par l'action du ressort, ce qui provoque les déplacements du clapet lorsque le débit ou la pression du réseau varient. Pour les diamètres 125 à 250, la fabrication du réducteur est différente. L'ensemble clapet est également guidé à la partie inférieure du corps et se décompose en 3 parties: guidage supérieur, clapet et axe de guidage.

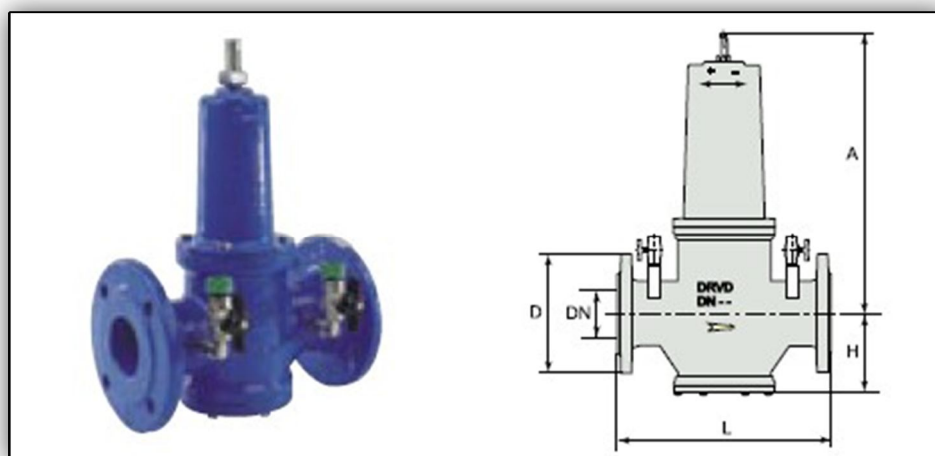
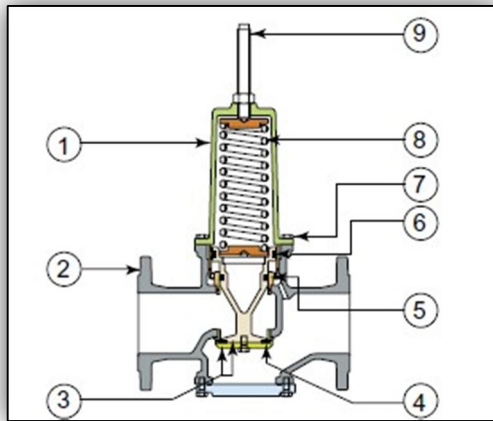


Figure N°03 : réducteur de pression PAM STABAR.

Avantage :

- Pression aval réduite et pratiquement constante.

- Disposition de l'appareillage mobile de la partie supérieure de l'appareil.
- Possibilité de purge par robinet de la plaque de fond.
- Amortissement des mouvements de l'équipage mobile assurant un fonctionnement anti-bélier.



- | | |
|--------------------|-------------------|
| 1- Chapeau. | 7-vis de chapeau. |
| 2-Corps. | 8-ressort. |
| 3-Clapet. | 9-vis de réglage. |
| 4-Joint de clapet. | |
| 5-vis de chapeau. | |
| 6-Ressort | |

Figure N°04 : schéma détaillé du réducteur de pression.

5.4-Les ventouses : [7], [9]

Une accumulation d'air peut se faire aux points hauts d'une conduite. La poche d'air provoque des perturbations qu'il s'agit d'éviter : diminution de la section, arrêt complet des débits, diminution de la pression, coups de bélier.

L'évacuation de l'air se fait par l'intermédiaire d'une ventouse qui peut être manuelle ou automatique (figure N°05).

Une ventouse manuelle est un simple robinet que l'on manœuvre périodiquement. Les ventouses automatiques sont des pièces évacuant l'air dès qu'il se forme une poche notable.



Figure N°05 : ventouses automatiques.

Dans le cas d'un réseau de distribution ils sont remplacés par des robinets de prise, ils ne sont pas donc nécessaire dans notre cas.

5.5-Organes de mesure :

5.5.1-Mesure de débit :

La gestion de la distribution d'eau potable nécessite une bonne connaissance des débits transités dans le réseau. L'utilité du comptage de l'eau apparaît aussi bien pour la vente, le diagnostic, la modélisation ou l'exploitation courante des installations.

Traditionnellement, et dans la majorité des cas, on fait appel aux compteurs d'eau mécaniques qui offrent à la fois l'avantage d'être économiques, techniquement éprouvés et de précision garantie par la législation. Ils sont donc très utilisés, en particulier pour la vente d'eau aux usagers mais aussi pour les mesures en sortie d'ouvrages ou en sectorisation.

Par contre, certaines conditions particulières d'utilisation conduisent les gestionnaires de réseaux à utiliser de plus en plus des débitmètres :

- diamètres importants,
- débits réversibles,
- mesures ponctuelles ou temporaires,...

Les appareils les plus fréquemment rencontrés sont les débitmètres électromagnétiques, les appareils à ultrasons et les sondes à insertion.

5.5.1.1-Débitmètres à organe déprimogène : (traditionnel) [10]

Il s'agit de créer au sein de la canalisation une restriction localisée de la section (ou constriction) qui engendrera une différence de pression statique dont la mesure nous permettra d'en déduire le débit (figure VIII-8).

Ils sont utilisés, en particulier pour les mesures en sortie d'ouvrages ou en sectorisation, on distingue :

a)-Le diaphragme ;

b)-Les Plaques à Orifice :

Les plaques à orifice sont destinées à la mesure de débit pour des fluides de type: gaz, liquide ou vapeur. Très robustes et simples de construction, elles offrent une très grande fiabilité. Aucune pièce en mouvement, supportant des températures et des pressions élevées, elles offrent encore aujourd'hui un rapport coût / précision des plus intéressants (voir figure N°06).



Figure N°06 : plaques à orifice.

c)-La tuyère :

Les tuyères sont principalement utilisées pour les gaz et la vapeur. La perte de charge est plus faible que pour une plaque à orifice et sa précision meilleure. Aucune pièce en mouvement, elles nécessitent une maintenance très faible (voir figure N°07).

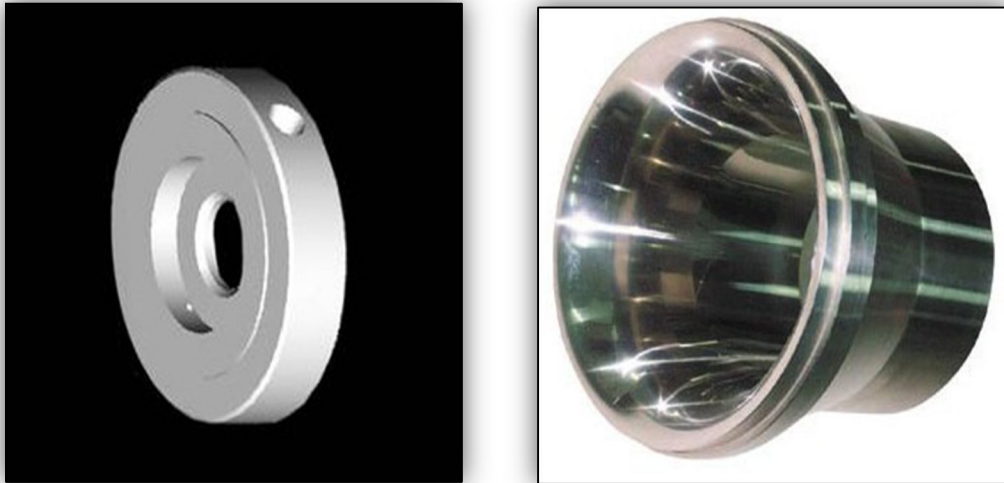


Figure N°07 : tuyère

d)-Le venturi :

Les tubes à Venturi ont les mêmes caractéristiques que les tuyères et plaques à orifice mais ils se distinguent par une faible perte de charge. Les diamètres sont limités de par leur construction et coût de fabrication (voir figure N°08).

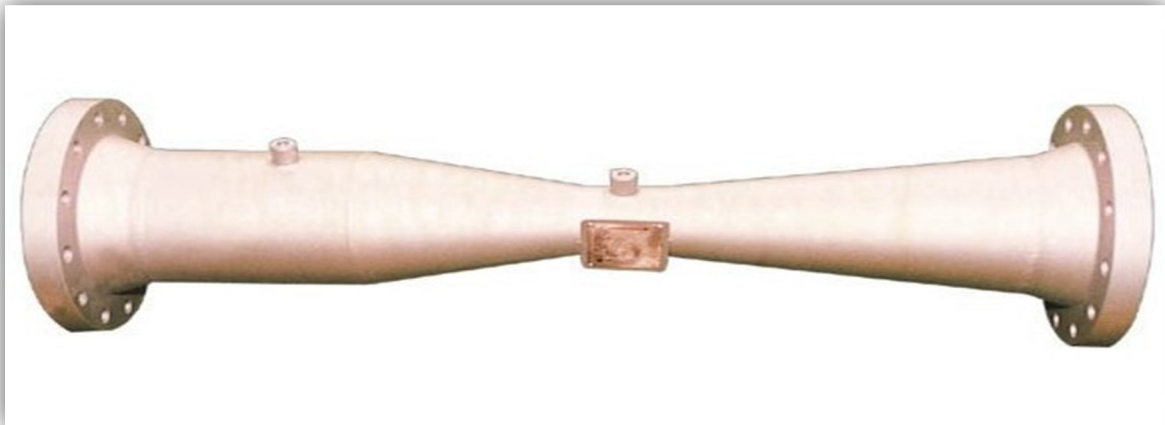


Figure N°08 : venturi.

5.5.1.2-Les débitmètres :[11]

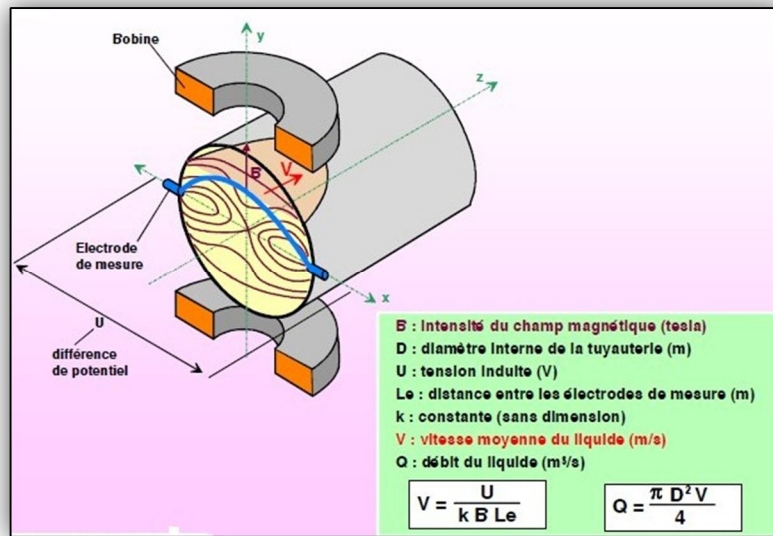


Figure N° 09: débitmètre électromagnétique.

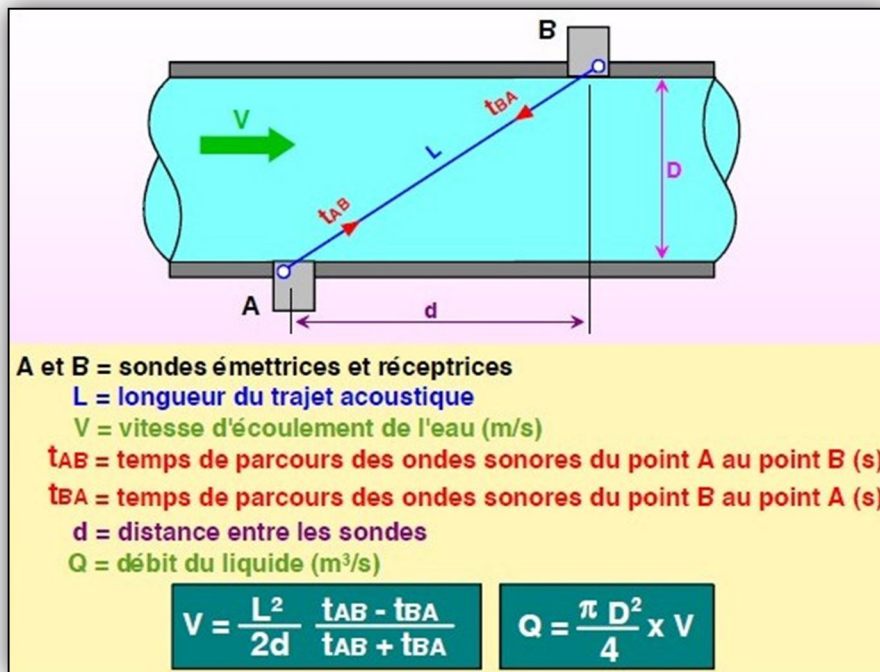


Figure N°10 : débitmètre ultrason.

On place les débitmètres à chaque nœud du réseau, car il est important de connaître le débit transité de chaque conduite.

5.5.2-Mesure de pression :

Les appareils les plus utilisés sont :

5.5.2.1-manomètres à aiguilles :

Dans les manomètres à aiguille, le mouvement est transmis à l'aiguille soit par un secteur denté soit par un levier soit par une membrane. L'avantage de cette transmission est la facilité d'étalonnage et son inconvénient réside dans l'usure rapide de la denture surtout si le manomètre subit des vibrations (figure N°:11).

5.5.2.2-manomètres à soufflet :

Ce sont des manomètres dont l'organe actif est un élément élastique en forme de soufflet. Sous l'effet de la pression, le soufflet se déforme dans la direction axiale. Les manomètres à soufflet présentent l'avantage d'éliminer le danger de gel et leur inconvénient réside dans leur sensibilité aux vibrations et au surchauffage.



Figure N°11 : manomètre à aiguilles type Ref-class.

- On utilise dans notre projet le manomètre à aiguilles pour mesurer la pression à la sortie des réservoirs et l'entrée du réseau, et au niveau de chaque nœud du réseau.

5.6-Pièces spéciales de raccordement :

Il existe toute une gamme de raccords en PE destinés à :

- L'assemblage des tubes PE ;
- Le changement de direction ;
- La réduction de diamètre ;
- La dérivation ;
- La transition ;
- La transition d'un matériau à un autre.

Ces raccords possèdent les avantages suivants :

- Poids spécifique bas ;
- Résistance aux chocs
- Résistance aux agents chimiques ;
- Résistance à l'abrasion ;

Les tubes PE existent couramment dans les diamètres allant du de Ø75 mm à Ø 500 mm, on trouve des PN 10, 12,5 et 16 conditionnés en tourets ou en longueurs droites pour les plus gros diamètres ; les raccordements se font par électrosoudage ou par soudage bout à bout (appelé soudage « au miroir ») (figure N°12). On peut même aller jusqu'au Ø 800 mm.

5.6.1-Les Tés : ils utilisés au niveau d'un réseau pour soutirer ou ajouter un débit.

5.6.2-Les coudes : ils sont utilisés pour le changement de direction.

5.6.3-Les croix de jonction: ils sont utilisés au niveau des nœuds pour le croisement des deux conduites perpendiculaires

