

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Etude de renforcement de l'adduction en eau potable de la zone est d'Alger.

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 1-0023-17

APA Citation (APA توثيق):

Darsouni, Rym (2017). Etude de renforcement de l'adduction en eau potable de la zone est d'Alger[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Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...)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 بتنظيم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

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

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة و يتم إدارته من طرف مديرية 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 D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en
Hydraulique*

Option: AEP

THEME

**ETUDE DE RENFORCEMENT DE L'ADDUCTION EN EAU
POTABLE DE LA ZONE EST D'ALGER**

Présenté Par :

M^{lle} DARSOUNI Rym

Devant les membres du jury

| | Nom et Prénoms | Grade | Qualité |
|-----------------|-----------------------|--------------|----------------|
| M ^r | B.SALAH | Professeur | Président |
| M ^{me} | W.MOKRANE | M.A.A | Examineur |
| M ^{me} | F.AMMOUR | M.A.A | Examineur |
| M ^{me} | N.HADJ SADOK | M.A.A | Examineur |
| M ^r | L.BELKHOUS | Ingénieur | Invité |
| M ^r | S.YAHIAOUI | M.A.A | Promoteur |

Session - 2016/2017 H.U.

Dédicace

Si je devais dédicacer ce travail à des personnes, j'en citerais plusieurs et ça ferait peut être l'objet d'un autre mémoire, car ce projet représente pour moi l'achèvement de plusieurs années d'étude et durant ces années-là j'ai pu rencontrer des personnes merveilleuses et parfois même admirables. Mais bien sur tout ceci n'aurait été faisable sans l'aide de mes chers parents, à qui je dois tout et qui m'ont toujours soutenu quel que soit mes démarches je tenais bien évidemment commencer par eux en leur dédiant ces quelques mots et en espérant que mon humble travail sera à la hauteur de leurs espérances.

Je dédie encore et toujours ce travail à mes chères sœurs et ma cousine Farah, Yasmine, Feriel et Meriem avec qui j'ai partagé et je partagerais jusqu'à l'éternité toute mon aventure, toutes les épreuves et tous ces moments de joie éphémères que je ne me lasse de revivre.

Je le dédie à toute ma famille et plus particulièrement à mes chères nièces Kawther, Meriem, Insaf et Sarah à qui je souhaite beaucoup de réussite dans l'avenir, puissent-elles un jour pouvoir lire ces quelques mots que je leur adresse du plus profond de mon cœur.

Je dédie ce travail à mes amis et plus particulièrement Sonia et Selma qui m'ont soutenu et accompagné durant mes années d'études en espérant que notre amitié perdurera dans le temps.

À nos professeurs qui nous ont toujours accordé de leur temps et qui nous ont bien encadrés durant ces dernières années.

À mon cher Lamine qui m'a toujours soutenue, épaulé, et aidé quel que soit la situation je tiens à te dédier ce travail

À toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin

Remerciement

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé durant toutes mes années d'étude et durant tout mon cursus scolaire.

Une attention toute particulière à mes parents qui m'ont toujours soutenu et aidé dans ma vie, je ne cesserais de le remercier.

A mes sœurs ma cousine et mes amis qui ont toujours été présents pour moi je tiens à les remercier pour tout.

A mon promoteur Mr Yahiaoui Samir qui m'a beaucoup aidé pour l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude je tiens à le remercier pour son aide et pour sa disponibilité.

A nos professeurs qui nous ont si bien encadrés durant ces dernières années

A toute ma famille qui ont su être là quand il le fallait

A toutes les personnes auxquelles j'ai dédié cet ouvrage

Merci à vous tous.

ملخص:

الهدف من هذا المشروع دراسة تحقيق قنوات التزويد بالمياه لمنطقة الجزائر الشرقية التي تتعين بالبلديات: رغبة روية درقانة هراوة المارسة برج البحري وعين تاية تلك المنطقة عرفت تزايد في بعض البلديات مما أدى الى نمو ديمغرافي. الأقطار الأنابيب الموجودين ليس لهم القدرة على تلبية الحاجيات في المياه الصالحة للشرب لكل البلديات المذكورة في المستقبل لتغطية تلك النقص في الماء يجب مراجعة تقدير أقطار الأنابيب التي تشكل قنوات التزويد بالمياه و مراجعة قدرة المضخات لكي تستطيع نقل المياه.

Résumé:

Ce projet consiste à faire une étude de renforcement de l'adduction de la zone d'Alger Est qui regroupe les commune de El Marsa, Ain taya, Bordj El Bahri, Herraoua, Dergana, Rouiba et Reghaia. Cette zone a connu une extension au niveau de certaines communes ce qui a engendré une croissance démographique élevée, le réseau d'adduction existant ne pourra plus couvrir les besoins en eau de toutes les communes citée à l'horizon futur. Pour couvrir ce déficit d'eau il faudra revoir le dimensionnement des conduites qui constituent le réseau d'adduction et revoir aussi la capacité des pompes afin qu'elles puissent véhiculer le débit demandé.

Abstract:

This project compromises to do a study of clean water spply of Algiers Est which regroups the towns of El marsa, Ain taya, Bordj El Bahri, Herraoua, Dergana, Rouiba and Reghaia. This area has known an extension in some of its towns which has caused high population growth. The existant water distribution system will not be able to cover the water requirement for all the communes mentioned earlier in the futur. To cover this deficit in water we must review the pipes sizing that form the water distribution system and review the capacity of pumps in order to be able to supply the flow requested.

Sommaire

| | |
|---|----|
| Introduction générale..... | 1 |
| Chapitre I : Analyse des conditions naturelles du secteur d'étude | |
| I.1. Introduction..... | 3 |
| I.2. Situation géographique | 3 |
| I.3. Géologie et sismicité de la région | 4 |
| I.4. Climat de la région..... | 5 |
| I.5. Situation hydrologique et hydrographique | 7 |
| I.6. Situation démographique | 7 |
| I.7. Situation hydraulique | 7 |
| I.8. Conclusion | 7 |
| Chapitre II : Evaluation des besoins en eau des communes | |
| II.1. Introduction | 9 |
| II.2. Evaluation de la population | 9 |
| II.3. Evaluation de la consommation moyenne journalière..... | 11 |
| II.3.1 Estimation des besoins en eau domestiques | 12 |
| II.3.2 Estimation des besoins en eau public | 13 |
| II.3.3 Besoin industriels et agricoles | 19 |
| II.3.4 Fuites et gaspillages | 21 |
| II.4. Evaluation de la variation de la consommation..... | 22 |
| II.5. Conclusion | 24 |
| Chapitre III : Diagnostic du réseau à l'horizon futur | |
| III.1 Introduction | 26 |
| III.2 Présentation du réseau actuel de la zone est d'Alger | 26 |
| III.3 Les ouvrages de stockage de la zone Est d'Alger | 29 |
| III.4 Les stations de pompage | 33 |
| III.5 Réseau d'adduction | 34 |
| III.6 Simulation sur Epanet | 37 |
| III.7 Bilan des besoins en eau..... | 43 |
| III.8 Solution proposées | 43 |
| III.9 Conclusion | 43 |
| Chapitre IV : Propositions de variantes et de solution | |
| IV.1 Introduction | 45 |
| IV.2 Les conduites utilisées en AEP | 45 |
| IV.3 Type d'adduction | 48 |
| IV.4 Principe du choix du tracé | 48 |
| IV.5 Choix du matériau | 49 |
| IV.6 Méthode de calcul | 49 |
| IV.6.1. Cas de refoulement | 49 |
| IV.6.1.1 Calcul du diamètre économique | 49 |
| IV.6.2. Cas gravitaire | 54 |
| IV.6.3. Calcul des diamètres et des frais | 56 |
| IV.6.3.1. Variante N°1 changement de diamètre | 57 |
| IV.6.4 Variante N°2 renforcement des conduites | 63 |
| IV.7 Conclusion | 67 |

Chapitre V : Etude du système de refoulement

| | |
|--|----|
| V.1 Introduction | 69 |
| V.2 Station de pompage | 69 |
| V.2.1 Définition des pompes | 69 |
| V.2.2 Fonctionnement de la pompe centrifuge | 69 |
| V.2.3 Différents types de pompe | 69 |
| V.2.4 Critère du choix du type de pompe | 70 |
| V.2.5 Équipements en amont de la pompe | 70 |
| V.2.6 Équipements en aval de la pompe | 70 |
| V.2.7 Courbe caractéristique d'une conduite de refoulement | 70 |
| V.2.8 Etude de cavitation | 72 |
| V.3 Etude du système de pompage | 73 |
| V.3.1 Choix des pompes | 73 |
| V.3.2 Courbes caractéristiques des pompes | 75 |
| V.4 Conclusion..... | 79 |

Chapitre VI : Cout du projet

| | |
|--|----|
| VI.1. Introduction | 81 |
| VI.2 La pose de canalisation | 81 |
| VI.3. Les Conduites en Fonte..... | 82 |
| VI.4. Organisation de chantier | 84 |
| VI.4.1. Implantation du tracé des tranchées sur le terrain | 84 |
| VI.4.2. Nivellement de la plate-forme de pose | 84 |
| VI.4.3 Décapage de la couche de terre végétale | 85 |
| VI.4.4. Excavation des tranchées | 85 |
| VI.4.5. Volumes d'excavation | 88 |
| VI.4.6 La capacité du godet | 88 |
| VI.4.7 Rendement de la pelle choisie | 88 |
| VI.4.8 Calcul des volumes des remblais | 89 |
| VI.5. Durée d'excavation | 89 |
| VI.6. Planning d'exécution des travaux | 90 |
| VI.7 Evaluation du projet | 93 |
| VI.7.2. Devis global | 94 |
| VI.8 Conclusion | 94 |
| Conclusion générale | 95 |

Liste des tableaux

Tableau I.1 Les variations des températures mensuelles entre (1993-2010)

Tableau I.2 Pluviométrie moyenne mensuelle interannuelle (1980-2010)

Tableau I.3 Evolution de la population de la zone Est d'Alger

Tableau II.1 : Taux d'accroissement des différentes communes

Tableau II.2 : Programme des nouveaux logements livrés en 2017

Tableau II.3 : Résumé de l'augmentation de la population pour chaque commune en 2017

Tableau II.4 : Evolution démographique de chaque commune

Tableau II.5 : Estimation des besoins en eau domestiques des différentes communes

Tableau II.6 : Estimation des besoins publics de la commune d'El Marsa

Tableau II.7 : Estimation des besoins publics de la commune de Harraoua

Tableau II.8 : Estimation des besoins publics de la commune de Bordj el bahri

Tableau II.9 : Estimation des besoins publics de la commune de Dergana

Tableau II.10: Estimation des besoins publics de la commune de Ain taya

Tableau II.11: Estimation des besoins publics de la commune de Rouiba

Tableau II.12: Estimation des besoins publics de la commune de Reghaia

Tableau II.13: Résumé des besoins publics de toutes les communes

Tableau II.14: Besoins en eau des industries par trimestre et par jour dans la zone industrielle de Reghaia

Tableau II.15: Besoins en eau des industries par trimestre et par jour dans la zone industrielle de Rouiba

Tableau II.16: Résumé des besoins industriels et agricoles pour les deux communes

Tableau II.17: Estimation des besoins totaux en tenant compte des fuites pour toutes les communes

Tableau II.18: Estimation des débits maximal et minimal journalier pour toutes les communes

Tableau III.1: Caractéristique hydrauliques du réseau d'adduction

Tableau III.2: Caractéristique des demandes en eau

Tableau III.3: Résultats de la simulation sur Epanet concernant les conduites

Tableau III.4: Résultats de la simulation sur Epanet concernant les nœuds du réseau

Tableau III.5: Résumé des besoins en eau

Tableau IV.1 : Valeur du coefficient M

Tableau IV.2: Variation journalière des tarifs de l'énergie pour la région d'Alger Est

Tableau IV.3: Variation du coefficient dépendant du nombre d'habitant

Tableau IV.4: Calcul du coefficient K_h pour chaque commune

Tableau IV.5 : Valeur du coefficient α en fonction du type de matériau

Tableau IV.6 : Valeur du coefficient β et m

Tableau IV.7 : Paramètres choisis dans le cas des conduites en fonte pour les formules

Tableau IV.8 : Paramètres choisis dans le cas des conduites gravitaires en fonte

Tableau IV.9: Paramètres hydrauliques des conduites de refoulement variante N°1

Tableau IV.10: Calcul des frais d'amortissement tronçon 1

Tableau IV.11: Calcul des pertes de charge et de la HMT tronçon1

Tableau IV.12: Calcul des frais d'amortissement tronçon 2

Tableau IV.13: Calcul des pertes de charge et de la HMT tronçon 2

Tableau IV.14: Calcul des frais d'amortissement tronçon 3

Tableau IV.15: Calcul des pertes de charge tronçon 3

Tableau IV.16: Calcul des frais d'exploitations pour chaque tronçon

Tableau IV.17: Bilan des frais d'exploitation et d'investissement

Tableau IV.18: Calcul des diamètres pour les conduites gravitaires

Tableau IV.19: Calcul des diamètres pour les conduites gravitaires

Tableau IV.20: Bilan du cout de la variante N°1

Tableau IV.21 Diamètres des conduites de refoulement

Tableau IV.22: Calcul des frais d'investissement tronçon 1

Tableau IV.23: Calcul de la Hauteur manométrique totale tronçon 1

Tableau IV.24: Calcul des frais d'investissement tronçon 2

Tableau IV.25: Calcul de la hauteur manométrique totale tronçon 2

Tableau IV.26: Calcul des frais d'investissement tronçon 3

Tableau IV.27: Calcul de la hauteur manométrique totale tronçon 3

Tableau IV.28: Calcul des frais d'exploitation des trois tronçons

Tableau IV.29: Calcul des diamètres des conduites gravitaires

Tableau IV.30: Calcul des frais d'investissement des conduites gravitaires

Tableau IV.31: Bilan des frais de la variante N°2

Tableau V.1 : valeur de la tension de vapeur pour des températures données.

Tableau V.2 Choix de la pompe zone ONID

Tableau V.3 Choix de la pompe zone Reghaia Nord

Tableau V.4 Choix de la pompe zone Rouiba

Tableau V.6 Point de fonctionnement de la pompe de Reghaia Nord

Tableau V.7 Point de fonctionnement de la pompe de Rouiba

Tableau VI.1 : Choix du coefficient du talus.

Tableau VI.2 : calcul des volumes des déblais.

Tableau VI.3 : la capacité des godets.

Tableau VI.4 : les volumes des remblais.

Tableau VI.5 : détermination de délai de réalisation.

Tableau VI.6 : Planning des travaux (Diagramme de GANTT).

Tableau VI.7 : Devis estimatif du projet

Tableau VI.8 : Devis global.

Liste des figures

- Figure I.1** Situation géographique de la zone Est d'Alger
- Figure I.2** Schéma géologique de la zone Est et Nord d'Alger
- Figure I.3** : Variation mensuelles des températures (1990-2010)
- Figure III.1** : Schématisation du réseau d'adduction
- Figure III.2** Simulation du réseau d'adduction sur EPANET
- Figure IV.1.** Conduite en fonte
- Figure IV.2.** Conduite en acier
- Figure IV.3.** Conduite en béton précontraint
- Figure IV.4.** Conduite en PEHD
- Figure IV.1** : détermination du point de fonctionnement.
- Figure V.1** Point de fonctionnement de la pompe ONID
- Figure V.2** Point de fonctionnement de la pompe Reghaia Nord
- Figure V.3** Point de fonctionnement de la pompe Rouiba
- Figure VI.1** : pose de canalisation dans un terrain ordinaire.
- Figure VI.2** : pose des canalisations en fonte en tranchée.
- Figure VI.3** : remblayage de la tranchée.
- Figure VI.4** : réseau à nœuds.

Liste des planches

Planche 1 : Schéma du réseau d'adduction projeté

Planche 2 : Profil en long et profil en travers de la conduite gravitaire d'arrivée

Planche 3 : Profil en long de la conduite de refoulement

Planche 4 : Schéma synoptique du réseau d'adduction

Planche 5 : Les accessoires du système d'adduction

Introduction générale

L'eau est indispensable à la vie et au développement social et économique d'un pays et un accès plus large à une eau potable peut se révéler décisif dans la réduction de la pauvreté.

L'approvisionnement en eau des populations, en quantité suffisante et la satisfaction de l'hygiène sont l'objectif permanent de l'ingénieur hydraulicien.

Cette étude consiste à analyser l'adduction de la zone Alger Est, ce qui englobe les communes de Rouiba, Reghia, Heraoua, Bordj El Bahri, El Marsa et Ain Taya.

Les communes de Bordj el kiffan, Bab ezzouar et Dar el bida ne sont pas concernées par l'étude. La localité de Dergana fait partie de la commune de Bordj El Kiffan, mais elle est alimentée par le réservoir Chabou de Bordj El Bahri donc elle sera prise en considération.

Cette zone d'Alger Est est alimentée par la station de traitement de Boudouaou qui dispose d'une capacité de 540 000 m³/j.

De nouveaux programmes de logements ont vu le jour au niveau des communes de Rouiba, Reghaia, Bordj El Bahri et Dergana soit environ 22 000 nouveaux logements et une population d'environ 110 000 habitants ce qui va certainement générer un déficit en eau potable.

Afin d'améliorer cet approvisionnement et pour combler le déficit enregistré de la zone, il est nécessaire de renforcer le système d'alimentation en eau potable par une projection de conduite d'adduction. Cette étude aura donc pour but le renforcement du système d'adduction de la zone Est d'Alger

La réalisation de ce projet d'étude permettra d'examiner les conditions techniques et économiques et résoudre le problème d'approvisionnement en eau potable et son développement futur jusqu'à l'horizon 2047 en s'efforçant de satisfaire l'aspect quantitatif et qualitatif de l'eau aux différents consommateurs de cette zone.

Ce mémoire de fin d'étude comportera six chapitres qui aideront à bien détailler le projet afin de pouvoir satisfaire les besoins en eau de la zone Est d'Alger à l'horizon futur.

Le premier chapitre est l'analyse du secteur d'étude, le second sera consacré à l'évaluation des besoins en eau des communes ou nous allons déterminer la consommation en eau des différentes communes à l'horizon 2047, avec les résultats obtenus nous passerons au chapitre suivant qui est le diagnostic du réseau existant ou nous allons voir les caractéristiques du réseau et détecter les éventuelles anomalies, auxquelles il faudra apporter des solutions ce qui fera l'objet du quatrième chapitre propositions de variantes et de solutions qui aboutiront au choix de la variante retenue pour ce projet, nous verrons au chapitre cinq l'étude du système de refoulement qui concerne le dimensionnement des pompes du réseau, et bien entendu toute cette étude aura un coût c'est ce qui fera l'objet du dernier chapitre.

Chapitre I :

Analyse des conditions naturelles du secteur d'étude

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles du secteur d'étude

I.1. Introduction :

L'étude du site est importante afin de connaître les caractéristiques de la zone d'étude ainsi que les facteurs qui influent sur la conception du projet.

Les données dont on aura besoin pour une étude d'adduction sont :

- Les données relatives à l'agglomération
- Les données du réseau d'approvisionnement déjà existant
- Les données géologiques et hydrogéologiques de la région
- Les données hydrologiques
- Les données topographiques
- Les données hydrauliques

Toutes ces données seront utiles pour prendre les dispositions indispensables dans le cadre de la réalisation des travaux.

I.2. Situation géographique :

La zone Est d'Alger est comprise entre 2° et 5° de longitude Est et entre 35° et 37° de latitude Nord avec une superficie totale de 116,5 km²

La zone d'Alger Est comporte les communes suivantes :

- Ain taya
- Bordj el bahri
- El marsa
- Harraoua
- Dergana
- Rouiba
- Reghaia

Cette zone Est d'Alger est délimitée par :

- Au Nord par la mer méditerranée
- A l'Est par la commune de Boudouaou
- A l'Ouest par la commune de Dar El Bida et Bordj El Kiffan
- Au Sud par les communes de Hammedi, Khemis El Khenchela et Ouled Moussa



Figure I.1 Situation géographique de la zone Est d'Alger

I.3. Géologie et sismicité de la région :

I.3.1 Géologie :

La région est d'Alger est localisée entre la zone de l'Atlas tellien et la mitidja

- L'Atlas tellien est une chaîne de montagnes située principalement au Nord Il est formé d'une chaîne de montagnes longeant le littoral
- La Mitidja est une plaine orientée parallèlement au relief côtier dans une direction est-nord-est vers ouest-sud-ouest

La figure I.2 qui représente la géologie de la zone Est est donnée en Annexe

I.3.2 Sismicité :

Sur le plan tectonique, la région Est d'Alger est caractérisée par une importante activité sismique. Les règles parasismique Algériennes (R.P.A version 2003) classent cette région dans la zone de grande sismicité

Les études effectuées dans le bassin de la Mitidja montrent que la tectonique active se manifeste le long des bordures nord et sud du bassin par de nombreuses failles et plis failles telle que la faille de Reghaia, de direction nord-sud et la faille marine de Zemmouri situé entre Dellys et Boudouaou el bahri qui est rattachée a la bordure sud de la faille de Reghaia.

I.4. Climat de la région :

L'étude climatique joue un rôle très important, car elle permet de mieux comprendre la relation entre la variabilité climatique et le renouvellement des ressources en eau souterraine et superficielle qui est une résultante de la précipitation, de l'évaporation et de l'écoulement de surface.

La température, l'évaporation et les précipitations sont les principaux facteurs climatiques ayant une influence sur le régime hydrologique de la région.

Les données météorologiques permettent de caractériser le climat de la zone Est d'Alger

I.4.1 Température :

La région Est d'Alger bénéficie d'un climat méditerranéen Elle est connue par ses longs étés chauds et secs. Les hivers sont doux et humides, la neige est rare mais pas impossible. Les pluies sont abondantes et peuvent être diluviennes. Il fait généralement chaud surtout de la mi-juillet à la mi-août, en ce qui concerne les températures maximales nous avons un pic au mois d'Aout la température atteint les 31,2°C et pour les températures minimales nous avons la valeur la plus faible au niveau du mois de Janvier qui est de 5,9°C

Le tableau ci-dessous résumera les variantes des températures mensuelles.

Tableau I.1 Les variations des températures mensuelles entre (1993-2010)

| Mois | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout |
|---------------|-------|------|-------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| Moy, T min °C | 17,1 | 13,7 | 9,6 | 7 | 5,9 | 6,4 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18,3 | 19,2 |
| Moy T max °C | 29,2 | 25,1 | 20,7 | 17,2 | 16,5 | 17,3 | 18,5 | 20 | 23,5 | 27 | 30,6 | 31,2 |
| Moy, T °C | 23,15 | 19,4 | 15,15 | 12,1 | 11,2 | 11,9 | 12,3 | 15 | 17,8 | 21 | 24,5 | 25,2 |

Source : ANRH

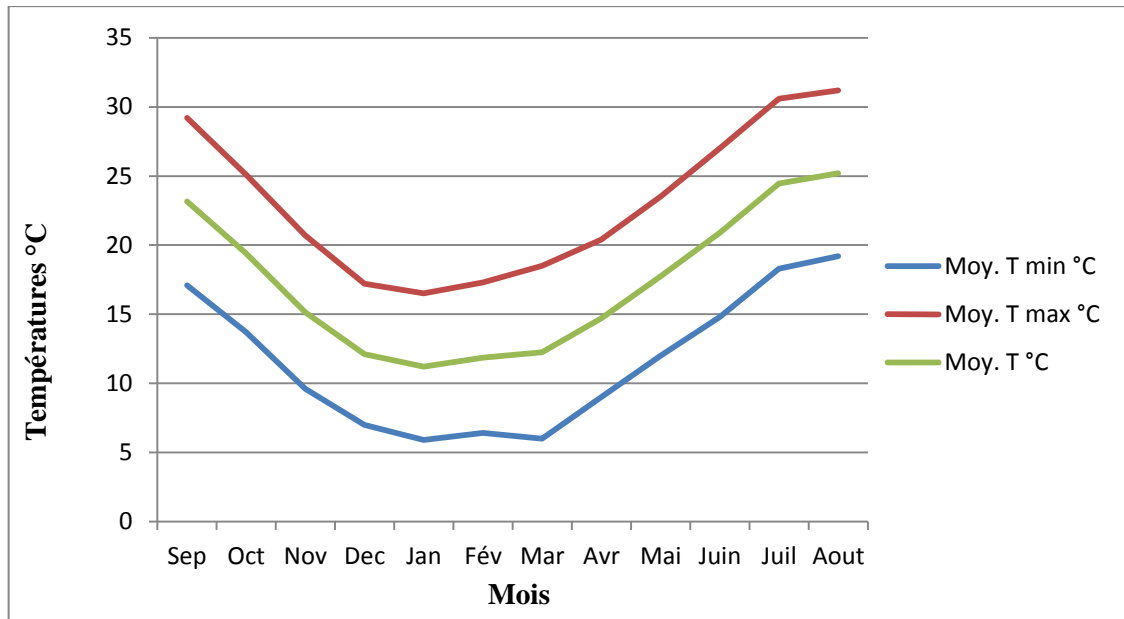


Figure I.3 : Variation mensuelles des températures (1990-2010)

I.4.2 Pluviométrie :

Les précipitations varient de 48 à 90 durant les périodes humides c'est-à-dire entre le mois de Septembre jusqu'au mois de Mai et de 12 à 17 durant la période sèche entre Juin et Aout.

Tableau I.2 Pluviométrie moyenne mensuelle interannuelle (1980-2010)

| Mois | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Pluie (mm) | 48 | 56 | 90 | 89 | 73 | 68 | 65 | 58 | 56 | 17 | 14 | 12 |

Source : ANRH

I.5. Situation hydrologique et hydrographique :

Le réseau hydrographique des bassins du Nord-Est de l'Algérie est plus développé au Nord qu'au Sud. Les cours d'eau côtiers appartenant aux trois bassins versants septentrionaux sont de type exoréique, Ils ont un écoulement relativement fourni : Oued Mafragh, Kebir-Rhumel et Seybousse, Ces oueds prennent naissance dans la chaîne des monts de l'Atlas Tellien et se jettent dans la mer méditerranée. Le chevelu hydrographique est très ramifié et très dense au Sud, au Centre, à l'Ouest et moins dense à l'Est. Nous avons la présence de trois oued au niveau de la zone Est d'Alger qui sont : Oued Boureah, Oued El biar et Oued Reghaia, ainsi que la présence d'un lac qui le Lac de Reghaia ces cours d'eau ont un débit relativement faible et peuvent connaitre des crues en cas de pluie.

I.6. Situation démographique :

Certaines communes de la région Est d'Alger ont connu des extensions ce qui a engendrer une croissance démographique importante, les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau I.3 Evolution de la population de la zone Est d'Alger

| Commune | 2008 | Taux d'accroissement | 2017 | 2017+NL |
|----------------|--------|----------------------|--------|---------|
| Ain taya | 34501 | 1,50% | 39448 | 39448 |
| Bordj el Bahri | 52816 | 2,50% | 65960 | 76960 |
| El Marsa | 12100 | 1,50% | 13835 | 13835 |
| Heraoua | 27565 | 1,50% | 31518 | 31518 |
| Rouiba | 61984 | 1,50% | 70872 | 98322 |
| Reghaia | 85452 | 1,50% | 97705 | 164205 |
| Dergana | 31 327 | 2,50% | 44 588 | 49 648 |

*NL : Nouveaux logements

I.7. Situation hydraulique :

La zone Est d'Alger est traversée par plusieurs fleuves et plusieurs cours d'eau. Tous les fleuves qui la traversent se jettent dans la méditerranée qui borde toute la côte algéroise. Son système hydrographique est propre au milieu méditerranéen : le débit d'eau est faible mais ses cours d'eau connaissent des crues importantes en cas de pluies

Au niveau de la zone Est d'Alger nous avons la présence de plusieurs ouvrages de stockage ainsi qu'une station de traitement qui aide à alimenter la zone Est et Ouest d'Alger

La station de traitement de Boudouaou alimente la zone d'Alger Est en eau potable mais sert aussi à alimenter une partie de la zone Ouest d'Alger

La station de traitement a une capacité de 540 000 m³/j cette quantité d'eau est acheminée jusqu'à la station à partir de :

- ✓ Le barrage de Keddara alimente la station avec deux conduites de diamètre DN 2000 ce dernier est alimenté par le barrage de Hamiz
- ✓ La retenue de Beni Amrane alimente la station avec une conduite de diamètre DN 2000
- ✓ La station de traitement de Taksebt alimente des réservoirs avec un diamètre de DN1500 et DN 2000

La station de traitement de Boudouaou dispose de deux réservoirs d'une capacité de 2x50000 m³ et de deux autres réservoirs qui sont alimentés par la station de traitement de Taksebt d'une capacité de 2x250000 m³.

Une conduite de diamètre DN1500 sort du réservoir 50000 et une autre du réservoir 250000 afin d'alimenter la commune d'Alger.

Les ouvrages de stockage sont nombreux et sont présents dans les différentes villes

I.7.1. Reghaia :

- Zone industrielle : Dans cette zone il y a un château d'eau d'une capacité de 500 m³ Et un réservoir d'une capacité de 500 m³
- Aissat Mustapha : C'est un château d'eau est de forme circulaire et d'une capacité de 1500 m³
- Reghaia Ville : Ce château d'eau est de forme circulaire d'une capacité de 1500 m³

- Reghaia Nord (Chebcheb) : Il s'agit d'un complexe où se trouvent deux réservoirs ainsi qu'un château d'eau de forme circulaire avec des capacités respectives de 2x 5000 m³ et 1500 m³

I.7.2. Rouiba :

- Benchoubane : Un château d'eau d'une capacité de 500m³
- Zone industrielle : Un château d'eau d'une capacité de 1000 m³
- Complexe Rouiba : Dans cette zone il y a un réservoir et un château d'eau de forme circulaire, le réservoir de capacité respective de 5000 m³ et 1500 m³
- Onid : Un réservoir d'une capacité de 1000 m³

I.7.3. Harraoua : Au niveau de cette zone il y a un réservoir et un château d'eau de capacité respective de 1000 m³ et 1500 m³

I.7.4. Ain taya (Complexe anglade) : Au niveau de Ain taya il y a un complexe qui est constitué de deux réservoirs et d'un château d'eau qui ont une capacité respective de 2x2000 m³ et 1500 m³

I.7.5. Dergana : La ville de Dergana est alimentée à partir d'un des réservoirs Chabou au niveau de cette zone il existe deux réservoir d'une capacité de 5000 m³ et 2500m³ et un château d'eau (Benzerga) d'une capacité de 500 m³

I.7.6. Bordj el bahri : C'est un réservoir d'une capacité de 1000 m³

I.7.7. El marsa : Il y a un château d'eau d'une capacité de 500 m³

I.8. Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'avoir des informations concernant le secteur d'étude afin de pouvoir commencer l'étude. Le chapitre suivant concernera l'estimation des besoins en eau des communes.

Chapitre II :

Evaluation des besoins en eau des communes

Chapitre II : Evaluation des besoins en eau des communes

II.1. Introduction :

L'estimation des besoins en eau dépend de plusieurs facteurs (de l'évolution de la population, des équipements sanitaires, du niveau de vie de la population ... ect). Elle peut varier d'une période a une autre, et varier d'une agglomération a une autre. Dans ce chapitre nous allons calculer les besoins en eau des différentes communes à l'horizon d'étude 2047

II.2. Evaluation de la population :

La région d'Alger Est comporte 7 communes, ces communes ont subis une croissance démographique suite au programme de logements lancé en 2015

Le nombre d'habitant à un horizon futur est déterminé à partir de la relation suivante :

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

P_n : nombre d'habitant à l'horizon d'étude ;

P_0 : nombre d'habitant de l'année de référence (2008) ;

.

n : nombre d'années séparant l'horizon d'étude de l'année de référence :

T : taux d'accroissement annuel de la population en (%) ce dernier dépend de plusieurs facteurs dont :

- Le taux d'accroissement naturel de la région ;
- Le mouvement migratoire ;

D'après les données communiquées par SEAL et ayant été obtenu par l'Office National des Statistiques ONS les taux d'accroissement des différentes communes sont :

Tableau II.1 : Taux d'accroissement des différentes communes

| Commune | Taux |
|----------------|-------------|
| Ain taya | 1,50% |
| Bordj el Bahri | 2,50% |
| El Marsa | 1,50% |
| Harraoua | 1,50% |
| Rouiba | 1,50% |
| Reghaia | 1,50% |
| Dergana | 2,50% |

Source SEAAL

De nouveaux programmes de logements ont été entamés et ont été livrés en 2017 en totalité il faudra donc prendre en considération ces nouveaux logement.

Les données concernant les nouveaux programmes de logement sont résumées dans le tableau II .2

Tableau II.2 : Programme des nouveaux logements livrés en 2017

| Communes | Cité | Nouveau logement | Habit/logement | Habitants |
|-----------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|------------------|
| Reghaia | El Kerrouche | 5000 | 5 | 25000 |
| Reghaia | Aissat mustapha | 5000 | 5 | 25000 |
| Reghaia | Haouch Torchi | 3300 | 5 | 16500 |
| Dergana | Chabou | 1012 | 5 | 5060 |
| Bordj el bahri | Bordj el bahri | 2200 | 5 | 11000 |
| Rouiba | Sbaat | 550 | 5 | 2750 |
| Rouiba | Medeghri | 1200 | 5 | 6000 |
| Rouiba ville | Rouiba ville | 1200 | 5 | 6000 |
| Rouiba | Souachette | 2540 | 5 | 12700 |
| Total habitant | | 22002 | | 110010 |

Source SEAAL

Comme on peut le constaté il y a 22002 nouveaux logements en 2017 au niveau des communes de Reghaia, Rouiba, Dergana et Bordj el Bahri ce qui va engendrer une croissance de population de 110010 habitants au total

Nous allons reprendre ces résultats et faire le total pour chaque commune afin de les prendre en considération lors du calcul de la population en 2017

Tableau II.3 : Résumé de l'augmentation de la population pour chaque commune en 2017

| Communes | Total logements | Total habitants |
|-----------------|------------------------|------------------------|
| Reghaia | 13300 | 66500 |
| Dergana | 1012 | 5060 |
| Bordj el bahri | 2200 | 11000 |
| Rouiba | 5490 | 27450 |

Avoir eu les données provenant du recensement de 2008, une estimation de la population de chaque commune a été effectuée pour différents horizons, les communes ayant subis une importante croissance de population à cause des programmes de logements les résultats obtenus sont résumés dans le tableau II.3

Tableau II.4 : Evolution démographique de chaque commune

| Commune | 2008 | 2017 | 2017+NL | 2027 | 2047 |
|----------------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Ain taya | 34501 | 39448 | 39448 | 45781 | 61661 |
| Bordj el Bahri | 52816 | 65960 | 76960 | 84434 | 138355 |
| El Marsa | 12100 | 13835 | 13835 | 16056 | 21625 |
| Heraoua | 27565 | 31518 | 31518 | 36577 | 49264 |
| Rouiba | 61984 | 70872 | 98322 | 82250 | 110778 |
| Reghaia | 85452 | 97705 | 164205 | 113391 | 152721 |
| Dergana | 31 327 | 44 588 | 49 648 | 50081 | 82063 |

*NL : Nouveaux logements

II.3. Evaluation de la consommation moyenne journalière :

Après avoir évalué la population nous devons estimer la consommation moyenne journalière de chaque communes, pour cela nous devons d'abord connaitre les différents types de consommateurs

- A. Besoins publics :** cela regroupent la demande en eau pour : les administrations, les hôpitaux, les écoles, les centre de formation et de soin, le nettoyage des marchés et des caniveaux, les casernes ... etc.
- B. Besoins domestiques :** ce sont ceux qui englobe les besoins en eau des habitants exemple ; la préparation des repas, la propreté, le lavages de la vaisselle et du linge, les douche, l'arrosage des jardin familiaux ... etc. Ces besoins dépendent essentiellement du développement des installations sanitaires et des habitudes de population
- C. Besoins industriels et agricoles :** ce sont les besoins des industries et des champs agricoles qui ont besoin d'une quantité d'eau importante pour le fonctionnement de leur entreprise.
- D. Besoins touristiques :** Ce sont les quantités d'eau demandées par les zones d'extension touristiques
- E. Besoin d'incendie :** c'est la quantité d'eau nécessaire pour la lutte contre l'incendie.

F. Fuites et gaspillages : Les fuites dépendent de l'état du réseau, elles sont évaluées principalement par une mesure nocturne du débit

II.3.1 Estimation des besoins en eau domestiques :

Les besoins en eau domestique dépendent essentiellement de l'accroissement démographique et de l'amélioration du niveau de vie des habitants

Les communes considérées sont à caractère urbain et industriel pour certaines, la consommation moyenne journalière de la zone est calculée suivant la loi qui suit :

$$Q_{\text{moy},j} = (1/1000) \cdot \text{dot} \cdot N \text{ (m}^3/\text{j)}$$

dot : dotation moyenne en (litre/j/habitant)

N : nombre d'habitants ou consommateurs

Pour chaque commune, nous allons estimer la consommation moyenne journalière

Tableau II.5 : Estimation des besoins en eau domestiques des différentes communes

| Commune | Nombre d'habitant 2047 | Dotation (L/j/hab) | Débit (m ³ /j) |
|----------------|------------------------|--------------------|---------------------------|
| Ain taya | 61661 | 120 | 7399,26 |
| Bordj el Bahri | 138355 | 170 | 23520,38 |
| El Marsa | 21625 | 120 | 2595,03 |
| Heraoua | 49264 | 170 | 8374,96 |
| Rouiba | 110778 | 170 | 18832,33 |
| Reghaia | 152721 | 170 | 25962,52 |
| Dergana | 82063 | 170 | 13950,75 |
| Total | | | 100635,234 |

D'après le tableau II.5, le débit moyen journalier de toutes les communes est égal à $Q_{\text{moy},j} = 100635,234 \text{ m}^3/\text{j}$ soit un débit de $Q_{\text{moy},j} = 1164,76 \text{ l/s}$ et ce en ce qui concerne seulement les besoins domestiques en eau potable

II.3.2 Estimation des besoins en eau public :

Nous allons calculer les besoins publics pour chaque commune, pour cela nous avons donc répertorié tous les établissements publics propres à chaque commune, on leur attribue une dotation et on calcule le débit journalier

Tableau II.6 : Estimation des besoins publics de la commune d'El Marsa

| El marsa | Nombre | Unité | Nombre d'unité | Dotation par unité l/j | Débit l/j | Débit (m ³ /j) |
|---------------------|--------|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------------|
| Ecole primaire | 10 | Elève | 8000 | 10 | 80000 | 80 |
| C.E.M | 8 | Elève | 6400 | 10 | 64000 | 64 |
| Lycée | 3 | Elève | 3600 | 10 | 36000 | 36 |
| Commissariat | 3 | M ² | / | 100 | 300 | 0.3 |
| Dispensaire | 2 | Patient | 100 | 100 | 10000 | 10 |
| Centre de formation | 1 | Adhérent | 200 | 15 | 3000 | 3 |
| Hôtel Rais | 1 | Lit | 500 | 150 | 75000 | 75 |
| Caserne | 5 | M ² | / | 1500 | 7500 | 7.5 |
| Mosquée | 3 | Fidèle | 1500 | 15 | 22500 | 22,5 |
| Extranet | 1 | Employé | 80 | 10 | 800 | 0,8 |
| APC | 1 | Employé | 80 | 10 | 800 | 0,8 |
| Ruines romaines | 1 | M ² | / | 200 | 200 | 0.2 |
| Cafétéria | 4 | M ² | / | 800 | 3200 | 3.2 |
| Pharmacie | 1 | Employé | / | 80 | 80 | 0.08 |
| Total | | | | | | 304.18 |

Tableau II.7 : Estimation des besoins publics de la commune de Harraoua

| Harraoua | Nombre | Unité | Nombre d'unité | Dotation par unité l/j | Débit l/j | Débit (m³/j) |
|-----------------|---------------|----------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|
| Ecole primaire | 6 | Elève | 4800 | 10 | 48000 | 48 |
| C.E.M | 5 | Elève | 4000 | 10 | 40000 | 40 |
| Lycée | 2 | Elève | 2400 | 10 | 24000 | 24 |
| Mosquée | 2 | Fidèle | 1000 | 15 | 15000 | 15 |
| Gendarmerie | 2 | M ² | / | 1000 | 2000 | 2 |
| Lavage auto | 1 | Voiture | 5 | 150 | 750 | 0,75 |
| Commissariat | 2 | M ² | / | 100 | 200 | 0,2 |
| Dispensaire | 2 | Patient | 200 | 100 | 20000 | 20 |
| Hôpital | 2 | Lit | 800 | 300 | 240000 | 240 |
| Poste | 1 | Employé | 50 | 10 | 500 | 0,5 |
| Cafeteria | 5 | M ² | / | 800 | 4000 | 4 |
| APC | 2 | Employé | 160 | 10 | 1600 | 1,6 |
| Pharmacie | 2 | Employé | / | 80 | 160 | 0.16 |
| Total | | | | | | 396.21 |

Tableau II.8 : Estimation des besoins publics de la commune de Bordj el bahri

| Bordj el bahri | Nombre | Unité | Nombre d'unité | Dotation par unité | Débit l/j | Débit (m³/j) |
|-----------------------|---------------|--------------|-----------------------|---------------------------|------------------|--------------------------------|
| Ecole primaire | 6 | Elève | 4800 | 10 | 48000 | 48 |
| C.E.M | 4 | Elève | 3200 | 10 | 32000 | 32 |

| | | | | | | |
|------------------|---|----------------|------|------|-------|---------------|
| Lycées | 3 | Elève | 3600 | 10 | 36000 | 36 |
| Casernes | 2 | M ² | / | 1500 | 3000 | 3 |
| Protection civil | 1 | M ² | 80 | 20 | 1600 | 1.6 |
| Institut | 1 | Etudiant | 100 | 15 | 1500 | 1.5 |
| Douane | 1 | Employé | 80 | 10 | 800 | 0.8 |
| Commissariat | 2 | M ² | / | 100 | 200 | 0.2 |
| Mosquée | 5 | Fidèle | 2500 | 15 | 37500 | 37.5 |
| Dispensaires | 3 | Patient | 300 | 100 | 30000 | 30 |
| Extranet | 1 | Employé | 80 | 30 | 2400 | 2.4 |
| APC | 1 | Employé | 80 | 10 | 800 | 0.8 |
| Cafétéria | 3 | M ² | / | 800 | 2400 | 2.4 |
| Boulangerie | 2 | M ² | / | 1000 | 2000 | 2 |
| Pharmacie | 1 | Employé | / | 80 | 80 | 0.08 |
| Total | | | | | | 198.28 |

Tableau II.9 : Estimation des besoins publics de la commune de Dergana

| Dergana | Nombre | Unité | Nombre d'unité | Dotation par unité | Débit j | Débit (m ³ /j) |
|-------------------|--------|----------------|----------------|--------------------|---------|---------------------------|
| Ecoles primaires | 8 | Elève | 6400 | 10 | 64000 | 64 |
| C.E.M | 4 | Elève | 3200 | 10 | 32000 | 32 |
| Lycée | 3 | Elève | 3600 | 10 | 36000 | 36 |
| Commissariat | 2 | M ² | / | 100 | 200 | 0.2 |
| Mosquée | 4 | Fidèle | 2000 | 15 | 30000 | 30 |
| Université | 1 | Etudiant | 3000 | 15 | 45000 | 45 |
| Centre biomédical | 1 | Employé | 250 | 150 | 37500 | 37.5 |

| | | | | | | |
|--------------------|---|----------------|------|-----|--------|------------|
| Cité universitaire | 2 | Résident | 3000 | 100 | 300000 | 300 |
| APC | 1 | Employé | 80 | 10 | 800 | 0,8 |
| Cafétéria | 5 | M ² | / | 800 | 4000 | 4 |
| Poste | 1 | Employé | 50 | 10 | 500 | 0.5 |
| Total | | | | | | 550 |

Tableau II.10: Estimation des besoins publics de la commune de Ain taya

| Ain taya | Nombre | Unité | Nombre d'unité | Dotation par unité | Débit l/j | Débit (m ³ /j) |
|-----------------------|--------|----------------|----------------|--------------------|-----------|---------------------------|
| Ecole primaire | 8 | Elève | 6400 | 10 | 64000 | 64 |
| C.E.M | 4 | Elève | 3200 | 10 | 32000 | 32 |
| Lycées | 3 | Elève | 3600 | 10 | 36000 | 36 |
| Commissariat | 2 | M ² | / | 100 | 200 | 0.2 |
| Hôtel | 3 | Lit | 1500 | 150 | 225000 | 225 |
| Hôpital | 1 | Lit | 400 | 300 | 120000 | 120 |
| Dispensaire | 2 | Patient | 100 | 100 | 10000 | 10 |
| Marché couvert | 1 | M ² | / | 2000 | 2000 | 2 |
| Poste | 1 | Employé | 50 | 10 | 500 | 0.5 |
| Mosquées | 3 | Fidèle | 1500 | 15 | 22500 | 22.5 |
| APC | 1 | Employé | 80 | 10 | 800 | 0,8 |
| Centre de formation | 1 | Adhérent | 100 | 15 | 1500 | 1,5 |
| Centre pour handicapé | 1 | Patient | 80 | 20 | 1600 | 1,6 |
| Total | | | | | | 516.1 |

Tableau II.11: Estimation des besoins publics de la commune de Rouiba

| Rouiba | Nombre | Unité | Nombre d'unité | Dotation par unité | Débit l/j | Débit (m³/j) |
|----------------------|---------------|----------------|-----------------------|---------------------------|------------------|--------------------------------|
| Ecole primaire | 4 | Elève | 3200 | 10 | 32000 | 32 |
| Lycée | 2 | Elève | 2400 | 10 | 24000 | 24 |
| Commissariat | 3 | M ² | / | 100 | 300 | 0.3 |
| Mosquée | 2 | Fidèle | 1000 | 15 | 15000 | 15 |
| Hôtels | 3 | Lit | 1500 | 150 | 225000 | 225 |
| Dispensaire | 2 | Patient | 100 | 100 | 10000 | 10 |
| Hopital | 1 | Lit | 400 | 300 | 120000 | 120 |
| Direction des impôts | 1 | Employé | 50 | 10 | 500 | 0,5 |
| Bazar | 1 | M ² | / | 500 | 500 | 0.5 |
| Gendarmerie | 1 | M ² | / | 1000 | 1000 | 1 |
| Stade olympique | 1 | M ² | / | 100 | 100 | 0.1 |
| Clinique | 1 | Lit | 80 | 250 | 14400 | 14,4 |
| Abattoir | 1 | Tête | / | 5000 | 5000 | 5 |
| Protection Civil | 1 | M ² | 90 | 20 | 1800 | 1,8 |
| Centre d'hemodialyse | 1 | Employé | 100 | 150 | 15000 | 15 |
| Casernes | 3 | M ² | / | 1500 | 1500 | 1.5 |
| Marché couvert | 1 | M ² | / | 2000 | 2000 | 2 |
| Centre commercial | 1 | M ² | 2000 | 20 | 40000 | 40 |
| Tribunal | 1 | Employé | 80 | 10 | 800 | 0,8 |
| Daira | 1 | Employé | 80 | 10 | 800 | 0,8 |

| | | |
|--------------|--|--------------|
| Total | | 508.9 |
|--------------|--|--------------|

Tableau II.12: Estimation des besoins publics de la commune de Reghaia

| Reghaia | Nombre | Unité | Nombre d'unité | Dotation par unité | Débit l/j | Débit (m³/j) |
|---------------------|---------------|----------------|-----------------------|---------------------------|------------------|--------------------------------|
| Ecole primaire | 10 | Elève | 8000 | 10 | 80000 | 80 |
| C.E.M | 4 | Elève | 3200 | 10 | 32000 | 32 |
| Lycées | 2 | Elève | 2400 | 10 | 24000 | 24 |
| Commissariat | 3 | M ² | / | 100 | 300 | 0.3 |
| Clinique | 2 | Lit | 200 | 180 | 36000 | 36 |
| Poste BMPG | 1 | M ² | / | 1000 | 1000 | 1 |
| Dispensaire | 2 | Patient | 200 | 100 | 20000 | 20 |
| Mosquées | 10 | Fidèle | 5000 | 15 | 75000 | 75 |
| Gendarmerie | 2 | M ² | / | 1000 | 2000 | 2 |
| Centre commercial | 1 | M ² | 1000 | 20 | 20000 | 20 |
| Ecole caserne | 1 | Etudiant | 200 | 60 | 12000 | 12 |
| Stade | 1 | M ² | / | 200 | 200 | 0.2 |
| Piscine | 1 | Adhérent | 100 | 100 | 10000 | 10 |
| Centre de formation | 2 | Adhérent | 200 | 15 | 3000 | 3 |
| ENTV | 1 | Employé | 80 | 10 | 800 | 0,8 |
| Total | | | | | | 316.3 |

Tableau II.13: Résumé des besoins publics de toutes les communes

| Commune | Besoins public (m³/j) |
|----------------|---|
| Ain taya | 516.1 |
| Bordj el Bahri | 198.28 |
| El Marsa | 304.18 |
| Harraoua | 396.21 |
| Rouiba | 508.9 |
| Reghaia | 316.3 |
| Dergana | 550 |
| Total | 2789.97 |

II.3.3 Besoin industriels et agricoles :

Les zones industrielles se trouvent au niveau de deux communes Reghaia et Rouiba, ces entreprises ont besoins d'une quantité d'eau bien précise, la consommation des industries a été communiqué par SEAAL qui dispose des compteurs afin d'avoir la consommation exacte de l'industrie, les besoins en eau de ces entreprises sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau II.14: Besoins en eau des industries par trimestre et par jour dans la zone industrielle de Reghaia

| N° ordre | Entreprise | Diamètre (mm) | Trimestre 1 (m³) | Trimestre 2 (m³) | Trimestre 3 (m³) | Trimestre 4 (m³) | Débit l/j | Débit (m³/j) |
|-----------------|-------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------|--------------------------------|
| 1 | SCET | 40 | 256 | 308 | 707 | 178 | 7 856 | 7.856 |
| 3 | EDIWANE | 40 | 129 | 172 | 99 | 55 | 1 911 | 1.911 |
| 4 | COSIDER | 40 | 1 596 | 1 598 | 864 | 1 437 | 17 756 | 17.756 |
| 5 | FALAIT TARTINO | 40 | 100 | 100 | 100 | 100 | 1 111 | 1.111 |
| 6 | GENERICLAB | 100 | 509 | 717 | 926 | 437 | 10 289 | 10.289 |
| 7 | IMC | 80 | 533 | 348 | 4 501 | 3 529 | 50 011 | 50.011 |
| 8 | SNTR | 40 | 1 212 | 1 266 | 1 198 | 1 068 | 14 067 | 14.067 |

| | | | | | | | | |
|--------------|-----------------------|-----|--------|--------|--------|--------|---------|----------------|
| 9 | FAIENCERIE ALGERIENNE | 30 | 0 | 150 | 259 | 220 | 2 878 | 2.878 |
| 10 | GARDE REPUBLICAIN E-1 | 80 | 6 433 | 5 079 | 3 711 | 478 | 71 478 | 71.478 |
| 11 | GARDE REPUBLICAIN E-2 | 80 | 2 647 | 14 236 | 12 254 | 8 740 | 158 178 | 158.178 |
| 12 | ERC | 40 | 852 | 1 547 | 1 790 | 993 | 19 889 | 19.889 |
| 13 | EPE ECLAIRAGE | 80 | 2 884 | 2 975 | 4 559 | 4 173 | 50 656 | 50.656 |
| 14 | MEDITRAM | 80 | 10 439 | 10 547 | 12 048 | 4 769 | 133 867 | 133.867 |
| 15 | ALPHAPET | 40 | 355 | 447 | 656 | 570 | 7 289 | 7.289 |
| 16 | DISTRIM | 80 | 496 | 511 | 478 | 483 | 5 678 | 5.678 |
| 17 | SODIPEINT | 100 | 64 | 87 | 349 | 163 | 3 878 | 3.878 |
| 18 | EMACAL | 40 | 1 357 | 1 483 | 1 341 | 1 127 | 16 478 | 16.478 |
| 19 | TERCO | 40 | 576 | 582 | 830 | 497 | 9 222 | 9.222 |
| 20 | TAHKOUT | 40 | 274 | 285 | 318 | 81 | 3 533 | 3.533 |
| 21 | ENAG | 150 | 1 970 | 3 460 | 2 410 | 3 797 | 42 189 | 42.189 |
| 23 | SPA ROYAL | 80 | 583 | 4 645 | 3 107 | 2 695 | 51 611 | 51.611 |
| 24 | KANAGHAZ | 40 | 514 | 1 025 | 2 272 | 1 691 | 25 244 | 25.244 |
| 25 | ARCELOR | 80 | 233 | 475 | 690 | 244 | 7 667 | 7.667 |
| 26 | LINDE ENGI | 150 | 63 083 | 56 622 | 79 171 | 40 758 | 879 678 | 879.678 |
| 28 | SIDAL-1 | 100 | 5 598 | 6 181 | 8 988 | 5 419 | 99 867 | 99.867 |
| 29 | SIDAL-2 | 40 | 609 | 452 | 511 | 780 | 8 667 | 8.667 |
| Total | | | | | | | | 1700,94 |

Tableau II.15: Besoins en eau des industries par trimestre et par jour dans la zone industrielle de Rouiba

| N° ordre | Entreprise | Longueur de la conduite (m) | Débit (m ³ /h) | Débit en (m ³ /j) |
|--------------|---------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 1 | Ferme RICCARD | 2068 | 23 | 552 |
| 2 | NCA | 2388 | 22 | 528 |
| 3 | COCA COLA | 3570 | 18 | 432 |
| 4 | PEPSI | 3480 | 20 | 480 |
| Total | | | | 1512 |

Tableau II.16: Résumé des besoins industriels et agricoles pour les deux communes

| Communes | Débit industriels et agricoles (m ³ /j) |
|--------------|--|
| Reghaia | 1700.94 |
| Rouiba | 1512 |
| Total | 3212.94 |

II.3.4 Fuites et gaspillages :

Les fuites au niveau des réseaux d'alimentation en eau potable peuvent survenir et être dues a plusieurs facteurs :

- La nature du terrain
- Mauvaise qualité du matériau
- Caractéristiques de la conduite non adapté à la pression requise
- Manque d'entretien des conduites

Tous ces facteurs peuvent induire à des pertes au niveau du réseau, c'est pourquoi nous devons majorer le débit total de 20% afin de les prendre en considération, ce pourcentage a été communiqué par les ingénieurs de SEAAL.

Tableau II.17: Estimation des besoins totaux en tenant compte des fuites pour toutes les communes

| Communes | Domestique (m ³ /j) | Public (m ³ /j) | Industriels (m ³ /j) | Total (m ³ /j) | Débit majoré (m ³ /j) |
|----------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Ain taya | 7399,26 | 516,1 | / | 7915,36 | 9498,4379 |
| Bordj el Bahri | 23520,38 | 198,28 | / | 23718,66 | 28462,3915 |
| El Marsa | 2595,03 | 304,18 | / | 2899,21 | 3479,05115 |
| Harraoua | 8374,96 | 396,21 | / | 8771,17 | 10525,3999 |
| Dergana | 18832,33 | 550,00 | / | 19382,33 | 23258,8018 |
| Rouiba | 25962,52 | 508,90 | 1512 | 27983,42 | 33580,1009 |
| Reghaia | 13950,75 | 316,30 | 1700,94 | 15967,99 | 19161,5901 |
| Total | | | | | 127965,773 |

II.4. Evaluation de la variation de la consommation :

Les débits destinés aux différents usagers sont soumis à plusieurs variations à cause de l'irrégularité dans les consommations, ces variations sont :

- Variation annuelles
- Variation mensuelles et saisonnière
- Variation journalière
- Variation horaire

On doit connaître la variation de consommation des agglomérations car c'est utile pour connaître le régime de travail des éléments du système et leur dimensionnement.

II.4. 1 Variation de la consommation journalière :

La consommation d'eau connaît des fluctuations autour de la consommation moyenne journalière durant l'année, il existe une journée où la consommation d'eau est maximale et une journée où elle est minimale

II.4.1.1. Consommation maximale journalière :

La consommation maximale journalière représente la journée de l'année où la consommation en eau est la plus grande, et est définie par un coefficient d'irrégularité journalière maximale $K_{\max jr}$. Ce dernier tient compte des variations journalières de la consommation.

Pour le calculer, on calculera le rapport de la consommation maximale journalière sur la consommation moyenne journalière.

$$K_{\max jr} = Q_{\max j} / Q_{\text{moy jr}}$$

Avec :

$K_{\max jr}$ est compris entre : (1.1 -1.3)

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

$Q_{\text{moy jr}}$: débit moyen journalier (m^3/j)

Ce qui implique que pour déterminer le débit maximal journalier on calcul donc :

$$Q_{\max j} = Q_{\text{moy jr}} * K_{\max jr}$$

II.4.1.2 Consommation minimale journalière :

Par rapport à la consommation moyenne journalière, nous pouvons aussi mettre en évidence un rapport qui indique de combien de fois la consommation minimale est inférieure à la moyenne de consommation. Ce rapport est désigné sous le terme de coefficient d'irrégularité journalière minimum :

$$K_{\min jr} = Q_{\min jr} / Q_{\text{moy jr}}$$

$K_{\min jr}$: est compris entre : (0.7-0.9)

$Q_{\min jr}$: débit minimal journalier (m^3/j)

$Q_{\text{moy jr}}$: débit moyen journalier (m^3/j)

En prenant $K_{\max jr} = 1.2$ et $K_{\min jr} = 0.8$ nous pouvons calculer le débit maximal et minimal journalier

Tableau II.18: Estimation des débits maximal et minimal journalier pour toutes les communes

| Commune | Débit moyen journalier (m ³ /j) | K _{max jr} | Q _{mox jr} (m ³ /j) | K _{min jr} | Q _{min jr} (m ³ /j) |
|----------------|--|---------------------|---|---------------------|---|
| Ain taya | 9498,4379 | 1,2 | 11398,1255 | 0,8 | 7598,75032 |
| Bordj el Bahri | 28462,3915 | 1,2 | 34154,8698 | 0,8 | 22769,9132 |
| El Marsa | 3479,05115 | 1,2 | 4174,86138 | 0,8 | 2783,24092 |
| Harraoua | 10525,3999 | 1,2 | 12630,4799 | 0,8 | 8420,31995 |
| Dergana | 23258,8018 | 1,2 | 27910,5622 | 0,8 | 18607,0415 |
| Rouiba | 33580,1009 | 1,2 | 40296,1211 | 0,8 | 26864,0807 |
| Reghaia | 19161,5901 | 1,2 | 22993,9081 | 0,8 | 15329,2721 |
| Total | | | 153558,928 | | 102372,619 |

Soit un débit maximal journalier de $Q_{\max j} = 1777,30$ l/s

II.5. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons déterminé les débits moyen et maximum journaliers pour toutes les communes, ces débits vont nous permettre de pouvoir analyser le réseau d'adduction actuel et de savoir si le réseau sera toujours convenable à l'horizon 2047

Chapitre III :

Diagnostic du réseau existant

Chapitre III : Diagnostic du réseau existant

III.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons faire un diagnostic de l'état du réseau, afin d'établir un constat sur les conditions de fonctionnement du système d'adduction de la zone EST d'Alger. Une description approfondie sur l'état actuel du réseau sera établie et une identification de toutes les défaillances du réseau d'adduction pour permettre de concevoir et améliorer les conditions actuelles

Le contenu de ce chapitre comporte un diagnostic des points suivant :

- Présentation du réseau d'adduction ;
- Les ouvrages de stockage ;
- Les stations de pompages ;
- Analyse approfondie du réseau ;
- Identifier les principales insuffisances et problématiques apparentes ;
- Proposer des solutions possibles afin d'améliorer la situation actuelle.

III.2 Présentation du réseau actuel de la zone est d'Alger :

La station de traitement de Boudouaou alimente la zone d'Alger Est en eau potable mais sert aussi à alimenter une partie de la zone Ouest d'Alger

La station de traitement a une capacité de 540 000 m³/j cette quantité d'eau est acheminée jusqu'à la station à partir de :

- ✓ Le barrage de Keddara alimente la station avec deux conduites de diamètre DN 2000 ce dernier est alimenté par le barrage de Hamiz
- ✓ La retenue de Beni Amrane alimente la station avec une conduite de diamètre DN 2000
- ✓ La station de traitement de Taksebt alimente des réservoirs avec un diamètre de DN1500 et DN 2000

La station de traitement de Boudouaou dispose de deux réservoirs d'une capacité de 2x50000 m³ et de deux autres réservoirs qui sont alimentés par la station de traitement de Taksebt d'une capacité de 2x250000 m³.

Une conduite de diamètre DN1500 sort du réservoir 50000 et une autre du réservoir 250000 afin d'alimenter la commune d'Alger.

Actuellement la zone Est d'Alger est alimentée principalement par un piquage au niveau d'une des deux conduites de diamètre DN1500 qui sortent de la station de traitement de Boudouaou.

De ce piquage, nous avons deux conduites de diamètre DN800 et DN300. La conduite de diamètre DN300 sert à alimenter le château d'eau de Benchoubane d'une capacité de 500 m³ faisant partie de la commune de Rouiba.

De la conduite DN800 il ya une branche de diamètre DN300 qui sert à alimenter le château d'eau et le réservoir de la zone industrielle de Reghaia ayant respectivement les capacités de 500 m³ et 500 m³ ainsi que le château d'eau Aissat Mustapha qui a une capacité de 1500m³ ce dernier étant à une cote plus élevée une station de pompage a donc été mise en place afin d'alimenter le château d'eau Aissat Mustapha à partir de des deux réservoirs.

La conduite DN800 se subdivise en deux conduites ayant des diamètres de DN500 et DN700 qui servent à alimenter respectivement la région de Rouiba et la region de Reghaia,

- la conduite DN700 se subdivise en deux conduites de diamètres DN300 qui servira à alimenter le château d'eau de Reghaia ville d'une capacité de 1500m³ et la conduite DN500 servira à alimenter le complexe Reghaia Nord, au niveau de ce complexe se trouvent deux réservoirs avec une capacité de 5000m³ et un château d'eau de 1500 m³, une station de pompage est mise en place afin d'alimenter le château d'eau a partir d'un des réservoirs, et servira aussi à alimenter le complexe Anglade qui se trouve dans la commune de Ain taya a une cote plus élevée.

Une conduite de diamètre DN600 qui démarre du réservoir du complexe de Reghaia Nord sert à alimenter le complexe Anglade qui est constitué d'un château d'eau de 1500 m³ de deux réservoirs d'une capacité de 2000 m³ et d'une station de pompage

- Un des reservoir alimente le château d'eau d'Anglade
- A partir d'un des réservoirs, il ya une conduite de DN300 qui sert à alimenter le château d'eau de la commune de Harraoua d'une capacité de 1500m³ qui a son tour alimente un réservoir d'une capacité de 1000 m³
- A partir d'un des réservoirs, une conduite de diamètre DN500 sert à alimenter les réservoirs Chabou d'une capacité de 2500 m³ chacun, il s'agit d'une conduite gravitaire car les réservoirs Chabou sont à une cote plus basse.

Les réservoirs Chabou alimente en refoulement le château d'eau de Bordj el bahri d'une capacité de 1000m³

- La conduite DN500 sert à alimenter le complexe de Rouiba qui est constitué d'un réservoir de 5000m³ et d'un château d'eau de 1500 m³, une conduite de diamètre DN400 sort du château d'eau afin d'alimenter le reservoir Onid d'une capacité de 1000m³ se dernier aidera à alimenter en refoulement le reservoir du complexe Anglade.

Il y a un second piquage au niveau d'une des deux conduites DN1500 ayant un diamètre de DN1200 qui sert à alimenter la region de Hamiz, cette region ne figure pas dans la zone d'étude.

Un piquage au niveau de la conduite DN1200 avec un diamètre de DN400 sert à alimenter le château d'eau Benzerga d'une capacité de 1000 m³ avec une conduite de DN200

La DN400 continue jusqu'au surpresseur de Dergana il s'agit d'une station de pompage qui refoule avec une conduite de DN400 vers le reservoir Chabou

III.3 Les ouvrages de stockage de la zone Est d'Alger :

Nous allons répertorier les ouvrages de stockage et classer selon leurs communes, certaines communes comportent plusieurs ouvrages de stockage afin de satisfaire les besoins en eau potable de ces communes.

Ces ouvrages sont soit unique soit regroupés en deux ou trois ouvrages dans une même enceinte de stockage, ils sont répartis comme suit :

III.3.1 Reghaia :

- Zone industrielle : Dans cette zone il y a un château d'eau et un réservoir de forme circulaire, le château d'eau fait de la distribution au niveau de la zone industrielle de Reghaia le réservoir aussi renforce cette distribution et sert aussi à alimenter un château d'eau Aissat Mustapha au niveau de Reghaia ville

Château d'eau d'une capacité de 500 m³ ayant :

- CR : 56.3 m ;
- CTP : 63.3 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN200
- Diamètre conduite de sortie : DN200

Un réservoir d'une capacité de 500 m³ ayant :

- CR : 30,1 m
- CTP : 34,1 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN300
- Diamètre conduite de sortie : DN300 et DN200

- Aissat Mustapha : Ce château d'eau est de forme circulaire et permet d'alimenter une partie de la ville de Reghaia en eau potable, il est alimenté par le réservoir de la zone industrielle de Reghaia en refoulement par le biais d'une conduite de diamètre DN300

Il s'agit d'un château d'eau d'une capacité de 1500 m³ ayant :

- CR : 58 m ;
- CTP : 64 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN300
- Diamètre conduite de sortie : DN300

- Reghaia Ville : Ce château d'eau est de forme circulaire et permet d'alimenter l'autre partie de Reghaia ville, son approvisionnement en eau se fait par le biais d'une conduite de diamètre DN300. Les caractéristiques du château sont les suivantes :

C'est un château d'eau d'une capacité de 1500 m³ avec :

- CR : 48 m ;
- CTP : 52 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN300
- Diamètre conduite de sortie : DN400

- Reghaia Nord (Chebcheb) : Il s'agit d'un complexe où se trouvent deux réservoirs ainsi qu'un château d'eau de forme circulaire. Les trois ouvrages font de la

distribution ; le château d'eau alimente la partie Nord de Reghaia et est alimenté par un des réservoirs avec une conduite de diamètre DN200. Les deux réservoirs alimentent également la partie Nord de la ville

Un château d'eau d'une capacité de 1500 m³ avec

- CR : 53 m ;
- CTP : 60 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN200
- Diamètre conduite de sortie : DN200

Et des réservoirs d'une capacité de 2x 5000 m³ avec :

- CR : 22 m ;
- CTP : 26 m
- Diamètre conduite d'arrivée réservoir 1 : DN500
- Diamètre conduite de sortie réservoir 1 : DN200 et DN600

III.3.2. Rouiba :

- Benchoubane : Ce château d'eau est alimenté par un piquage au niveau de la conduite DN800, avec un diamètre de DN300, il sert à alimenter la ville de Benchoubane qui fait partie de la commune de Rouiba, ces caractéristiques sont :

C'est un château d'eau qui a une capacité de 500m³ avec

- CR : 39,7 m
- CTP : 46,7 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN300
- Diamètre conduite de sortie : DN300

- Zone industrielle : Une conduite de diamètre DN300 permet d'alimenter ce château d'eau qui approvisionne la zone industrielle en eau potable.

Un château d'eau ayant une capacité de 1000 m³ avec

- CR : 56 m
- CTP : 63 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN300
- Diamètre conduite de sortie : DN300

- Complexe Rouiba : Dans cette zone il y a un réservoir et un château d'eau de forme circulaire, le réservoir est alimenté par le réseau d'adduction avec une conduite de diamètre DN500 et alimente le château d'eau à l'aide d'une pompe.

Un réservoir d'une capacité de 5000 m³ avec :

- CR : 18 m
- CTP : 24 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN500
- Diamètre conduite de sortie : DN500 et DN300

Un château d'eau d'une capacité de 1500 m³ avec :

- CR : 41,5 m
 - CTP : 49,5 m
 - Diamètre conduite d'arrivée : DN500
 - Diamètre conduite de sortie : DN400
- *Onid* : Ce réservoir est alimenté a partir du château d'eau du complexe de Rouiba par le biais d'une conduite de diamètre DN400 gravitairement.

C'est un réservoir ayant une capacité de 1000 m3 avec

- CR : 17 m
- CTP : 21 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN400
- Diamètre conduite de sortie : DN400 et DN400

III.3.3 Harraoua : Au niveau de cette zone il y a un réservoir et un château d'eau, le château d'eau alimente une partie de la ville tandis que le réservoir alimente l'autre partie, le château d'eau et le réservoir sont relié par une conduite de diamètre DN300

Un château d'eau d'une capacité de 1500 m3 avec :

- CR : 73 m
- CTP : 79 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN400
- Diamètre conduite de sortie : DN300 et DN300

Un réservoir d'une capacité de 1000 m3 avec :

- CR : 58 m
- CTP : 62 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN300
- Diamètre conduite de sortie : DN400

III.3.4 Ain taya (Complexe anglade) : Au niveau de Ain taya il y a un complexe qui est constitué de d'eau réservoir et d'un château d'eau, un des réservoirs alimente en refoulement le réservoir Chabou et sert a alimenter le château d'eau a l'aide d'une pompe. Les trois ouvrages font de la distribution et servent à alimenter la ville de Ain taya

Un château d'eau d'une capacité de 1500 m3 avec :

- CR : 81 m
- CTP : 85 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN400
- Diamètre conduite de sortie : DN400

Deux réservoirs d'une capacité de 2x2000 m3 avec :

- CR : 58 m
- CTP : 63 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN600
- Diamètre conduite de sortie : 3xDN400 DN300

III.3. 5 Dergana : La ville de Dergana est alimentée à partir d'un des réservoirs Chabou au niveau de cette zone il existe :

Deux réservoir d'une capacité de 5000 m³ et 2500m³ avec :

- CR : 47 m
- CTP : 53 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN500 et DN400
- Diamètre conduite de sortie : DN500 et DN400

Un autre château d'eau (Benzerga) d'une capacité de 500 m³ sert à alimenter la ville avec :

- CR : 36 m
- CTP : 42 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN200
- Diamètre conduite de sortie : DN300

III.3. 6 Bordj el bahri : Ce reservoir est alimenté par l'un des reservoir Chabou et alimente a son tour la ville de Bordj el bahri ainsi que El marsa ces caractéristiques sont :

Un château d'eau d'une capacité de 1000 m³ avec :

- CR : 57,8 m
- CTP : 61,8 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN500
- Diamètre conduite de sortie : DN600 et DN300

III.3.7 El marsa : Ce château d'eau est alimenté par celui de Bordj el bahri et sert à alimenter la ville de El marsa en eau potable ces caractéristique soit les suivante :

Un château d'eau d'une capacité de 500 m³ avec :

- CR : 70 m
- CTP : 74 m
- Diamètre conduite d'arrivée : DN300
- Diamètre conduite de sortie : DN300

III.4 Les stations de pompage :

III.4.1 Zone industrielle de Reghaia :

A partir du réservoir de la zone industrielle de Reghaia il y a une pompe qui refoule vers le château d'eau de la zone industrielle avec :

$$Q_{ppe} = 354 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 35 \text{ m.c.e.}$$

Une autre pompe refoule vers le château d'eau Aissat Mustapha de Reghaia ville :

$$Q_{ppe} = 354 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 38 \text{ m.c.e.}$$

III.4.2 Reghaia Nord (Chebcheb) :

Il existe 2 pompes qui refoule du réservoir vers le château d'eau Chebcheb avec :

$$2 \times Q_{ppe} = 350 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 55 \text{ m.c.e.}$$

Et 2 autres pompes qui refoule vers le complexe d'Anglade avec :

$$2 \times Q_{ppe} = 220 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 55 \text{ m.c.e.}$$

III.4.3 Rouiba :

Il existe une pompe qui refoule du reservoir de Rouiba vers le château d'eau de Rouiba :

$$2 \times Q_{ppe} = 250 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 55 \text{ m.c.e.}$$

Et une autre pompe de secours avec :

$$1 \times Q_{ppe} = 250 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 55 \text{ m.c.e.}$$

III.4.4 Anglade :

Il y a 4 pompes qui refoule vers le château d'eau de Harraoua avec :

$$4 \times Q_{ppe} = 125 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 45 \text{ m.c.e.}$$

Ainsi que 2 pompes qui refoulent vers le château d'eau d'Anglade et une pompe de secours :

$$2 \times Q_{ppe} = 360 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 45 \text{ m.c.e.} ;$$

$$1 \times Q_{ppe} = 360 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 45 \text{ m.c.e.}$$

III.4.5 Site Boureah (ONID) :

Il y a 2 pompes qui refoule vers le réservoir d'Anglade avec :

$$2 \times Q_{ppe} = 450 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 57 \text{ m.c.e.}$$

III.4.6. Surpresseur de dergana :

Il y a 3 pompes qui refoule vers le réservoir de Chabou plus 1 de secours avec :

$$3 \times Q_{ppe} = 250 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 72 \text{ m.c.e.} ;$$

$$1 \times Q_{ppe} = 250 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 72 \text{ m.c.e.}$$

III.4.7 Pompe Chabou :

Une pompe qui refoule du reservoir Chabou vers le château d'eau de Bordj el bahri avec :

$$4 \times Q_{ppe} = 250 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 55 \text{ m.c.e.}$$

Et une pompe de secours qui a les caractéristiques suivantes :

$$1 \times Q_{ppe} = 250 \text{ m}^3/\text{h} \text{ et } H_{mt} = 55 \text{ m.c.e.}$$

III.5 Réseau d'adduction :

Dans cette partie nous allons voir les caractéristiques hydrauliques et topographiques du réseau d'adduction

Tableau III.1: Caractéristique hydrauliques du réseau d'adduction

| Désignation | Région | Diamètre (mm) | Matériau | Nature | longueur (m) |
|-----------------------------|---|----------------------|-----------------|---------------|---------------------|
| Conduite d'adduction | De Boudouaou jusqu'au piquage N°1 | DN1500 | BPAT | Gravitaire | 7517,92 |
| | Après piquage N°1 | DN1500 | BPAT | Gravitaire | 5176,89 |
| | Après piquage N°2 vers Gue de constantine | DN1500 | BPAT | Gravitaire | 2155,25 |
| | Vers piquage N°1 | DN800 | FD | Gravitaire | 1719,04 |
| | Benchoubane | DN300 | FD | Gravitaire | 2846,14 |
| | Zone industrielle Reghaia | DN300 | FD | Gravitaire | 2118,69 |
| | Vers Aissat Mustapha | DN300 | FD | Refoulement | 2464,35 |
| | Vers château d'eau ZI Rouiba | DN300 | FD | Gravitaire | 506,18 |
| | Vers piquage N°2 | DN800 | FD | Gravitaire | 1556,35 |
| | Vers Reghaia ville | DN700 | FD | Gravitaire | 2768,99 |
| | Vers Reghaia ville | DN300 | FD | Gravitaire | 783,01 |
| | Vers complexe Reghaia Nord | DN500 | FD | Gravitaire | 4333,17 |
| | Vers SP Rouiba | DN500 | FD | Gravitaire | 3243,90 |
| | De complexe Rouiba vers Boureah | DN400 | FD | Gravitaire | 1673,94 |
| | Du site Boureah vers Anglade | DN400 | FD | Refoulement | 1735,08 |
| | De Reghia vers Anglade | DN600 | FD | Refoulement | 8328,68 |
| | Vers CE Harraoua | DN400 | FD | Refoulement | 886,28 |
| | De Anglade vers RV Chabou | DN500 | FD | Refoulement | 1942,48 |
| | De Chabou vers Bordj el bahri | DN500 | FD | Refoulement | 1050,47 |
| | De Dergana vers Chabou | DN400 | FD | Refoulement | 2460,69 |
| | De Supresseur Dergana vers Souachette | DN 400 | FD | Gravitaire | 3800,40 |
| | Vers Benzerga | DN200 | FD | Gravitaire | 441,96 |
| | De piquage 1500 vers Hamiz | DN1200 | BPAT | Gravitaire | 2717,56 |

| | | | | | |
|--|------------|--------|------|------------|---------|
| | Vers Hamiz | DN1200 | BPAT | Gravitaire | 1972,09 |
|--|------------|--------|------|------------|---------|

Source : SEAAL

BPAT : béton précontraint à âme tôle

FD : Fonte ductile

Tableau III.2: Caractéristique de la consommation des communes

| Nœud | Réservoir | Commune | Pourcentage de consommation % | Consommation commune | Débit (l/s) | Cote (m) |
|------|--------------------|---------|-------------------------------|----------------------|-------------|----------|
| N01 | Benchoubane | Rouiba | 40 | 466,39 | 186,55 | 28 |
| N02 | ZI Rouiba | Rouiba | 20 | 466,39 | 93,28 | 18 |
| N03 | Complexe Rouiba CE | Rouiba | 12,5 | 466,39 | 46,64 | 12 |
| N003 | Complexe Rouiba RV | Rouiba | 12,5 | 466,39 | 46,64 | 15 |
| N04 | RV site Boureah | Rouiba | 20 | 466,39 | 93,28 | 16 |
| N05 | CE ZI Reghaia | Reghaia | 12,5 | 266,13 | 33,26 | 26 |
| N005 | RV ZI Reghaia | Reghaia | 12,5 | 266,13 | 33,26 | 20 |
| N06 | Aissat Mustapha CE | Reghaia | 25 | 266,13 | 66,53 | 57 |

| | | | | | | |
|-------|------------------|----------|---|----------------|--------|----|
| N07 | CE Reghaia ville | Reghaia | 25 | 266,13 | 66,53 | 48 |
| N08 | CE Chebcheb | Reghaia | 8,33 | 266,13 | 22,17 | 23 |
| N008 | RV Reghaia Nord | Reghaia | 8,33 | 266,13 | 22,17 | 20 |
| N0081 | RV Reghaia Nord | Reghaia | 8,33 | 266,13 | 22,17 | 19 |
| N09 | RV Harraoua | Harraoua | 50 | 146,18 | 73,09 | 25 |
| N009 | CE Harraoua | Harraoua | 50 | 146,18 | 73,09 | 18 |
| N010 | CE Anglade | Ain taya | 100 Ain taya + 20 de Bordj el bahri | 131,92/ 395,31 | 70,32 | 35 |
| N0010 | RV Anglade | Ain taya | 100 Ain taya + 20 de Bordj el bahri | 131,92/ 395,31 | 70,32 | 46 |
| N0011 | RV Anglade | Ain taya | 100 Ain taya + 20 de Bordj el bahri | 131,92/ 395,31 | 70,32 | 30 |
| N011 | RV Chabou | Chabou | 40 | 323,04 | 129,21 | 39 |
| N0110 | RV Chabou | Chabou | 40 | 323,04 | 129,21 | 43 |
| N012 | CE Benzerga | Dergana | 20 | 323,04 | 64,60 | 15 |

| | | | | | | |
|-------|-------------------|----------------|-----|--------|---------|----|
| N013 | CE Bordj el bahri | Bordj el bahri | 80 | 395,31 | 316,25 | 26 |
| N014 | CE El marsa | El marsa | 100 | 48,32 | 48,32 | 35 |
| Total | | | | | 1777,30 | |

III.6 Simulation sur Epanet :

Après avoir eu les informations concernant le réseau, une simulation sur Epanet a pu être effectuée afin de voir les éventuelles insuffisances dans le réseau d'adduction à l'horizon d'étude

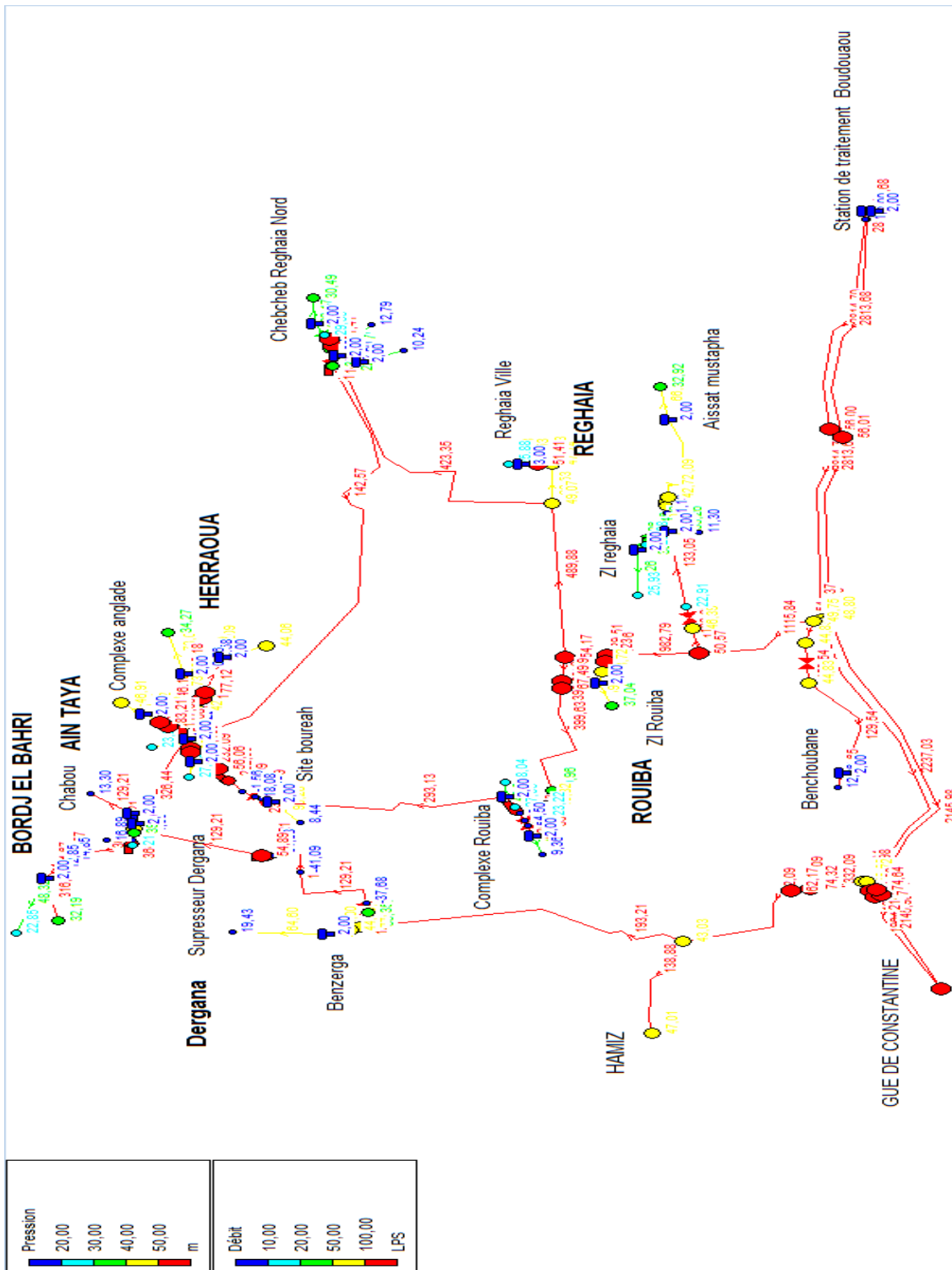


Figure III.2 Simulation du réseau d'adduction sur EPANET

Les résultats de la simulation sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau III.3: Résultats de la simulation sur Epanet concernant les conduites

| Tronçons | Diamètre (mm) | Longueur (m) | Nature de la conduite | Débit véhiculé (l/s) | Débit demandé (l/s) | Vitesse du débit véhiculé (m/s) | Vitesse du débit demandé (m/s) | Perte de charge (m) |
|----------|---------------|--------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| 1-2 | 1500 | 7517,92 | Gravitaire | 2817,7 | 2983,42 | 1,58 | 1,62 | 10,2 |
| 2-3 | 1500 | 7517,92 | Gravitaire | 2813,68 | 2983,68 | 1,58 | 1,62 | 10,1 |
| 3-4 | 1500 | 5176,89 | Gravitaire | 2237,03 | 2237,03 | 1,27 | 1,27 | 4,4 |
| 4-5 | 1500 | 5176,89 | Gravitaire | 2145,95 | 2145,95 | 1,21 | 1,21 | 4,1 |
| 5-6 | 1500 | 2155,25 | Gravitaire | 1904,94 | 1904,94 | 1,08 | 1,08 | 1,3 |
| 6-7 | 1500 | 2155,25 | Gravitaire | 2145,98 | 2145,98 | 1,21 | 1,21 | 1,7 |
| 6-7 | 800 | 54,2 | Gravitaire | 1245,37 | 1584,09 | 2,4 | 3,15 | 0,4 |
| 7-8 | 800 | 1719,04 | Gravitaire | 1115,84 | 1397,54 | 2,15 | 2,78 | 9,6 |
| 8-9 | 300 | 2846,14 | Gravitaire | 129,54 | 186,55 | 1,83 | 2,64 | 37,0 |
| 8-9 | 300 | 262,65 | Gravitaire | 115,65 | 186,55 | 1,00 | 2,64 | 2,7 |
| 9-10 | 300 | 2118,69 | Gravitaire | 133,05 | 133,05 | 1,88 | 1,88 | 29,1 |
| 10-11 | 200 | 294,49 | Refoulement | 33,26 | 33,26 | 1,06 | 1,06 | 2,2 |
| 11-12 | 200 | 824,93 | Gravitaire | 33,26 | 33,26 | 1,06 | 1,06 | 6,1 |
| 12-13 | 300 | 2464,35 | Refoulement | 58,09 | 66,53 | 0,82 | 0,94 | 6,6 |
| 13-14 | 300 | 594,13 | Gravitaire | 58,09 | 66,53 | 0,82 | 0,94 | 1,6 |
| 14-15 | 800 | 1056,06 | Gravitaire | 982,79 | 1264,79 | 1,88 | 2,52 | 4,6 |
| 15-16 | 300 | 506,18 | Gravitaire | 93,28 | 93,28 | 1,32 | 1,32 | 3,4 |
| 16-17 | 300 | 436 | Gravitaire | 93,28 | 93,28 | 1,32 | 1,32 | 3,0 |
| 17-18 | 800 | 500,29 | Gravitaire | 889,51 | 1171,51 | 1,7 | 2,33 | 1,8 |
| 18-19 | 700 | 2768,99 | Gravitaire | 489,88 | 489,88 | 1,18 | 1,18 | 6,1 |
| 19-20 | 300 | 783,01 | Gravitaire | 66,53 | 66,53 | 0,94 | 0,94 | 2,7 |
| 20-21 | 400 | 157,55 | Gravitaire | 66,53 | 66,53 | 0,53 | 0,53 | 0,1 |
| 21-22 | 500 | 4333,17 | Gravitaire | 423,35 | 423,35 | 2,16 | 2,16 | 41,1 |
| 22-23 | 200 | 285,87 | Gravitaire | 22,17 | 22,17 | 0,71 | 0,71 | 1,0 |
| 23-24 | 200 | 530,88 | Gravitaire | 22,17 | 22,17 | 0,71 | 0,71 | 1,8 |
| 24-25 | 200 | 317,02 | Gravitaire | 22,17 | 22,17 | 0,71 | 0,71 | 1,1 |
| 25-26 | 200 | 455,17 | Gravitaire | 22,17 | 22,17 | 0,71 | 0,71 | 1,5 |
| 26-27 | 200 | 666,79 | Gravitaire | 22,17 | 22,17 | 0,71 | 0,71 | 2,2 |
| 27-28 | 600 | 8328,68 | Refoulement | 142,57 | 356,84 | 0,5 | 1,26 | 3,6 |
| 28-29 | 500 | 3243,9 | Gravitaire | 399,63 | 681,63 | 2,04 | 3,47 | 27,4 |
| 29-30 | 500 | 519,33 | Refoulement | 225,69 | 634,99 | 1,09 | 3,23 | 1,4 |
| 30-31 | 300 | 366,41 | Gravitaire | 46,64 | 46,64 | 0,66 | 0,66 | 1,4 |
| 31-32 | 200 | 266,58 | Gravitaire | 46,64 | 46,64 | 1,48 | 1,48 | 3,8 |

| | | | | | | | | |
|-------|------|---------|-------------|--------|--------|------|------|------|
| 32-33 | 400 | 1673,94 | Gravitaire | 293,13 | 588,35 | 2,33 | 4,68 | 24,5 |
| 33-34 | 400 | 500,51 | Gravitaire | 93,28 | 93,28 | 0,74 | 0,74 | 0,8 |
| 34-35 | 400 | 1735,08 | Refoulement | 232,09 | 495,07 | 1,85 | 3,94 | 16,0 |
| 35-36 | 400 | 216,56 | Gravitaire | 70,32 | 70,32 | 0,56 | 0,56 | 0,2 |
| 36-37 | 400 | 886,28 | Refoulement | 146,18 | 146,18 | 1,16 | 1,16 | 3,3 |
| 37-38 | 400 | 328,56 | Gravitaire | 70,32 | 70,32 | 0,56 | 0,56 | 0,3 |
| 38-39 | 300 | 445,45 | Gravitaire | 70,32 | 70,32 | 0,99 | 0,99 | 1,7 |
| 39-40 | 300 | 295,41 | Gravitaire | 70,32 | 70,32 | 0,99 | 0,99 | 1,2 |
| 40-41 | 400 | 334,68 | Gravitaire | 70,32 | 70,32 | 0,56 | 0,56 | 0,3 |
| 41-42 | 300 | 627,04 | Gravitaire | 73,09 | 73,09 | 1,03 | 1,03 | 2,6 |
| 42-43 | 300 | 280,3 | Gravitaire | 73,09 | 73,09 | 1,03 | 1,03 | 1,2 |
| 43-44 | 500 | 1942,48 | Gravitaire | 326,44 | 494,77 | 1,66 | 2,52 | 11,0 |
| 44-45 | 400 | 122,79 | Gravitaire | 129,21 | 129,21 | 1,03 | 1,03 | 0,4 |
| 45-46 | 400 | 588,64 | Gravitaire | 129,21 | 129,21 | 1,03 | 1,03 | 1,7 |
| 46-47 | 500 | 448,32 | Gravitaire | 129,21 | 129,21 | 0,66 | 0,66 | 0,4 |
| 47-48 | 500 | 1050,47 | Refoulement | 364,67 | 364,57 | 1,86 | 1,86 | 7,4 |
| 48-49 | 600 | 777,96 | Gravitaire | 316,25 | 316,25 | 1,12 | 1,12 | 1,6 |
| 49-50 | 300 | 1044,63 | Gravitaire | 48,32 | 48,32 | 0,68 | 0,68 | 2,0 |
| 50-51 | 400 | 2212,85 | Gravitaire | 193,21 | 193,21 | 1,54 | 1,54 | 14,2 |
| 51-52 | 200 | 367,08 | Gravitaire | 64 | 64,6 | 2,04 | 2,04 | 1,2 |
| 52-53 | 300 | 1083,31 | Gravitaire | 64 | 64,6 | 0,91 | 0,91 | 3,5 |
| 53-54 | 400 | 1350,99 | Gravitaire | 129,21 | 129,15 | 1,03 | 1,03 | 3,9 |
| 54-55 | 400 | 2460,69 | Refoulement | 129,21 | 129,15 | 1,03 | 1,03 | 7,1 |
| 55-56 | 1200 | 1972,09 | Gravitaire | 133,88 | 133,88 | 0,5 | 0,5 | 0,58 |

III.6.1. Interprétation des résultats :

Le débit véhiculé ainsi que la vitesse qui lui correspond sont des résultats ayant été obtenus à l'aide de la simulation sur Epanet, le débit demandé et la vitesse qui lui correspond ont été calculés et comme on peut le constater les vitesses des tronçons varient entre 0,5 et 3,94 m/s certains tronçons ont des vitesses qui dépassent les 1,5 m/s et comme on peut le remarquer certaines demandes ne sont pas satisfaites, le débit exigé n'est pas véhiculé par les conduites

Tableau III.4: Résultats de la simulation sur Epanet concernant les nœuds du réseau

| Désignation | Nœud | Demande de base (l/s) | Altitude (m) | Charge (m) | Pression (m.c.e) |
|-------------------------------------|------|-----------------------|--------------|------------|------------------|
| A la sortie 1 Station de traitement | N1 | / | 87 | 88,93 | 1,93 |
| A la sortie 2 Station de traitement | N2 | / | 87 | 88,93 | 1,93 |
| Piquage 1 conduite 1 DN1500 | N3 | / | 30 | 78,8 | 48,8 |
| Nœud conduite 2 DN1500 | N4 | / | 30 | 78,8 | 48,8 |
| Piquage 2 conduite 1 DN1500 | N5 | / | 25 | 74,36 | 49,36 |
| Nœud conduite 2 DN1500 | N6 | / | 25 | 74,72 | 49,72 |
| Vers Gue de Constantine | N7 | 4050,92 | 22 | 73,02 | 51,02 |
| Nœud conduite DN800 | N8 | / | 29 | 78,75 | 49,75 |
| Nœud Benchoubane | N9 | 186,55 | 28 | 40,66 | 12,66 |
| Nœud piquage DN800 | N10 | | 27 | 77,57 | 50,57 |
| Nœud RV ZI Reghaia | N11 | 33,26 | 10 | 21,3 | 11,3 |
| Nœud CE ZI Reghaia | N12 | 33,26 | 26 | 51,93 | 25,93 |
| Nœud Aissat Mustapha | N13 | 66,53 | 25 | 57,92 | 32,92 |
| Nœud piquage vers ZI Rouiba | N14 | / | 19 | 72,96 | 53,96 |
| Nœud de ZI Rpuiba | N15 | 93,28 | 18 | 55,04 | 37,04 |
| Nœud DN800 | N16 | / | 17 | 71,17 | 54,17 |
| Nœud piquage vers Reghaia Ville | N17 | / | 16 | 65,07 | 49,07 |
| Nœud Reghaia ville | N18 | 66,53 | 25 | 50,88 | 25,88 |
| Nœud RV 1 Reghaia Nord | N19 | 22,17 | 9 | 21,79 | 12,79 |
| Nœud RV 2 Reghaia Nord | N20 | 22,17 | 11 | 21,24 | 10,24 |
| Nœud CE Reghaia Nord | N21 | 22,17 | 23 | 53,49 | 30,49 |
| Nœud vers complexe Rouiba | N22 | / | 16 | 46,96 | 30,96 |

| | | | | | |
|-------------------------------------|-----|--------|------|-------|-------|
| | | | | | |
| Nœud RV Vers population | N23 | 46,64 | 10 | 19,36 | 9,36 |
| Nœud CE vers population | N24 | 46,64 | 15 | 43,04 | 28,04 |
| Nœud de RV Onid vers population | N25 | 93,28 | 9,8 | 18,24 | 8,44 |
| Nœud de RV1 Anglade vers population | N26 | 70,32 | 35 | 58,26 | 23,26 |
| Nœud de RV2 Anglade vers population | N27 | 70,32 | 30 | 57,85 | 27,85 |
| Nœud de CE Anglade vers population | N28 | 70,32 | 35,8 | 82,71 | 46,91 |
| Nœud de CE Harraoua vers population | N29 | 73,09 | 28,3 | 72,36 | 44,06 |
| De RV Harraoua vers population | N30 | 73,09 | 25 | 59,27 | 34,27 |
| De RV1 Chabou vers population | N31 | 129,21 | 31,7 | 48,59 | 16,89 |
| De RV2 Chabou vers population | N32 | 129,21 | 33 | 46,3 | 13,3 |
| De RV BEB vers population | N33 | 316,25 | 26 | 58,19 | 32,19 |
| De RV BEB vers El marsa | N34 | 48,32 | 35 | 57,85 | 22,85 |
| Nœud avant piquage Hamiz | N35 | / | 19 | 62,03 | 43,03 |
| Nœud vers Hamiz | N36 | 138,88 | 15 | 62,01 | 47,01 |
| Nœud avant Benzerga | N37 | / | 12 | 47,85 | 35,85 |
| Nœud de CE Benzerga vers population | N38 | 64,6 | 15 | 34,43 | 19,43 |

III.6.2. Interprétation des résultats :

Les pressions sont plus au moins acceptables car les conduites ont une résistance de pression de 10 bar et les vannes ont une résistance de pression de 6 bar donc elles peuvent supporter les pressions indiquées

III.7 Bilan des besoins en eau :

Tableau III.5: Résumé des besoins en eau

| Tronçons | Diamètre | Longueurs | Débit véhiculé | Débit exigé |
|----------|----------|-----------|----------------|-------------|
| 1-2 | 1500 | 7517,92 | 2817,7 | 2983,42 |
| 2-3 | 1500 | 7517,92 | 2813,68 | 2983,68 |
| 5-6 | 1500 | 2155,25 | 1904,04 | 1904,04 |
| 6-7 | 1500 | 2155,25 | 2145,98 | 2145,98 |
| 55-56 | 1200 | 1972,09 | 138,88 | 138,88 |

La consommation de la région sera égale au débit qui sort de la station de traitement soit : $Q_{\text{station}} = 2817,7 + 2813,68 = 5631,38$ l/s en lui enlève la consommation de la région de Hamiz $Q_{\text{hamiz}} = 138,88$ l/s et celle de Gue de Constantine $Q_{\text{Gue constantine}} = 1904,04 + 2145,98 = 4050,92$ l/s qui ne sont pas concernée par la zone Est on trouve : $Q_{\text{Est}} = 1441,58$ l/s.

En faisant la même chose pour les débits exigé on trouve $Q_{\text{Est}} = 1777,3$ l/s ce qui correspond au débit maximum journalier de la zone Est d'Alger.

Comme on peut le constater on a une différence de débit de $335,72$ l/s cela est dû au fait que comme certains tronçons sont sous dimensionnés, le débit exigés ne peut être satisfait.

Au niveau du réseau d'adduction et à l'horizon futur certaines pompes travailleront hors courbes car le débit exigé sera plus élevé

III.8 Solution proposées :

Les solutions proposées par rapport aux problèmes de vitesses rencontrés dans certaines conduites, les vitesses dépasse la limite recommandé qui est de 1,5 m/s je propose donc :

- ✓ Soit de changer de diamètre dans les tronçons ayant une vitesse qui dépasse les 1,5 m/s en l'augmentant le diamètre la vitesse diminuera
- ✓ Soit de faire un renforcement en dédoublant les conduites ayant des vitesses qui dépasse les 1,5 m/s
- ✓ Examiner le fonctionnement des pompes afin de savoir si elles sont en capacité pour véhiculer le débit demandé

III.9 Conclusion :

Comme nous l'avons vu dans ce chapitre certains tronçons ne seront pas en capacité de véhiculé le débit demandé à l'horizon d'étude 2047

Une étude technico-économique doit être élaborée afin de choisir la variante la plus adéquate et la plus économique par la même occasion.

L'étude des différentes variantes fera l'objet du chapitre suivant ou on va détailler le cout de chaque variante et voir l'éventuelle possibilité de mettre en place ses variantes là.

Chapitre III :

Propositions de variantes et de solutions

Chapitre IV : Propositions de variantes et de solutions

IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons étudier plusieurs variantes face aux problèmes que nous avons rencontrés dans le chapitre précédent

IV.2 Les conduites utilisées en AEP :

IV.2.1 Présentation des conduites utilisées en AEP :

Parmi les types de conduites utilisées dans le domaine d'alimentation en eau potable, on distingue : les conduites en fonte, les conduites en acier, les conduites en béton et les conduites en matières thermoplastique.

IV.2.1.1 Les conduites en fonte :

La fonte est un matériau noble apte à prendre en charge de grandes pressions, elle n'est pas sensible à la corrosion et sa pose se fait sans contrainte. En revanche elle nécessite beaucoup de pièce spéciales c'est pour cette raison que son prix devient couteux mais raisonnable compte tenu de la longévité de la conduite, par contre elle ne convient pas aux terrains trop accidentés



Figure IV.1. Conduite en fonte

IV.2.1.2 Les conduites en acier :

L'acier est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il est très sensible à la corrosion surtout lorsque le sol est agressif, mais il convient à tout type de terrains vu qu'il absorbe les efforts de pressions



Figure IV.2. Conduite en acier

IV.2.1.3 Les conduites en Béton précontraint :

La conduite en béton précontraint à cylindre d'acier garni réunit la résistance à la compression élevée du béton et la résistance élevée à la traction de l'acier pour former une structure durable pour répondre aux exigences de tout projet.



Figure IV.3. Conduite en béton précontraint

IV.2.1.4 Les conduites en PEHD :

Le PEHD est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il est incorrodable, se pose par soudure électrique et cela sans grande contrainte. Les grands diamètres supérieurs à $\Phi 300$ sont commercialisés à l'heure actuelle, ils nécessitent beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite



Figure IV.4. Conduite en PEHD

IV.3 Type d'adduction :

Type d'adduction D'après leur fonctionnement, on distingue trois types d'adduction :

- Adduction gravitaire.
- Adduction par refoulement.
- Adduction mixte.

IV.3.1 Adduction gravitaire :

Dans une adduction gravitaire, le point de captage se situe à une altitude supérieure à celle du réservoir de desserte de l'agglomération et l'écoulement peut être à surface libre, c'est-à-dire sans pression, grâce à la pente, ordinairement uniforme sur tout le parcours ou en charge, c'est-à-dire sous pression.

IV.3.2 Adduction par refoulement :

Dans une adduction par refoulement, le point alimenté se trouve à une altitude supérieure à celle du captage donc l'écoulement est en charge par pompage.

IV.3.3 Adduction mixte :

C'est une adduction où la conduite par refoulement se transforme en conduite gravitaire ou l'inverse. Le relais entre les deux types de conduite est assuré par un réservoir appelé réservoir tampon.

IV.4 Principe du choix du tracé :

Il est possible sur une carte (ou photo aérienne) d'établir un tracé théorique pour éviter les passages difficiles, mais le tracé définitif ne peut être arrêté qu'à la suite de visite sur terrain, en compagnie d'une personne qui connaît bien la localité. Pour définir le tracé définitif, il faut prendre en compte les problèmes suivants :

- Minimiser le nombre de passages difficiles : traversée de route, de ravine..., }
- Eviter autant que possible les contres pentes qui donneront des cantonnements d'air, de } plus en période d'arrêt de la pompe. Il peut y avoir une cavitation entraînant une rupture de la veine liquide pouvant occasionner des éclatements de canalisation, aussi aux points hauts du tracé, peuvent se conformés des cantonnements d'air difficile à évacuer où des ventouses seront exigées.
- Eviter les pentes trop fortes : difficulté d'ancrage des tuyaux.
- Eviter les zones rocheuses : une tranchée devra être creusée.
- Préférer les accessibles : le long des chemins existants par exemple.
- Apprécier les problèmes de propriété de terrain et d'autorisation : problèmes fonciers.
- Au niveau de la communauté, le tracé est généralement dicté par les contraintes liées à l'occupation des sols (jardins, maison...)

IV.5 Choix du matériau :

Dans notre cas, on opte pour des conduites en fonte ductile pour tous les tronçons du projet vu les avantages qu'elles présentent à savoir :

- Souple et plus résistant dans le temps
- Peu onéreux comparé aux conduites en PEHD
- Supporte des pressions de service atteignant 50 bars
- Différents types de joints sont utilisés pour assembler ces conduites
- Longue durée de vie
- Des longueurs jusqu'à 7m à partir du diamètre de 700mm
- Résistant à l'abrasion
- Aptitude au moulage résistance à l'abrasion

IV.6 Méthode de calcul :

IV.6.1. Cas de refoulement :

IV.6.1.1 Calcul du diamètre économique :

Le diamètre économique dans le cas d'une conduite de refoulement sans ramification peut être déterminé par les expressions suivantes :

-Formule du diamètre économique :

$$D_{ec} = E \frac{1}{\alpha+m} Q^{\frac{\beta+1}{\alpha+m}} \quad (1)$$

- **E** : Facteur économique pouvant être déterminé par la relation suivante :

$$E = 10 \times M \times \sigma \times \gamma \quad (2)$$

Avec :

- **M** : est un coefficient dépendant du type de matériau de la canalisation ;

Tableau IV.1 : Valeur du coefficient M

| Tuyau | Coefficient M |
|-----------|---------------|
| Acier | 0,92 |
| Fonte | 0,43 |
| Plastique | 0,13 |

Source (polycopié Pr. SALAH.B ENSH)

- **σ** : Prix du Kwh ;

Tableau IV.2: Variation journalière des tarifs de l'énergie pour la région d'Alger Est

| Variation | Périodes | Nombre d'heure h | Prix du KW/h DA | Prix de 24heures en DA |
|------------|---------------|------------------|-----------------|------------------------|
| I | 6:00 à 17: 00 | 11 | 3,8254 | 85,2144 |
| | 21:00 à 22:30 | 1,5 | 3,8254 | |
| | 17:00 à 21:00 | 4 | 7,5618 | |
| | 22:30 à 6:00 | 7,5 | 0,9533 | |
| II | 17:00 à 21:00 | 4 | 7,5618 | 86,5532 |
| | 21:00 à 17:00 | 20 | 2,8153 | |
| III | 22:30 à 6:00 | 7,5 | 0,8833 | 83,1715 |
| | 6:00 à 22:30 | 16,5 | 4,6392 | |
| IV | 00:00 à 00:00 | 24 | 3,7218 | 89,3232 |

Source (SONALGAZ)

La plupart des pompes au niveau du réseau travail 20h/24h, nous allons donc garder ce temps de fonctionnement puisque nous devons remplacer certaines pompes, et choisir le moment où on aura moins de frais à payer c'est-à-dire le troisième choix avec un temps d'arrêt de 18 :30 à 22 :30 on aura donc :

$$\sigma = \frac{(7,5 \times 0,8833) + (12,5 \times 4,6392)}{24} = 2,692 \text{ DA}$$

- γ : Coefficient dépendant de l'irrégularité de la consommation et du régime de travail de la station de pompage donné par la relation suivante :

$$\gamma = \frac{1}{K \times K_j \times K_h} \quad (3)$$

K : Coefficient d'augmentation annuelle de la consommation d'eau variant de 1,03 à 1,04 ;

K_j : Coefficient de variation journalière de la consommation variant de 1,1 à 1,3 ;

K_h : Coefficient de variation horaire de la consommation qui dépend du régime de consommation.

$$K_{,h} = \alpha_{\max} * \beta_{\max} \quad (4)$$

α_{\max} : tient compte du type des conditions de vie et du régime de travail des populations locales, varie entre 1.1 et 1.4

β_{\max} : Dépend du développement démographique

Tableau IV.3: Variation du coefficient dépendant du nombre d'habitant

| 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 |

Source (polycopié Pr. SALAH.B ENSH)

Tableau IV.4: Calcul du coefficient K_h pour chaque commune

| Commune | α_{\max} | β_{\max} | K_h |
|----------------|-----------------|----------------|-------|
| Ain taya | 1.3 | 1.12155 | 1.458 |
| Bordj el Bahri | 1.3 | 1.1 | 1.43 |
| El Marsa | 1.3 | 1.13707 | 1.478 |
| Harraoua | 1.3 | 1.1 | 1.43 |
| Dergana | 1.3 | 1.1 | 1.43 |
| Rouiba | 1.3 | 1.1 | 1.43 |
| Reghaia | 1.3 | 1.1 | 1.43 |

En faisant une moyenne des coefficients K_h de chaque commune on trouve :

$$K_h = (1,458 + 1,43 + 1,478 + 1,43 + 1,43 + 1,43 + 1,43) / 7 = 1,44$$

- α : Coefficient tenant compte du lien : investissement-diamètre.

Tableau IV.5 : Valeur du coefficient α en fonction du type de matériau

| Tuyau | Coefficient α |
|-----------|----------------------|
| Acier | 1,4 |
| Fonte | 1,6 |
| Plastique | 1,95 |

Source (polycopié Pr.SALAH.B ENSH)

- β et m : sont deux coefficient donner selon le type du matériau de la conduite ils sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau IV.6 : Valeur du coefficient β et m

| Matériau | K | m | β |
|----------------|--------------------|-----------|---------|
| Acier | 0,00179 à 0,001735 | 5,1 à 5,3 | 1,9 à 2 |
| Fonte | 0,00179 à 0,001735 | 5,1 à 5,3 | 1,9 à 2 |
| Amiante ciment | 0,00118 | 4,89 | 1,85 |
| PEHD | 0,001052 | 4,774 | 1,77 |

Source (Polycopié Pr.SALAH.B ENSH)

1) **Les paramètres choisis pour la détermination du diamètre économique :**

Tableau IV.7 : Paramètres choisis dans le cas des conduites en fonte pour les formules

| Facteur | K | K_j | K_h | γ | σ | M | E | α | β | m |
|---------|------|-------|-------|-----------|----------|------|----------|----------|---------|-----|
| Valeur | 1,03 | 1,1 | 1,44 | 0,6129253 | 2,629 | 0,43 | 6,977391 | 1,6 | 2 | 5,1 |

La formule du diamètre économique citée plus haut donne un diamètre calculé qui n'est pas normalisé, pour le normalisé on considère plusieurs diamètre (une gamme au voisinage du diamètre calculé et on calcul les frais d'amortissement de la conduite et les frais d'exploitation.

2) **Les frais d'investissement amortis :**

Les frais d'investissement amortis augmentent avec l'augmentation du diamètre de la conduite.

On doit tenir compte de l'annuité (A) d'investissement amortis en pourcentage(%), qui amortit un capital investi

Au taux « i », pour une période en principe égale à la durée de vie du matériel.

$$A = \left(\frac{i}{(i + 1)^n - 1} \right) * 100 \quad (5)$$

i : le taux d'investissement amortis généralement il est de l'ordre de 8%.

n : nombre d'années d'amortissement.

Pour une adduction en prend $n=30$ ans.

Après le calcul de l'annuité on détermine le frais d'amortissement annuel :

$$F_{inv} = P \times L \times A \quad (6)$$

Avec :

P : prix du mètre linéaire de la conduite pour un diamètre considéré.

L : longueur de la conduite en mètre.

A : l'annuité d'amortissement.

3) Les frais d'exploitation :

Il faut d'abord déterminer les pertes de charge (ΔH) engendrées dans les canalisations de diamètres normalisés.

- **Les pertes de charge linéaires :**

Les pertes de charge sont calculées à l'aide de la formule universelle de **Darcy-Weisbach** :

$$\Delta H_{\text{lin}} = \frac{8 \cdot \lambda \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5} \quad (7)$$

Avec :

ΔH_{lin} : pertes de charge linéaires en (m).

L : longueur de la conduite en (m).

Q : le débit transporté par la conduite en (m^3/s).

g : Accélération de la pesanteur, soit approximativement $9,81 \text{ m.s}^{-2}$ ou $9,81 \text{ N/Kg}$.

D : diamètre de la conduite de refoulement en (m).

λ : Coefficient de frottement adimensionnel qui dépend du régime d'écoulement. Il est obtenu par les formules suivantes :

- Formule de NIKURADZE :

$$\lambda = \left[1.14 - 0.86 \cdot \ln\left(\frac{\varepsilon}{D}\right) \right]^{-2} \quad (8)$$

Avec :

ε : Rugosité de la conduite en (mm).

D : Diamètre de la conduite en (m).

- Formule de COLEBROOK :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \times \text{Log} \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \times D} + \frac{2,52}{\text{Re} \times \sqrt{\lambda}} \right) \quad (9)$$

Avec :

ε : Rugosité de la conduite en (mm).

D : Diamètre de la conduite en (m).

Re : Nombre de Reynolds.

On vérifie le régime d'écoulement à l'aide de la formule de Nombre de Reynolds qui s'exprime comme suit :

$$\text{Re} = \frac{V \times D}{\nu} \quad (10)$$

Avec :

ν : Viscosité cinématique de l'eau en (m^2/s), soit $\nu = 1,03 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ à une température de 20°C .

V : Vitesse de l'écoulement dans la conduite en (m/s).

D : Diamètre de la conduite en (m).

- **Les pertes de charge singulières :**

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes, clapets, Té,.....etc.). Elles sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires :

$$\Delta H_{\text{sing}} = 0.10 \cdot \Delta H_{\text{lin}} \quad (11)$$

- **Les pertes de charge totales :**

Les pertes de charge totales c'est la somme des pertes de charge linéaires et singulière, donc :

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{tot}} &= \Delta H_{\text{lin}} + \Delta H_{\text{sing}} \\ \Delta H_{\text{tot}} &= \Delta H_{\text{lin}} + 0.10 * \Delta H_{\text{lin}} \\ \Delta H_{\text{tot}} &= 1.10 * \Delta H_{\text{lin}}\end{aligned}\quad (12)$$

Connaissant la hauteur géométrique(Hg), on peut déterminer les hauteurs manométriques totales (H_{mt}) correspondant à chaque diamètre normalisé.

Après la détermination de la H_{mt} on détermine la puissance absorbée par la pompe avec la formule suivante :

$$P_{\text{abs}} = \frac{\rho \times g \times H_{\text{mt}} \times Q}{\eta_{\text{sp}} \times 1000} \text{ (KW)} \quad (13)$$

Avec :

P_{abs} : Puissance absorbée par la pompe en (kW).

ρ : La masse volumique de l'eau (1000 kg/m³).

g : Accélération de la pesanteur (9.81 m/s²).

H_{mt} : Hauteur manométrique totale en (m).

Q : Débit à refouler (m³/s).

η_{sp} : Rendement de la station de pompage.

Après la détermination de la puissance absorbée par la pompe on détermine l'énergie consommée par la pompe pour une année avec la formule suivante :

$$E = P_{\text{abs}} \times T \times 365 \text{ [KWh]} \quad (14)$$

Avec :

E : Énergie totale consommée par la pompe pendant une année (kWh).

P : Puissance absorbée (KW).

T : Temps de pompage par jour en (heure).

Après la détermination de l'énergie consommée on calcule les frais d'exploitation :

$$F_{\text{ex}} = E \times \sigma \quad (15)$$

Avec :

F_{ex} : Frais d'exploitation en (DA).

E : Energie consommée par la pompe en (KWh).

σ : prix du KWh

IV.6.2. Cas gravitaire : $K' \times L_{\text{et}} \times Q^{\beta}$

La partie gravitaire se présente également lorsqu'un réservoir tampon intermédiaire reçoit, dans un premier temps l'eau refoulée par la pompe et que dans un deuxième temps, En appliquant la formule universelle de la perte de charge de Darcy WEISBACH

$$\Delta H_T = (K' \times L_{\text{et}} \times Q^{\beta}) / D_{\text{av}} \quad (16)$$

Avec :

Q : débit véhiculé par la conduite (m³/s) ;

D_{av} : Diamètre avantageux calculé de la conduite (m) ;

β: Exposant tenant compte du régime d'écoulement ;

m : Exposant tenant compte du type de matériau ;

ΔH_T : Perte de charge totale (m) ;

K' : Coefficient de perte de charge ;

L_{et} : Longueur équivalente de la conduite (m)

$$L_{et} = L_g + L_e \quad (17)$$

L_g : Longueur géométrique de la conduite (m) ;

L_e : Longueur équivalente des pertes de charge singulières (m) ;

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaire

$$\Delta H_T = 1,1 \times \Delta H_L \quad (18) \quad L_{et} = 1,1 \times L_g \quad (19)$$

Selon le type de matériau les coefficients **K'**, **m** et **β**

Dans notre cas nous prenons :

Tableau IV.8 : Paramètres choisis dans le cas des conduites gravitaires en fonte

| Facteur | K' | β | m |
|---------|-----------|----------|----------|
| Valeur | 0,00178 | 2 | 5,1 |

Source (polycopié Pr.SALAH.B ENSH)

La formule citée plus haut (16) donne un diamètre unique de la conduite mais le plus souvent des cas on trouve ce diamètre calculé compris entre deux diamètres normalisé D1 et D2 : $D1 < D_{cal} < D2$ donc nous sommes obligés d'utiliser les deux diamètres en série de façon à respecter la charge disponible

$$\Delta H = K' * Q^\beta * (L_1/D_1^m + L_2/D_2^m) \quad (20)$$

ΔH : Charge disponible

L₁ : longueur équivalente de la première partie gravitaire

L₂ : Longueur équivalente de la seconde partie gravitaire

IV.6.3. Calcul des diamètres et des frais :

IV.6.3.1. Variante N°1 changement de diamètre :

IV.3.3.1. Conduites de refoulement :

Tableau IV.9: Paramètres hydrauliques des conduites de refoulement variante N°1

| Tronçon | Diamètre (mm) | Longueur (m) | Débit véhiculé (l/s) | Vitesse (m/s) | Débit exigé (l/s) | Diamètre calculé (mm) |
|---------|---------------|--------------|----------------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| 34-35 | 400 | 1735,08 | 232,09 | 1,85 | 495,07 | 975,456 |

| | | | | | | |
|-------|-----|---------|--------|------|--------|----------|
| 47-48 | 500 | 1050,47 | 364,67 | 1,86 | 364,57 | 850,563 |
| 29-30 | 500 | 519,33 | 225,69 | 1,09 | 634,99 | 1090,463 |

Pour chaque diamètre nous allons calculer les frais d'investissement amortis et d'exploitation

1. Calcul des frais d'investissement amortis :

- calcul de l'annuité :

$$A = \left(\frac{0.08}{(0.08 + 1)^{30} - 1} \right) * 100$$

A=0.88%

- Tronçon 1 :

Tableau IV.10: Calcul des frais d'investissement amortis tronçon 1

| Diamètre (mm) | Prix ml TTC (DA) | Longueur (m) | Prix conduite DA | A % | Frais amortissement (DA) |
|---------------|------------------|--------------|------------------|------|--------------------------|
| 900 | 49086,3213 | 1735,08 | 85168694,36 | 0,88 | 74948451,04 |
| 1000 | 56206,67812 | 1735,08 | 97523083,07 | 0,88 | 85820313,1 |
| 1100 | 63537,66452 | 1735,08 | 110242931 | 0,88 | 97013779,24 |

Le calcul de la HMT se fait comme suit : $H_{mt} = H_g + \Delta H_{tot}$ (21)

$$H_g = C_{tpr} - C_{sp} = 58 - 17 = 41 \text{ m}$$

Tableau IV.11: Calcul des pertes de charge et de la HMT tronçon 1

| Diamètre (mm) | ϵ | λ | ΔH_{lin} (m) | ΔH_{sin} (m) | ΔH_{total} (m) | H_g (m) | HMT (m) |
|---------------|------------|-------------|----------------------|----------------------|------------------------|-----------|---------|
| 900 | 0,015 | 0,013231041 | 0,82 | 0,082 | 0,882 | 41 | 41,882 |
| 1000 | 0,015 | 0,013442254 | 0,55 | 0,055 | 0,555 | 41 | 41,555 |
| 1100 | 0,015 | 0,013644451 | 0,34 | 0,034 | 0,334 | 41 | 41,334 |

- Tronçon 2 :

Tableau IV.12: Calcul des frais d'investissement amortis tronçon 2

| Diamètre (mm) | Prix ml TTC (DA) | Longueur (m) | Prix conduite DA | A % | Frais amortissement (DA) |
|---------------|------------------|--------------|------------------|------|--------------------------|
| 800 | 42062,475 | 1050,47 | 44185368,11 | 0,88 | 38883123,94 |
| 900 | 49086,3213 | 1050,47 | 51563707,94 | 0,88 | 45376062,98 |

Tableau IV.13: Calcul des pertes de charge et de la HMT tronçon 2

| Diamètre (mm) | ε | λ | ΔH_{lin} (m) | ΔH_{sin} (m) | ΔH_{total} (m) | Hg (m) | HMT (m) |
|---------------|---------------|------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------|---------|
| 800 | 0,015 | 0,0136817 | 0,481 | 0,0481 | 0,529 | 31,8 | 32,329 |
| 900 | 0,015 | 0,01393313 | 0,272 | 0,0272 | 0,299 | 31,8 | 32,099 |

- **Tronçon 3 :**

Tableau IV.14: Calcul des frais d'investissement amortis tronçon 3

| Diamètre (mm) | Prix ml TTC (DA) | Longueur (m) | Prix conduite DA | A % | Frais amortissement (DA) |
|---------------|------------------|--------------|------------------|------|--------------------------|
| 900 | 49086,3213 | 519,33 | 25491999,24 | 0,88 | 22432959,33 |
| 1000 | 56206,67812 | 519,33 | 29189814,15 | 0,88 | 25687036,45 |
| 1100 | 63537,66452 | 519,33 | 32997015,32 | 0,88 | 29037373,48 |

Tableau IV.15: Calcul des pertes de charge tronçon 3

| Diamètre (mm) | ε | λ | ΔH_{lin} (m) | ΔH_{sin} (m) | ΔH_{total} (m) | Hg (m) | HMT (m) |
|---------------|---------------|------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------|---------|
| 900 | 0,015 | 0,01270913 | 0,372 | 0,0372 | 0,409 | 33,5 | 33,909 |
| 1000 | 0,015 | 0,01289838 | 0,223 | 0,0223 | 0,245 | 33,5 | 33,745 |
| 1100 | 0,015 | 0,01308098 | 0,140 | 0,0140 | 0,154 | 33,5 | 33,654 |

2. Calcul des frais d'exploitation :

Tableau IV.16: Calcul des frais d'exploitations pour chaque tronçon

| Tronçons | H _{mt} (m) | η(%) | P _{abs} | Tarification (06h-18 :30h) | | | | Tarification (22 :30h-06h) | | | | Total (DA) |
|----------|---------------------|------|------------------|----------------------------|--------------|------------|------------|----------------------------|--------------|------------|------------|------------|
| | | | | tf (h) | P*tf*365 Kwh | Tarif (DA) | Prix (DA) | tf (h) | P*tf*365 Kwh | Tarif (DA) | Prix (DA) | |
| 1 | 41,882 | 80.1 | 253,94 | 7,5 | 695159,79 | 4,639 | 3224846,25 | 12,5 | 1158599,65 | 0,883 | 1023043,49 | 4247889,74 |
| | 41,555 | 80.1 | 251,96 | 7,5 | 689732,22 | 4,639 | 3199667,78 | 12,5 | 1149553,7 | 0,883 | 1015055,92 | 4214723,7 |
| | 41,334 | 80.1 | 250,62 | 7,5 | 686064,05 | 4,639 | 3182651,14 | 12,5 | 1143440,09 | 0,883 | 1009657,6 | 4192308,74 |
| 2 | 32,329 | 81.4 | 142,04 | 7,5 | 388840,89 | 4,639 | 1803832,89 | 12,5 | 648068,152 | 0,883 | 572244,178 | 2376077,07 |
| | 32,099 | 81.4 | 141,03 | 7,5 | 386074,54 | 4,639 | 1790999,79 | 12,5 | 643457,565 | 0,883 | 568173,03 | 2359172,82 |
| 3 | 33,909 | 82.5 | 256,03 | 7,5 | 700891,92 | 4,639 | 3251437,63 | 12,5 | 1168153,2 | 0,883 | 1031479,28 | 4282916,91 |
| | 33,745 | 82.5 | 254,47 | 7,5 | 696657,64 | 4,639 | 3231794,81 | 12,5 | 1161096,07 | 0,883 | 1025247,83 | 4257042,64 |
| | 33,654 | 82.5 | 253,49 | 7,5 | 693938,85 | 4,639 | 3219182,33 | 12,5 | 1156564,75 | 0,883 | 1021246,67 | 4240429 |

3. Bilan des frais :

Tableau IV.17: Bilan des frais d'exploitation et d'investissement amortis

| Tronçon | Investissement | Exploitation | Total |
|---------|----------------|--------------|-------------|
| 1 | 74948451,04 | 4247889,74 | 79196340,78 |
| | 85820313,1 | 4214723,7 | 90035036,8 |
| | 97013779,24 | 4192308,74 | 101206088 |
| 2 | 2376077,07 | 38883123,94 | 41259201,01 |
| | 2359172,82 | 45376062,98 | 47735235,8 |
| 3 | 4282916,91 | 22432959,33 | 26715876,24 |
| | 4257042,64 | 25687036,45 | 29944079,09 |
| | 4240429 | 29037373,48 | 33277802,48 |

Comme on peut le constater les variantes les plus économique sont :

- Tronçon 1 : **DN900** qui véhiculera un débit de **$Q_1= 495,07$ l/s** avec une vitesse de **$V_1= 0,78$ m/s**
- Tronçon 2 : **DN800** qui véhiculera un débit de **$Q_2 = 364,57$ l/s** avec une vitesse de **$V_2 = 0,73$ m/s**
- Tronçon 3 : **DN900** qui véhiculera un débit de **$Q_3=634,99$ l/s** avec une vitesse de **$V_3 = 1,0$ m/s**

IV.6.3.2. Conduites gravitaires :

Tableau IV.18: Calcul des diamètres pour les conduites gravitaires

| Tronçon | Diamètre (mm) | Longueur (m) | Débit véhiculé (l/s) | Vitesse (m/s) | Débit exigé (l/s) | Perte de charge (m) | Diamètre calculé (mm) |
|---------|---------------|--------------|----------------------|---------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| 6-7 | 800 | 65,04 | 1245,37 | 2,4 | 1584,09 | 0,6 | 1067,415 |
| 7-8 | 800 | 2062,848 | 1115,84 | 2,15 | 1397,54 | 15,1 | 964,032 |
| 8-9 | 300 | 3415,368 | 129,54 | 1,83 | 186,55 | 76,3 | 385,185 |
| 9-10 | 300 | 2542,428 | 133,05 | 1,88 | 133,05 | 7 | 316,168 |
| 17-18 | 800 | 600,348 | 889,51 | 1,7 | 1171,51 | 29,1 | 916,984 |
| 21-22 | 500 | 5199,804 | 423,35 | 1,97 | 423,35 | 7,6 | 741,942 |
| 28-29 | 500 | 3892,68 | 399,63 | 2,04 | 681,63 | 3,1 | 917,416 |
| 32-33 | 400 | 2008,728 | 293,13 | 2,33 | 588,35 | 41,1 | 756,843 |
| 51-52 | 200 | 440,496 | 64 | 2,04 | 64,6 | 10 | 257,315 |
| 14-15 | 800 | 1267,272 | 982,79 | 1,88 | 1264,79 | 71,9 | 944,567 |
| 43-44 | 500 | 1942,48 | 326,44 | 1,66 | 494,77 | 15,5 | 775,753 |

Tableau IV.19: Calcul des diamètres pour les conduites gravitaires

| Tronçon | Diamètre (mm) | L (m) | Prix unitaire TTC (DA) | Prix conduite TTC (DA) | Annuité | Investissement (DA) |
|--------------|------------------|----------|---------------------------------|------------------------------|---------|------------------------|
| 1 | 1000 | 65,04 | 56206,678 | 3655682,3 | 0,88 | 3217000,46 |
| | 1100 | 65,04 | 63537,665 | 4132489,7 | 0,88 | 3636590,94 |
| 2 | 900 | 2062,848 | 49086,321 | 101257620 | 0,88 | 89106705,4 |
| | 1000 | 2062,848 | 56206,678 | 115945834 | 0,88 | 102032334 |
| 3 | 300 | 3415,368 | 9364,2237 | 31982270 | 0,88 | 28144397,6 |
| | 400 | 3415,368 | 15926,573 | 54395107 | 0,88 | 47867694,3 |
| 4 | 300 | 2542,428 | 9364,2237 | 23807865 | 0,88 | 20950920,8 |
| | 400 | 2542,428 | 15926,573 | 40492165 | 0,88 | 35633105 |
| 5 | 900 | 600,348 | 49086,321 | 29468875 | 0,88 | 25932609,8 |
| | 1000 | 600,348 | 56206,678 | 33743567 | 0,88 | 29694338,8 |
| 6 | 700 | 5199,804 | 35071,941 | 182367218 | 0,88 | 160483152 |
| | 800 | 5199,804 | 42062,475 | 218716626 | 0,88 | 192470631 |
| 7 | 900 | 3892,68 | 49086,321 | 191077341 | 0,88 | 168148060 |
| | 1000 | 3892,68 | 56206,678 | 218794612 | 0,88 | 192539258 |
| 8 | 700 | 2008,728 | 35071,941 | 70449989 | 0,88 | 61995990,7 |
| | 800 | 2008,728 | 42062,475 | 84492071 | 0,88 | 74353022,7 |
| 9 | 250 | 440,496 | 7469,27438 | 3290185,5 | 0,88 | 2895363,23 |
| | 300 | 440,496 | 9364,2237 | 4124903,1 | 0,88 | 3629914,71 |
| 10 | 900 | 1267,272 | 49086,3213 | 62205721 | 0,88 | 54741034,1 |
| | 1000 | 1267,272 | 56206,678 | 71229149 | 0,88 | 62681651,5 |
| 11 | 700 | 1942,48 | 35071,941 | 68126544 | 0,88 | 59951358,3 |
| | 800 | 1942,48 | 42062,475 | 81705516 | 0,88 | 71900854,5 |
| TOTAL | | | | | | 1492005987 |

Tableau IV.20: Bilan du cout de la variante N°1

| Conduite | Refoulement | Gravitaire | Total |
|-----------|-------------|------------|---------------|
| Prix (DA) | 147171418 | 1492005987 | 1 639 177 405 |

IV.6.4 Variante N°2 renforcement des conduites :

IV6.4.1 Conduites de refoulement :

Tableau IV.21 Diamètres des conduites de refoulement

| Tronçons | Diamètre (mm) | Longueur (m) | Débit véhiculé (l/s) | Vitesse (m/s) | Débit demandé (l/s) |
|----------|---------------|--------------|----------------------|---------------|---------------------|
| 34-35 | 400 | 1735,08 | 232,09 | 1,85 | 495,07 |
| 47-48 | 500 | 1050,47 | 364,67 | 1,86 | 364,57 |
| 29-30 | 500 | 519,33 | 225,69 | 1,09 | 634,99 |

En prenant des diamètres aux alentours de la conduite existante, nous allons calculer les frais d'investissement de chaque tronçon

1. Calcul des frais d'investissement amortis :

- **Tronçon 1 :**

Tableau IV.22: Calcul des frais d'investissement amortis tronçon 1

| Diamètre (mm) | Prix ml TTC (DA) | Longueur (m) | Prix conduite DA | A % | Frais amortissement (DA) |
|---------------|------------------|--------------|------------------|------|--------------------------|
| 300 | 9364,2237 | 1735,08 | 16247677,26 | 0,88 | 14297955,99 |
| 400 | 15926,57284 | 1735,08 | 27633878 | 0,88 | 24317812,64 |
| 500 | 21680,1522 | 1735,08 | 37616798,48 | 0,88 | 33102782,66 |

Tableau IV.23: Calcul de la Hauteur manométrique totale tronçon 1

| Diamètre (mm) | ε | λ | ΔH_{lin} (m) | ΔH_{sin} (m) | ΔH_{total} (m) | Hg (m) | HMT (m) | Q (l/s) | V (m/s) |
|---------------|---------------|-------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------|---------|---------|---------|
| 300 | 0,015 | 0,014037035 | 16 | 1,6 | 17,6 | 41 | 58,6 | 138,8 | 1,96 |
| 400 | 0,015 | 0,013269467 | 11,6 | 1,16 | 12,76 | 41 | 53,76 | 250,36 | 1,99 |
| 500 | 0,015 | 0,01302679 | 6,7 | 0,67 | 7,37 | 41 | 48,37 | 334,87 | 1,61 |

- **Tronçon 2 :**

Tableau IV.24: Calcul des frais d'investissement amortis tronçon 2

| Diamètre (mm) | Prix ml TTC (DA) | Longueur (m) | Prix conduite DA | A % | Frais amortissement (DA) |
|---------------|------------------|--------------|------------------|------|--------------------------|
| 400 | 15926,57284 | 1050,47 | 16730386,97 | 0,88 | 14722740,53 |
| 500 | 21680,1522 | 1050,47 | 22774349,48 | 0,88 | 20041427,54 |
| 600 | 28350,97848 | 1050,47 | 29781852,36 | 0,88 | 26208030,08 |

Tableau IV.25: Calcul de la hauteur manométrique totale tronçon 2

| Diamètre (mm) | ε | λ | ΔH_{lin} (m) | ΔH_{sin} (m) | ΔH_{total} (m) | Hg (m) | HMT (m) | Q (l/s) | V (m/s) |
|---------------|---------------|-------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------|---------|---------|---------|
| 400 | 0,015 | 0,014475303 | 2,5 | 0,25 | 2,75 | 31,8 | 34,55 | 142,61 | 1,13 |
| 500 | 0,015 | 0,014183 | 1,5 | 0,15 | 1,65 | 31,8 | 33,45 | 194,78 | 0,99 |
| 600 | 0,015 | 0,014100758 | 0,9 | 0,09 | 0,99 | 31,8 | 32,79 | 236,17 | 0,84 |

- **Tronçon 3 :**

Tableau IV.26: Calcul des frais d'investissement amortis tronçon 3

| Diamètre (mm) | Prix ml TTC (DA) | Longueur (m) | Prix conduite DA | A % | Frais amortissement (DA) |
|---------------|------------------|--------------|------------------|------|--------------------------|
| 400 | 15926,57284 | 519,33 | 8271147,071 | 0,88 | 7278609,422 |
| 500 | 21680,1522 | 519,33 | 11259153,44 | 0,88 | 9908055,029 |
| 600 | 28350,97848 | 519,33 | 14723513,65 | 0,88 | 12956692,02 |

Tableau IV.27: Calcul de la hauteur manométrique totale tronçon 3

| Diamètre (mm) | ε | λ | ΔH_{lin} (m) | ΔH_{sin} (m) | ΔH_{total} (m) | Hg (m) | HMT (m) | Q (l/s) | V (m/s) |
|---------------|---------------|-------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------|---------|---------|---------|
| 400 | 0,015 | 0,013241862 | 3,6 | 0,36 | 2,75 | 33,5 | 37,46 | 254 | 2,02 |
| 500 | 0,015 | 0,012962912 | 2,1 | 0,21 | 2,31 | 33,5 | 35,81 | 346,23 | 1,76 |
| 600 | 0,015 | 0,012866059 | 1,2 | 0,12 | 1,32 | 33,5 | 34,82 | 419,17 | 1,48 |

2. Frais d'exploitation :

Tableau IV.28: Calcul des frais d'exploitation des trois tronçons

| H _{mt} (m) | Q (l/s) | η(%) | P _{abs} | Tarification (06h-17h) | | | | Tarification (21h-06h) | | | | Total (DA) |
|---------------------|---------|------|------------------|------------------------|-----------------|------------|------------|------------------------|-----------------|------------|------------|------------|
| | | | | tf | P*tf*365 Kwh | Tarif (DA) | Prix (DA) | tf (h) | P*tf*365 Kwh | Tarif (DA) | Prix (DA) | |
| | | | | (h) | | | | (h) | | | | |
| 58,6 | 138,8 | 80,1 | 99,6147326 | 7,5 | 272695,33 | 4,639 | 1265033,64 | 12,5 | 454492,217 | 0,883 | 401316,628 | 1666350,27 |
| 53,76 | 250,36 | 80,1 | 164,839274 | 7,5 | 451247,51 | 4,639 | 2093337,22 | 12,5 | 752079,19 | 0,883 | 664085,924 | 2757423,14 |
| 48,37 | 334,87 | 80,1 | 198,375859 | 7,5 | 543053,91 | 4,639 | 2519227,11 | 12,5 | 905089,858 | 0,883 | 799194,344 | 3318421,45 |
| 34,55 | 142,61 | 81,4 | 59,3803337 | 7,5 | 162553,66 | 4,639 | 754086,445 | 12,5 | 270922,773 | 0,883 | 239224,808 | 993311,254 |
| 33,45 | 194,78 | 81,4 | 78,520867 | 7,5 | 214950,87 | 4,639 | 997157,101 | 12,5 | 358251,456 | 0,883 | 316336,035 | 1313493,14 |
| 32,79 | 236,17 | 81,4 | 93,3277399 | 7,5 | 255484,69 | 4,639 | 1185193,47 | 12,5 | 425807,813 | 0,883 | 375988,299 | 1561181,77 |
| 37,46 | 254 | 82,5 | 113,140097 | 7,5 | 309721,02 | 4,639 | 1436795,8 | 12,5 | 516201,695 | 0,883 | 455806,096 | 1892601,89 |
| 35,81 | 346,23 | 82,6 | 147,250906 | 7,5 | 403099,36 | 4,639 | 1869977,91 | 12,5 | 671832,261 | 0,883 | 593227,886 | 2463205,8 |
| 34,82 | 419,17 | 82,7 | 173,134038 | 7,5 | 473954,428 | 4,639 | 2198674,59 | 12,5 | 789924,047 | 0,883 | 697502,933 | 2896177,52 |

Le choix du diamètre se fait en prenant en considération l'aspect technique et économique a la foi c'est pourquoi pour le tronçon 1 par exemple au lieu de choisir la variante la plus économique seulement nous avons pris le choix numéro 3 car nous devons prendre en considération la vitesse aussi et pas seulement l'aspect économique

- Tronçon 1 : **DN500** avec Q₁= 334,87 l/s et une vitesse de V₁= 1,61 m/s
- Tronçon 2 : **DN 400** avec Q₂ = 142,61 l/s et une vitesse V₂ = 1,13 m/s
- Tronçon 3 : **DN 600** avec Q₃ = 419,17 l/s et une vitesse V₃ = 1,48 m/s

IV.6.4.2. Conduites gravitaires :

Tableau IV.29: Calcul des diamètres des conduites gravitaires

| Tronçons | Diamètre (mm) | Longueur (m) | Débit véhiculé (l/s) | Vitesse (m/s) | Débit demandé | Diamètre projeté (mm) | Débit 1 (l/s) | Débit 2 (l/s) | Vitesse 1 (m/s) | Vitesse 2 (m/s) |
|----------|---------------|--------------|----------------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| 6-7 | 800 | 54,2 | 1245,37 | 2,4 | 1584,09 | 800 | 784,1 | 800 | 1,35 | 1,55 |
| 7-8 | 800 | 1719,04 | 1115,84 | 2,15 | 1397,54 | 800 | 632,3 | 760,2 | 1,26 | 1,45 |
| 8-9 | 300 | 2846,14 | 129,54 | 1,83 | 186,55 | 300 | 85,98 | 100,6 | 1,22 | 1,42 |
| 9-10 | 300 | 2118,69 | 133,05 | 1,88 | 133,05 | 200 | 97,34 | 35,71 | 1,38 | 1,14 |
| 17-18 | 800 | 500,29 | 889,51 | 1,7 | 1171,51 | 600 | 759,3 | 412,3 | 1,51 | 1,46 |
| 21-22 | 500 | 4333,17 | 423,35 | 2,16 | 423,35 | 400 | 257,4 | 166 | 1,31 | 1,32 |
| 28-29 | 500 | 3243,9 | 399,63 | 2,04 | 681,63 | 500 | 350,8 | 330,8 | 1,52 | 1,43 |
| 32-33 | 400 | 1673,94 | 293,13 | 2,33 | 588,35 | 600 | 134,9 | 453,4 | 1,07 | 1,6 |
| 43-44 | 500 | 1942,48 | 326,44 | 1,66 | 494,77 | 400 | 293,7 | 201,1 | 1,5 | 1,6 |
| 51-52 | 200 | 367,08 | 64 | 2,04 | 64,6 | 200 | 29,72 | 34,88 | 0,95 | 1,11 |
| 14-15 | 800 | 1056,06 | 982,79 | 1,88 | 1264,79 | 800 | 589,8 | 675 | 1,17 | 1,33 |

Tableau IV.30: Calcul des frais d'investissement amortis des conduites gravitaires

| Tronçon | Diamètre (mm) | L (m) | Prix unitaire TTC (DA) | Prix conduite (DA) | Annuité | Investissement (DA) |
|--------------|---------------|---------|------------------------|--------------------|---------|---------------------|
| 1 | 800 | 54,2 | 42062,475 | 2279786,1 | 0,88 | 2006211,81 |
| 2 | 800 | 1719,04 | 42062,475 | 72307077 | 0,88 | 63630227,8 |
| 3 | 300 | 2846,14 | 9364,2237 | 26651892 | 0,88 | 23453664,6 |
| 4 | 200 | 2118,69 | 5572,01365 | 11805370 | 0,88 | 10388725,3 |
| 5 | 600 | 500,29 | 28350,9785 | 14183711 | 0,88 | 12481665,7 |
| 6 | 400 | 4333,17 | 15926,5728 | 69012548 | 0,88 | 60731041,9 |
| 7 | 500 | 3243,9 | 21680,1522 | 70328246 | 0,88 | 61888856,2 |
| 8 | 600 | 1673,94 | 28350,9785 | 47457837 | 0,88 | 41762896,5 |
| 9 | 400 | 1942,48 | 15926,5728 | 30937049 | 0,88 | 27224603,3 |
| 10 | 200 | 367,08 | 5572,01365 | 2045374,8 | 0,88 | 1799929,8 |
| 11 | 800 | 1056,06 | 42062,475 | 44420497 | 0,88 | 39090037,7 |
| Total | | | | | | 344457861 |

Tableau IV.31: Bilan des frais de la variante N°2

| Conduite | Refolement | Gravitaire | Total (DA) |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Prix (DA) | 7207910,22 | 344457861 | 351 665 771 |

IV.7 Conclusion :

D'après les calculs qui ont été effectués au cours ce chapitre on a pu constater que la variante la plus économique est la variante N°2 qui est celle du renforcement des conduites de refolement ainsi que les conduites gravitaire, elle consiste à faire un dédoublement de la conduite, cela dit d'un point de vue exploitation du réseau d'adduction, la variante qui est plus adéquate est la variante N°1 qui consiste à changer de diamètre et d'avoir une seule et unique conduite dans chaque tronçon.

Malgré le fait que la variante N°1 soit plus onéreuse nous allons opter pour celle-ci car elle est plus facile à mettre en place et permettra de pouvoir mieux gérer le réseau dans le futur, de plus si les communes connaissent encore une extension de la région dans le futur il serait préférable de changer d'ors et déjà de diamètres plutôt que de faire un dédoublement de la conduite qui risquerait d'être mal gérer par le service d'exploitation

Donc la variante retenue sera celle du changement de diamètre qui est la variante N°1.

Les variantes que nous avons énoncés ne sont pas forcément les seules à envisager d'autres variantes peuvent être prises en compte comme le fait de combiner les deux variantes en faisant un changement de conduites pour certains tronçons et un renforcement pour d'autres

Chapitre V :

Etude du système de pompage

Chapitre V : Etude du système de refoulement

V.1 Introduction :

Les pompes jouent un rôle fondamental dans un réseau puisqu'elles aident à transporter l'eau d'un niveau bas un niveau plus haut et ce, en transformant l'énergie électrique en énergie hydraulique ce qui permet d'acheminer l'eau à une altitude supérieure à celle de départ.

Au cours de ce chapitre nous allons redimensionner des pompes car nous avons remarqué que certaines pompes ne parviendraient pas à fournir le débit demandé à l'horizon futur.

V.2 Station de pompage :

V.2.1 Définition des pompes :

Les machines élévatoires industrielles couramment utilisées en approvisionnement en eau potable sont des turbopompes ou pompes centrifuges. Elles sont constituées par un ou plusieurs roues qui tournent dans une enceinte ou corps de la pompe. La rotation de la roue imprime à l'eau entraîne une énergie cinétique qui se transforme en pression à la sortie de la pompe.

En général 60 à 90 % de l'énergie fournie par le moteur est transformée en énergie mécanique. Cette énergie mécanique ne sera communiquée au fluide que dans une proportion de 50 à 80%

V.2.2 Fonctionnement de la pompe centrifuge :

La principale caractéristique de la pompe centrifuge consiste à convertir l'énergie d'une source de mouvement (le moteur) en vitesse (ou énergie cinétique) puis en énergie de pression. Le rôle d'une pompe consiste en effet à conférer de l'énergie au liquide pompé (énergie transformée ensuite en débit et en hauteur d'élévation) selon les caractéristiques de fabrication de la pompe elle-même et en fonction des besoins spécifiques à l'installation.

V.2.3 Différents types de pompe :

- **Pompes volumétriques :**

Elles sont caractérisées par un déplacement de liquide du point d'aspiration vers le point de refoulement qui se fait par un mouvement de :

- Translation.
- Rotation.
- Mixte (translation et rotation).

Elles sont adaptées aux fortes viscosités, elles élèvent de faibles débits à des pressions élevées (adaptées aux pressions élevées à très élevées), on distingue :

- Les pompes volumétriques rotatives.
- Les pompes alternatives (à piston).
- Les pompes à rotor excentré, à rotor oscillant, à palettes, à engrenage.

- **Les turbopompes :**

Une turbopompe est constituée par un organe mobile ou une roue munie d'aubes ou d'ailettes animées d'un mouvement de rotation qui permet l'augmentation de l'énergie de fluide. Elle est précédée d'une entrée et suivie le plus souvent d'un diffuseur dans lequel une partie de l'énergie cinétique du fluide se transforme en pression, on distingue :

- Les pompes centrifuges.
- Les pompes à hélices.
- Les pompes hélico-centrifuges.

Les pompes centrifuges sont plus utilisées en hydraulique urbaine à cause de la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur faible coût ainsi que leur bon rendement.

V.2.4 Critère du choix du type de pompe :

- Assurer le débit appelé Q_{app} et la hauteur ;
- Meilleur rendement ;
- Vérifier la condition de non cavitation ;
- Encombrement et poids les plus faibles ;
- Vitesse de rotation la plus élevée ;
- Charge nette d'aspiration requise minimal $NPSH_r$

V.2.5 Équipements en amont de la pompe :

- Conduite d'aspiration : Sur la conduite d'aspiration, on évitera toute formation de poches d'air, d'où les parties horizontales comporteront une légère pente 2% montant en direction de la pompe.
- Joint de démontage : Ce joint est nécessaire lors de montage et le démontage de la pompe.
- Convergent d'aspiration : La conduite d'aspiration est raccordée à la pompe par un convergent ce qui permet d'avoir accélération progressive de l'écoulement, favorisant la bonne répartition des vitesses.
- Vanne papillon : Elle sert à isoler la pompe et empêcher l'écoulement dans ce tronçon lors des travaux d'entretien, ou si le débit est faible.
- Les ventouses : Elles ont pour but d'évacuer l'air que contient la conduite, et luté contre la surpression lors de l'écoulement transitoire.

V.2.6 Équipements en aval de la pompe :

- Divergent : À la sortie de la pompe, il est évident que la vitesse de l'eau est très grande dans les conduites de refoulement, il est nécessaire de ralentir cette vitesse pour la maintenir dans une plage admissible.
- Clapet de non-retour : À la sortie de la pompe, il pourra être placé un clapet dont le rôle sera d'empêcher l'inversion du débit d'eau lors de l'arrêt de la pompe, ils sont installés sur la conduite horizontale.

- Joint de démontage : Ce joint est nécessaire lors de montage et le démontage de la pompe.
- Vanne de régulation : Elle est munie de capteurs qui suivant leurs indications le pourcentage d'ouverture de la vanne est régulé.
- Vanne papillon : Elle sert à isoler la pompe et empêcher l'écoulement dans ce tronçon lors des travaux d'entretien, ou si le débit est faible.
- Conduit de refoulement : Elle sert à véhiculer l'eau entre la pompe et le collecteur de refoulement.
- Collecteur de refoulement : Il sert a véhiculé l'eau vers les points de refoulement, le diamètre de collecteur est détermine après des études technico-économique.
- Le by-pass.

. V.2.7 Courbe caractéristique d'une conduite de refoulement :

On appelle courbe caractéristique d'une conduite la courbe qui représente pour une canalisation de diamètre D et de longueur L, les variations de la perte de charge total en fonction de débit. Cette courbe est donnée par la formule :

$$\mathbf{H_c = H_g + RQ^2 \text{ (m.c.e)}} \quad (1)$$

Avec :

H_g : Hauteur géométrique (m).

R : Résistance de la conduite ($s^2 \cdot m^{-5}$) elle est donnée par :

$$R = 1,1 \times \left[\frac{8 \times \lambda \times L}{g \times \pi^2 \times D^5} \right] \quad (2)$$

Avec :

λ : Coefficient de perte de charge.

L : Longueur de la conduite en (m).

g : Accélération de la pesanteur ($9,81 \text{ m.s}^{-2}$).

D : Diamètre de la conduite en (m).

• Point de fonctionnement des pompes :

Afin d'orienter notre choix, nous devons satisfaire les conditions mécaniques et hydrauliques, et tracer la courbe de la conduite de refoulement et celle de la pompe qui est donnée par le constructeur sur le catalogue.

Le point de fonctionnement d'une pompe (PF) est donné par l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe (fournie par le constructeur) et la courbe caractéristique de la conduite de refoulement (fournie par l'installateur).

La figure suivante montre comment on détermine le point de fonctionnement.

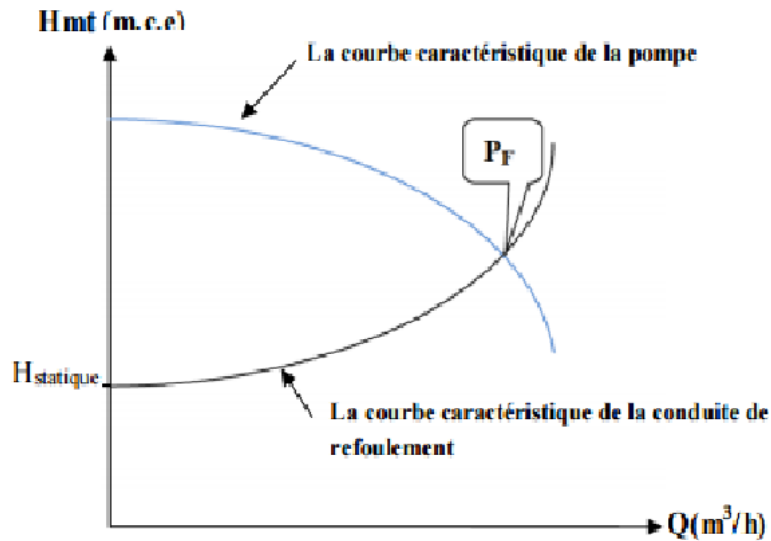


Figure IV.1 : détermination du point de fonctionnement.

V.2.8 Etude de cavitation

La cavitation est la vaporisation du liquide contenu dans la pompe quand il est soumis à une pression inférieure à la tension de vapeur correspondant à sa température.

Ce phénomène se produit à l'orifice d'aspiration de la pompe, des bulles apparaissent dans les zones où la pression est la plus faible (entrée des aubes de roue des pompes centrifuges) puis elles sont transportées vers les zones de pressions plus fortes où se produit leurs décondensations. Des implosions se produisent alors à des fréquences élevées et créent des surpressions locales très élevées.

La cavitation entraîne de graves incidences tel que :

- La brusque explosion des bulles de vapeur provoque l'érosion des pièces métalliques en formant des cavités sur ses surfaces.
- Augmentation du bruit et des vibrations générés par la pompe.
- Chute des performances des pompes avec diminution importante de la hauteur manométrique totale, du débit et du rendement.

Pour qu'une pompe fonctionne normalement (sans cavitation), il faut respecter la condition suivante :

$$\text{NPSH}_{\text{disponible}} > \text{NPSH}_{\text{requis}} \quad (3)$$

Avec :

$\text{NPSH}_{\text{disponible}}$: charge nette d'aspiration disponible (Net positive section Head), elle est fournie par l'installateur.

$\text{NPSH}_{\text{requis}}$: Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur.

On la calcule par la formule suivante :

$$(\text{NPSH})_{\text{disponible}} = (\text{NPSH})_{\text{requis}} + s \quad (4)$$

- **1^{er} cas : Le fonctionnement en charge** : c'est-à-dire la pompe est installée au-dessous du niveau du liquide.

$$(\text{NPSH})_{\text{disponible}} = h_{\text{adm}}^{\text{asp}} + P_{\text{at}} - T v - \sum h_p^{\text{asp}} - \frac{V_{\text{asp}}^2}{2g} \quad (5)$$

Avec :

S : marge de sécurité, $s = (0,3 - 0,5)$ m. On prend $s = 0,5$ m.

V_{asp} : vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration en (m/s).

h_{asp} : perte de charge dans la conduite d'aspiration en (m).

P_{at} : pression atmosphérique en (m.c.e) :

$$P_{at} = 10,33 - 0,00139 * H \text{ (m.c.e)} \quad (6)$$

H : altitude de la station en (m).

T_v : tension de vapeur d'eau (m.c.e).

La tension de vapeur est fonction de la température, les valeurs sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.1 : valeur de la tension de vapeur pour des températures données.

| | | | | | | | | | | | |
|----------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| T° | 0 | 4 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 100 |
| Tv (mce) | 0.06 | 0.083 | 0.125 | 0.25 | 0.43 | 0.75 | 1.26 | 2.03 | 4.1 | 4.8 | 10.3 |

Source (Cours Dr. KHODJAT)

- **2ème cas : Le fonctionnement en aspiration** : c'est-à-dire la pompe est installée au-dessus du niveau du liquide.

$$(NPSH)_{disponible} = h_{adm}^{asp} + P_{at} - T_v - \sum h_p^{asp} + \frac{V_{asp}^2}{2g} \quad (7)$$

V.3 Etude du système de pompage :

V.3.1 Choix des pompes :

V.3.1.1 Pompe ONID :

Cette pompe a un débit de $Q = 250$ l/s soit 2×450 m³/h HMT = 57 m avec un rendement de $\eta = 80,1$ %

Au niveau de cette zone la nous avons besoins d'un débit de $Q = 495,07$ l/s, et la pompe existante ne peut clairement pas nous fournir le débit exigé.

Le choix des pompes se fera à l'aide du concepteur en ligne KSB du constructeur de pompes. Le concepteur nous demande la valeur du débit qu'on souhaite pompé et la valeur de la hauteur manométrique totale (HMT).

Tableau V.2 Choix de la pompe zone ONID

| | Gamme | Taille | Rendement % | Puissance absorbée (KW) | Vitesse de rotation (rpm) | Débit (m ³ /h) | Hauteur de refoulement (m) | NPSH requis (m) |
|---|-------|-----------|-------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------|
| 1 | Omega | 300-435 A | 89,17 | 311,55 | 1488 | 1797,34 | 56,83 | 5,66 |
| 2 | Omega | 300-435 B | 87,93 | 282,7 | 1488 | 1732,4 | 52,8 | 5,76 |
| 3 | Omega | 300-435 C | 86,24 | 287,98 | 1488 | 1731,84 | 52,76 | 6,85 |
| 4 | Omega | 350-510 C | 85,59 | 326,31 | 1488 | 1800,09 | 57,01 | 7,57 |

Le choix a été fait suivant les critères déjà cités et la courbe caractéristique de cette pompe est donnée en ANNEXE

V.3.1.2 Pompe Reghaia Nord :

Cette pompe délivre un débit de $Q = 122,22$ l/s soit 2×220 m³/h HMT = 55 m et un rendement de $\eta = 81,4$ % et nous avons besoin d'un débit de $Q = 356,84$ l/s au niveau de la conduit nous

avons donc choisi une pompe au niveau du concepteur en ligne les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau V.3 Choix de la pompe zone Reghaia Nord

| | Gamme | Taille | Rendement % | Puissance absorbée (KW) | Vitesse de rotation (rpm) | Débit (m ³ /h) | Hauteur de refoulement (m) | NPSH requis (m) |
|---|-----------|---------|-------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------|
| 1 | Etanorm R | 300-400 | 84,61 | 212,31 | 1488 | 1200,48 | 55,04 | 9,44 |
| 2 | Etanorm R | 250-500 | 79,55 | 225,47 | 1488 | 1200,16 | 55,01 | 7,7 |

V.3.1.3 Pompe Rouiba :

Cette pompe a un débit de $Q = 138,88$ l/s soit 2×250 m³/h HMT = 55 m et un rendement de $\eta = 82,5$ % et nous avons besoin de $Q = 643,99$ l/s nous avons donc choisi

Tableau V.4 Choix de la pompe zone Rouiba

| | Gamme | Taille | Rendement % | Puissance absorbée (KW) | Vitesse de rotation (rpm) | Débit (m ³ /h) | Hauteur de refoulement (m) | NPSH requis (m) |
|---|-------|-----------|-------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------|
| 1 | Omega | 300-435 A | 88,35 | 286,02 | 1488 | 1688,35 | 55,02 | 5,53 |
| 2 | Omega | 300-435 B | 88 | 280,23 | 1488 | 1675,17 | 54,17 | 5,59 |
| 3 | Omega | 300-435 C | 86,61 | 284,16 | 1488 | 1673,85 | 54,08 | 6,49 |
| 4 | Omega | 350-510 C | 84,98 | 297,52 | 1488 | 1688,44 | 55,03 | 7,35 |

V.3.2 Courbes caractéristiques des pompes :

V.3.2.1 Pompe ONID :

La conduite dispose de ces données :

$Q_1 = 495,07$ l/s. $L_1 = 1735$ m. $\lambda_1 = 0,01793282$ $D = 900$ mm

HMT = 41,882 m.

Hg = 41 m.

On a :

$$H_c = H_g + R \cdot Q^2$$

$$R_1 = 1,1 \cdot [8 \cdot \lambda \cdot L / (g \cdot \pi^2 \cdot D^5)] = 1,1 \times [8 \cdot 0,01793282 \cdot 1735 / (9,81 \cdot \pi^2 \cdot 0,9^5)]$$

$$R_1 = 4,78905154$$

Tableau V.5 Courbe caractéristique de la pompe ONID

| Débit (m ³ /h) | Hp (m) | Hg (m) | Hc (m) |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| 0 | 78 | 41 | 41,01 |
| 200 | 77 | 41 | 41,77 |
| 400 | 76 | 41 | 42,724 |
| 600 | 74,5 | 41 | 44,06 |
| 800 | 73 | 41 | 45,79 |
| 1000 | 71,5 | 41 | 47,89 |
| 1200 | 69 | 41 | 50,39 |
| 1400 | 66 | 41 | 53,26 |
| 1600 | 61,8 | 41 | 56,52 |
| 1800 | 57 | 41 | 56,52 |
| 2000 | 52 | 41 | 60,16 |
| 2200 | 47 | 41 | 64,18 |

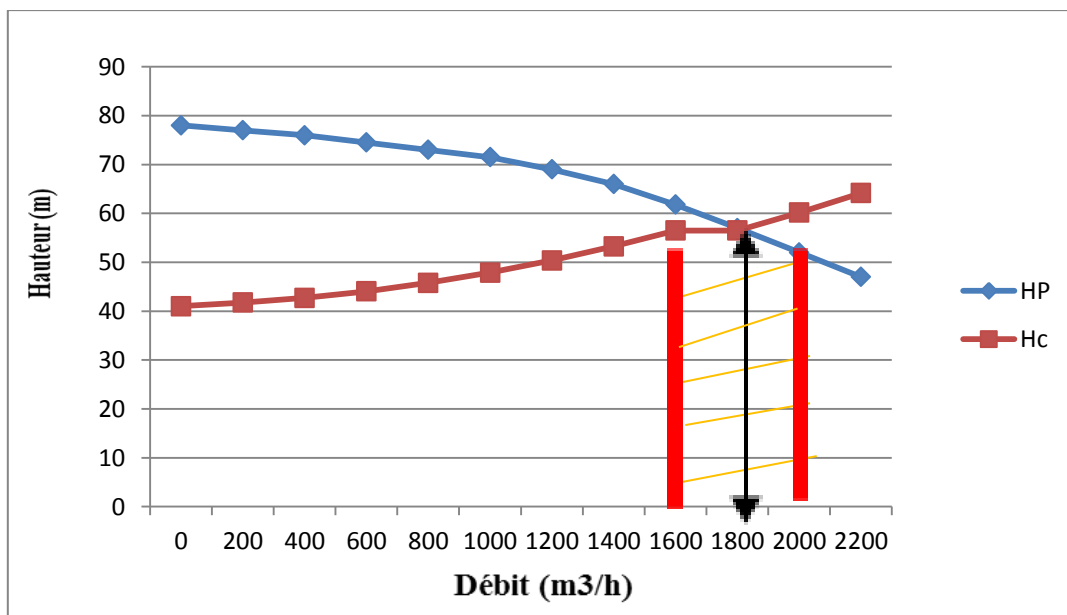


Figure V.1 Point de fonctionnement de la pompe ONID

Le point de fonctionnement est représenté par l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe et la courbe caractéristique de la conduite de refoulement.

Donc dans le point de fonctionnement on a :

$$Q=1850 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$H_1=58 \text{ m}.$$

$$\eta_1=89,17\%.$$

V.3.2.2 Pompe Reghaia Nord :

La conduite dispose de ces données :

$Q_1=364,57$ l/s. $L_1= 1050,47$ m. $\lambda_1=0,0136817$ $D = 800$ mm

HMT=32,329 m.

Hg=31,8m.

On a :

$H_c=H_g+R*Q^2$

$R_1 = 1,1*[8*\lambda*L/(g*\pi^2*D^5)] = 1,1 \times [8*0,0136817 *1050,47/(9,81*\pi^2*0.8^5)]$

$R_1 = 3,98646267$

Tableau V.6 Point de fonctionnement de la pompe de Reghaia Nord

| Débit (m3/h) | Hp (m) | Hg (m) | Hc (m) |
|-----------------|--------|--------|--------|
| 0 | 64 | 31,8 | 31,8 |
| 200 | 63 | 31,8 | 31,81 |
| 400 | 62 | 31,8 | 32,57 |
| 600 | 61 | 31,8 | 33,52 |
| 800 | 60 | 31,8 | 34,86 |
| 1000 | 57 | 31,8 | 36,59 |
| 1200 | 55 | 31,8 | 38,69 |
| 1400 | 51 | 31,8 | 41,18 |
| 1600 | 46 | 31,8 | 44,06 |
| 1800 | 39 | 31,8 | 47,32 |
| 2000 | 34 | 31,8 | 50,96 |

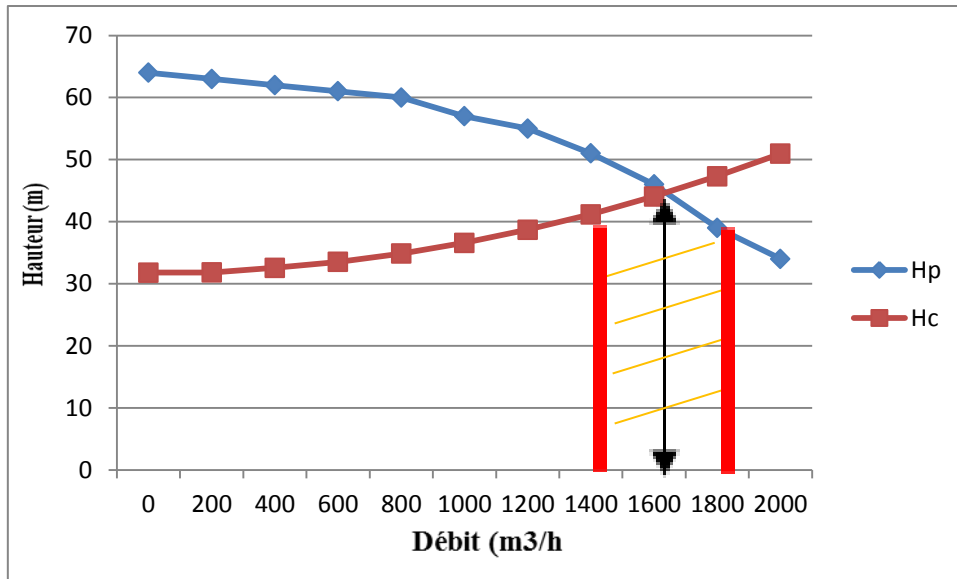


Figure V.2 Point de fonctionnement de la pompe Reghaia Nord

Donc dans le point de fonctionnement on a :

$$Q=1670 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$H_1=45 \text{ m}.$$

$$\eta_1=84,61\%.$$

Tableau V.7 Point de fonctionnement de la pompe de Rouiba

| Débit (m3/h) | Hp (m) | Hg (m) | Hc (m) |
|--------------|--------|--------|--------|
| 0 | 74 | 33,5 | 31,8 |
| 200 | 73 | 33,5 | 33,51 |
| 400 | 71 | 33,5 | 34,27 |
| 600 | 70 | 33,5 | 35,22 |
| 800 | 68 | 33,5 | 36,56 |
| 1000 | 66 | 33,5 | 38,29 |
| 1200 | 64 | 33,5 | 40,39 |
| 1400 | 60 | 33,5 | 42,89 |
| 1600 | 58 | 33,5 | 45,76 |
| 1800 | 53 | 33,5 | 49,02 |
| 2000 | 48 | 33,5 | 52,66 |
| 2200 | 42 | 33,5 | 56,68 |

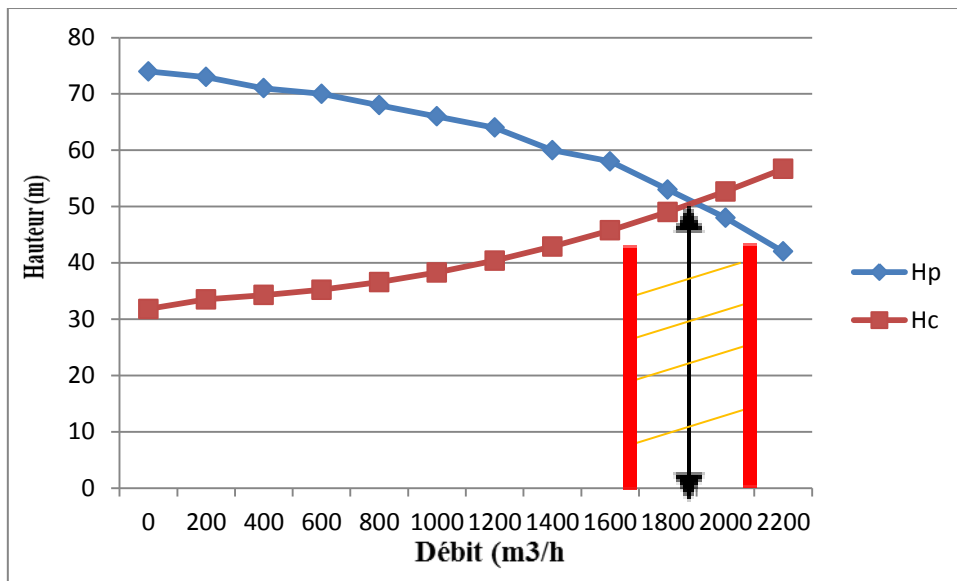


Figure V.3 Point de fonctionnement de la pompe Rouiba

Donc dans le point de fonctionnement on a :

$$Q=1890 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$H_1=50 \text{ m}.$$

$$\eta_1=88,35\%.$$

V.4 Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'étudier le système de pompage et de pouvoir trouver des solutions face au déficit de débit que l'on a constaté l'hors du chapitre précédent.

L'étude du système de pompage nous a permis de faire un choix adéquat des pompes qui doivent être en place afin de pouvoir subvenir aux besoins en eau des différentes communes.

Chapitre VI :

Cout du projet

Chapitre VI : Cout du projet

VI.1. Introduction :

La bonne réalisation des projets est basée sur une bonne organisation des moyens nécessaires à la réalisation, afin de réaliser dans les meilleurs délais.

Donc dans ce présent chapitre nous allons faire une estimation des volumes des travaux pour pouvoir déterminer la durée de réalisation du projet et à la fin un devis estimatif quantitatif sera effectué.

VI.2 La pose de canalisation :

Les canalisations sont généralement posées en tranchée, à l'exception de certain cas où elles sont posées sur le sol à condition qu'elles soient rigoureusement entretenues et protégées.

VI.2.1 Principe de la pose de canalisation :

Le principe pose de canalisation se fait de la même façon pour tous les types de conduite mais le type de pose peut changer d'un type de sol à un autre.

Les conduites sont posées du point haut vers le bas pour permettre l'écoulement des eaux d'infiltration.

Dans le cas de la pose de canalisation en tranchée cette dernière doit être suffisamment large (un minimum de 70 cm) pour permettre aux ouvriers l'accès et la réalisation des travaux.

Le remblai au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite est variable selon la région, en générale l'épaisseur est d'environ 1m.

Les conduites sont généralement poser en petites pentes afin de créer des points hauts pour l'évacuation d'air pendant le remplissage de la conduite et des points bas pour la vidange.

Les canalisations doivent être éloignées lors de la pose de tout élément dur d'environ 10 m, de 30 cm des câbles électriques et de 60 cm des canalisations de gaz.

VI.2.2 Les actions reçues par les conduites :

Les conduites enterrées sont soumises à des actions qui sont les suivantes :

- La pression verticale due au remblai.
- La pression résultant des charges roulantes.
- La pression résultant des charges permanentes de surface.
- La pression hydrostatique extérieure due à la présence éventuelle d'une nappe phréatique.
- Le tassement différentiel du terrain.
- Action des racines des arbres.

VI.2.3 Pose de canalisation dans un terrain ordinaire :

La canalisation est posée dans une tranchée ayant une largeur minimale de 70 cm.

Le fond de la tranchée est recouvert d'un lit de sable d'une épaisseur de 15 à 20 cm.

Avant la mise en fouille des conduites ces dernières doivent être triées afin d'éviter d'éventuelle cassures ou fissures ou n'importe quel endommagement de la conduite, après cela on procède à la descente des conduites en tranchée de façon manuelle ou mécanique.

Dans le cas d'un soudage de joints, cette opération doit être faite de préférence en fond de tranchée en calant la canalisation soit avec des butés de terre soit avec des tronçons de madriers en bois disposés dans le sens de la longueur de la tranchée. Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints doit toujours avoir lieu avec remblaiement. L'essai consiste au remplissage de la conduite par l'eau sous une pression de 1,5 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite en cours de fonctionnement. Cette épreuve doit durer 30 min environ, la variation de niveau ne doit pas excéder 0,2 Bars.

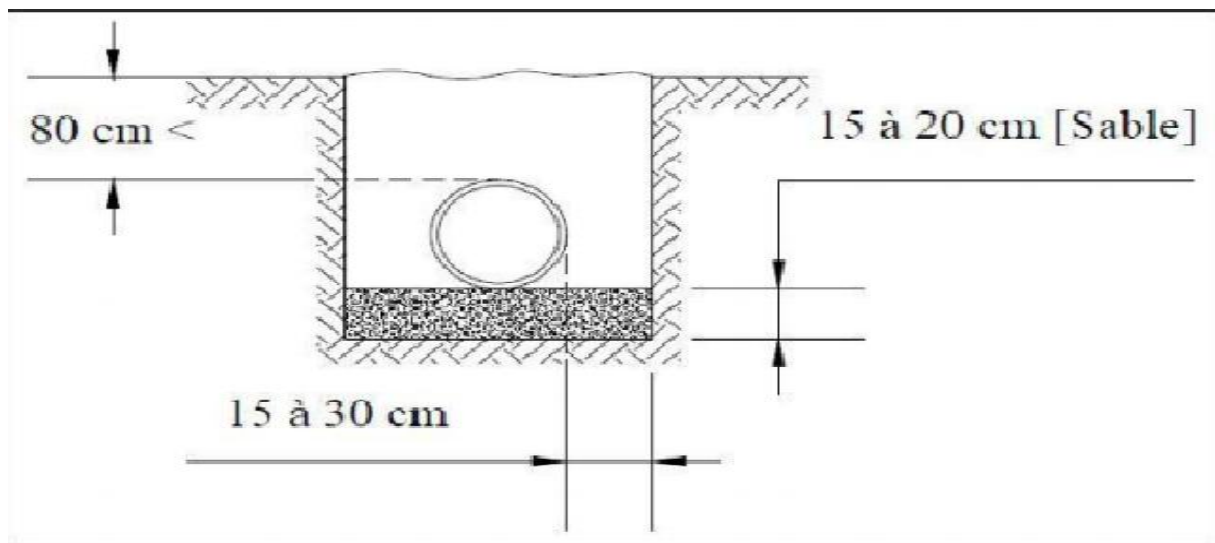


Figure VI.1 : pose de canalisation dans un terrain ordinaire.

VI.2.3. Pose de canalisation dans un mauvais terrain :

Si le terrain est de mauvaise qualité on peut envisager quelques solutions :

- **Cas d'un terrain peu consistant :** Pour éviter tout mouvement de la canalisation, celle-ci doit être posée sur une semelle, en béton armé. La semelle peut être continue ou non en fonction de la nature du sol.
- **Cas d'un terrain mouillé :** Il est convenu dans la tranchée un moyen pour le drainage (conduite par exemple) couvert d'un lit de gravier de gros diamètre par la suite un lit en béton sur lequel repose la canalisation.

VI.3. Les Conduites en Fonte :

VI.3.1 Aménagement du lit de pose des conduites :

Avant la pose des conduites, on procédera aux opérations suivantes :

- Eliminer les grosses pierres des déblais placés sur les côtes de la tranchée de façon à éviter leurs chutes accidentelles sur la canalisation une fois posée.
- Nivelier soigneusement le fond de la fouille pour que la pression soit constante entre les points de changement de pentes prévues.
- Etablir en suite le niveau du fond de la tranchée en confectionnant un lit de pose bien damé avec la terre meuble du sable et d'une couche maigre de béton, suivant la nature du terrain, le lit de sable est à une épaisseur d'environ 10cm.

VI.3.2 Introduction de la canalisation :

La pose en enterré doit rester en accord avec le projet, cependant, la souplesse des canalisations (en fonte ductile) leur longueur importante leur permet d'éviter l'utilisation d'un nombre élevé de conduite

Autrement la pose doit être faite de façon à respecter certaines recommandations :

- ✓ S'assurer au préalable qu'aucun corps étranger ne se trouve à l'intérieur de la tranchée et des tuyaux.
- ✓ Nivelier soigneusement le fond de la tranchée en évitant les contres pentes ;
- ✓ Déposer la conduite au fond de la tranchée sans la laisser tomber moyennant des engins de levage.
- ✓ De ne pas laisser les revêtements à endommager.
- ✓ Vérifier l'alignement.



Figure VI.2 : pose des canalisations en fonte en tranchée.

VI.3.3 Le remblayage des tranchées :

Comporte en général 2 phases principales :

- Remblai d'enrobage.
- Remblai supérieur.

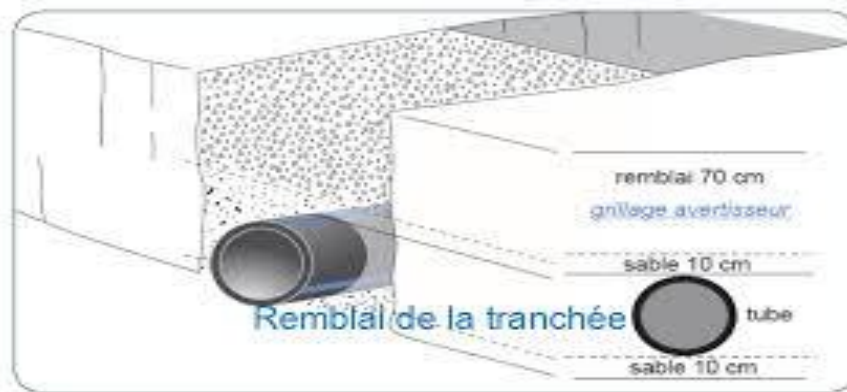


Figure VI.3 : remblayage de la tranchée.

VI.4. Organisation de chantier :

Les étapes des différents travaux sur des chantiers de réalisation des adductions pour l'A.E. P sont :

- Implantation des tracés des tranchées sur le terrain.
- Nivellement de la plate-forme de pose.
- Excavation des tranchées.
- Pose des conduites.
- Epreuve de joint et de canalisation.
- Remblaiement des tranchées.

VI.4.1. Implantation du tracé des tranchées sur le terrain :

On matérialise l'axe de la tranchée sur le terrain avec des jalons placés en distances par des repères fixés où des bornes. La direction des axes et leurs extrémités sont ainsi bien déterminées.

VI.4.2. Nivellement de la plate-forme de pose :

Le nivellement est la mesure des différences d'altitudes entre deux ou plusieurs points situés sur une pente uniforme. Le nivellement a pour but de définir le relief d'un terrain en fixant l'altitude d'un certain nombre de points toutes les côtes sont données par rapport à un niveau de base appelé plan de comparaison Lorsque le terrain compte des obstacles on procède au nivellement par cheminement et par un simple calcul. On détermine la hauteur de chaque point ainsi la profondeur de tranchée en point.

VI.4.3 Décapage de la couche de terre végétale :

Avant d'entamer l'excavation des tranchées, on doit tout d'abord commencer toujours par l'opération de décapage des terres végétales sur des faibles profondeurs. Le volume de la couche à décapier est donné par la formule suivant :

$$V_{cv} = L. b. e \quad (1)$$

Avec :

- V_{cv} : volume de la terre décapée en (m³).
- L : longueur totale des tranchées en (m).
- b : largeur de la couche végétale en (m). (on décape 2 fois la largeur de la tranchée).
- e : épaisseur de la couche en (m), e = 10 cm.

Pour la réalisation de cette opération, On opte un bulldozer ou un angledozer.

VI.4.4. Excavation des tranchées :

Selon les caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement ou manuellement, la profondeur minimale de la tranchée à excaver atteint 1 m pour :

- Garder la fraîcheur de l'eau pendant les grandes chaleurs.
- Ne pas gêner le travail de la terre (exploitation).
- Protéger la canalisation contre le gel.

La largeur de la tranchée doit être telle qu'un ouvrier puisse travailler sans difficulté et elle augmente avec les diamètres des conduites à mettre en place.

L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successive en commençant par les points hauts pour assurer s'il y lieu l'écoulement naturel des eaux d'infiltrations.

Pour la réalisation de cette opération, on opte pour une pelle mécanique.

Donc l'excavation nécessite la détermination de plusieurs paramètres tels que :

- La profondeur de la tranchée (H_{tr}).
- La largeur de la tranchée (b).

VI.4.4.1 La profondeur (H_{tr}) :

La profondeur de la tranchée varie selon le diamètre de la conduite, les charges extérieures et la température, elle est donnée par la formule suivante :

$$H_{tr} = D + h + h_1 \quad (2)$$

Avec :

D : diamètre de la conduite en (m).

h : hauteur entre la génératrice supérieure de la conduite et le niveau de sol elle est entre 0.8 et 1.2 m. dans notre cas on va prendre h=1m pour tous les tronçons.

h_1 : épaisseur du lit de pose (sable) elle est d'environ 0.2m.

1. les profondeurs pour chaque tronçon :

• Conduite de refoulement :

Tronçon N°1 : $D=0.9m \rightarrow H_{tr}=0.9+1+0.2=2.1m$, on prend $H_{tr}=2m$.

Tronçon N°2 : $D=0.8m \rightarrow H_{tr}=0.8+1+0.2=2m$, on prend $H_{tr}=2m$.

Tronçon N°3 : $D=0.9m \rightarrow H_{tr}=0.9+1+0.2=2.1m$, on prend $H_{tr}=2m$.

• Conduite gravitaires :

Tronçon N°1 : $D=1.1m \rightarrow H_{tr}=1.1+1+0.2=2.3m$, on prend $H_{tr}=2.5m$.

Tronçon N°2 : $D=1m \rightarrow H_{tr}=1+1+0.2=2.2m$, on prend $H_{tr}=2.5m$.

Tronçon N°3 : $D=0.4\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.4+1+0.2=1.6\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1.5\text{m}$.

Tronçon N°4 : $D=0.4\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.4+1+0.2=1.6\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1.5\text{m}$.

Tronçon N°5 : $D=1\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=1+1+0.2=2.2\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=2.5\text{m}$

Tronçon N°6 : $D=0.8\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.8+1+0.2=2\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=2\text{m}$

Tronçon N°7 : $D=0.9\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.9+1+0.2=2.1\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=2\text{m}$

Tronçon N°8 : $D=0.8\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.8+1+0.2=2\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=2\text{m}$

Tronçon N°9 : $D=0.3\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.3+1+0.2=1.5\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1.5\text{m}$

Tronçon N°10 : $D=1\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=1+1+0.2=2.2\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=2.5\text{m}$

Tronçon N°11 : $D=0.8\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.8+1+0.2=2\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=2\text{m}$

Il y'a plusieurs cas pour le talus des tranchés on peut avoir des tranchés verticales et des tranchés à talus, on peut aussi rencontrer des cas où il faut approfondir plus la tranchée ce qui nous oblige à faire du blindage pour éviter l'effondrement des fouilles de tranchée (pour une profondeur supérieure à 1.8m).

VI.4.4.2 Largeur de la tranchée :

La largeur de la tranchée doit permettre une pose correcte ; facilite-la Tache et aussi permettre le compactage du remblai.

La largeur de la tranchée sera calculée en fonction du diamètre de la conduite. On laisse 30 cm d'espace de chaque côté de la conduite.

$$b = D + 0,6 \quad (3)$$

Avec :

b : largeur de la tranchée.

D : diamètre de la conduite.

1.les largeurs pour chaque tronçon :

- **Conduite de refoulement :**

Tronçon N°1 : $D=0.9\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.9+0.6=1.5$, on prend $H_{\text{tr}}=1.5\text{m}$.

Tronçon N°2 : $D=0.8\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.8+0.6=1.4\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1.4\text{m}$.

Tronçon N°3 : $D=0.9\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.9+0.6=1.5\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1.5\text{m}$.

- **Conduite gravitaires :**

Tronçon N°1 : $D=1.1\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=1.1+0.6=1.7\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=2\text{m}$.

Tronçon N°2 : $D=1\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=1+1+0.6=1.7\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=2\text{m}$.

Tronçon N°3 : $D=0.4\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.4+0.6=1\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1\text{m}$.

Tronçon N°4 : $D=0.4\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.4+0.6=1\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1\text{m}$.

Tronçon N°5 : $D=1\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=1+0.6=1.6\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1.5\text{m}$

Tronçon N°6 : $D=0.8\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.8+0.6=1.4\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1.5\text{m}$

Tronçon N°7 : $D=0.9\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.9+0.6=1.5\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1.5\text{m}$

Tronçon N°8 : $D=0.8\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.8+0.6=1.4\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1.4\text{m}$

Tronçon N°9 : $D=0.3\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.3+0.6=0.9\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1\text{m}$

Tronçon N°10 : $D=1\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=1+0.6=1.6\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1.5\text{m}$

Tronçon N°11 : $D=0.8\text{m} \rightarrow H_{\text{tr}}=0.8+0.6=1.4\text{m}$, on prend $H_{\text{tr}}=1.5\text{m}$

VI.4.4.3. Choix du coefficient du talus :

Pour garder la stabilité du talus de la trachée durant les travaux de pose des conduites on définit le coefficient du talus. Qui est en fonction de la profondeur de la trachée et de la nature du sol.

Tableau VI.1 : Choix du coefficient du talus.

| sols | Profondeur de la trachée | |
|----------------|--------------------------|------------|
| | Jusqu'à 1.5m | Jusqu'à 3m |
| Sable | m=0.5 | m=1 |
| Limon sableux | m=0.25 | m=0.67 |
| Limon argileux | m=0 | m=0.5 |

Dans notre cas on a un sol limoneux argileux.

VI.4.4.4 Section de la trachée :

Les sections des trachées sont de forme trapézoïdale dont l'aire est :

$$S_{tr} = H_{tr} * b + m * H_{tr}^2 \quad (4)$$

H_{tr} : profondeur totale de la trachée (m).

b : largeur du fond du trachée (m).

m : coefficient du talus.

1.les sections pour chaque tronçon :

-Conduite de refoulement :

Tronçon N°1 : $H_{tr}=2m \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=2*1.5+0.5*2^2=5m^2$.

Tronçon N°2 : $H_{tr}=2m \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=2*1+0.5*2^2=4m^2$.

Tronçon N°3 : $H_{tr}=2m \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=2*1+0.5*2^2=5m^2$.

- Conduite gravitaire :

Tronçon N°1 : $H_{tr}=2m \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=7m^2$

Tronçon N°2 : $H_{tr}=2m \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=6.5m^2$

Tronçon N°3 : $H_{tr}=1m \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=3m^2$

Tronçon N°4 : $H_{tr}=1m \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=3m^2$

Tronçon N°5 : $H_{tr}=1.5m \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=6.5m^2$

Tronçon N°6 : $H_{tr}=1.5m \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=5m^2$

Tronçon N°7 : $H_{tr}=1.5m \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=5m^2$

Tronçon N°8 : $H_{tr}=1.4m \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=5m^2$

Tronçon N°9 : $H_{tr}=1m \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=2.5m^2$

Tronçon N°10 : $H_{tr}=1.5m \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=6.5m^2$

Tronçon N°11 : $H_{tr}=1.5 \rightarrow m=0.5 \rightarrow S_{tr}=4.5m^2$

VI.4.5. Volumes d'excavation :

Le volume d'excavation est déterminé par la formule suivante :

$$VD = S_{tr} * L = (b + H_{tr} * m) * L \quad (5)$$

VD : Volume du déblai (m^3).

S_{tr} : La section du tranché (m²).

L : La longueur du tranché (m).

Le tableau suivant montre les valeurs des volumes des déblais pour chaque tronçon.

Tableau VI.2 : calcul des volumes des déblais.

| Tronçons | Section de la tranchée (m ²) | Longueur (m) | Volume excavation (m ³) |
|----------|--|--------------|-------------------------------------|
| 1 | 5 | 1735,08 | 8675,4 |
| 2 | 4,5 | 1050,47 | 4727,115 |
| 3 | 5 | 519,33 | 2596,65 |
| | | | |
| 1 | 7 | 65,04 | 448,4508 |
| 2 | 6,5 | 2062,848 | 13243,48416 |
| 3 | 3 | 3415,368 | 9494,72304 |
| 4 | 3 | 2542,428 | 7067,94984 |
| 5 | 6,5 | 600,348 | 3854,23416 |
| 6 | 5 | 5199,804 | 24959,0592 |
| 7 | 5 | 3892,68 | 20261,3994 |
| 8 | 5 | 2008,728 | 9641,8944 |
| 9 | 2,5 | 440,496 | 1090,2276 |
| 10 | 6,5 | 1267,272 | 8135,88624 |
| 11 | 5 | 1942,48 | 9323,904 |
| Total | | | 123520,3778 |

VI.4.6 La capacité du godet :

La capacité du godet de notre pelle est déterminé à partir du volume de terrassement, le tableau suivant donne les volumes des godets en fonction des volumes de terrassement.

Tableau VI.3 : la capacité des godets.

| | | | | |
|--|-----------|----------|--------|---------|
| Volume de terrassement (m ³) | ≤10000 | ≥10000 | >20000 | >100000 |
| Capacité du godet (m ³) | 0.25-0.35 | 0.5-0.65 | 1-1.25 | 1.5 |

Notre volume de terrassement est supérieur à 100000 m³ donc on va prendre un godet de 1.5m³ de volume.

VI.4.7 Rendement de la pelle choisie :

Le rendement de notre pelle est donné par la formule suivante :

$$R_p = \frac{3600 * q * K_R * K_t}{T_c * K_f} \text{ (m}^3\text{/h)} \quad (6)$$

Avec :

- q : capacité du gobet 1.5 m3.

- K_R : coefficient de remplissage du godet, $K_r = 0,8 - 0,9$ on prend $K_r = 0,8$.
- K_t : coefficient d'utilisation du temps dépend de la nature du sol et de l'habilité du Conducteur : varie entre (0,7- 0,9), on prend $K_t = 0,8$.
- K_f : coefficient de foisonnement du sol $K_f = 1,2$.
- T_c : la durée d'un cycle de remplissage du godet $T_c = (15-30)$ s, on prend $T_c = 20$ s.

A.N :

$$R_p = \frac{3600 * 1.5 * 0.8 * 0.8}{20 * 1.2} = 144(m^3/h)$$

Si on estime que l'engin travail 8 heures par jour donc $R_p = 1152m^3/j$.

VI.4.8 Calcul des volumes des remblais :

Le volume des remblais est calculé par la relation suivante :

$$V_R = S_R * L \quad (7)$$

Avec :

$$S_R = S_D - S_C - S_{ls} \quad (8)$$

Avec :

S_D : surface du déblai (m^2).

S_C : section de la conduite (m^2).

S_{ls} : section du lit de sable.

Le tableau suivant donne les volumes des remblais.

Tableau VI.4 : les volumes des remblais.

| Tronçon | Diamètre (m) | L (m) | S_D (m^2) | S_C (m^2) | S_{ls} (m^2) | V_R (m^3) |
|-----------------|--------------|----------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| 1 | 0.9 | 1735,08 | 5 | 0,64 | 0.3 | 7044,4248 |
| 2 | 0.8 | 1050,47 | 4,5 | 0,50 | 0.2 | 3991,786 |
| 3 | 0.9 | 519,33 | 5 | 0,64 | 0.3 | 2108,4798 |
| 1 | 1.1 | 65,04 | 1.5 | 0,95 | 0.2 | 22,764 |
| 2 | 1 | 2062,848 | 7 | 0,79 | 0.2 | 12397,71648 |
| 3 | 0.4 | 3415,368 | 6,5 | 0,13 | 0.2 | 21072,82056 |
| 4 | 0.4 | 2542,428 | 3 | 0,13 | 0.2 | 6788,28276 |
| 5 | 1 | 600,348 | 3 | 0,79 | 0.2 | 1206,69948 |
| 6 | 0.8 | 5199,804 | 6,5 | 0,50 | 0.2 | 30158,8632 |
| 7 | 1 | 3892,68 | 5 | 0,79 | 0.2 | 15609,6468 |
| 8 | 0.8 | 2008,728 | 5 | 0,50 | 0.2 | 8637,5304 |
| 9 | 0.3 | 440,496 | 5 | 0,07 | 0.2 | 2083,54608 |
| 10 | 1 | 1267,272 | 2,5 | 0,79 | 0.2 | 1913,58072 |
| 11 | 0.8 | 1942,48 | 6,5 | 0,50 | 0.2 | 11266,384 |
| Total (m^3) | | | | | | 124302,5251 |

VI.5. Durée d'excavation :

Tout en connaissant le volume des terres a excavés et le rendement de l'engin choisi le temps d'excavation est donné par la relation suivante :

$$T = \frac{V}{R_p} \text{ jours} \quad (9)$$

Avec :

V : volume du sol à excaver.

R_p : rendement journalier de l'engin.

AN :

$$T = \frac{32325}{768} = 43 \text{ jours}$$

VI.5.1. Le compactage :

Le compactage ou tassement des sols est l'augmentation de leur densité apparente résultant de l'application d'une charge sur ces derniers.

Pour cette opération on utilise un compacteur à rouleau lisse.

VI.6. Planning d'exécution des travaux :

Un projet comporte un nombre de tâches plus ou moins grand à réaliser dans les délais impartis et selon un agencement bien déterminé.

Le diagramme de GANTT est un planning présentant une liste de tâches en colonne et en abscisse l'échelle de temps retenue.

La mise en œuvre de technique de planification nécessite que :

- Les tâches soient identifiées.
- Les tâches soient quantifiées en termes de délais, de charges ou de ressources.
- La logique de l'ensemble des tâches ait été analysée.

On peut aussi suivre les étapes suivantes :

- La collecte des informations.
- La décomposition du projet.
- La définition des relations entre les tâches.
- Attribution des durées.
- Construction du diagramme.

VI.6.1. Planification des travaux :

La réalisation du projet peut être composée des tâches suivantes :

- A. Décapage de la couche de terre végétale.
- B. Piquetage
- C. Exécution des tranchées et des fouilles pour les vannes.
- D. Aménagement du lit de pose.
- E. La mise en place des canalisations en tranchée.
- F. Assemblage des tuyaux.
- G. Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et joints.
- H. Remblai des tranchées.
- I. Travaux de finition.

Le tableau ci-dessous nous permet la détermination du délai de la réalisation.

Tableau VI.5 : détermination de délai de réalisation.

| OPERATION | T _R (jours) | DP | | DPP | | MT |
|-----------|------------------------|-----|-----|------|------|----|
| | | DCP | DFP | DCPP | DFPP | |
| A | 30 | 0 | 30 | 0 | 30 | 0 |
| B | 15 | 30 | 45 | 30 | 45 | 0 |
| C | 47 | 45 | 92 | 45 | 92 | 0 |
| D | 48 | 92 | 140 | 92 | 140 | 0 |
| E | 33 | 92 | 125 | 107 | 140 | 15 |
| F | 13 | 92 | 105 | 127 | 140 | 35 |
| G | 18 | 92 | 110 | 122 | 140 | 30 |
| H | 16 | 140 | 156 | 140 | 156 | 0 |
| I | 30 | 156 | 186 | 156 | 186 | 0 |

TR : temps de réalisation.

MT : marge totale.

DCP : date de commencement au plutôt.

DFP : date de finition au plutôt.

DCPP : date de commencement au plus tard.

DFPP : date de finition au plus tard.

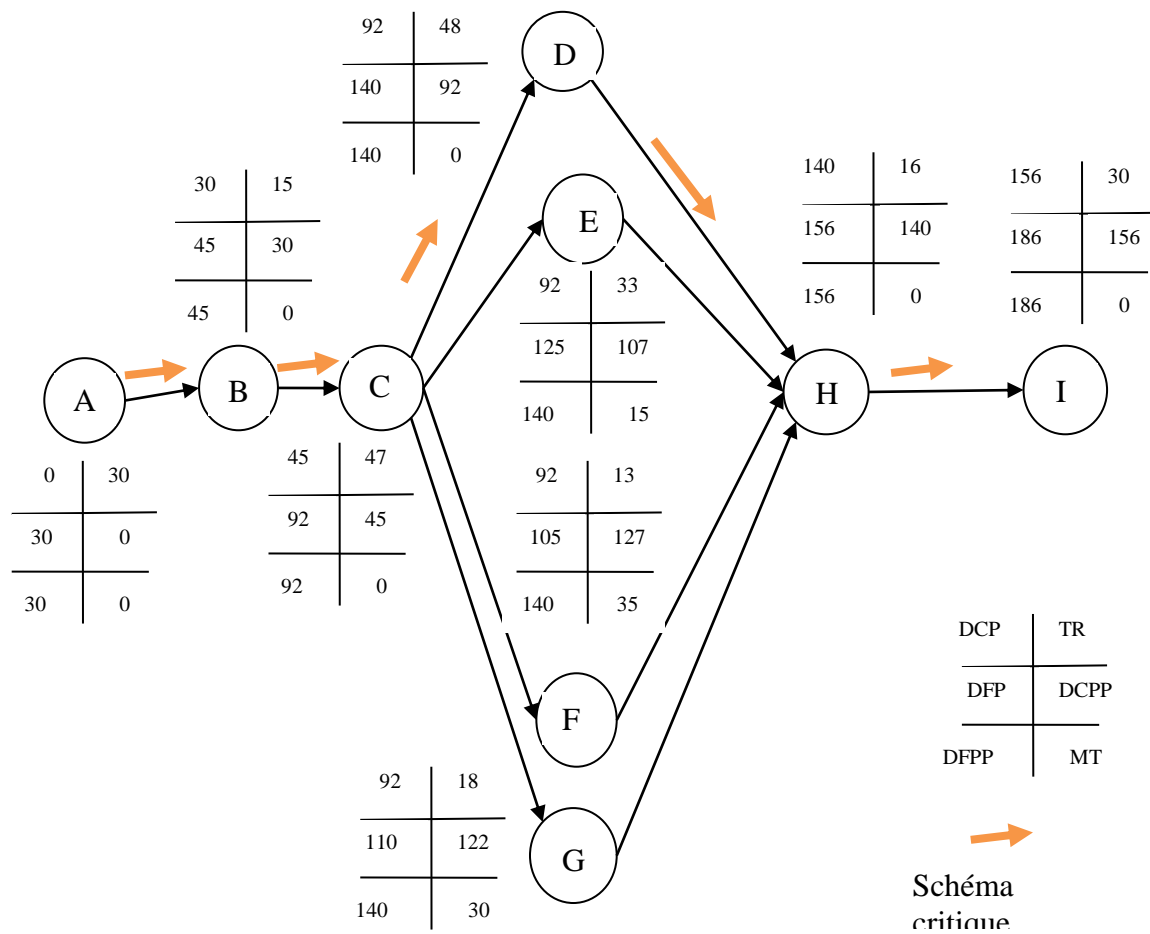


Figure VI.4 : réseau à nœuds.

Tableau VI.6 : Planning des travaux (Diagramme de GANTT).

| Opération | jours | | | | | Observations |
|---|-------|----|-----|-----|-----|--------------|
| | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | |
| Décapage de la couche de terre végétale | 30 | | | | | |
| Piquetage | | 15 | | | | |
| Exécution des tranchés | | | 47 | | | |
| Aménagement du lit de pose | | | | 48 | | |
| La mise en place des conduites | | | | 33 | | |
| Assemblage des tuyaux | | | | 13 | | |
| Les essais d'étanchéité | | | | 30 | | |
| Remblaiement des tranchés | | | | | 16 | |
| Travaux de finition | | | | | 30 | |

D'après la **Figure VI.4** et le **Tableau VI.6** :
 Le chemin critique est A-B-C-D-H-I : $\sum TR = 186$ jours.

VI.7 Evaluation du projet :

Cette évaluation consiste à déterminer les quantités de toutes les opérations effectuées sur le terrain pour la réalisation du projet, ensuite les multiplier par le prix unitaire correspondant, et enfin, on trouve le coût total du projet.

VI.7.1. Devis estimatif d'établissement de l'adduction :

Le coût de réalisation de ce projet est estimé dans le tableau suivant.

Tableau VI.7 : Devis estimatif du projet

| Désignation | Unité | | Quantité | Prix unitaire (DA) | | Montant HT (DA) |
|--|----------------|--|----------|--------------------|--|-----------------|
| Terrassement | | | | | | |
| Décapage | m ³ | | 1880 | 300 | | 564000 |
| déblais | m ³ | | 123520 | 300 | | 37056000 |
| Pose de lit de sable | m ³ | | 1850 | 1200 | | 2220000 |
| Remblaiement des tranchées avec du tout venant | m ³ | | 124302 | 300 | | 37290600 |
| Evacuation des déblais extraordinaire | m ³ | | 450 | 200 | | 90000 |
| Transport et pose canalisation | | | | | | |
| Conduite Ø900 PN16 | ml | | 1735,08 | 40741,64668 | | 70690016,3 |
| Conduite Ø800 PN16 | ml | | 1050,47 | 34911,85425 | | 36673855,5 |
| Conduite Ø900 PN16 | ml | | 519,33 | 40741,64668 | | 21158359,4 |
| Conduite Ø1100 PN16 | ml | | 65,04 | 52736,26155 | | 3429966,45 |
| Conduite Ø1000 PN16 | ml | | 2062,848 | 46651,54284 | | 96235041,8 |
| Conduite Ø400 PN16 | ml | | 3415,368 | 13219,05545 | | 45147939 |
| Conduite Ø400 PN16 | ml | | 2542,428 | 13219,05545 | | 33608496,7 |
| Conduite Ø1000 PN16 | ml | | 600,348 | 46651,54284 | | 28007160,4 |
| Conduite Ø800 PN16 | ml | | 5199,804 | 34911,85425 | | 181534799 |
| Conduite Ø1000 PN16 | ml | | 3892,68 | 46651,54284 | | 181599528 |
| Conduite Ø800 PN16 | ml | | 2008,728 | 34911,85425 | | 70128419,2 |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|----|--|----------|-------------|-----------|---------------|
| Conduite Ø300 PN16 | ml | | 440,496 | 7772,305671 | | 3423669,56 |
| Conduite Ø1000 PN16 | ml | | 1267,272 | 46651,54284 | | 59120194 |
| Conduite Ø800 PN16 | ml | | 1942,48 | 34911,85425 | 42062,475 | 67815578,6 |
| Les pompes | | | | | | |
| pompe ONID | | | | | | |
| équipements | - | | - | | - | 8000000 |
| Pompe REGHAIA vers Anglade | | | | | | |
| équipements | - | | - | | - | 3500000 |
| Pompe du RV Rouiva vers CE Rouiba | | | | | | |
| équipements | - | | - | | - | 9000000 |
| Total | | | | | | 1 736 898 005 |

VI.7.2. Devis global :

Le Devis global est donné dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI.8 : Devis global.

| Nature des charges | Montant (DA) |
|--------------------------------|---------------|
| Terrassement | 77220600 |
| Transport et pose canalisation | 1639177405 |
| Les pompes | 20500000 |
| Total HT (DA) | 1736 898005 |
| TVA 19% (DA) | 295272660,9 |
| Totale TTC (DA) | 2 032 170 666 |

VI.8 Conclusion :

Afin d'assurer le bon déroulement de la réalisation du projet, l'organisation de chantier ne doit pas connaître des défaillances (humaine ou technique).

A partir des calculs établis dans ce chapitre on a pu déterminer un délai de réalisation du renforcement de l'adduction de la zone Est d'Alger qui est de 186 jours.

Le devis estimatif du projet est de : deux milliards trente-deux millions cent soixante-dix mille six cents soixante-six dinars algérien 2 032 170 666 DA

Conclusion générale

Cette étude nous a permis d'étudier un réseau d'adduction de toute une zone regroupant au total 7 communes, l'évaluation des besoins en eau nous a permis de déterminer la consommation maximale journalière des 7 communes qui est de **1777,3 l/s**, lors du diagnostic du réseau existant nous avons constaté un déficit en eau qui est de **335,72 l/s**, nous avons constaté que le réseau d'adduction existant ne parviendrait plus à subvenir aux besoins des communes à l'horizon futur qui est l'horizon **2047**, ce déficit était dû soit à un sous dimensionnement des conduites d'adduction, soit aux capacités des pompes qui ne serait plus en mesure de refouler le débit exigé en **2047** ce qui nous a obligé à revoir le dimensionnement du réseau d'adduction en proposant comme solution deux variantes concernant le réseau d'adduction qui sont : soit le changement de conduite ou alors un renforcement des conduites déjà existantes et une solution concernant le système de refoulement qui est le changement des pompes existantes sachant que celles-ci sont en mauvais état.

Le calcul du cout du projet nous a permis de connaitre les délais et les frais de tout le projet, il se fera en une période de **186 jours** avec un prix total de **2 032 170 666 DA**

En faisant cette étude nous avons appris à savoir analyser un réseau d'adduction, mais aussi à essayer de trouver des solutions adéquates face aux problèmes rencontrés

Cela nous a aussi permis de revoir le fonctionnement et la capacité des pompes présentes dans le réseau afin qu'elles puissent au mieux véhiculer le débit demandé par les communes

Afin de pouvoir réaliser à l'avenir ce projet nous avons fait une planification des taches et un devis estimatif pour avoir une idée de l'ampleur des sommes qui sont consacrées dans un cas pratique de ce genre

Pour affiner le présents projet il faudrait savoir que les variantes retenus durant ce projet ne sont pas les seules à être envisagées car il est préférable et moins couteux de garder les anciennes conduites et de faire un renforcement plutôt que de changer toutes les conduites, à condition que les conduites soit en bon état cela revient moins cher résoudre le problème des vitesses élevées.

D'autres variantes peuvent être prises en compte comme celle de faire un changement de conduite et un renforcement, le changement de conduite concernera les conduites défectueuses et le renforcement pour celles qui sont en bon état

Les ingénieurs hydraulicien doivent savoir non seulement gérer l'aspect technique d'un projet mais aussi l'aspect économique afin de pouvoir réaliser un projet d'une telle envergure.

Références bibliographiques

[1] Pr B.SALAH « polycopie d’Alimentation en Eau Potable des Agglomérations», E.N.S.H.BLIDA.

[2] Dupont, Hydraulique général, Tom I.

[3] Dupont, Hydraulique général Dupont Tom II.

[4] M. CARLIER « Hydraulique générale et appliquée », édition Eyrolles, Paris 1972.

[5] Mr REBIH Mohamed Amine thème de mémoire « RENFORCEMENT DE L’ADDUCTION DEAU POTABLE DU CHAMP DE CAPTAGE DE OUED SEDAR» E.N.S.H septembre 2015.

[6] Mr YAICHE Lotfi thème de mémoire « Etude d’adduction en eau potable de la nouvelle ville de TIMIZERT à partir de la station de traitement de KISSIR (W.JIJEL) ENSH, Septembre 2015.

Annexe

Annexe I.1 :

Tableau de la variation de la consommation horaire selon le nombre d'habitant

| Heures | Nombre d'habitants | | | | |
|--------|--------------------|---------------|----------------|----------|--------------------|
| | < 10000 | 10001 à 50000 | 50001 à 100000 | > 100000 | Aggl.de type rural |
| 0-1 | 01 | 1.5 | 03 | 3.35 | 0.75 |
| 1-2 | 01 | 1.5 | 3.2 | 3.25 | 0.75 |
| 2-3 | 01 | 1.5 | 2.5 | 3.3 | 01 |
| 3-4 | 01 | 1.5 | 2.6 | 3.2 | 01 |
| 4-5 | 02 | 2.5 | 3.5 | 3.25 | 03 |
| 5-6 | 03 | 3.5 | 4.1 | 3.4 | 5.5 |
| 6-7 | 05 | 4.5 | 4.5 | 3.85 | 5.5 |
| 7-8 | 6.5 | 5.5 | 4.9 | 4.45 | 5.5 |
| 8-9 | 6.5 | 6.25 | 4.9 | 5.2 | 3.5 |
| 9-10 | 5.5 | 6.25 | 4.6 | 5.05 | 3.5 |
| 10-11 | 4.5 | 6.25 | 4.8 | 4.85 | 06 |
| 11-12 | 5.5 | 6.25 | 4.7 | 4.6 | 8.5 |
| 12-13 | 07 | 05 | 4.4 | 4.6 | 8.5 |
| 13-14 | 07 | 05 | 4.1 | 4.55 | 06 |
| 14-15 | 5.5 | 5.5 | 4.2 | 4.75 | 05 |
| 15-16 | 4.5 | 06 | 4.4 | 4.7 | 05 |
| 16-17 | 05 | 06 | 4.3 | 4.65 | 3.5 |
| 17-18 | 6.5 | 5.5 | 4.1 | 4.35 | 3.5 |
| 18-19 | 6.5 | 05 | 4.5 | 4.4 | 06 |
| 19-20 | 5.0 | 4.5 | 4.5 | 4.3 | 06 |
| 20-21 | 4.5 | 04 | 4.5 | 4.3 | 06 |
| 21-22 | 03 | 03 | 4.8 | 3.75 | 03 |
| 22-23 | 02 | 02 | 4.6 | 3.75 | 02 |
| 23-24 | 01 | 1.5 | 3.3 | 3.7 | 01 |

Annexe II.1 :

Tapez une équation ici.

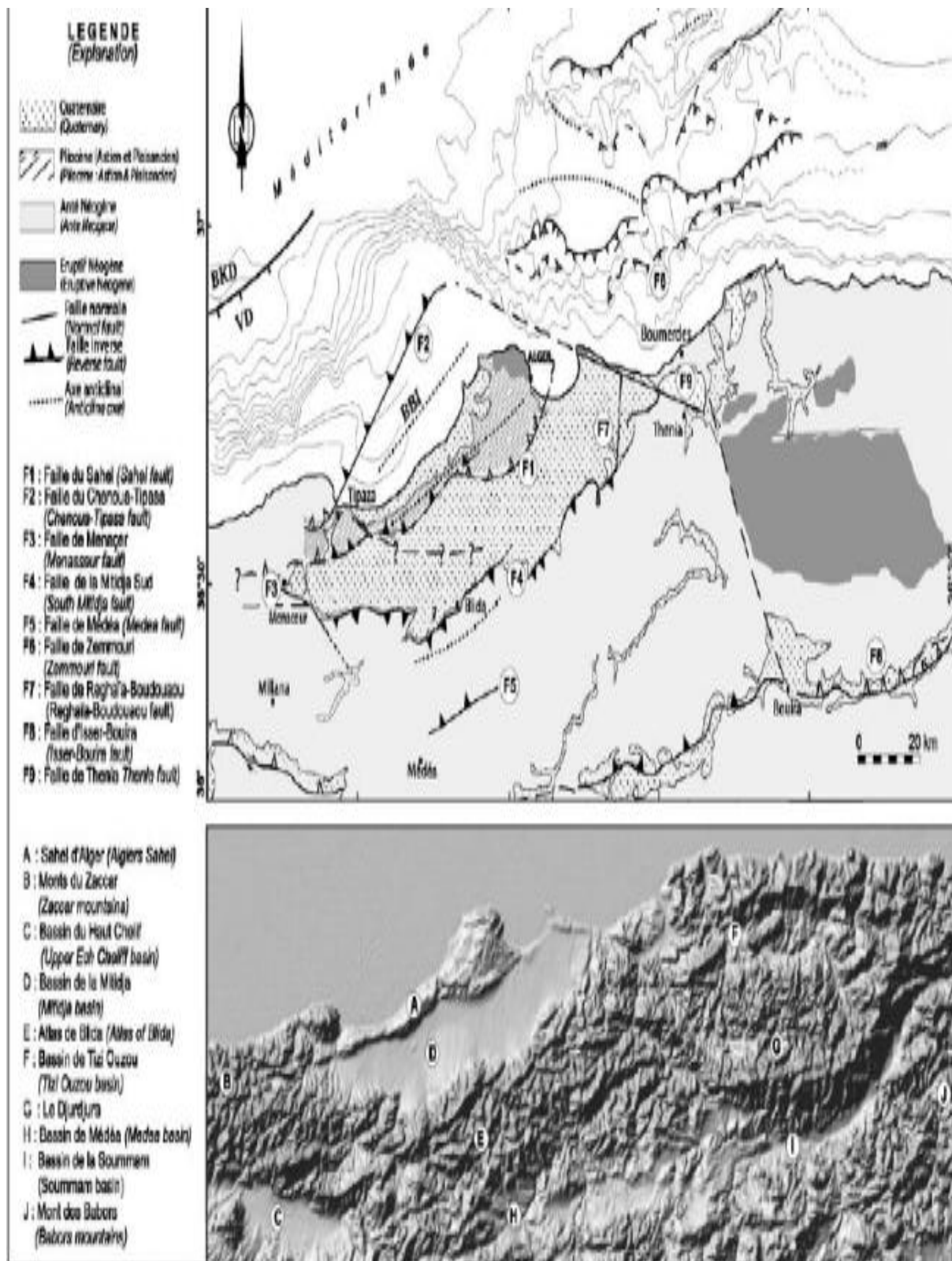


Figure I.2 Schéma géologique de la zone Est et Nord d'Alger

