الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR HYDRAULICS
"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"

المدرسة الوطنية العليا للري
"المجاهد عبد الله عرباوي"
ⵓⵢⵙⵓⵙⴰ ⵓⵢⵙⵏⵍⵓ ⵉⵎⵉⵍⵙⵏ ⵏ ⵜⵎⵙⵓⵍⵉⵜ

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: CONCEPTION DES SYSTEMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

THEME :

DIAGNOSTIC ET REHABILITATION DU SYSTEME DE TRANSFERT PRISE DE LACHIFFA-MEDEA (W.MEDEA)

Présenté par :

RECHACHOU AbdElMalek, Ben Tekfa, Lamine

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
MOKRANE Wahiba	M.C.B	Président
YAHIAOUI Samir	M.A.A	Examinateur
SAIMI Ahmed	M.C.A	Examinateur
SALHI Chahrazed	M.C.B	Examinateur
MEDDI Hind	Professeur	Promotrice

Session Octobre 2023

Remerciements

Avant tout, je veux remercier ALLAH de m'avoir donné la force, le courage et la volonté de persévérer et de vivre jusqu'à ce jour.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à ma promotrice Mm. H.Meddi pour sa disponibilité, ses précieux conseils qui m'ont aidé pour élaborer cette mémoire de fin d'étude.

Mes vifs remerciements iront aussi aux membres de jury qui nous ferons l'honneur de juger et d'enrichir ce travail par leurs propositions.

Je tiens aussi à exprimer ma profonde gratitude à Mm. W.Mokrane pour sa disponibilité et ses conseils, sans oublier l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation et le personnel de l'ENSH.

Egalement, je tiens à remercier M. Rabouh Foued d'Amenhyd qui m'a proposé ce thème, M. Brahim et M. Toumi Mahfoud qui m'ont emmené visiter les stations, M. Amine de la DRE de Médéa, Mm. Hanane de la DPSB de Médéa et bien sure Mm. Hasnaoui Et M. Laidani Hichem pour m'avoir permis d'accéder aux données dont j'ai besoin pour faire cette étude.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé de prés ou de loin à la réalisation de ce travail.

Rechachou AbdElMalek, Ben Tekfa, Lamine

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents que ALLAH les protège, qui m'ont toujours encouragé et sacrifié beaucoup pour que je puisse réussir. Et à mes deux sœurs.

A mes amis : Malek, Khaled, Souhil, Oussama, Anis,.... pour d'avoir toujours été là pour moi.

A la tante de ma mère et son mari et leurs enfants : Hasnaa, Mhamed et Ibtissem.

Rechachou AbdElMalek, Ben Tekfa, Lamine

ملخص

سلسلة الرفع"شفة" هي إحدى السلسلتين الرئيسيتين اللتان تضخان نحو خزان "مرجشكير" (4×2500 م^3) الذي يزوّد بلدية المدية بالمياه. والهدف من هذا المشروع هو إعادة تأهيل محطات الضخ الثلاث التي تشكل هذه السلسلة من أجل تعزيز كفاءة إنتاجها وتلبية الطلب على المياه.

لتحقيق هذا الهدف، قدمنا منطقة الدراسة، وقمنا بتقدير الاحتياجات، وحددنا أن التدفق الذي يتم ضخه من قبل المحطات الثلاث يجب أن يكون 15000 م^3 مكعب في اليوم. بعد ذلك، قمنا بتشخيص الوضعية الحالية للمحطات الثلاث، مما سمح لنا بتحديد مختلف المشاكل المتواجدة في هذه المحطات (اقترحنا الاحتفاظ بنفس مجموعات الضخ الكهربائية واختيار التحكم بواسطة الصمامات كوضع ضبط للمحطات الثلاث). ثم ناقشنا الأساليب والطرق اللازمة لمعالجة جميع التدهورات الملاحظة، بما في ذلك مقترح لتجديد الإمداد بأنابيب الحديد الدكتيل بقطر 400 مم (PN40). ثم قمنا بتقدير التكاليف المرتبطة بهذه الأعمال. وفي النهاية ، ركزنا على حماية وسلامة العمل داخل محطات الضخ.

Résumé

La chaine élévatrice de Chiffa est l'un des deux chaines principales qui refoulent vers le réservoir Merdjechkir (4×2500 m³) qui alimente la commune de Médéa. Et l'objectif de ce projet est de réhabiliter les trois stations de pompages (SP1, SP2 et SP3) constituant cette chaine afin d'améliorer leurs rendement de production et satisfaire la demande en eau.

Pour atteindre cet objectif cela, nous avons présenté la zone d'étude, on a fait une estimation des besoins et on a déterminé que le débit pompé par les trois stations doit être de 15 000m³/j. Après, on a effectué un diagnostic de l'état actuel des trois stations, ce qui nous a permis d'identifier les divers problèmes qui existe au niveau de ces stations (nous avons décidé de garder les mêmes groupes électropompes et d'opter pour une adaptation par vannage pour les trois stations). Puis, on a abordé des méthodes et des approches de réhabilitation pour remédier toutes les dégradations constatées, incluant une proposition de rénovation de l'adduction par des conduites en fonte ductile de DN400mm (PN40). Ensuite, on a estimé les coûts associés à ces travaux. Enfin, nous avons discuté la protection et sécurité de travail au sein des stations de pompage.

Abstract

The Chiffa pumping chain is one of the two main chains that pump towards the Merdjechkir reservoir (4×2500 m³), which supplies water to the Medea municipality. The objective of this project is to rehabilitate the three pumping stations (SP1, SP2, and SP3) that constitute this chain in order to enhance their production efficiency and meet the water demand.

To achieve this goal, we presented the study area, estimated the requirements, and determined that the flow pumped by the three stations should be 15000m³/day. Then, we conducted a diagnosis of the current state of the three stations, which allowed us to identify various issues existing within these stations (we decided to keep the same electro pump groups and opt for a control by valves adaptation for all three stations). Next, we discussed methods and approaches for rehabilitation to address all observed deteriorations, including a proposal for renovating the supply with ductile iron pipes of DN400mm (PN40). Afterward, we estimated the costs associated with these works. Finally, we discussed the protection and safety of work within the pumping stations.

Sommaire

Introduction générale 1

Chapitre I: Présentation de la zone d'étude

Introduction 2
I.1.Situation géographique 2
I.2.Situation Climatique 3
I.2.1. La Température 3
I.2.2. La Pluviométrie 3
I.2.3. Le Vent 3
I.3.Situation Topographique 4
I.4.Situation Séismique 4
I.5. La géologie 5
I.6. La Tectonique 6
I.7. Hydrogéologie 6
I.8. Situation Hydraulique 7
I.8.1 Les ressources hydrauliques 7
I.8.2 Le Réseau de distribution 7
I.8.3 Les Ouvrages de stockages 8
I.9. Présentation de la chaine d'adduction de Chiffa 10
I.9.1. Les Prises d'eau 10
I.9.2. Les Stations de Traitement 10
I.9.3. Les Stations de pompages 14
I.9.4. Le Réservoir Merdjechkir (R1) et les bâches 15
I.9.5. La chaine élévatoire d'adduction de Chiffa: 16
Conclusion 16

Chapitre II: Estimation des Besoins en Eau

Introduction 17
II.1. Estimation de population future 17
II.2. Choix de la dotation 18
II.3. Catégorie de Consommation 19
II.4. Evaluation de la consommation moyenne journalière 19
II.4.1. La consommation moyenne journalière domestique 19
II.4.2. La consommation moyenne journalière des différents équipements 20
II.4.3. Récapitulation de la consommation moyenne journalière 20

II.5. Variation de la consommation journalière 21
II.5.1. La consommation maximale journalière 21
II.5.2. La consommation minimale journalière 21
II.5. Variation de la consommation horaire 22
II.5.1. Le débit moyen horaire 22
II.5.2. Le débit maximale horaire 22
II.5.3. Le débit minimale horaire 23
II.5.4. Evaluation des débits maximale et minimale horaire en fonction de nombre d'habitants 23
II.6. Bilan de comparaison entre les besoins et les ressources 26
II.7. Détermination du débit pompé 28
Conclusion 29

Chapitre III: l 'Etat actuel des trois stations de pompage

Introduction 30
III.1. Description générale des stations 30
III.1.1. La 1ere station (SP1) 30
III.1.2. La 2éme station (SP2) 30
III.1.3. La 3émé station (SP3) 30
III.2. Les Salles de machines 31
III.2.1. Salle de machine de la SP1 31
III.2.2. Salle de machine de la SP2 31
III.2.3. Salle de machine de la SP3 32
III.3. Equipements hydromécanique des les stations de pompages 32
III.3.1. Les pompes 33
III.3.2. Les moteurs 33
III.3.3. Dispositif de levage 34
III.3.4. Protection contre l'incendie 35
III.4. Les équipements hydrauliques 35
III.4.1. les équipements en amont (aspiration) 35
III.4.2. les équipements en aval (refoulement) 38
III.5. Protection contre le coup de bélier 41
III.5.1. Soupape de décharge 41
III.5.2. Réservoir anti-bélier 42
III.6. Les Appareils de contrôle hydraulique 43
III.6.1. les manovacumètres et les manomètres et les capteurs de pression 43

III.6.2. le débitmètre 44
III.7. Les Equipement électriques 44
III.7.1 Les postes transformateurs 44
III.7.2. Les armoires électriques 47
III.8. Etat actuel de bâtiment des 3 stations 51
III.8.1. Condition d'implantation d'une station de pompage 51
III.8.2. Génie civil des stations 51
III.9. Etude de pompage 54
III.9.1. Calcul des hauteurs manométriques (Hmt) 54
III.9.2. Les courbes caractéristiques 56
III.9.3. Le point de fonctionnement 59
III.9.4. Adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement données 61
III.10. Etude de la cavitation 64
III.10.1. Définition de la cavitation 64
III.10.2. les conséquences de la cavitation 65
III.10.3. Condition de non cavitation 65
III.11. l'état des conduites des bâche de reprise 66
Conclusion 67

Chapitre IV: Réhabilitation des trois stations de pompage

Introduction 68
IV.1. Problématique 68
IV.2. Réhabilitation fonctionnelle 69
IV.3. Réhabilitation architecturale 71
IV.3.1. Réhabilitation extérieure 71
IV.3.2. Réhabilitation intérieure 72
IV.4. Réhabilitation structurale 72
IV.4.1. Réhabilitation des éléments en béton 72
IV.4.2. Réhabilitation des éléments en acier 73
IV.5. Les Bâches d'aspiration 73
IV.6. Résolution des problèmes de l'adduction 74
IV.7. Protection des conduites contre la corrosion 74
IV.7.1. Protection intérieure 74
IV.7.2. Protection extérieure 75
IV.7.3. Protection Cathodique 75

IV.8. Proposition de rénovation de l'adduction 76
IV.8.1. Choix de matériau de canalisation 76
IV.8.2. Méthode calcul 77
IV.8.3. Calcul de diamètre économique 78
Conclusion 83

Chapitre V: Protection contre le coup de bélier

Introduction 84
V.1. Définition 84
V.2. Les causes de coup de bélier 84
V.3. Interprétation physique 84
V.4. Les risques dus au coup de bélier 86
V.4.1. Cas de la surpression 86
V.4.2. Cas de la dépression 86
V.4.3. Fatigue de la canalisation 87
V.5. Dispositifs de protection contre le coup de bélier 87
V.6. Vérification de volume des réservoirs d'air 88
V.7. Principe de la méthode VIBERT 88
V.7.1. Calcul de la célérité d'onde 88
V.7.2. Détermination de la valeur de la surpression et de la dépression 89
V.7.3. Calcul du volume du réservoir d'air 90
Conclusion 92

Chapitre VI:Etude de devis estimatif du projet

Introduction 93
VI.1. Réhabilitation des stations de pompage 93
VI.1.1. Fourniture et pose des équipements hydraulique 93
VI.1.2. Coût de réhabilitation du bâtiment des stations de pompage 94
VI.1.3. Coût total de réalisation de projet de réhabilitation 95
VI.2. Proposition de rénovation de l'adduction 95
VI.2.1. Calcul des volumes de terrassement 95
VI.2.2. Devis estimatif des travaux de terrassement 98
VI.2.3. Coût total des conduites 98
VI.2.4. Devis estimatif de la proposition de rénovation de l'adduction 99
VI.3. Devis estimatif de la réalisation de projet de réhabilitation des stations et de la rénovation d'adduction 99
Conclusion 99

Chapitre VII: Protection et sécurité du travail

Introduction 100
VII.1. Bruit et vibration 100
VII.1.1. Définition du bruit 100
VII.1.2. Origine du bruit 100
VII.1.3. Les méfais du bruit 101
VII.1.4. Lutter contre le bruit 102
VII.2. L'hygiène et sécurité dans la station de pompage 102
VII.3. Les risques à considérer lors de conception des ouvrages 103
VII.4. Les risques provenant des matériels et des machines 103
VII.4.1. Installation électrique 103
VII.4.2. Appareils de levage 104
VII.4.3. Appareils à pression 104
VII.4.4. Les risques provenant de produits dangereux 105
VII.4. Les travaux dans les stations de pompage 105
Conclusion……106

Conclusion générale 107
Bibliographie……..……..108

Liste des figures

Chapitre I: Présentation de la zone d'étude

Figure I. 1 : Positionnement de La ville de Médéa (Source : citypopulation.de) 2
Figure I. 2 : Communes limitrophes de Médéa (Source : wikipedia.org) 2
Figure I. 3 : Carte topographique de la ville de Médéa (Source : topographic-map.com) 4
Figure I. 4 : Carte de zonage sismique du territoire national –RPA99/APRES ADDENDA (Source: indesengineering.com) 5
Figure I. 5 : Extrait de la carte géologique et topographique de la région de Médéa, feuille n°86, échelle 1/50000 (source : thèse de doctorat 2014 « analyse, caractérisation, prévision et modélisation du comportement des argiles gonflantes » par medjnoun amal) 6
Figure I. 6: Ressources d'approvisionnement en AEP de la ville de Médéa (Source: DRE de Médéa) . 7
Figure I. 7 : Les Réservoirs Principale et Secondaires de système de distribution de la ville de Médéa (Source : DRE de Médéa) 8
Figure I. 8 : Schéma de fonctionnement actuel de l'étage de distribution R1 (Source : DRE de Médéa) 8
Figure I. 9 : schéma de raccordement sur la ST de Chiffa (Source : ADE de Médéa)..... 11
Figure I. 10 : Station de traitement de Chiffa..... 11
Figure I. 11 : Schéma de principe de fonctionnement de la ST de Chiffa (Source : ADE de Médéa).. 12
Figure I. 12 : Schéma des étapes de traitement de la ST de Chiffa (Source : ADE)..... 12
Figure I. 13 : Les de débourbage..... 12
Figure I. 14 : Chambre de mélange + floculateur, 2 décanteurs et 3 filtres à sable..... 13
Figure I. 15 : Positionnement des 3 stations de pompages (Source: earth.Google.com) 14
Figure I. 16 : Le réservoir Merdjechkir (R1)..... 15
Figure I. 17 : Bâche rectengulaire de la SP1 et bâche circulaire de la SP2..... 15
Figure I. 18 : Schéma synoptique de la chaine élévatrice de Chiffa (Source : Amenhyd D'Alger) 16

Chapitre II: Estimation des Besoins en Eau

Figure II. 1 : Nombre de la population dans les différents horizons 18
Figure II. 2 : Graphe de la consommation totale..... 26
Figure II. 3 : Courbe intégrale de la consommation..... 26
Figure II. 4 : Schéma de fonctionement de La 3éme chaine d'addcution (source : ADE de Médéa).... 28

Chapitre III: l 'Etat actuel des trois stations de pompage

Figure III. 1 : Salle de machine de la SP1 31
Figure III. 2 : Salle de machine de la SP2 32
Figure III. 3 : Salle de machine de la SP3 32
Figure III. 4 : Pont roulant de la SP1 et la SP3..... 34
Figure III. 5 : Conduites d'aspiration individuelle de la SP1..... 38
Figure III. 6 : Conduite d'aspiration individuelle de la SP2 et la SP3 38
Figure III. 7 : Joint de démontage et vanne motorisé de la conduite de refoulement collective de la SP1 et la SP3 39

Figure III. 8 : Conduite de refoulement individuelle (coude + manomètre + clapet + joint de démontage + vanne motorisé) de la SP1 41
Figure III. 9 : Conduite de refoulement individuelle (coude + manomètre + clapet + joint de démontage + vanne motorisé) de la SP2 et la SP3 41
Figure III. 10 : Soupape de décharge de la SP1 42
Figure III. 11 : Les deux réservoir anti bélier de la SP1 42
Figure III. 12 : Compresseur d'air de la SP2 placé dans la salle de machines 43
Figure III. 13 : Manovacumètre 43
Figure III. 14 : Manomètre 44
Figure III. 15 : Débitmètre électromagnétique 44
Figure III. 16 : l'intérieure des postes transformateurs de la SP1 et La SP2 45
Figure III. 17 : Deux cellules de protection générale (clpg) 46
Figure III. 18 : Un compteur de SONELGAZ et un détecteur de défaut ampère métrique 46
Figure III. 19 : équipements de protection 47
Figure III. 20 : vue extérieure et intérieure de l'armoire du disjoncteur principale 47
Figure III. 21 : vue extérieure et intérieure de l'armoire de départ du GEP 3 de la SP1 48
Figure III. 22 : écran graphique 49
Figure III. 23 : Armoires de commandes des groupes électropompes et des vannes de la SP1 49
Figure III. 24 : Armoire affichant des pressions mesurées par les capteurs 50
Figure III. 25 : armoires de compensation de l'énergie réactive de la SP1 et la SP3 50
Figure III. 26 : l'entourage de la SP2 52
Figure III. 27 : l'extérieure de la SP2 et la station de traitement de Chiffa 52
Figure III. 28 : route non revêtue à l'intérieure de la station de traitement de Chiffa (la SP1) et de la SP3 53
Figure III. 29 : L'extérieure des salles de machines de la SP2 et la SP3 53
Figure III. 30 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement SP1-SP2 58
Figure III. 31: Courbe caractéristique de la conduite de refoulement SP2-SP3 58
Figure III. 32: Courbe caractéristique de la conduite de refoulement SP3-RM 59
Figure III. 33 : Couplage de deux pompes en parallèle (Source : mémoire ingéniera « renforcement de l'approvisionnement en eau potable de la ville d'Ain Boucif (W.Médea) » par Benboussad Ibrahim) 59
Figure III. 34 : Détermination de point de fonctionnement (SP1-SP2) 60
Figure III. 35 : Détermination de point de fonctionnement (SP2-SP3) 60
Figure III. 36 : Détermination de point de fonctionnement (SP3-RM) 61
Figure III. 37 : Conduites des bâches 500 m³ de la SP2 et de la SP3 67
Figure III. 38 : Regard des vannes de la SP3 67

Chapitre IV: Réhabilitation des trois stations de pompage

Figure IV. 1 : La courbe d'optimisation SP1-SP2 80
Figure IV. 2 : La courbe d'optimisation SP2-SP3 81
Figure IV. 3 : La courbe d'optimisation SP3-RM 83

Chapitre V: Protection contre le coup de bélier

Figure V. 1 : Les phases de coup de bélier (Source : mémoire ingéniera « renforcement de l'approvisionnement en eau potable de la ville d'Ain Boucif (W.Médea) » par Benboussad Ibrahim) 86

Liste des tableaux

Chapitre I: Présentation de la zone d'étude

Tableau I. 1 :Les températures mensuelles de l'année 2022 la ville de Médéa 3
Tableau I. 2 : Précipitations maximales journaliere pour chaque mois de l'anne 2019 3
Tableau I. 3 : Vitesse de vent au cours de l'année 2022 de la ville de Médéa 3
Tableau I. 4 : Volume disponible des resources d'eau en m³/j 7
Tableau I. 5 : Ouvrages de stockage du système de production et de transfert 9
Tableau I. 6 : Ouvrages de stockage du système de distribution 9
Tableau I. 7 : Les cordonnées WGS 84 / UTM zone 31 N des prise d'eau 10
Tableau I. 8 : Les cordonnées WGS 84 / UTM zone 31 N des Station de Traitement 10
Tableau I. 9 : Qualité d'eau traitée par la ST de Chiffa (Source : ADE de Médéa) 13
Tableau I. 10 : Les cordonnées WGS 84 / UTM zone 31 N des Stations de pompage 14

Chapitre II: Estimation des Besoins en Eau

Tableau II. 1 : Bilan de la population 17
Tableau II. 2 : La consommation moyenne journalière domestique 19
Tableau II. 3 : Consommation moyen journalière des équipements scolaires 20
Tableau II. 4 : Consommation moyen journalière des équipements de la santé 20
Tableau II. 5 : Récapitulation de la consommation moyenne journalière 20
Tableau II. 6 : variation de β max en fonction de nombre d'habitants 22
Tableau II. 7 : variation de β min en fonction de nombre d'habitants 23
Tableau II. 8 : Variation de la consommation horaire en fonction de nombres d'habitants 24
Tableau II. 9 : Variation de la consommation horaire de la commune de Médéa 25
Tableau II. 10 : Bilan de comparaison entre les besoins et le ressources 27

Chapitre III: l 'Etat actuel des trois stations de pompage

Tableau III. 1 : les caractéristiques des GEP des 3 stations 33
Tableau III. 2 : les caractéristiques des conduites d'aspiration individuelle des 3 stations 36
Tableau III. 3 : Vitesses admissibles d'aspiration 36
Tableau III. 4 : Vitesses admissibles de refoulement 39
Tableau III. 5 : les caractéristiques des conduites de refoulement individuel des 3 stations 40
Tableau III. 6 : Résultats de calcul de la Hmt 56
Tableau III. 7 : Résultats de R et équation de la courbe 57
Tableau III. 8: Point qui forment les courbes caractéristiques 57
Tableau III. 9 : Résultats de calcul de Vannage 64
Tableau III. 10 : Résultats de calcul de diminution de temps de pompage 64
Tableau III. 11 : Valeurs de la tension de vapeur saturante en fonction de la tempurature 66
Tableau III. 12 : Résultats de calcul de (NPSH)d 66

Chapitre IV: Réhabilitation des trois stations de pompage

Tableau IV. 1 : Fluctuations journalière des tarifs de l'énergie 78
Tableau IV. 2 : Variation des frais d'investissement pour les différentes diamètres (SP1-SP2) 79
Tableau IV. 3 : Variation des frais d'exploitation pour les différents diamètres (SP1-SP2) 79
Tableau IV. 4 : Variation des coûts totaux pour les différents diamètres (SP1-SP2) 79
Tableau IV. 5 : Variation des frais d'investissement pour les différentes diamètres (SP2-SP3) 80
Tableau IV. 6 : Variation des frais d'exploitation pour les différents diamètres (SP2-SP3) 81
Tableau IV. 7 : Variation des coûts totaux pour les différents diamètres (SP2-SP3) 81
Tableau IV. 8 : Variation des frais d'investissement pour les différentes diamètres (SP3-RM) 82
Tableau IV. 9 : Variation des frais d'exploitation pour les différents diamètres (SP3-RM) 82
Tableau IV. 10 : Variation des coûts totaux pour les différents diamètres (SP3-RM) 82

Chapitre V: Protection contre le coup de bélier

Tableau V. 1 : Les données de Base pour la canalisation actuelle 89
Tableau V. 2 : Les données de Base pour la canalisation proposé 89
Tableau V. 3 : Résultats de calcul de la valeur maximal de la surpression et de la dépression pour la canalisation actuelle 90
Tableau V. 4 : Résultats de calcul de la valeur maximal de la surpression et de la dépression pour la canalisation proposée 90
Tableau V. 5 : Résultats tiré à l'aide de l'abaque de VIBERT pour la canalisation actuelle 91
Tableau V. 6: Résultats tiré à l'aide de l'abaque de VIBERT pour la canalisation proposé 91
Tableau V. 7 : Résultats de calcul de volume des réservoirs d'air par la méhode de VIBERT pour la canalisation actuelle 92
Tableau V. 8 : Résultats de calcul de volume des réservoirs d'air par la méhode de VIBERT pour la canalisation proposée 92

Chapitre VI: Etude de devis estimatif du projet

Tableau VI. 1 : Devis estimatif de réhabilitation des équipements hydrauliques 93
Tableau VI. 2: Devis estimatif de réhabilitation intérieure du bâtiment des stations 94
Tableau VI. 3: Devis estimatif de réhabilitation extérieure du bâtiment des stations 95
Tableau VI. 4: Devis estimatif de projet de réhabilitation des stations de pompage 95
Tableau VI. 5: Résultats de calcul du volume de décapage 96
Tableau VI. 6: Résultats de calcul du volume de déblai 96
Tableau VI. 7: Résultats de calcul du lit de sable 97
Tableau VI. 8: Résultats de calcul du volume de remblai 97
Tableau VI. 9: Résultats de calcul du volume excédentaire 98
Tableau VI. 10: les volumes totaux de terrassements 98
Tableau VI. 11: Devis estimatif des travaux de terrassement 98
Tableau VI. 12: Coût total des conduites 98
Tableau VI. 13: Devis estimatif de la proposition de rénovation de l'adduction 99
Tableau VI. 14: Devis estimatif de projet de réhabilitation des stations et de la rénovation de l'adduction 99

Liste des Planches

Planche I : Plan de la salle des machines de la SP1 et ces accessoires.

Planche II : Plan de la salle des machines de la SP2 et ces accessoires.

Planche III : Schéma synoptique de la chaine élévatrice de Chiffa (W. Médéa).

Planche IV : Tracé d'adduction de la chaine élévatrice de Chiffa (W. Médéa).

Planche V : les profils en long.

Introduction générale

Introduction générale

L'eau, en tant que ressource vitale et précieuse, joue un rôle fondamental dans le développement des pays. Le domaine hydraulique, qui englobe la gestion, la distribution et l'utilisation efficace de l'eau, occupe une place centrale dans l'essor socio-économique d'une nation. L'importance de l'eau ne se limite pas seulement à sa fonction essentielle pour la survie humaine, mais s'étend également à son impact sur l'agriculture, l'industrie, la santé publique, l'énergie et l'environnement.

Le développement d'infrastructures hydrauliques modernes, tels que les barrages, les stations de pompage, les stations de dessalement, les stations d'épuration et de traitement, les systèmes d'irrigation et les réseaux de distribution, contribue non seulement à optimiser l'utilisation de cette ressource limitée, mais aussi à atténuer les effets des sécheresses et des inondations, qui peuvent avoir des conséquences dévastatrices sur les communautés et l'économie d'un pays.

Cette étude est faite dans le cadre de la réhabilitation des trois stations de pompage qui constituent la chaine de Chiffa qui joue un rôle important dans l'approvisionnement en eau potable de la commune de Médéa.

Cette étude est structurée de manière à englober les points suivants :

- La présentation de la zone d'étude et de la chaine élévatrice de Chiffa qui est englobé dans le chapitre I.
- Le chapitre II vise à l'estimation des besoins de l'agglomération pour l'horizon future 2050, déduire le déficit et donner des solutions pour remédier ce déficit. Et de déterminer le débit pompé par les stations de pompages.
- Le chapitre III traite le diagnostic détaillé de l'état actuel des trois stations de pompage et leurs différents équipements.
- Le chapitre IV est consacré à la réhabilitation des stations de pompages et la proposition de rénovation de l'adduction.
- Dans le chapitre V, nous allons parler du coup de bélier : les causes, les risques, les dispositifs de protection afin d'éviter l'occurrence de ce phénomène. Et nous allons vérifier les volumes des réservoirs anti-bélier existant dans ces stations.
- l'estimation du devis des travaux de réhabilitation et rénovation est présenté dans le chapitre VI.
- Enfin dans le dernier chapitre (VII) on va parler de la protection et sécurité de travail au niveau des stations de pompages.

Chapitre I: Présentation de la zone d’étude

Introduction

Il est essentiel de connaître la zone d'étude avant de démarrer un projet afin d'avoir une meilleure idée sur les caractéristiques et les facteurs du site qui influencent la conception de ce dernier.

I.1.Situation géographique

La commune de Médéa (Daïra de Médéa, Wilaya de Médéa) se trouve au nord-ouest de la wilaya et se situe à 90 km au sud-ouest d`Alger, à 48 km à l'est de Khemis Miliana, à 24 km au sud de Blida et à 42 km au nord de Ksar el Boukhari, et elle a pour coordonnés géographiques (1) :

- Latitude : 36° 16′ 3″ Nord
- Longitude : 2° 45′ 0″ Est



Figure I. 1 : Positionnement de La ville de Médéa (Source : citypopulation.de),

La commune de Médéa a une surface de 6350 hectares et elle limité par :

- La commune de Temesguida au Nord
- La commune d'EL Hmdania au Nord et Nord-Est
- La commune d'Ouzeraàl'Est et Sud-Est
- La commune de Tizi Mahdi au Sud
- La commune de Draa Essamar à l'Ouest

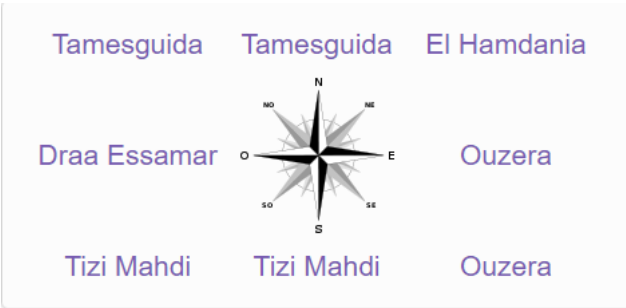


Figure I. 2 : Communes limitrophes de Médéa (Source : wikipedia.org)

I.2.Situation Climatique

Médée a un climat méditerranéen avec des étés courts, chauds, secs et généralement clairs et des hivers longs, froids et partiellement nuageux.

I.2.1. La Température

Le tableau suivant montre les valeurs de la température mensuelles de la ville de Médéa :

Tableau I. 1 : Les températures mensuelles de l'année 2019 la ville de Médéa

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	MOY
T (°C)	23.1	19.9	14.5	12.7	10.2	10.4	13.8	15.5	18.7	23.5	25.8	26.3	17.87

Source : ANRH

D'après ce tableau, on voit que les valeurs élevées sont observées pendant l'été (juin à septembre) avec des températures mensuelles comprises entre 23.5 et 26.3°C. En revanche, les valeurs basses sont observées en hiver (décembre à mars) avec des températures mensuelles variant entre 12.7 et 13.8 °C.

I.2.2. La Pluviométrie

Le tableau ci-dessous présente l'évolution des précipitations moyenne annuelle observées par la station du secteur de Médéa pour chaque mois de l'année 2019 en mm :

Tableau I. 2 : Précipitations moyenne annuelle de l'anneé 2019

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
P (mm)	28.53	31.51	59.24	62.10	76.94	55.72	50.20	58.54	36.02	12.41	6.37	15.04	492.62

Source : ANRH

Nous constatons que la plus grande valeur est observée en janvier (76.94 mm) et la plus petite est observée en juillet (6.37 mm).

I.2.3. Le Vent

Le tableau suivant présente la variation de la vitesse du vent de la ville de Médéa au cours de l'année en km/h :

Tableau I. 3 : Vitesse de vent mensuelle de l'année 2019 de la ville de Médéa

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
V (Km/h)	11.74	11.7	12.17	14.25	13.14	13.86	12.99	13.14	12.99	12.67	13.53	13.39

Source : ANRH

On note que la vitesse du vent varie au cours de l'année entre 11,7 à 14,25 km/h.

I.3.Situation Topographique

Avant tout projet on a besoin d'élaborer un levé topographique pour pouvoir faire des profils en long, le choix des tracés, et déterminer les lieux d'implantation des réservoirs, stations de pompages, stations de traitement,.....

Médéa est une ville de montagne de l'Atlas tellien, caractérisé par un relief accidenté. La région se trouve dans une dépression entre le massif de l'Ouarsenis au sud et l'Atlas blidéen au nord, au pied du djebel Nador, qui atteint une altitude de 1 108 mètres (2), elle est caractérisée par une altitude élevée et un relief très accidenté. L'altitude moyenne de Médéa est de 981m.

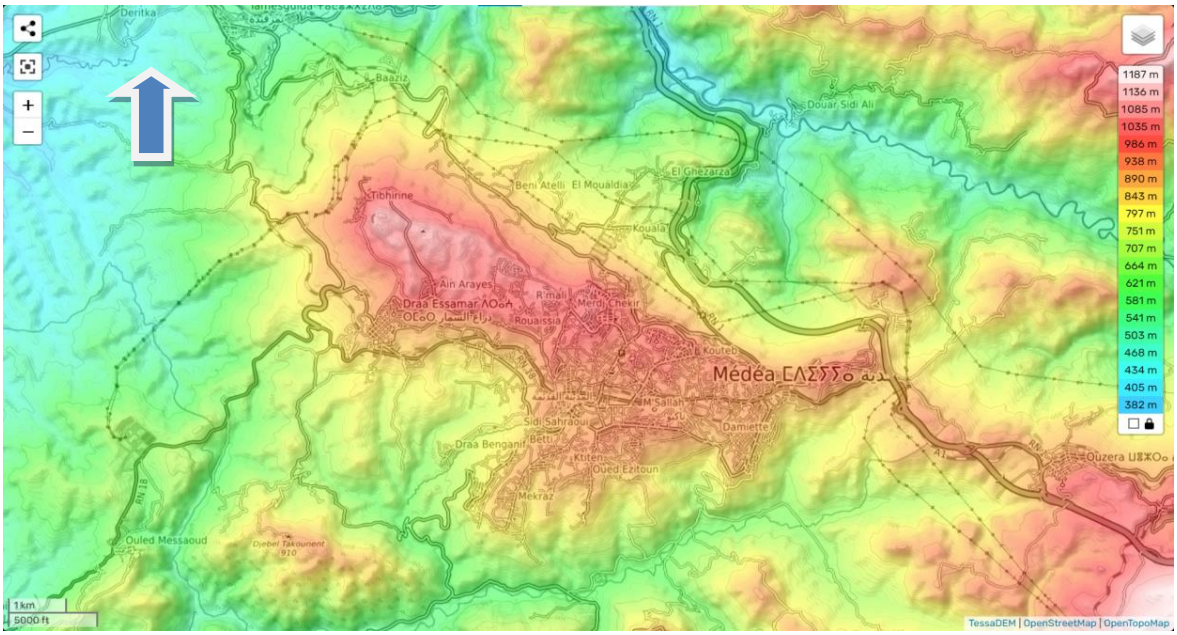


Figure I. 3 : Carte topographique de la ville de Médéa (Source : topographic-map.com)

I.4.Situation Séismique

La carte de zonage sismique d'Algérie selon la norme RPA99 version 2003, élaboré par le Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique (CGS) est une carte qui découpe en cinq zones de sismicité croissante le territoire national:

- Zone 0 : zone à sismicité négligeable.
- Zone I : sismicité faible.
- Zone IIa : sismicité moyenne.
- Zone IIb : sismicité élevée.
- Zone III : sismicité très élevée.

D'après cette carte on voit que notre zone d'étude se trouve dans la Zone IIa

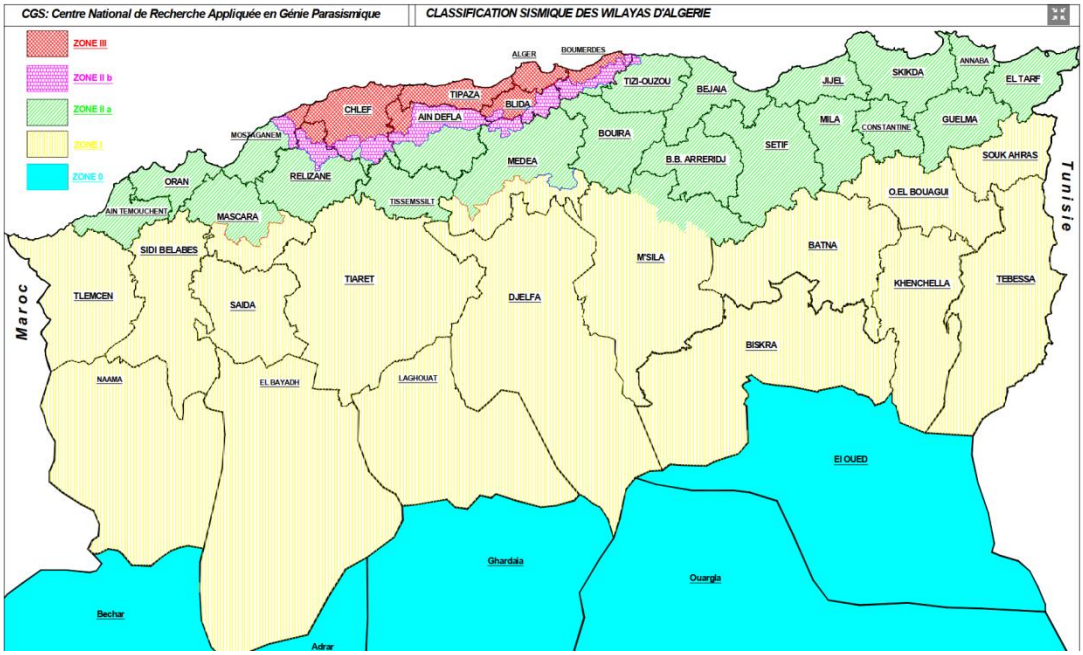


Figure I. 4 : Carte de zonage sismique du territoire national –RPA99/APRES ADDENDA (Source: indesengineering.com)

I.5. La géologie

La nature géologique du terrain est l'un des facteurs majeurs à l'origine des phénomène de glissements de terrain et divers problèmes et risques géotechniques qui peuvent déstabiliser l'ouvrage et son environnement. A cause de ca, il est important de connaître la nature géologique de la zone et de ses environs.

La grande majorité du territoire communal est représentée, essentiellement par des dépôts néogènes post-nappes et quaternaires en discordance sur un substratum d'âge crétacé. Le plateau du chef-lieu sur un rayon de 3km environ est formé d'un noyau rocheux stable (généralement gréseux) de l'Est à l'Ouest entre Damiette et Tibhirine et du Nord au Sud entre Oued Zeitoun, Theniet el Hdjer et Beziouache. La zone périphérique est constituée des argiles et des marnes ou des formations hétérogènes qui en présence des eaux à des comportements très variable (3).

D'après une étude de sol réalisée sur plusieurs sites de Médéa, les résultats des sondages carottés, montrent un sous sol marneux, surmonté par des argiles marneuses bariolées, parfois compactes. En surface, ce complexe argilo-marneux est recouvert d'un manteau de 0,60 à 6,00 m d'épaisseur constitué de terre végétale, d'argiles limoneuses sableuses à graveleuses par endroit de couleur beige à brunâtre (4).

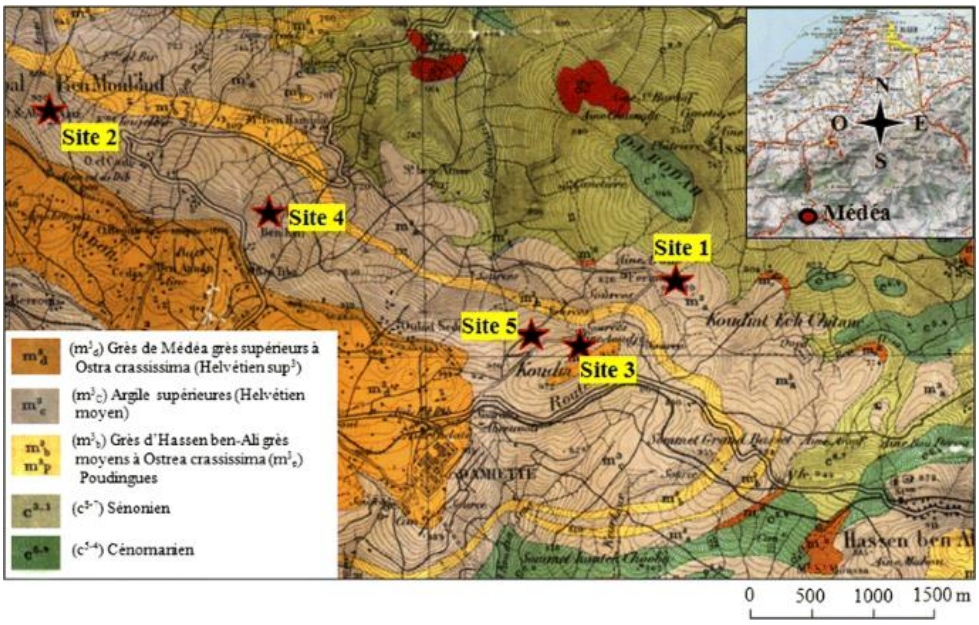


Figure I. 5 : Extrait de la carte géologique et topographique de la région de Médéa, feuille n°86, échelle 1/50000 (source : thèse de doctorat 2014 « analyse, caractérisation, prévision et modélisation du comportement des argiles gonflantes » par medjnoun amal)

I.6. La Tectonique

La région de Médéa est positionner dans le domaine tellien et est constituée des anticlinorium de Blida et Tablat correspondant aux massifs indigènes du sud sur lesquels s'établissent les couches telliennes. Les mouvements tectoniques enregistrés dans la région sont liés à l'orogenèse alpine (5); Ils sont divisés en 2 types de déformation :

- Les déformations tangentielles : se manifestent par les déplacements de nappes de charriage.
- Les déformations souples et cassantes : se manifestent par des plis et des failles de directions différentes.

I.7. Hydrogéologie

Le plateau de Médéa est constitué par des grés perméables plus ou moins sableuses, d'épaisseur moyenne de 50m, reposants sur une formation marneuse imperméable, les grés sont aquifères qui alimentent les sources et les puits de la région. Des intercalations d'argile dans la couche perméable donnent naissance à plusieurs petites nappes superposées (3):

- Nappe des formations sableuses.
- Nappe des grès.
- Nappe des éboulis.

A noter que, la perméabilité est très faible sur presque la totalité de la surface communale (composition lithologique ayant des éléments très fins comme les marnes et les argiles).

I.8. Situation Hydraulique

I.8.1 Les ressources hydrauliques

Les principales ressources d'approvisionnement en eau potable de Médéa sont constituées :

- De l'eau de surface : les eaux de barrage « Ghrib », les eaux de captage à partir des oueds.
- De l'eau des nappes souterraines : les eaux des forages et des puits.
- De l'eau des sources.

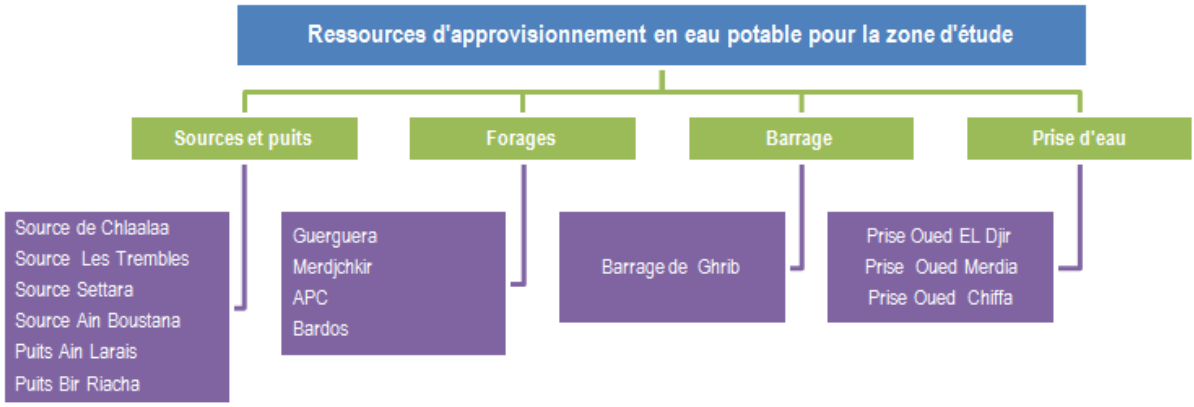


Figure I. 6: Ressources d'approvisionnement en AEP de la ville de Médéa (Source: DRE de Médéa)

Le tableau suivant montre le volume disponible des ressources qui alimente la ville de Médéa :

Tableau I. 4 : Volume disponible des resources d'eau en m³/j

Ressource	Volume disponible (m^3/j)
Sources et puits	430
Forages	430
Station de Ghrib	36 000
Station de Chiffa	10 300
Total	**47 160**

Source : DRE de Médéa

Donc le volume disponible des ressources est 47 160 m³/j.

I.8.2 Le Réseau de distribution

Le réseau distribution du périmètre d'étude est un réseau étagé conçu pour répondre aux contraintes topographiques de la ville de Médéa. Il est organisé en 17 étages principaux de distribution distincts bénéficiant chacun d'un réservoir de stockage propre et pouvant dans certains cas se sécuriser mutuellement. Chaque secteur hydraulique principal du réseau a été codifié de manière à correspondre à la nomenclature des réservoirs établie (6).

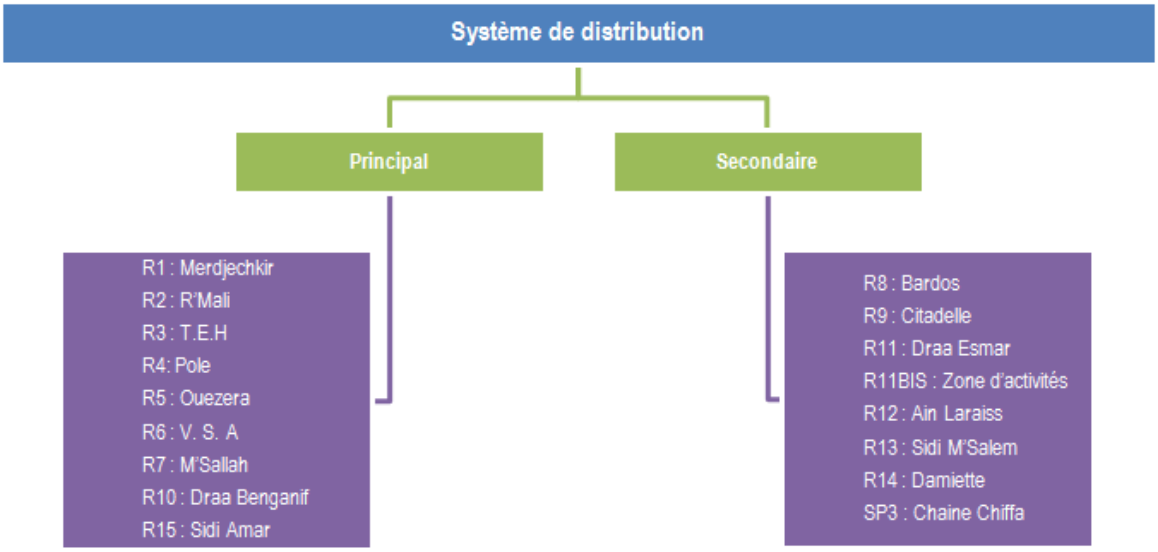


Figure I. 7 : Les Réservoirs Principale et Secondaires de système de distribution de la ville de Médéa (Source : DRE de Médéa)

A partir du réservoir principal de Merdjechkir (R1) de 10 000 m^3, l'eau est mise en distribution sur l'ensemble du système de distribution de Médéa et Ouzera après avoir transité par un ou plusieurs réservoirs dont certains pouvant être qualifiés de réservoirs stratégique.

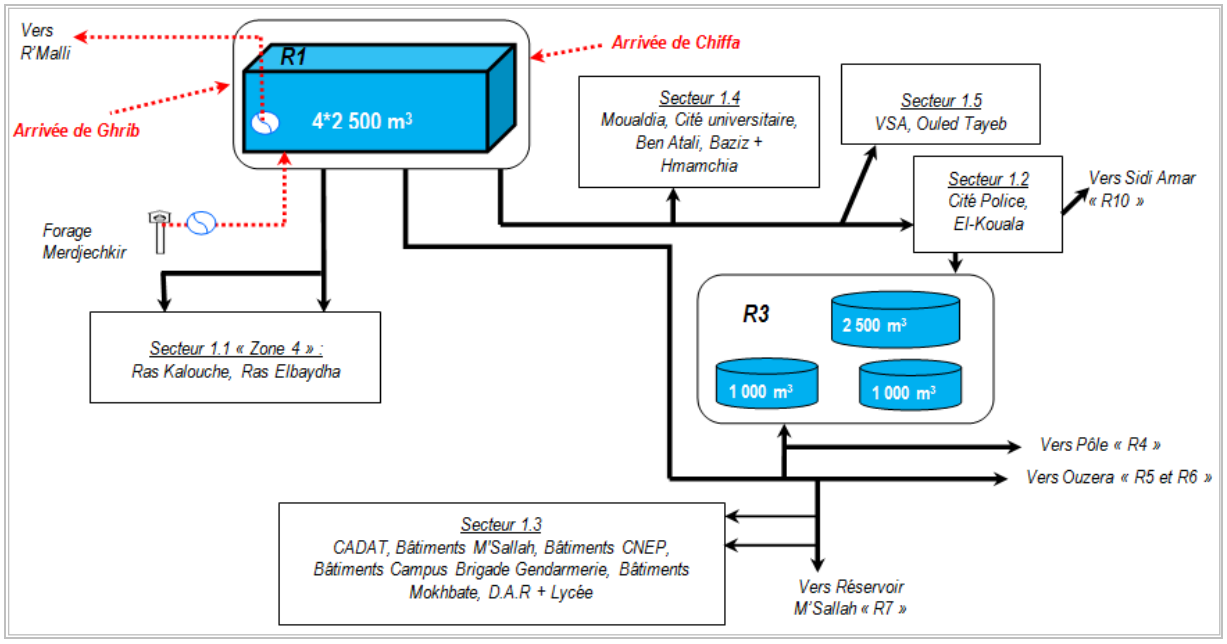


Figure I. 8 : Schéma de fonctionnement actuel de l'étage de distribution R1 (Source : DRE de Médéa)

I.8.3 Les Ouvrages de stockages

Le système d'alimentation en eau potable de Médéa a plusieurs ouvrages de stockage pour la production et la distribution de l'eau.

I.8.3.1 Les Ouvrages de stockages du système de production et de transfert

Tableau I. 5 : Ouvrages de stockage du système de production et de transfert

Nom usuel	Commune d'implantation	Nb de cuve	Forme	Type	Capacité (m^3)	Alimenté par	Destination de l'eau
SP1	El-Hamdania	1	Circulaire	Au sol	1000	Station de Chiffa	SP2
SP2	El-Hamdania	1	Circulaire	Au sol	500	SP1	SP3
SP3	El-Hamdania	1	Circulaire	Au sol	500	SP2	Réservoir Merdjechkir
Réservoir tampon Hannacha	Hannacha	1	Circulaire	Au sol	500	SP1	Brise charge Ould Messaoud
Brise charge Ould Messaoud	Oued Harbil	1	Rectang-ulaire	Au sol	500	Réservoir tampon Hannacha	Réservoir Merdjechkir

Source : DRE de Médéa

I.8.3.2 Les Ouvrages de stockages du système de distribution

Tableau I. 6 : Ouvrages de stockage du système de distribution

N°	Nom usuel	Commune d'implantation	Nb de cuve	Forme	Type	Capacité (m^3)
R1	Merdjchekir	Médéa	4	Rectangulaire	Au sol	4*2500
R2	R'Mali	Médéa	3	Circulaire	Au sol	2*2500 + 1000
R3	T.E.H	Médéa	3	Circulaire	Au sol	2500 + 2*1000
R4	Pole	Médéa	1	Circulaire	Au sol	2000
R7	M'Sallah	Médéa	3	Circulaire + 2 Rectangulaire	Au sol	2*2500 + 1000
R8	Bardos	Médéa	2	Circulaire	Au sol	1000 + 500
R9	Citadelle	Médéa	2	Rectangulaire	Au sol	2*640
R10	Draâ Benganif	Médéa	1	Circulaire	Au sol	200
R12	Ai Araiss	Médéa	1	Circulaire	Au sol	200
R14	Damiette	Médéa	1	Circulaire	sur tour	200
R15	Sidi Amar	Médéa	1	Circulaire	sur tour	200

Source : DRE de Médéa

I.9. Présentation de la chaine d'adduction de Chiffa

La chaine d'adduction de Chiffa a un système complexe formé des éléments suivants :

I.9.1. Les Prises d'eau

Cette chaine contient trois prises d'eau principales : prise d'eau Oued Chiffa, prise d'eau Oued El Djir et la prise d'eau d'Oued El Merdja. Les cordonnées de ces prises d'eau sont montrer dans le tableau suivant :

Tableau I. 7 : Les cordonnées WGS 84 / UTM zone 31 N des prise d'eau

Prise d'eau	X	Y	Z
Oued El Merdja	479 782	4 025 784	330
Oued El Djir	479 354	4 021 782	390
Oued Chiffa	478 922	4 021 071	387

Source : ADE de Médéa

On pas pu trouver les données de variations saisonnières de ces prises d'eau.

I.9.2. Les Stations de Traitement

Il y a deux stations de traitement dans cette chaine dont les cordonnées sont regroupées dan le tableau ci-dessous :

Tableau I. 8 : Les cordonnées WGS 84 / UTM zone 31 N des Station de Traitement

Station de traitement	X	Y	Z
monobloc d'El Hamdania	479 730	4 025 465	335
De Chiffa	478 900	4 021 150	386

Source : ADE de Médéa

I.9.2.1. Station de Traitement monobloc El Hamdania

Elle est située à environ 300m de la prise d'eau d'Oued El Merdja, elle a été mise en service en 2005, sa filière de traitement est de type physico-chimique dont les étapes sont : floculation, décantation, filtration sous pression sur lit de sable, et désinfection à l'eau de javel; avec un débit nominal de traitement de 4300 m^3/j.

Cette station constitue une étape intermédiaire de traitement des eaux de prélèvement d'Oued El Merdja avant son refoulement vers la station principal de Chiffa, elle est intégralement by-passée.

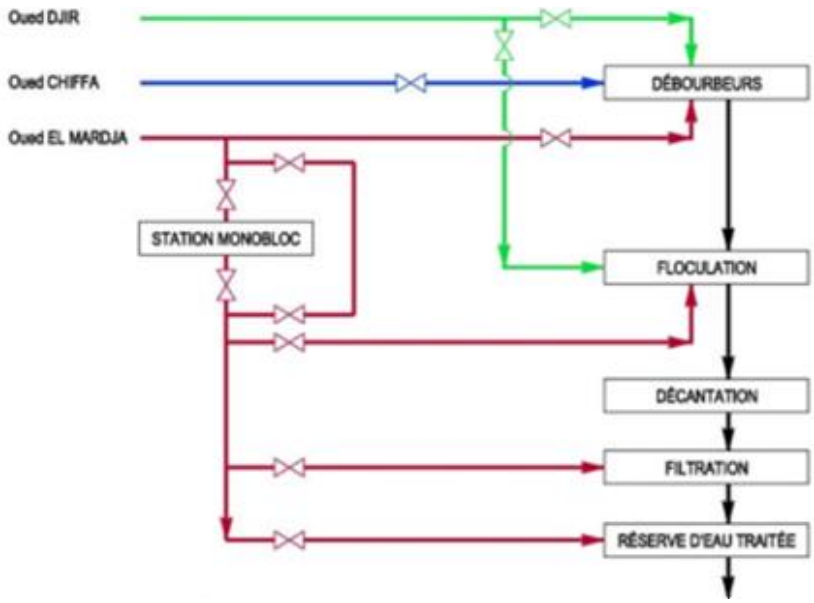


Figure I. 9 : schéma de raccordement sur la ST de Chiffa (Source : ADE de Médéa)

I.9.2.2. Station de Traitement de Chiffa



Figure I. 10 : Station de traitement de Chiffa

Elle a été mise en service en 1974, Cette station traite les eaux brutes proviennent d'Oued el Djir et d'Oued de Chiffa et les eaux prétraité (d'Oued el Merdja) proviennent de la station monobloc d'El Hamdania.

L'eau traitée sera stockée dans une bâche de 1000m³ située sur le site de la station de traitement de Chiffa qui marquera le point de départ de la chaine d'adduction de Chiffa.

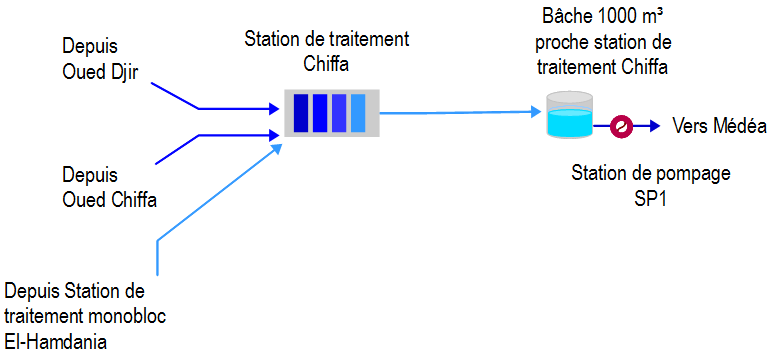


Figure I. 11 : Schéma de principe de fonctionnement de la ST de Chiffa (Source : ADE de Médéa)

La filière de traitement est de type physico-chimique classique constituée des étapes suivantes : débourbage, coagulation-floculation, décantation, filtration rapide sur lit de sable, et désinfection à l'eau de javel. Elle a un débit nominal de traitement de 10 300 m³/j.

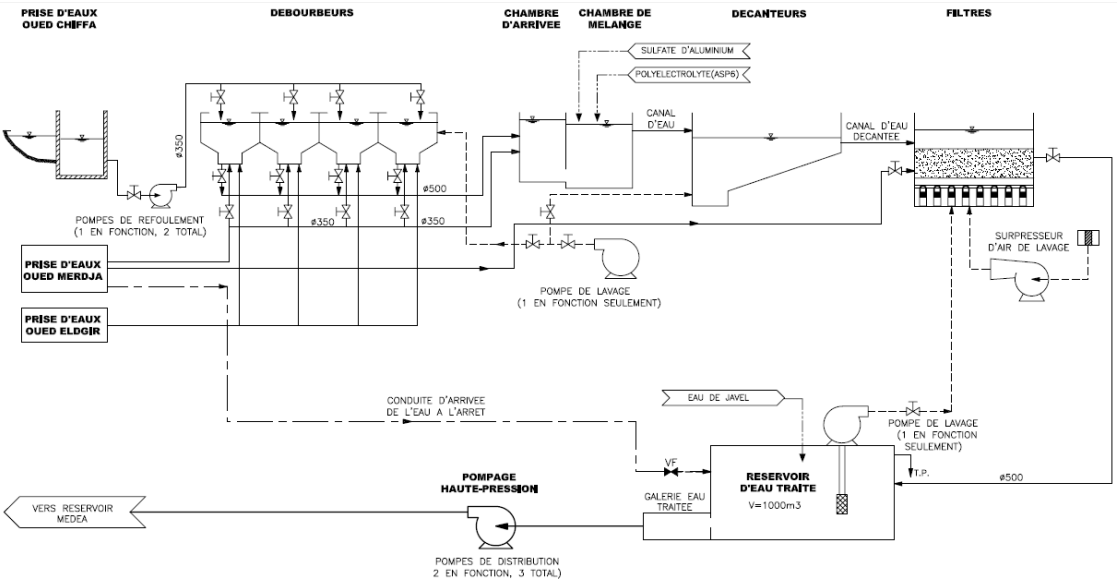


Figure I. 12 : Schéma des étapes de traitement de la ST de Chiffa (Source : ADE)



Figure I. 13 : Les de débourbage



Figure I. 14 : Chambre de mélange + floculateur, 2 décanteurs et 3 filtres à sable

Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau traitée prélevée dans la réserve de stockage de la filière de traitement, communiquées par l'ADE, sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau I. 9 : Qualité d'eau traitée par la ST de Chiffa (Source : ADE de Médéa)

Qualité d'eau traitée (Période: 02/2016 à 07/2017)				
Paramètres	**MIN**	**MOY**	**MAX**	**NORME**
pH	7,03	7,81	8,26	6,5 < pH < 8,5
Température (°C)	12,80	14,67	21,70	< 20°C (valeur guide)
Turbidité (NTU)	0,20	0,82	1,60	< 1 NTU (valeur guide)
Conductivité (µS/cm)	430	581	759	< 1000 µS/cm (valeur guide)
Dureté TH (°F)	31,00	38,94	47,00	> 20°F (valeur guide)
TAC (°F)	14,00	20,16	25,10	-
MO (mg/l)	0,00	0,55	2,50	-
Ca++ (mg/l)	56,07	95,65	116,00	-
Mg++ (mg/l)	17,01	37,31	53,46	-
Na+ (mg/l)	17,00	34,06	100,00	-
K+ (mg/l)	0,60	1,83	4,40	-
Mn++ (mg/l)	0,00	0,00	0,00	< 0,4 mg/l
Fe+++ (mg/l)	0,00	0,00	0,00	-
Al+ (mg/l)	0,00	0,01	0,02	< 0,2 mg/l
NH4+ (mg/l)	0,00	0,00	0,00	-
HCO3- (mg/l)	170,00	243,91	306,00	-
Cl- (mg/l)	24,80	43,86	99,00	< 250 mg/l (valeur guide)

Paramètres	MIN	MOY	MAX	NORME
NO2- (mg/l)	0,00	0,00	0,00	< 0,2 mg/l
NO3- (mg/l)	0,00	3,28	7,95	< 50 mg/l
PO4--- (mg/l)	0,00	0,00	0,00	-
SO4-- (mg/l)	130,00	187,98	300,00	< 500 mg/l (valeur guide)
Résidu sec (mg/l)	380	514	692	-

Source : ADE de Médéa

On remarque que les valeurs moyennes des paramètres sont dans les normes.

I.9.3. Les Stations de pompages

Il existe trois stations de pompages (SP) sur le système de la chaine d'adduction de Chiffa qui refoule vers la ville de Médéa (réservoir de Merdjechkir), ces 3 stations seront le sujet principal de cette mémoire :

- SP1 : située à l'intérieure de la station de traitement de Chiffa refoule l'eau vers la première bâche de reprise intermédiaire de la SP2.
- SP2 : refoule l'eau vers la deuxième bâche de reprise intermédiaire de la SP3.
- SP3:refoule l'eau vers le réservoir Merdjechkir.

Tableau I. 10 : Les cordonnées WGS84 / UTM zone 31 N des Stations de pompage

Station de pompage	X	Y	Z
SP1	478 900	4 021 150	389
SP2	479412	4018055	637
SP3	478394	4016232	805

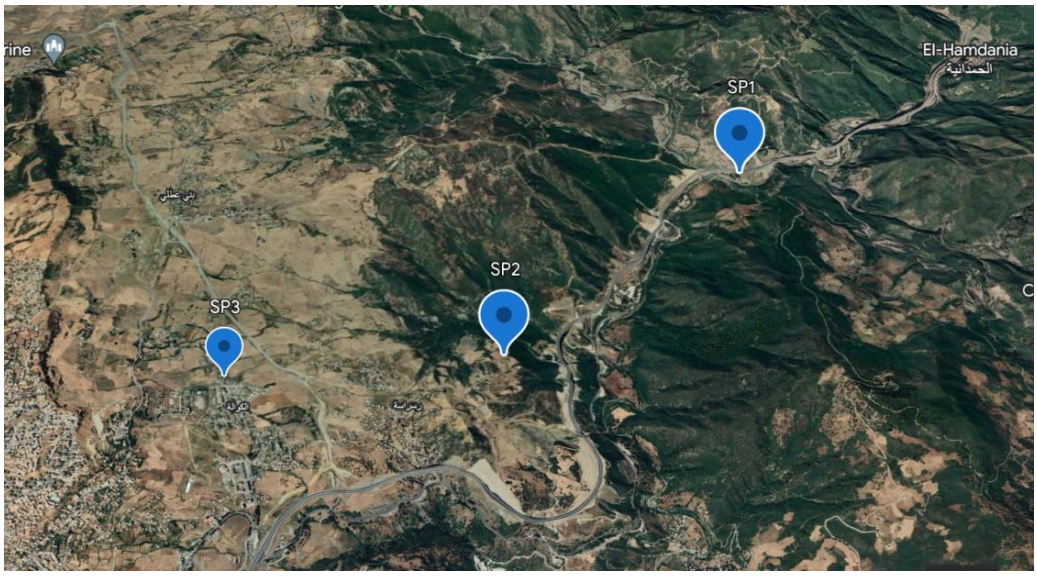


Figure I. 15 : Positionnement des 3 stations de pompages (Source: earth.Google.com)

I.9.4. Le Réservoir Merdjechkir (R1) et les bâches

Comme on a dit précédemment, le réservoir de Merdjechkir (R1) qui le point de déchargement final de la chaine Chiffa-Médéa, se situe sur la commune de Médéa à une latitude de 36° 16′ 49″ Nord et une longitude de 2° 45′ 15″ Est, est un réservoir rectangulaire semi-enterré de capacité de stockage 10 000m^3(4×2500) , a une cote de radier Cr = 1015m et une cote trop plein Ctp = 1020.8m



Figure I. 16 : Le réservoir Merdjechkir (R1)

Et on a dit qu'au niveau de la SP1 il existe une bâche rectangulaire enterrée de capacité 1000m^3 qui est le point de départ de la chaine Chiffa-Médéa et au niveau de la SP2 et la SP3 on trouve 2 bâches de reprise circulaire semi-enterrée de capacité 500 m^3.



Figure I. 17 : Bâche rectengulaire de la SP1 et bâche circulaire de la SP2

I.9.5. La chaine élévatoire d'adduction de Chiffa:

À partir de la bâche de 1000m^3(point de départ) qui situe dans la station de traitement de Chiffa, l'eau sera acheminée vers Le réservoir de Merdjechkir (point de déchargement finale)située en amont de la ville de Médéa via une chaine élévatoire constituée des 3 stations de pompage (SP1, SP2, SP3) et de deux bâches de reprises intermédiaires de 500 m3 qui se trouve au niveau de la SP2 et de la SP3.

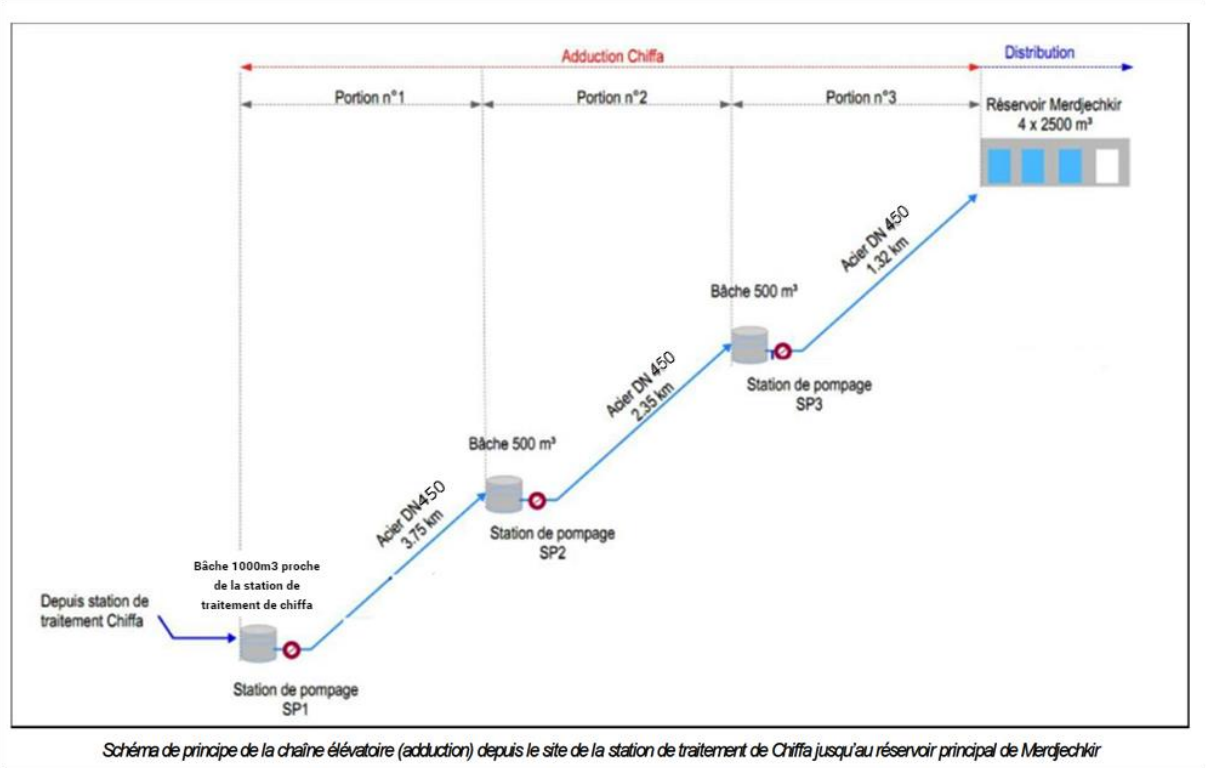


Figure I. 18 : Schéma synoptique de la chaine élévatrice de Chiffa (Source : Amenhyd D'Alger)

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la zone d'étude des points de vue géographique, climatique, topographique, géologique, hydrogéologique, Hydraulique…….. Et nous avons aussi présenté les prises d'eau et les stations de traitement et de pompages qui compose la chaine d'adduction de Chiffa.

Chapitre II: Estimation des Besoins en Eau

Introduction

Dans ce chapitre on va calculer les différents débits de consommation (moyen/maximale journalier, moyen/maximale horaire) pour l'horizon future (2053) et on va estimer le débit qui doit être pompé par les stations de pompage.

II.1. Estimation de population future

Pour faire une étude d'estimation des besoins en eau à l'horizon future on va d'abord calculer le nombre de la population à ce horizon en utilisant la loi géométrique :

$$P_n = P_0 \times (1+\tau)^n \quad (\mathbf{II.1})$$

Avec :

- P_0 : Population d'année de référence.
- P_n : Population à l'horizon future.
- τ : Taux d'accroissement.
- n : Différence entre les horizons.

Le tableau suivant montre un bilan de la population faite par la DRE de la wilaya de Médéa :

Tableau II.1 : Bilan de la population

Année	1998	2008	2015
Population de Médéa (hab)	123498	138355	158 081

Source : DRE de Médéa

Et selon le dernier recensement qui a été fait l'année dernière (2022) le nombre total de la population de la ville de Médéa est **195747** habitants. D'après ces valeurs, on voit que le taux d'accroissement a varie pendent ces années entre 1.14% à 2.7% donc pour le calcul de la population en 2053 on va choisir un taux d'accroissement de 1,7%.

A.N :

$$P_{2053} = P_{2022} \times (1+\tau)^{31}$$

$$= 195747 \times (1+1{,}7\%)^{31}$$

$$= \mathbf{330099}\ \boldsymbol{habitants}$$

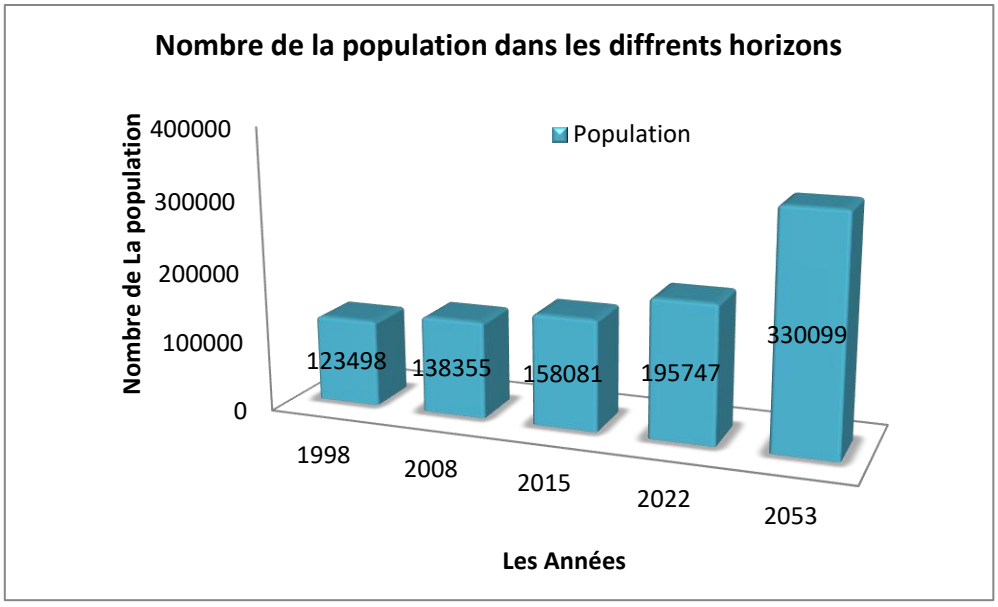


Figure II. 1 : Nombre de la population dans les différents horizons

II.2. Choix de la dotation

La dotation ou la norme de consommation est définie come étant la quantité d'eau nécessaire pour satisfaire les différents besoin de la population (besoins domestique, public, de l'irrigation, industriel,……). Son évaluation se fait généralement en litre par jour et par unité (par habitant, par mètre carré de surface de végétaux, par tonne de production, par tête d'animal, par véhicule……etc.). (7)

Le choix de la dotation dépend des différents paramètres :

- le nombre d'habitants.
- Le niveau de vie et les habitudes de la population.
- Le développement urbain de la ville.
- Les ressources existantes et exploitables.

La dotation peut-être déterminée comme suit :

- Commune rurale : considéré comme étant une agglomération de moins de 2000 habitants: 125littre/jour/habitants (200 littres/jours/habitants si l'élevage est intensif).
- Commune dont la population est supérieure à 2000 habitants.
  - Ville de moins de 20000 habitants : 150 à 200 littres/jours/habitants.
  - Ville de 20000 à 100000 habitants : 200 à 300 littres/jours/habitants.
  - Ville de plus de 100000 habitants : 300 à 350 littres/jours/habitants.

Notre ville a plus de 100000 habitants donc la dotation doit être 300 à 350 l /j/hab mais avec le manque des ressources en eau causé par la période de sécheresse qui nous avons vécu ces derniers années et qui va probablement continue on ne peut pas assurer cette dotation pour chaque habitants. Donc on va choisir une dotation de **150** l/j/hab.

II.3. Catégorie de Consommation

Il faut connaitre les différentes catégories de consommation qui existe dans une agglomération pour savoir la quantité et la qualité d'eau potable qu'on doit fournir pour satisfaire les besoins de chacun de ces types :

- **Besoins domestiques :** l'utilisation de l'eau pour les ménages, la boisson, la préparation des repas, le lavage de la vaisselle et du linge, les douches etc.
- **Besoins publics :** l'eau destinée pour les hôpitaux, les écoles, l'APC, banque, l'arrosage des jardins publics, nettoyage des marchés….etc.
- **Besoins industriels :** c'est la quantité d'eau consommé par les industries, cette quantité et la qualité de l'eau dépend du type de produit fabriqué ou transformé (plastique, papier, coton…..).
- **Besoins d'incendie :** c'est une quantité d'eau réservée pour la lutte contre les incendies.

II.4. Evaluation de la consommation moyenne journalière

La consommation moyenne journalière ou débit moyen journalier, noté « $Q_{moy.j}$» est le produit de la dotation et le nombre de consommateur pour chaque groupe de catégorie. Et elle est calculée par la formule suivante :

$$Q_{moy.j} = \frac{dot \times N_i}{1000}\left(\frac{m^3}{\text{j}}\right) \quad (\mathbf{II.2})$$

Avec :

- $Q_{moy.j}$: débit moyen journalier enm^3/j.
- N_i : nombre de consommateur de chaque catégorie.
- dot : la dotation en l/j/consommateur.

II.4.1. La consommation moyenne journalière domestique

On peut la calculer en multipliant le nombre d'habitants par à l'horizon future par la dotation qui nous avons choisi précédemment. Le résultat sera montré dans le tableau ci-dessous :

Tableau II. 2 : La consommation moyenne journalière domestique

Nombre d'habitants (2050)	Dotation (l/j/hab)	$Q_{moy.j}(m^3/j)$	$Q_{moy.j}$(l/s)
330099	150	49514.85	573.089

Le débit moyen journalier domestique est **49514.85 m^3/j**

II.4.2. La consommation moyenne journalière des différents équipements

Je n'ai t trouvé que des informations sur les équipements scolaires et de la santé pour la commune de Médéa au niveau de la Direction de Programmation et Suivi Budgétaire de la Wilaya de Médéa (DPSB de Médéa) et concernant les industries il y'en pas au niveau de la commune de Médéa. Les résultats sont groupés dans les tableaux suivants :

Tableau II. 3 : Consommation moyen journalière des équipements scolaires

	nombre d'établissement	**nombre de classe**	**Nombre d'élèves**	**dotation (l/j/élève)**	$Q_{moy.j}$ (m^3/j)
école public	62	544	22573	15	338,595
école prive	1	21	355	15	5,325
CEM	24	417	16521	15	247,815
lycée	10	233	8286	15	124,29
Total			47735	15	**716,025**

Tableau II. 4 : Consommation moyen journalière des équipements de la santé

	Nombre de lits	**Dotation (l/J/lit)**	$Q_{moy.j}$ (m^3/j)
hôpital	500	300	150

II.4.3. Récapitulation de la consommation moyenne journalière

Après avoir calculé les besoins domestiques et les besoins des équipements scolaires et de la santé, on va faire une majoration de 30% pour prendre en considération les autres équipements qui on n'a pas pu avoir des informations à leur sujet et les équipements qui vont être projetés, une autre majoration de 15% pour les fuites et le gaspillage et on fait la somme pour avoir le débit moyen journalier Les résultats sont regroupés dans les tableaux ci-après :

Tableau II. 5 : Récapitulation de la consommation moyenne journalière

Type de Besoins	**Consommation moyenne journalière en (m^3/j)**	**Consommation moyenne journalière en (l/s)**
Domestique	49514.85	573.089
Scolaires	716,025	8,287
De la Santé	150	1,736
La somme des Besoins	50380,875	583,112
Majoration de 30%	15114,263	174,934
Majoration de 15%	7557.131	87.467
Total	**73052,269**	**845,512**

Donc le débit moyen journalier de la commune Médéa est **73052,269 m^3/j**.

II.5. Variation de la consommation journalière

II.5.1. La consommation maximale journalière

Elle correspond à la journée de l'année où la consommation est plus forte par rapport à la consommation moyenne déterminée, il existe un rapport qui nous indique de combien de fois la consommation maximale dépassera la consommation moyenne, ce rapport est le coefficient d'irrégularité journalière maximum noté $K_{max.j}$ (7). Et on peut calculer la consommation maximale journalière noté $Q_{max.j}$ par la relation suivante :

$$Q_{max.j} = K_{max.j} \times Q_{moy.j} \left(\frac{m^3}{\text{j}}\right) \qquad (\mathbf{II.3})$$

Avec :

- $Q_{max.j}$: débit maximale journalier enm^3/j.
- $Q_{moy.j}$: débit moyen journalier enm^3/j.
- $K_{max.j}$: le coefficient d'irrégularité journalière maximum et $K_{max.j}$ = [1.1-1.3] pour notre étude on prend $K_{max.j}$=1.2

A.N: $Q_{max.j} = 1.2 \times 73052{,}269 =$ **87662.723 m^3/j**

II.5.2. La consommation minimale journalière

Elle correspond à la journée de l'année où la consommation est plus faible par rapport à la consommation moyenne déterminée, il existe un rapport qui nous indique de combien de fois la consommation minimale est inferieure à la consommation moyenne, ce rapport est le coefficient d'irrégularité journalière minimum noté $K_{min.j}$ (7). Et on peut calculer la consommation minimale journalière noté $Q_{min.j}$ par la relation suivante :

$$Q_{min.j} = K_{min.j} \times Q_{moy.j} \left(\frac{m^3}{\text{j}}\right) \quad (\mathbf{II.4})$$

Avec :

- $Q_{min.j}$: débit minimale journalier enm^3/j.
- $Q_{moy.j}$: débit moyen journalier enm^3/j.
- $K_{min.j}$: le coefficient d'irrégularité journalière minimum et $K_{min.j}$ = [0.7-0.9] pour notre étude on prend $K_{min.j}$=0.8

A.N: $Q_{min.j} = 0{,}8 \times 73052{,}269 =$ **58441.815 m^3/j**

II.5. Variation de la consommation horaire

II.5.1. Le débit moyen horaire

Le débit moyen horaire noté $Q_{moy.h}$ est utile pour le dimensionnement des prise d'eau, des stations de pompage, des stations de traitement, des conduite d'eau et il est donné par la relation suivante :

$$Q_{moy.h} = \frac{Q_{max.j}}{24} = K_{max.j} \times \frac{Q_{moy.j}}{24} \left(\frac{m^3}{\text{h}}\right) \quad (\mathbf{II.5})$$

Avec :

- $Q_{moy.h}$: débit moyen horaire en m^3/h.
- $Q_{max.j}$: débit maximale journalier en m^3/j.
- $Q_{moy.j}$: débit moyen journalier en m^3/j.
- $K_{max.j}$: le coefficient d'irrégularité journalière maximum.

A.N: $Q_{moy.h} = \frac{87662.723}{24} =$ **3652.613 m^3/h**

II.5.2. Le débit maximale horaire

Le débit maximum horaire qui correspond au coefficient maximum horaire, ce coefficient peut être décomposé aussi en deux autres coefficients qui dépendent des caractéristiques de l'agglomération :

$$K_{max.h} = \alpha_{max} \times \beta_{max} \quad (\mathbf{II.6})$$

- α_{max} : Un coefficient qui tient compte du développement et régime de travail des industries, le degré du confort et les habitudes de l'agglomération, il varie de 1,2 à 1,4.

- β_{max} : Un coefficient d'étroitement lié l'accroissement de la population, le tableau suivant montre la variation de β_{max} en fonction de nombre d'habitants :

Tableau II. 6 : variation de β max en fonction de nombre d'habitants

Population*10^3	1	1,5	2,5	4	6	10	20	30	100	300	1000
β_{max}	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,03	1

Source : Salah Boualem, polycopie d'alimentation en eau potable, 2014

Dans notre cas on va prendre α_{max}= 1,3 et β_{max}= 1,03

Donc : $K_{max.h} = 1{,}3 \times 1{,}03 = 1{,}339$

Et on calcul le débit maximale horaire par la relation suivante :

$$Q_{max.h} = K_{max.h} \times Q_{moy.h}(m^3/\text{h}) (\mathbf{II.7})$$

A.N: $Q_{max.h} = 1.339 \times 3652.613 =$ **4890.849** $\mathbf{m^3/h}$

II.5.3. Le débit minimale horaire

Le débit minimum horaire qui correspond au coefficient minimum horaire, ce coefficient peut aussi être décomposé en deux autres coefficients qui dépendent des caractéristiques de l'agglomération :

$$K_{min.h} = \alpha_{min} \times \beta_{min} \quad (\mathbf{II.8})$$

● α_{min} : Un coefficient comme α_{max} il tient compte du développement et régime de travail des industries, le degré du confort et les habitudes de l'agglomération, il varie de 0,4 à 0,6 .

● β_{min} : Un coefficient d'étroitement lié à l'accroissement de la population, le tableau suivant montre la variation de β_{min} en fonction de nombre d'habitants :

Tableau II. 7 : variation de β min en fonction de nombre d'habitants

Population*10³	1	1,5	2,5	4	6	10	20	30	100	300	1000
$\boldsymbol{\beta_{min}}$	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,83	1

Source : Salah Boualem, polycopie d'alimentation en eau potable, 2014

Dans notre cas on va prendre α_{min}= 0,5 et β_{min}= 0,83

Donc : $K_{min.h} = 0{,}5 \times 0{,}83 = 0{,}415$

Et on calcul le débit minimale horaire par la relation suivante :

$$Q_{min.h} = K_{min.h} \times Q_{moy.h}\left(\frac{m^3}{h}\right) \quad (\mathbf{II.9})$$

A.N: $Q_{min.h} = 0{,}415 \times 3652.613 =$ **1514.834** $\mathbf{m^3/h}$

II.5.4. Evaluation des débits maximale et minimale horaire en fonction de nombre d'habitants

Au cours de la journée le débit subit plusieurs variations d'une heure à une autre, le tableau suivant montre la variation de la consommation pendant les 24 heures de la journée en fonction des nombres d'habitants, Les débits horaires sont données en pourcentage du débit maximale journalier :

Tableau II. 8 : Variation de la consommation horaire en fonction de nombres d'habitants

Heures	Nombres d'habitants				
	Moins de 10 000	**De 10 001 à 50 000**	**De 50 001 à 100 000**	**Plus de 100 000**	**Agglomération de type rural**
0 – 1	1	1,5	3	3,35	0,75
1 – 2	1	1,5	3,2	3,25	0,75
2 – 3	1	1,5	2,5	3,3	1
3 – 4	1	1,5	2,6	3,2	1
4 – 5	2	2,5	3,5	3,25	3
5 – 6	3	3,5	4,1	3,4	5,5
6 – 7	5	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	5,6	5,05	3,5
10 – 11	4,5	6,25	4,8	4,85	6
11 – 12	5,5	6,25	4,7	4,6	8,5
12 – 13	7	5	4,4	4,6	8,5
13 – 14	7	5	4,1	4,55	6
14 – 15	5,5	5,5	4,2	4,75	5
15 – 16	4,5	6	4,4	4,7	5
16 – 17	5	6	4,3	4,65	3,5
17 – 18	6,5	5,5	4,1	4,35	3,5
18 – 19	6,5	5	4,5	4,4	6
19 – 20	5	4,5	4,5	4,3	6
20 – 21	4,5	4	4,5	4,3	6
21 – 22	3	3	4,8	4,2	3
22 – 23	2	2	4,6	3,75	2
23 – 24	1	1,5	3,3	3,7	1
Total	100	100	100	100	100

La population de Médéa est supérieure à 100000 ce qui signifie qu'on utilise les pourcentages de la 5éme colonne du tableau II.8.

On calcule les débits horaires par la formule suivante :

$$Q_{hi} = \frac{C_h\% \times Q_{max.j}}{100} \left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{h}}\right) \quad \textbf{(II.10)}$$

Avec :

- Q_{hi} : débit horaire enm^3/h.
- $Q_{max.j}$: débit maximale journalier enm^3/j.

- $C_h\%$: pourcentage horaire.

Les résultats seront affichés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II. 9 : Variation de la consommation horaire de la commune de Médéa

Heures	$C_h(\%)$	Q_{hi}	$C_h(\%)$ **cumulées**	Q_{hi} **cumulées**
0--1	3,35	2936,701	3,35	2936,701
1--2	3,25	2849,038	6,6	5785,739
2--3	3,3	2892,87	9,9	8678,609
3--4	3,2	2805,207	13,1	11483,816
4--5	3,25	2849,038	16,35	14332,854
5--6	3,4	2980,533	19,75	17313,387
6--7	3,85	3375,015	23,6	20688,402
7--8	4,45	3900,991	28,05	24589,393
8--9	5,2	4558,462	33,25	29147,855
9--10	5,05	4426,968	38,3	33574,823
10--11	4,85	4251,642	43,15	37826,465
11--12	4,6	4032,485	47,75	41858,95
12--13	4,6	4032,485	52,35	45891,435
13--14	4,55	3988,654	56,9	49880,089
14--15	4,75	4163,979	61,65	54044,068
15--16	4,7	4120,148	66,35	58164,216
16--17	4,65	4076,317	71	62240,533
17--18	4,35	3813,328	75,35	66053,861
18--19	4,4	3857,16	79,75	69911,021
19--20	4,3	3769,497	84,05	73680,518
20--21	4,3	3769,497	88,35	77450,015
21--22	4,2	3681,834	92,55	81131,849
22--23	3,75	3287,352	96,3	84419,201
23--24	3,7	3243,521	100	87662,722
totale	100	87662,722		

On peut tirer le débit horaire maximal (de pointe) et le débit horaire minimal qui correspondent respectivement au pourcentage d'horaire maximal et minimal de ce tableau :

$$Q_{max.h} = \mathbf{4558.462\ m^3/h}$$

$$Q_{min.h} = \mathbf{2805.207\ m^3/h}$$

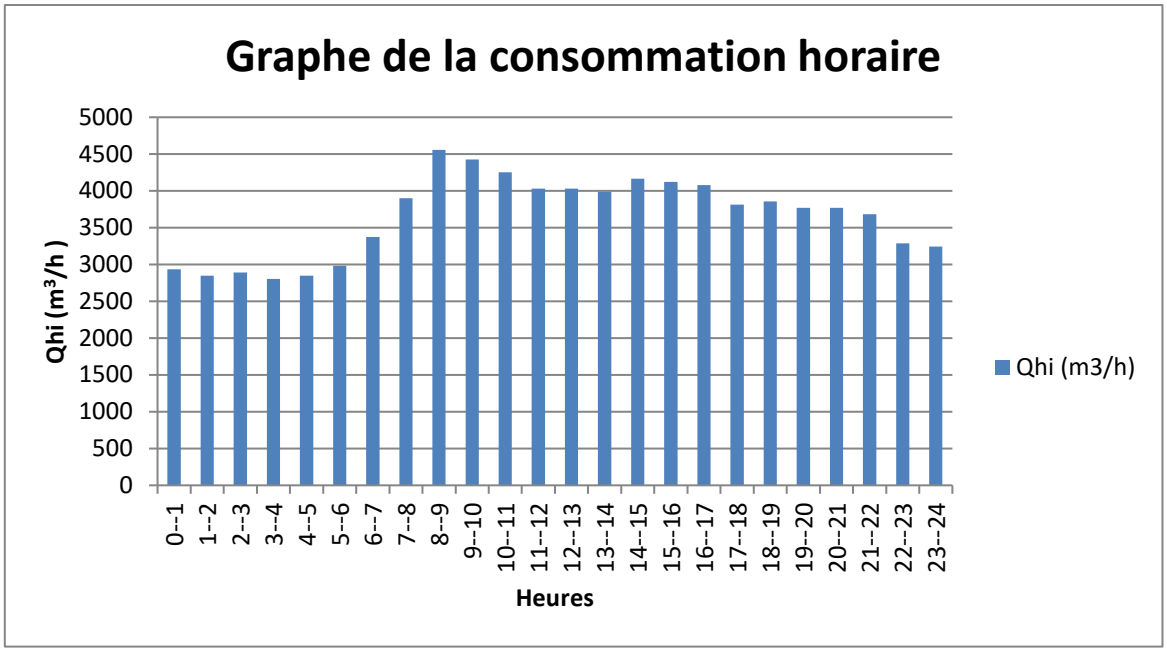


Figure II. 2 : Graphe de la consommation totale

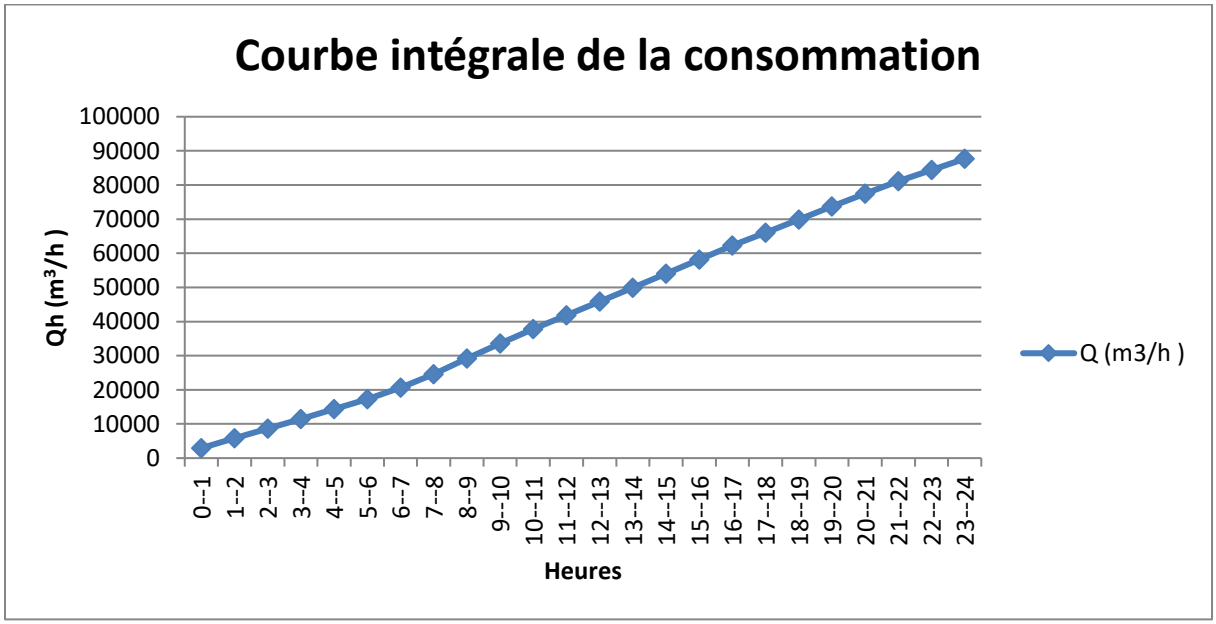


Figure II. 3 : Courbe intégrale de la consommation

II.6. Bilan de comparaison entre les besoins et les ressources

On va faire une comparaison entre le volume des ressources disponible qu'on déjà dit dans le chapitre précédent (I) qui est égale à 47 160 m³/j et les besoins de notre région pour connaitre le déficit. Les résultats sont présentés dans le tableau qui suit :

Tableau II. 10 : Bilan de comparaison entre les besoins et le ressources

L'horizon	$Q_{max.j}$(m³/j)	Ressources disponible (m³/j)	Déficit (m³/j)
2053	87662,722	47 160	40502.722

On remarque un déficit important à l'horizon 2053 égale à **40502.722m³/j** car Médéa est une grande ville avec une grande évolution de la population donc les besoins de la consommation dépasseront largement les ressources disponibles.

Pour répondre à ce déficit la DRE de la wilaya de Médéa et l'ADE unité de Médéa vont lancer des études pour trouver des solutions, dont une vérification et une étude de faisabilité est indispensable. Ces solutions sont les suivant :

- Une étude de réhabilitation de la station de traitement de Chiffa pour augmenter le débit de production jusqu'au 15 000 m^3/j.
- Une étude de dédoublement du transfert de Ghrib-Médéa avec la réalisation d'une nouvelle station de traitement pour traiter 34 500 m^3/j afin de renforcer la ressource de Médéa et les localités avoisinantes. Ce transfert suivra un cheminement quasi-parallèle au transfert existant de Ghrib vers Merdjchekir. Le point de chute sera un réservoir de 25 000 m^3 qui sera construit à une cote de 1098 mNGA au nord de Tibhirine qui desservira en gravitaire le réservoir de R'Mali.
- Faire dévier un débit de 13 700 m^3/j prévue initialement pour Boughazoul vers la ville de Médéa via la mise en service de la 3ème chaine d'adduction qui va alimenter le réservoir de pole universitaire (R4), le réservoire de Ouzera (R5), le Réservoir VSA (R6) et L'excédent d'eau est transféré vers le réservoir de TEH (R3) via la conduite de transfert existante (DN 250) entre le réservoir TEH et Pole dans le sens inverse.

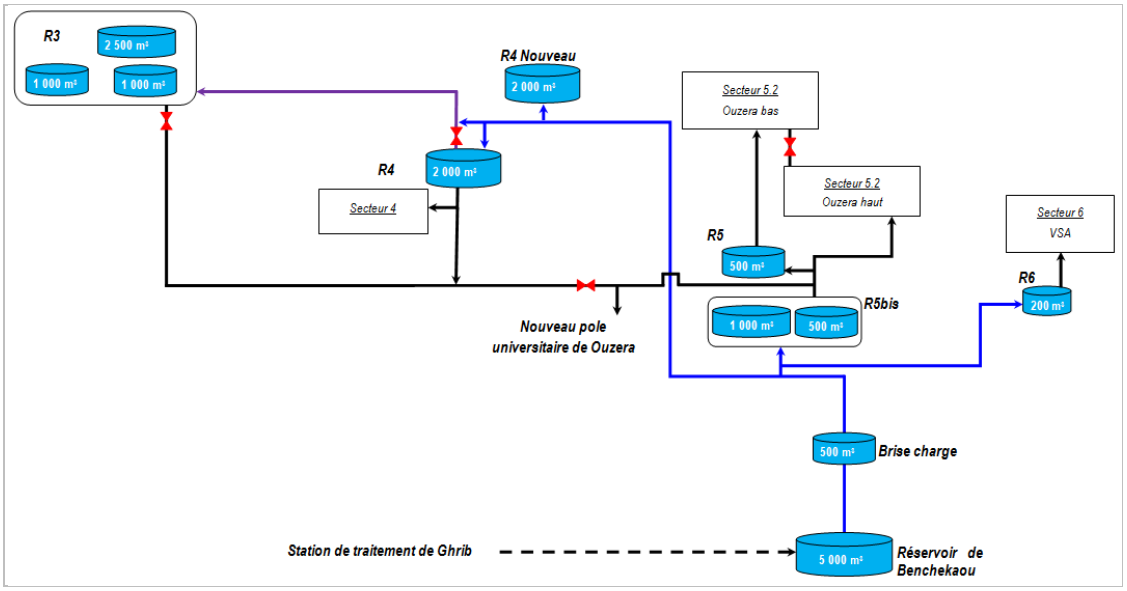


Figure II. 4 : Schéma de fonctionement de La 3éme chaine d'addcution (source : ADE de Médéa)

Mais le but de notre étude n'est pas le renforcement en AEP de la ville de Médéa, c'est de faire un diagnostic et une réhabilitation (si est nécessaire) des 3 stations de pompages qui constituent la chaine de Chiffa. Donc on va baser sur ces 3 stations dans les chapitres suivantes.

II.7. Détermination du débit pompé

On a constaté dans le chapitre précédent que la 1ère station de pompage refoule l'eau traité par la station de traitement de Chiffa vers la SP2, cette dernière refoule vers la SP3 qui refoule vers le réservoir Merdjechkir qui fait alimenter la commune de Médéa (il n'existe aucun piquage le long de cette chaine élévatrice de Chiffa et les 3 stations travaillent 24h/24h). Donc on conclu que le débit pompé est le débit produit par la station de traitement de Chiffa.

On a dit aussi que la station de traitement de Chiffa traite les eaux provenant de 3 prise d'eau diffèrent et a un débit nominal de 10300m³/j et que une étude pour améliorer la production de cette station jusqu'au 15 000m³/j sera lancé. Mais vu le manque des données sur la variation saisonnière de ces prises d'eau, les nouveaux ressources prévu pour augmenter le débit de production de la station et la variation de production de la station de traitement, ca rend difficile de déterminer exactement le débit qui doit être pompé.

On va supposer que l'étude de réhabilitation de la station de traitement de Chiffa est faite ce qui rend le nouveau débit de production journalière de la station de traitement égal à 15 000 m³/j, donc le but de notre étude et d'assurer que les 3 stations de pompage peuvent refouler le nouveau débit (supposant que ce débit reste constant pendant l'année).

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons estimé la population à l'horizon future (2053) après on a fait une évaluation de la consommation journalière (moyenne, maximale et minimale), de la consommation horaire (moyenne, maximale et minimale).

Ensuite, on fait une comparaison entre les besoins de consommation et les ressources disponible et nous avons trouvé un déficit de 40502.722 m^3/j puis on donné quelques solutions proposé par la DRE de la wilaya de Médéa et l'ADE unité de Médéa pour remédier ce déficit.
En fin, on a conclu que le débit qui doit être pompé est le nouveau débit de production de la station de traitement de Chiffa (après la réhabilitation) et il est égale à **15 000 m^3/j = 625 m^3/h = 173.611 l/s.**

Chapitre III: l 'Etat actuel des trois stations de pompage

Introduction

Dans ce chapitre on va faire une étude de l'état actuel des trois stations de pompage qui constituent la chaine de Chiffa.

III.1. Description générale des stations

On va donner une description générale des trois stations de pompage :

III.1.1. La 1ere station (SP1)

la 1ere station de pompage dans la chaine de Chiffa qui est située dans la station de traitement de Chiffa est de type bâche sèche, elle permet l'acheminement de l'eau (à travers une conduite en acier de DN 450 mm et une longueur de 3,75 km) depuis une bâche de stockage rectangulaire enterrée qui a une capacité de 1000 m³ où le niveau du plan d'eau d'aspiration de la station de pompage ce trouve à 389 m NGA jusqu'à une bâchede décharge circulaire semi enterrée de capacité 500 m³ située en amont de la station de pompage n°2 (SP2) qui a une cote trop plein de 640 m NGA.

Cette station est constituée :

- Une salle de machine.
- Une salle des armoires.
- Un poste transformateur.
- Un poste de garde.

III.1.2. La 2éme station (SP2)

La 2éme station de pompage dans la chaine est de type surface, elle permet le refoulement de l'eau (à travers une conduite en acier de DN450 mm et une longueur de 2,35 km) depuis une bâche de stockage circulaire semi enterrée qui a une capacité de 500 m³ où le niveau du plan d'eau d'aspiration de la station de pompage ce trouve à 636 m NGA jusqu'à une bâche de décharge circulaire semi enterrée de capacité 500 m³ située en amont de la station de pompage n°3 (SP3) qui a une cote trop plein de 809 m NGA.

Cette station est constituée :

- Une salle de machine (les armoires ce trouve dans la salle de machines).
- Un poste transformateur.
- Un poste de garde.

III.1.3. La 3émé station (SP3)

La 3éme et la dernière station de pompage dans cette chaine est de type surface et elle a pour but de refouler l'eau (à travers une conduite en acier de DN450 mm et une longueur de 1,32 km) depuis une bâche de stockage circulaire semi enterrée qui a une capacité de 500 m³ où le niveau du plan d'eau d'aspiration de la station de pompage ce trouve à 805 m NGA

jusqu'à le point de décharge finale de cette chaine élévatrice qui est le réservoir Merdjechkir qui a une capacité de 10 000 m³ (4*2500) et une cote trop plein de 1020.8 m.

La 3éme station a la même constitution (même plan) que la 2éma station.

III.2. Les Salles de machines

III.2.1. Salle de machine de la SP1

La salle des machines de la SP1 est équipée de 3 groupes électropompes (3 GEPV) qui refoulent vers la SP2, un suppresseur d'air et 2 groupes électropompes (2 GEPH) pour le lavage des filtres à sables, un pont roulant. Et elle abrite les armoires de commande des 3 GEPV et des vannes motorisées de refoulement (Les armoires électriques principale de la SP1 se trouvent dans une salle des armoires.)



Figure III. 1 : Salle de machine de la SP1

III.2.2. Salle de machine de la SP2

La salle des machines de la SP2 est équipée de 3 groupes électropompes, un pont roulant et elle abrite les armoires électriques (Le compresseur d'aire du réservoir anti-bélier de cette station est placé dans la salle des machines).



Figure III. 2 : Salle de machine de la SP2

III.2.3. Salle de machine de la SP3

La SP3 a le même plan que la SP2, elle est aussi équipée de 3 groupes électropompes, un pont roulant, elle abrite les armoires électriques (et Le compresseur d'aire du réservoir anti-bélier pour cette station est aussi placé dans la salle des machines).



Figure III. 3 : Salle de machine de la SP3

III.3. Equipements hydromécanique des les stations de pompages

Les trois stations sont équipées de 3 groupes électropompes identiques multicellulaires (2 en service et 1 secours), les groupes de la SP1 ont 7 turbines et les groupes de la SP2 et la SP3

ont 5 turbines. On note que les groupes de la SP1 sont à axe vertical à cause de manque d'espace au niveau de cette station.

La mise en marche des trois groupes s'effectue à l'aide des armoires de départ de chaque groupe dont le mode de démarrage est un démarrage progressif qui assure le démarrage et l'arrêt progressif des moteurs.

III.3.1. Les pompes

Les trois stations sont équipées de 3 pompes centrifuges (2 en service et 1 de secours) installées en charge avec un couplage en parallèle et qui ont été fournies par KIRLOSKAR-INDE de types RKB 200/37 (7 étages pour les pompes de la SP1 et 5 étages pour les pompes de la SP 2 et la SP3), les caractéristiques de ces pompes sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau III. 1 : les caractéristiques des GEP des 3 stations

Station	Q (l/s)	Hmt (m)	η (%)	Pabs (kw)	N (tr/min)	NPSHr (m)	Nbr d'étage	da (mm)	dr (mm)
SP1	94.2	287	77	345	1487	2.22	7	250	200
SP2	94.2	187	76	227	1487	2.21	5	250	200
SP3	94.2	225	77	269	1487	2.22	5	250	200

NB : da et dr sont respectivement les diamètres de la tubulure d'aspiration et de la tubulure de refoulement.

Le fluide pompé par ces pompes des 3 stations c'est l'eau traité par la station de traitement de Chiffa, la température de fluide pompé doit être20°C et ça densité 998 kg /m3.

Le corps de ces pompes est construit en fonte ce qui garanti une durabilité et une résistance à la corrosion. Les roues sont des roues fermées fabriquées en bronze (CC 480 k–GC), un matériau réputé pour sa grande résistance à la corrosion. Quant au corps d'aspiration et de refoulement, ainsi que le corps d'étage, le diffuseur et les paliers sont fabriqués en fonte grise (CI IS210.FG260), l'arbre et les Tirants son construit en acier au chrome (ASTM A276-431 ANLD).

A partir de nos visites on constaté que les pompes son en bon état (ils ont été installées en 2019)

III.3.2. Les moteurs

Les moteurs des groupes électropompes de ces stations de pompage ont été fournis par KIRLOSKAR/ABBA et sont de type asynchrone à cage d'écureuil. Les moteurs des 3 stations ont presque les mêmes caractéristiques, ils ont juste la puissance nominale et le courant nominale qui sont différentes, les caractéristiques de ces moteurs sont les suivantes :

- Une puissance nominale : 400kw (moteurs de la SP1), 250kw (de la SP2) et 300kw (de la SP 3)
- Une tension nominale : 400/690 v
- Un courant nominal: 616 A (moteurs de la SP1), 351 A (de la SP2 et de la SP3)
- Vitesse d'entrainement : 1500 tr/min
- Nombre de pôles : 4
- Cosφ : 0.88
- Vitesse d'entrainement : 1500 tr/min
- Classe d'isolement : F
- Classe d'échauffement : B
- indice de protection : IP 55
- Capteur de température : 3 Therm. PTC 100
- Température ambiante : 45°C
- Mode de refroidissement : Ventilation extérieure IC 411

Les moteurs sont aussi en bon état (ils ont été aussi installés en 2019)

III.3.3. Dispositif de levage

Les dispositifs de levage qui sont les ponts roulants installés dans les salles de machine sont pour but de faciliter la surélévation et le déplacement des pompes, des moteurs,…..etc. sur la plateforme de démontage. Le choix du pont roulant dépend des pièces lourdes à déplacer ainsi que les dimensions du bâtiment.

Touts les trois stations sont équipées d'un pont roulant dont leur manouvre est manuelle qu'on peut dire que ceux de la SP2 et la SP3 sont en bon état, tandis que celui de la SP1 a une légère corrosion.



Figure III. 4 : Pont roulant de la SP1 et la SP3

III.3.4. Protection contre l'incendie

Touts les trois stations sont munies d'un ou deux extincteurs de feu au niveau de chaque salle.

III.4. Les équipements hydrauliques

Les équipements hydrauliques d'une station de pompage comprennent les équipements en amont (aspiration) et en aval (refoulement).

III.4.1. les équipements en amont (aspiration)

III.4.1.1. Aspiration collective

La conduite d'aspiration collective de la SP1 est en acier noir revêtu, a un DN 450mm et une classe PN 10 et sa longueur est de 13m. Elle aspire de l'eau à partir de la bâche 1000m³ et se trouve à l'intérieure de la salle de machine de la station. Elle est équipé de :

- Une vanne papillon motorisé en fonte, de modèle : VP 4201-B04 –TECWAT, de DN 450mm et une classe PN10. Cette vanne permet l'isolement du collecteur d'aspiration principal en cas d'intervention et elle est manœuvrée à distance a partir de la salle de contrôle.

- Un joint de démontage en fonte, de modèle : JT 4203 /auto buté, de DN 450mm et une classe PN10.

- Une vanne à opercule en fonte, de modèle : VOC 4241-00 qui a un DN 150mm et une classe PN10. Elle est montée sur la conduite de vidange et permet sa vidange en cas d'intervention et sa manœuvre est manuelle par un volant.

- Une crépine d'aspiration en fonte, de modèle : CR 6200 type clapet de pied, de DN 450mm et une classe PN10. Elle est montée sur la conduite d'aspiration principale pour empêcher l'intrusion des particules qui pourraient endommagé les pompes et le maintien d'eau dans la conduite d'aspiration pour éviter l'amorçage manuel chaque arrêt des pompes.

Touts ces équipements sont fournis par TECOFI-France.

Les conduites d'aspiration collective de la SP2 et la SP3 sont aussi en acier noir revêtu, ont un DN 450mm et une classe PN 10 (les longueurs de la conduite d'aspiration collective de la SP2 et la SP 3 sont respectivement 28m, 30m). Elles aspirent de l'eau à partir des bâches 500m³ qui ce trouve au niveau de la SP2 et la SP3. Comme nous avons dit précédemment la SP2 et la SP3 ont pratiquement le même plan de construction et à cause de l'espace insuffisant au niveau des salles de machines de ces station les collecteurs principale d'aspiration et de refoulement sont placé à l'extérieure.

Les conduites d'aspiration collective de la SP2 et la SP3 sont équipées des mêmes équipements que les équipements de la conduite d'aspiration collective de la SP1 (Une vanne papillon motorisé, Un joint de démontage, Une vanne à opercule, Une crépine d'aspiration) en addition d'un débitmètre électromagnétique fourni aussi par TECOFI-France et est de modèle MUT2500-ELPN10. (Le débitmètre électromagnétique prévu pour la conduite d'aspiration de la SP1 n'était pas installé car il a été endommagé à cause du mal condition de stockage).

III.4.1.2. Aspiration individuelle

Les conduites aspirations individuelles sont identiques pour les trois pompes de chaque station, seules les longueurs sont diffèrent d'une station à l'autre. Les caractéristiques des aspirations individuelles de chaque station sont dans le tableau suivant :

Tableau III. 2 : les caractéristiques des conduites d'aspiration individuelle des 3 stations

Aspiration individuelle	Matériau	Da (mm)	da (mm)	Longueur (m)
SP1	Acier	300	250	2.6
SP2	Acier	300	250	4
SP3	Acier	300	250	4.2

Les conduites d'aspiration doivent respecter certaines conditions :

- le nombre de conduites d'aspiration doit être égale à celui des pompes.
- le diamètre de la conduite d'aspiration doit être supérieure à celle de la tubulure d'aspiration.
- la longueur de la conduite d'aspiration doit être la plus courte que possible (<50m), et elle doit relier le plan d'aspiration à l'entrée de la pompe en présentant une pente minimale de 5%.

Toutes ces conditions sont vérifier au niveau des 3 stations, il faut aussi vérifier ci la vitesse est admissible ou non, le tableau suivant montre les valeurs des vitesses admissibles pour la conduite d'aspiration :

Tableau III. 3 : Vitesses admissibles d'aspiration

Da (mm)	Vitesse admissible (m/s)
Da<250	0,70÷1,0
250<Da<800	1,0÷1,50
Da>800	1,5÷1,8

On a le diamètre d'aspiration est le même dans les trois stations qui est 300mm et nous avons constaté dans le chapitre précédent que le débit qui doit être aspiré/refoulé est le même dans les trois stations qui est égale à 173.611 l/s, donc on calcul la vitesse d'aspiration par la formule suivant :

$$v_{asp} = \frac{4 \times Q}{\pi \times {D_a}^2} \quad (\textbf{III. 1})$$

A.N : $v_{asp} = \frac{4 \times 173.611 \times 10^{-3}}{\pi \times (0.3)^2} = 2.46$ m/s

Selon le tableau, on remarque qu'en comparaison avec les valeurs admissibles pour le diamètre 300 mm, la vitesse d'aspiration n'est pas dans la plage admissible.

Les conduites d'aspiration individuelle pour chaque groupe de pompes dans les 3stations sont équipées des mêmes équipements qui sont :

- Un joint de démontage en fonte auto buté de DN 300mm et une classe PN10, sont rôle et de supprimer toutes possibilités d'entrée d'air, d'agents polluants et il permet une maintenance plus pratique et efficace en offrant la possibilité de séparer la conduite en deux parties, facilitant ainsi les travaux d'entretien, de réparation et d'inspection.

- Une vanne à opercule en fonte qui a un DN 300mm, manœuvrée manuellement, ces vannes doivent être complètement fermé ou ouverts et sont utilisées pour les diamètres inferieure à 350 mm. Ils permettent le sectionnement et l'isolement de la pompe pour les travaux d'entretien ou de démontage sans arrêter les autres pompes.

- Un convergent en acier il permet de passer d'un diamètre 300 mm (diamètre de la la conduite d'aspiration) à un diamètre de 250mm (diamètre de tubulure d'aspiration) et d'avoir une accélération progressive de l'écoulement et limiter les pertes de charges favorisant ainsi la bonne répartition des vitesses à l'entrée de la pompe au lieu d'une variation brusque du diamètre qui engendre une perte de charge singulière importante. Sa longueur est établie grâce à la formule qui suit :

  $$Lc = (3,5 \div 4)(Da - da) \quad (\textbf{III. 2})$$

  Où : - Da : Diamètre de la conduite d'aspiration.

  - da : diamètre de la tubulure d'aspiration.

- Un manovacuomètre boitier Acier bain d'huile de modèle MA 5201 qui a une plage de lecture de -1 à +9 bars, il permet une indication de mesure visuelle de la dépression-pression dans la conduite d'aspiration.

On note que le joint de démontage du GEP2 de la SP présente une apparition d'une légère corrosion. Et que au niveau des conduites d'aspiration individuelles : les vannes, les joints de

démontage des GEP de la SP1 et la vanne du GEP3 de la SP3 nécessitent une peinture (ils sont couverts par la poussière de ciment).



Figure III. 5 : Conduites d'aspiration individuelle de la SP1



Figure III. 6 : Conduite d'aspiration individuelle de la SP2 et la SP3

III.4.2. les équipements en aval (refoulement)

III.4.2.1. Refoulement collective

Dans chacune des trois stations les groupes de pompes refoulent dans une conduite en acier de DN450mm et une classe de 40PN équipé de :

- Une vanne papillon motorisé en fonte, DN 450mm, PN40.
- Un joint de démontage en fonte de DN 450mm, PN40.
- Un manomètre + vanne 3 voies (à gauche, à droite et verticale)
- Une vanne de Vidange manuelle à opercule de DN 150mm, PN16.

La conduite de refoulement de la SP1 est équipée d'une soupape de décharge fournie par NEYRPIC qui a un DN100 et un robinet vanne DN 100 qui est corrodé.

On note que la conduite de refoulement collective de la SP1 et la SP3 sont corrodées et celle de la SP2 présente une légère corrosion et qu'il existe une petite fuite au niveau de joint de démontage dans la SP1 tandis qu'il existe une fuite très importante au niveau de joint de

démontage de la SP3 (on note aussi qu'il n'existe pas une échelle au niveau de la galerie de la conduite de la SP3).



Figure III. 7 : Joint de démontage et vanne motorisé de la conduite de refoulement collective de la SP1 et la SP3

Pour dimensionner le collecteur de refoulement est destiné à transporté on doit prendre en considération les facteurs suivants :

- le nombre de collecteur de refoulement dépend de la longueur de refoulement : si Lref < 800 m donc 1 seul collecteur, si Lref > 800 on fait une étude technico-économique. (Pour plus de sécurité 2 collecteurs est mieux mais d'un point de vue économique on choisi généralement un seul collecteur).
- Le cout et le nombre d'accessoires, le type de matériau choisi.
- Pour le tracé de la conduite en minimise le nombre de retour horizontaux et verticaux (moins de virage, éviter les zones de glissement ou d'un massif boisés, une vallée).

Il faut aussi vérifier ci la vitesse est admissible ou non, le tableau suivant montre les valeurs des vitesses admissibles pour la conduite de refoulement :

Tableau III. 4: Vitesses admissibles de refoulement

Dr (mm)	Vitesse admissible (m/s)
Dr<250	1÷1,5
250<Dr<800	1,2÷1,8
Dr>800	1,8÷3

Le diamètre de la conduite de refoulement et le débit qui doit être refoulé sont les mêmes pour les trois stations, donc on calcul la vitesse de refoulement par la formule suivant :

$$v_{ref} = \frac{4 \times Q}{\pi \times {D_r}^2} \qquad \textbf{(III. 3)}$$

A.N : $$v_{ref} = \frac{4 \times 173.611 \times 10^{-3}}{\pi \times (0.45)^2} = 1.09 \text{ m/s}$$

On remarque que les vitesses de refoulement ne sont pas dans la plage admissible.

III.4.2.2. Refoulement individuelle

Les conduites de refoulement individuelles sont identiques pour les trois pompes de chaque station, seules les longueurs sont diffèrent d'une station à l'autre. Les informations sur les conduites de refoulement individuelles de chaque station sont dans le tableau ci-dessous :

Tableau III. 5 : les caractéristiques des conduites de refoulement individuel des 3 stations

Refoulement individuelle	Matériau	Dr (mm)	dr (mm)	Longueur (m)
SP1	Acier	300	200	3.2
SP2	Acier	300	200	4.2
SP3	Acier	300	200	3.8

Les conduites de refoulement individuel pour chaque groupe de pompes dans les 3stations sont équipées des mêmes équipements qui sont :

- Un joint de démontage en fonte auto buté de DN 300mm.
- Une vanne papillon motorisé en fonte de DN 300mm, PN40. Cette vanne est placée après le clapet et le joint de démontage. Elle permet d'isoler la pompe lors de l'entretien et des démontages, le réglage de débit et de réduire l'effet de coup de bélier.
- Un clapet anti retour axial en fonte de DN 300mm, PN40 utilisé pour éviter le retour d'eau vers la pompes (prévention de reflux) ce dernier permet l'eau de circuler librement dans une seul direction spécifique tout en bloquant le flux dans la direction opposée, il protège la pompe contre les vibrations et les survitesses causées par l'écoulement inverse. Les clapets anti-retour axiaux sont conçus pour offrir une résistance minimale au fluide dans la direction souhaitée, ce qui permet de réduire les pertes de charge.
- Un manomètre + vanne 3 voies (à gauche, à droite et verticale).
- Un divergent qui permet de passer d'un diamètre de 200mm à un diamètre de 300mm et contrairement à le cas de l'aspiration, la vitesse de l'eau à la sortie de la pompe peut être très élevée donc pour garder la vitesse dans une plage admissible on place un divergent qui sa longueur est déterminer par la formule suivante :

$$Ld = (3,5 \div 4)(Dr-dr) \qquad (\mathbf{III.4})$$

Où : - Dr : Diamètre de la conduite de refoulement.

- dr : diamètre de la tubulure de refoulement.



Figure III. 8 : Conduite de refoulement individuelle (coude + manomètre + clapet + joint de démontage + vanne motorisé) de la SP1



Figure III. 9 : Conduite de refoulement individuelle (coude + manomètre + clapet + joint de démontage + vanne motorisé) de la SP2 et la SP3

On note qu'il y a une apparition d'une légère corrosion au niveau du clapet anti-retour et de joint de démontage de la conduite de refoulement individuelle de GEP3 de la SP1.

III.5. Protection contre le coup de bélier

III.5.1. Soupape de décharge

Comme on a dit la SP1 est équipé d'une soupape de décharge raccordé a la conduite de refoulement, fourni par NEYRPIC et a un DN 100mm et une pression de réglage de 28.5 bar. Cette soupape a un robinet vanne de DN 100 mm qui est corrodé.



Figure III. 10 : Soupape de décharge de la SP1

III.5.2. Réservoir anti-bélier

Dans la SP1 on trouve deux réservoirs anti bélier de modèle 3000-AHN-R fourni par IBAIONDO, ces deux réservoirs ont une couleur rouge, Un volume de 3 000 litres, une bouche de connections de DN 200 mm, la pression maximale de service est de 40 Bar et la pression d'épreuve est de 60 Bar. Chaque réservoir a un compresseur d'air à 3 cylindres de modèle 700-5-40 fourni par ALKIN, ces compresseurs ont un débit de 300 l/min et une vitesse de compression de 1200 tr/min et la puissance du moteur est 5.5KW.

Chaque anti-Bélier est raccordé à une conduite en acier de diamètre 200 mm équipé d'un clapet anti retour axial, un joint de démontage et une vanne papillon manuelle puis ces deux conduites sont raccordées à la conduite de refoulement via un té de 45°.



Figure III. 11 : Les deux réservoir anti bélier de la SP1

La SP2 et la SP3 ont chacune un réservoir anti bélier avec un compresseur de même caractéristique que ceux de la SP1 (ces réservoirs sont montrés dans l'annexe 1), le compresseur d'air de la SP2 et de la SP3 est placé dans la salle des machines.

L'anti bélier de la SP2 et de la SP3 est raccordé à la conduite de refoulement par une conduite en acier de diamètre 200 mm équipé d'un clapet anti retour axial, un joint de démontage et une vanne papillon manuelle.



Figure III. 12 : Compresseur d'air de la SP2 placé dans la salle de machines

III.6. Les Appareils de contrôle hydraulique

III.6.1. les manovacumètres et les manomètres et les capteurs de pression



Figure III. 13 : Manovacumètre

Comme on a dit les conduites d'aspiration individuelles sont équipées d'un manovacumètre d'huile qui a une plage de lecture de -1 à +9 bars.



Figure III. 14 : Manomètre

La conduite de refoulement collective et les conduites de refoulement individuelles sont équipées d'un manomètre PN40.

III.6.2. le Débitmètre

Les conduites d'aspiration collective de la SP2 et la SP3 sont équipée d'un débitmètre électromagnétique modèle MUT2500-ELPN10 qui a une précision de 0.3%.



Figure III. 15 : Débitmètre électromagnétique

III.7. Les Equipement électriques

III.7.1 Les postes transformateurs

Pour les trois stations les postes transformateurs ont la même construction et le même principe et ils sont en bon état (construit récemment, les anciens postes sont hors service), le poste à deux entrées et à l'intérieure on trouve :



Figure III. 16 : l'intérieure des postes transformateurs de la SP1 et La SP2

- Deux transformateurs principaux de puissance 630 KVA qui reçoivent une arrivé de 30 KV du réseau de SONALGAZ et délivrent une tension de 400V (l'un des transformateur et sa plaque analytique sont montrés dans l'annexe 2).

- Une armoire à six cellules de communication qui comporte :

  - Deux cellule d'arrivé/départ (entrée de 30 KV arrivé du réseau de SONELGAZ)

  - Une cellule de Disjoncteur principale pour protéger le réseau en cas d'une haute tension.

  - Une cellule de mesure qui mesure la tension qui entre dans le réseau

  - Deux cellule de protection de transformateur, cette cellule détecte les surtensions, les surintensités qui peuvent se produire en cas de court-circuit ou de surcharge dans le transformateur. La cellule comporte un disjoncteur et des fusibles pour isoler le transformateur et limiter les dommages en cas de risque.

- Deux cellules de protection générale (clpg) qui contient à l'intérieure un disjoncteur et un commutateur volt métrique et ampérométrique et à l'extérieure un voyants de tension. Ces cellules ont pour rôle de protéger les armoires des groupes électropompes.



Figure III. 17 : Deux cellules de protection générale (clpg)

- Un détecteur de défaut ampère métrique qui permet de localiser les défauts survenus dans le réseau MT et identifier rapidement les tronçons de réseau défaillants.
- Un compteur de SONELGAZ qui mesure la consommation de l'électricité.



Figure III. 18 : Un compteur de SONELGAZ et un détecteur de défaut ampère métrique

- Des équipements de protection : des gants isolants, Une perche de sécurité, Un tabouret isolant et un extincteurs de feu.



Figure III. 19 : équipements de protection

III.7.2. Les armoires électriques

Les armoires électriques de la SP2 et la SP3 se trouvent dans la salle de machines, tandis que les armoires électriques la SP1 se trouvent dans une salle des armoires et on trouve deux autres petites armoires électriques de commande dans la salle des machines de la SP1.

Les armoires principales sont juxtaposable (extensible), fabriquées en acier et protégées à l'intérieur et à l'extérieur par une peinture résine polyester époxy et grise. On trouve :

- Deux armoires de disjoncteur principale qui reçoivent les câbles (3 phase et neutre) sortant du deux transformateurs.



Figure III. 20 : vue extérieure et intérieure de l'armoire du disjoncteur principale

- Les armoires de départ de chaque groupe (3 armoires) qui alimentent les trois groupes électropompes. Ces armoires contiennent : un disjoncteur, un contacteur et un démarreur progressif. Sur chaque armoire on trouve :

  - Un afficheur de centrale de mesure pour la pompes.
  - Un compteur horaire.
  - Des voyants (voyant pompe en service et voyant pompe en défaut).
  - Des boutons poussoirs : BP marche pompe, BP défaut, BP arrêt pompe.
  - Un Switch manuel/automatique.
  - Un bouton d'arrêt d'urgence.

Pour les armoires de départ des groupes de la SP1 ils n'ont pas un Switch manuel/ automatique et le bouton d'arrêt d'urgence, on les trouve sur les petites armoires électriques de commande placées dans la salle de machine.



Figure III. 21 : vue extérieure et intérieure de l'armoire de départ du GEP 3 de la SP1

- Une armoire auxiliaire dans la SP2 et la SP3 et deux armoires auxiliaires dans la SP1.

Sur l'armoire auxiliaire on trouve :

  - Des voyants des pour les vannes (voyant vanne fermé, voyant vanne ouvert et voyant vanne en défaut).
  - Un voyant de niveau.
  - Un Switch manuel/automatique.
  - Un écran graphique pour la consultation et le diagnostic de fonctionnement des 3 stations (pour la SP1 cet écran est placé dans la 2éme armoire auxiliaire).



Figure III. 22 : écran graphique

Dans la salle de machines de la SP1 on trouve de petites armoires de commandes des groupes électropompes et des vannes motorisé du refoulement individuel et général sur ces deux armoires on trouve :

- Des voyants (pour l'armoire des GEP : pompe en marche, pompe en arrêt, pompe en défaut et pour l'armoire des vannes : vanne fermé, vanne ouvert et vanne en défaut).
- Un Switch manuel/automatique.
- Un bouton d'arrêt d'urgence.



Figure III. 23 : Armoires de commandes des groupes électropompes et des vannes de la SP1

On trouve aussi une armoire qui affiche les pressions mesuré par les capteurs placées dans les conduites d'aspiration et de refoulement individuelles. Pour la SP1 cette armoire est placée dans la salle des armoires et pour la SP2 et la SP3 elle placée dans la salle des machines.



Figure III. 24 : Armoire affichant des pressions mesurées par les capteurs

On trouve aussi trois armoires de compensation de l'énergie réactive (ou armoire batterie de compensation). Ces armoires sont constituent d'un condensateur et un contacteur spécifiques pour commander le condensateur. Le rôle de ces armoires est de limiter/ compenser l'énergie réactive ce qui contribue à diminuer les pertes d'énergie et améliorer l'efficacité du système.



Figure III. 25 : armoires de compensation de l'énergie réactive de la SP1 et la SP3

III.8. Etat actuel de bâtiment des 3 stations

III.8.1. Condition d'implantation d'une station de pompage

Pour choisir l'emplacement et l'implantation d'une station de pompage il est nécessaire de prendre en compte à la fois des considérations économiques, la faisabilité technique de sa réalisation et de tenir comptes des critères suivants :

- éviter les zones géologiquement instables (sismique, glissement de terre) et les zones inondable.
- éviter les propriétés privés, les stations balnéaires et les routes de grande importance (nationales et autoroutes).
- La distance minimale entre un aéroport et la station de pompage doit être supérieure à 30 km.
- Les sites des prises d'eau doit être approuvés par les services de santé et de l'environnement.
- Assurer l'accès à la station et ces ouvrages.
- Prévoir l'accès de réseau électrique.
- Tenir en compte de la variation de plan d'eau d'aspiration.
- Prévoir une plateforme avec un revêtement routier et un système de drainage pour la station de pompage.
- Réduire les travaux de terrassement.
- Prévoir de la verdure autour de la station de pompage.

III.8.2. Génie civil des stations

Dans le cadre de notre étude de diagnostic et réhabilitation des ces trois stations de pompages on va aussi faire un diagnostic des différentes structures de génie civil qui constituent ces trois station.

III.8.2.1. Etat extérieure des bâtiments

D'après nos visites de ces stations, nous avons remarqué que :

- La SP2 se trouve dans un endroit isolé, pas de route revêtue ce que rend l'accès a cette station difficile surtout en période de pluie.



Figure III. 26 : l'entourage de la SP2

- Terrain non nivelé à l'intérieur et autour des stations ce qui provoque une stagnation d'eau et présence d'ornières.
- Les éléments métalliques tel que : les échelles, les grilles de filtration, les avaloires….etc. nécessitent une peinture.
- Les clôtures la station de traitement de Chiffa (ou se trouve la SP1) et de la SP3 sont en bon état, tandis que celle de la SP2 a quelques fissurations.
- Saleté des murs des clôtures des 3stations et du poste de gardiennage de la SP1.



Figure III. 27 : l'extérieure de la SP2 et la station de traitement de Chiffa

- Un revêtement mural dégradé.
- Les portes d'accès générales des trois stations sont en bon état.
- Le système de drainage des eaux de pluie est en bon état.

- Pas de route revêtue à l'intérieure de la station de traitement de Chiffa (la SP1) et de la SP2 et la SP3.

- Poussée de l'herbe au niveau de toitures, route non revêtue dans les trois stations et sur le trottoir qui ce trouve à l'entrée du poste transformateur de la SP1.



Figure III. 28 : route non revêtue à l'intérieure de la station de traitement de Chiffa (la SP1) et de la SP3

- L'extérieure des postes transformateurs des 3 stations et de la salle des armoires de la SP1 sont en bon état.

- L'extérieure des salles de machines des stations est en bon état.



Figure III. 29 : L'extérieure des salles de machines de la SP2 et la SP3

III.8.2.2. Etat intérieur des bâtiments

Concernant l'état intérieur des bâtiments, nous avons remarqué que :

- Les portes des postes transformateurs, des salles de machines des trois stations sont en bon état, tandis que la porte de la salle des armoires de la SP1 est en mauvais état.

- La SP2 a une fenêtre cassée et la SP3 a deux fenêtres cassées.

- L'un des murs de la salle des armoires de la SP1 nécessite une peinture.
- L'intérieur des postes transformateurs (Figure III. 16) et de la salle des armoires de la SP1 sont en bon état.
- Le revêtement du mur de la SP2 et la SP3 ou les conduites individuelles d'aspiration et de refoulement traversassent pour être raccordées ou collecteurs principales est en mauvais état.
- L'intérieur des salles de machines de la SP2 et la SP3 (Figure III. 2 et Figure III. 3) sont en bon état, tandis que l'intérieur de la salle de machine de la SP1 en remarque une présence de quelque fissuration au niveau du mur qui est en face à l'entré de la salle (Figure III. 1), au niveau des poteaux en béton (Figure III. 5), sur les escaliers.

III.9. Etude de pompage

III.9.1. Calcul des hauteurs manométriques (Hmt)

Pour dimensionner une station de pompage il faut tenir compte du débit qui doit être refoulé et de la hauteur manométrique totale (Hmt) qui est calculée par la formule suivante :

$$Hmt = Hg + \Delta H_T \quad (\mathbf{III.5})$$

Et :

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S \quad (\mathbf{III.6})$$

Avec :

- Hg : la hauteur géométrique ou différence de côtes du refoulement (m).
- ΔH_T : Pertes de charge totale qui est la somme des pertes de charge linéaires et singulières (m).
- ΔH_L : Pertes de charge linéaires (m).
- ΔH_S : Pertes de charge singulières (m).

Dans le cas des adductions les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires, donc la formule (**III. 5**) devient :

$$Hmt = Hg + 1.10 \times \Delta H_L \quad (\mathbf{III.7})$$

Et les pertes de charge linéaires sont calculées par la formule universelle de Darcy-Weisbach :

$$\Delta H_L = \frac{8 \times \lambda \times L \times Q^2}{\pi^2 \times g \times D^5} \quad (\mathbf{III.8})$$

Avec :

- L : Longueur de canalisation (m).
- Q : Débit qui doit être refoulé (m^3/s).
- g : Accélération de la pesanteur (m/s^2) = 9.81 m/s².
- λ : Coefficient de frottement linéaire adimensionnel qui dépend du régime d'écoulement.

Le coefficient de frottement λ peut être déterminé graphiquement en utilisant le diagramme de Moody qui donne la valeur de λ en fonction de la rugosité relative $\frac{\varepsilon}{D}$ et le nombre de Reynolds (Re). Et on peut calculer λ par les formules suivantes :

Formule de Nikuradzé : $\lambda = (1.14 - 0.86 \ln \frac{\varepsilon}{D})^{-2}$ (**III. 9**)

Formule de Colebrook : $\lambda = (-0.86 \ln \left(\frac{\varepsilon}{3.7\ D} + \frac{2.51}{Re\ \sqrt{\lambda}}\right))^{-2}$ (**III. 10**)

Avec :

- ε : Rugosité de la conduite en mm (pour une conduite en acier ε = 0.04mm).
- D : Diamètre de la conduite mm.
- $\frac{\varepsilon}{D}$: Rugosité relative.
- Re : Nombre de Reynolds qui le rapport des forces de vitesse sur les forces de viscosité donné par la formule suivante :

$$Re = \frac{V \times D}{\vartheta} \qquad \textbf{(III. 11)}$$

Avec :

- V : vitesse de l'eau dans la conduite (m/s).
- ϑ : Viscosité cinématique de l'eau qui est égale à 10^{-6} m^2/s à une température de 20°C.

Comme on dit dans les 3 stations les conduites de refoulement ont un DN 450mm et ces 3 stations refoule le même débit, seul la longueur est différent et on a trouvé que V ref = 1.09m/s, donc on va calculer le nombre de Reynolds pour connaitre le régime d'écoulement.

AN : $Re = \frac{1.09 \times 0.45}{10-6} = 4.91 \times 10^5 > 10^5$ → on a un régime turbulent rugueux donc on peut utiliser la formule de Nikuradzé pour déterminer λ :

AN : $\lambda = (1.14 - 0.86 \ln \frac{0.04}{450})^{-2} = 0{,}01191247$

Les résultats de calcul de la Hmt sont montrés dans le tableau suivant :

Tableau III. 6 : Résultats de calcul de la Hmt

Conduite	L (m)	ΔH_L (m)	ΔH_T (m)	cote de départ	Cote d'arrivé	Hg (m)	Hmt (m)
SP1-SP2	3750	6,029	6,632	389	640	251	257,632
SP2-SP3	2350	3,778	4,156	636	809	173	177,156
SP3-RM	1320	2,122	2,334	805	1020,8	215,8	218,134

III.9.2. Les courbes caractéristiques

III.9.2.1 Les courbes caractéristiques d'une pompe

Une pompe est généralement caractérisé par : un débit (Q), une hauteur d'élévation (H), une puissance (P), un rendement (η) et une vitesse de rotation de la roue (N). Pour une valeur de vitesse de rotation donnée constante, les courbes caractéristiques qui expriment les performances de la pompe sont les suivants :

- La courbe débit-hauteur [H = f (Q)] : elle présente la variation de la hauteur en fonction du débit.
- La courbe puissance-débit [P = f (Q)] : elle présente la variation de la puissance absorbée sur l'arbre d'une pompe en fonction du débit.
- La courbe rendement-débit [η = f (Q)] : elle présente la variation de rendement en fonction du débit.
- La courbe des NPSH r [NPSH r = f (Q)] : elle présente les conditions exactes d'aspiration de la pompe en fonction du débit.

Ces courbes sont déterminées par le constructeur lors d'essais de pompage faits en laboratoire.

On a dit que dans les 3 stations les pompes sont installées en charge avec un couplage en parallèle, dont 2 pompes sont en service et une pompe de réserve.

Le débit total de refoulement est 173,611 l/s, donc le débit unitaire de refoulement est 86.8055 l/s et on a calculé les Hmt (résultats dans le tableau III.6).

Après avoir consulté les courbes caractéristiques de l'un des pompes installé dans chaque station (Annexe 3, 4, 5) on peut dire que les pompes installées peuvent assurer la Hmt et le débit demandé.

III.9.2.2 La courbe caractéristique de la conduite

La conduite est aussi caractérisée par une courbe hauteur-débit qui est déterminée par l'installateur de la pompe et peut être obtenu par la formule suivante :

$$H_c = H_g + RQ^2 \quad (\mathbf{III.12})$$

Avec :

- H_g: La hauteur géométrique (m).
- Q : Le débit refoulé (m^3/s).
- R : coefficient qui caractérise la résistance de la conduite (m) et calculé par la formule ci-dessous :

$$R = 1.1 \times \frac{8 \times \lambda \times L}{\pi^2 \times g \times D^5} \quad (\mathbf{III.13})$$

Les résultats de calcul de R et les équations de la courbe caractéristiques des conduites sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III. 7 : Résultats de R et équation de la courbe

conduite	R	Equation de la courbe
SP1-SP2	220,031	$H_c = 251 + 220{,}031Q^2$
SP2-SP3	137,886	$H_c = 173 + 137{,}886Q^2$
SP3-RM	77,451	$H_c = 215.18 + 77{,}451Q^2$

Et on fin on fait une application numérique pour déterminer les point qui forme les courbes caractéristiques des conduite dont les résultats sont montré dans le tableau ci-dessous :

Tableau III. 8: Point qui forment les courbes caractéristiques

Q (l/s)	0	20	60	86,8055	94,2	120	140	173,611	200	240
Hc sp1-sp2	251	251,08	251,79	252,66	252,95	254,17	255,31	257,63	259,80	263,67
Hc sp2-sp3	173	173,05	173,49	174,04	174,22	174,98	175,70	177,16	178,51	180,94
Hc sp3-rm	215,8	215,83	216,08	216,38	216,42	216,91	217,32	218,13	218,90	220,26

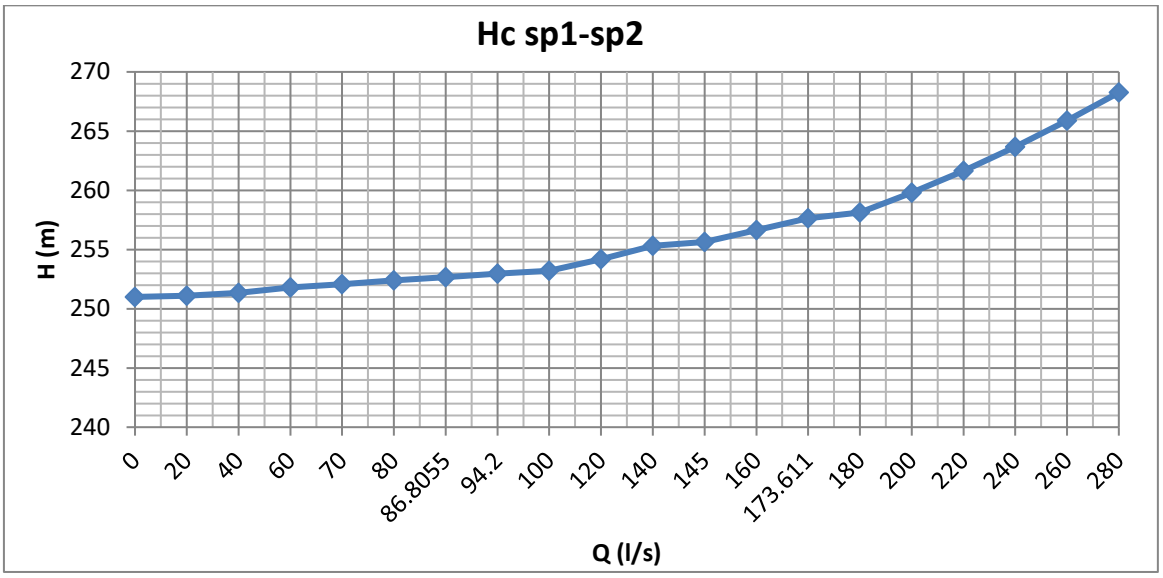


Figure III. 30 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement SP1-SP2

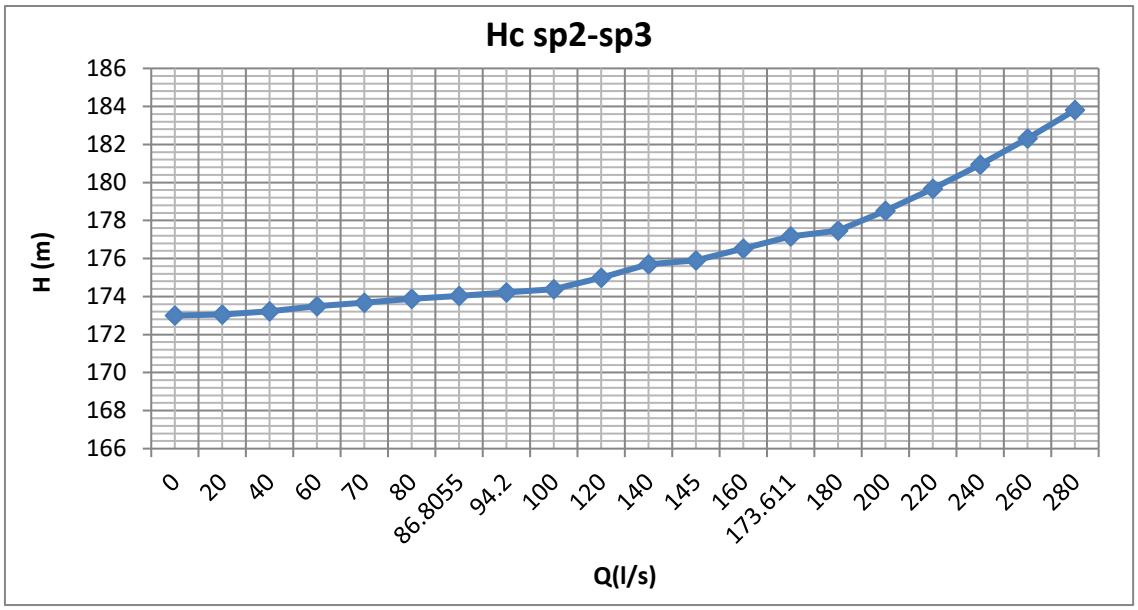


Figure III. 31: Courbe caractéristique de la conduite de refoulement SP2-SP3

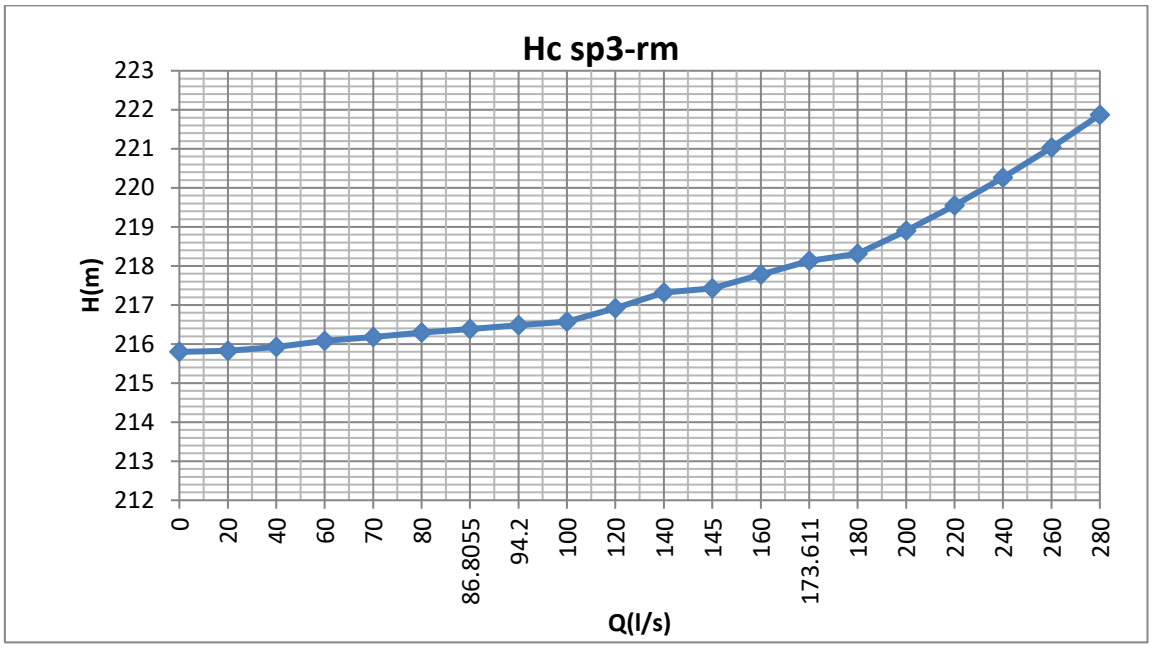


Figure III. 32: Courbe caractéristique de la conduite de refoulement SP3-RM

III.9.3. Le point de fonctionnement

Le point de fonctionnement est l'intersection entre la courbe caractéristique de la conduite [H_c = f(Q)] et la courbe caractéristique débit-hauteur [H = f (Q)] de la pompe installée, les courbes montrés dans l'annexe 3, 4, 5, sont les courbes d'une seule pompes et on a un couplage en parallèle de 3 pompes (2S+1R) donc on doit tracer la courbe caractéristique des deux pompes qui sont en services.

Le couplage en parallèle est utilisé pour augmenter le débit refoulé par les pompes.

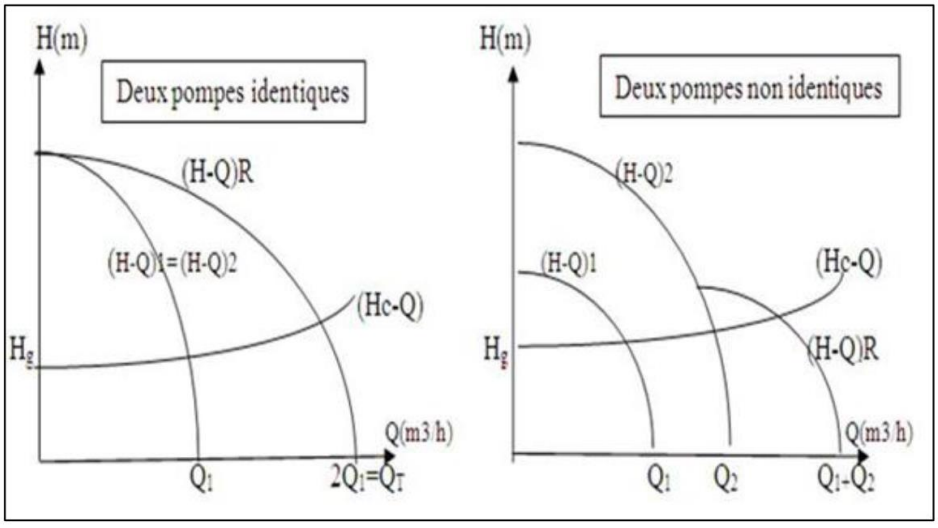


Figure III. 33 : Couplage de deux pompes en parallèle (Source : mémoire ingéniera « renforcement de l'approvisionnement en eau potable de la ville d'Ain Boucif (W.Médea) » par Benboussad Ibrahim)

La pompe fonctionnera dans des bonnes conditions si le point de fonctionnement se trouve dans la zone de non-cavitation et le débit lui correspondant dans une plage de bon fonctionnement. Les figures suivantes montrent l'intersection des courbes pour déterminer le point de fonctionnement :

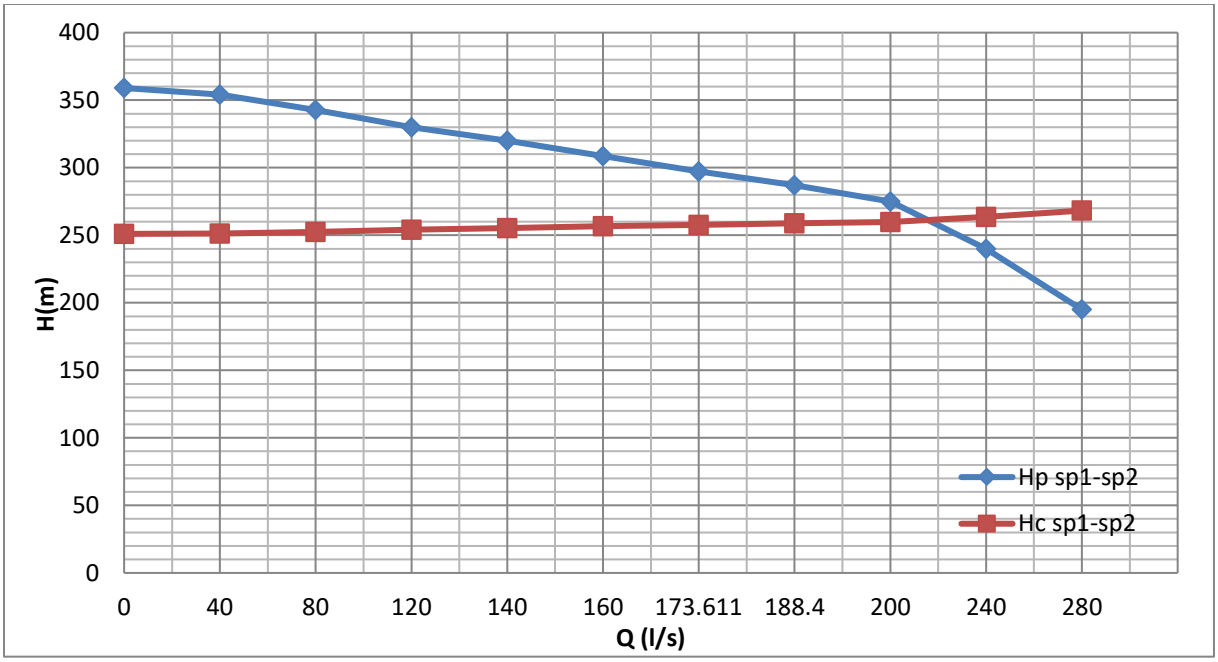


Figure III. 34 : Détermination de point de fonctionnement (SP1-SP2)

D'après le graphe on peut déterminer le point de fonctionnement pour la SP1 avec : (H, Q) = (262m, 224.63 l/s), on remarque que le débit de point de fonctionnement dépasse le débit demandé de 29.39%.

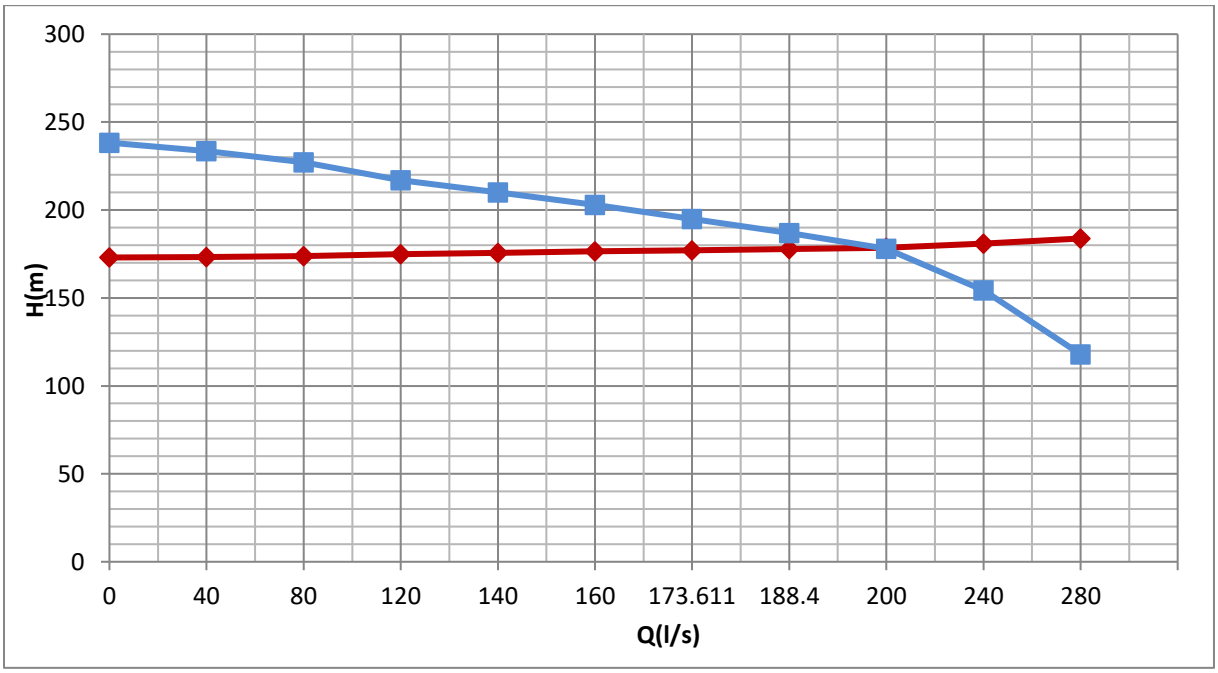


Figure III. 35 : Détermination de point de fonctionnement (SP2-SP3)

Le point de fonctionnement pour la SP2 : (H, Q) = (178m, 200 l/s), on remarque que le débit de point de fonctionnement aussi dépasse le débit demandé de 15.20%.

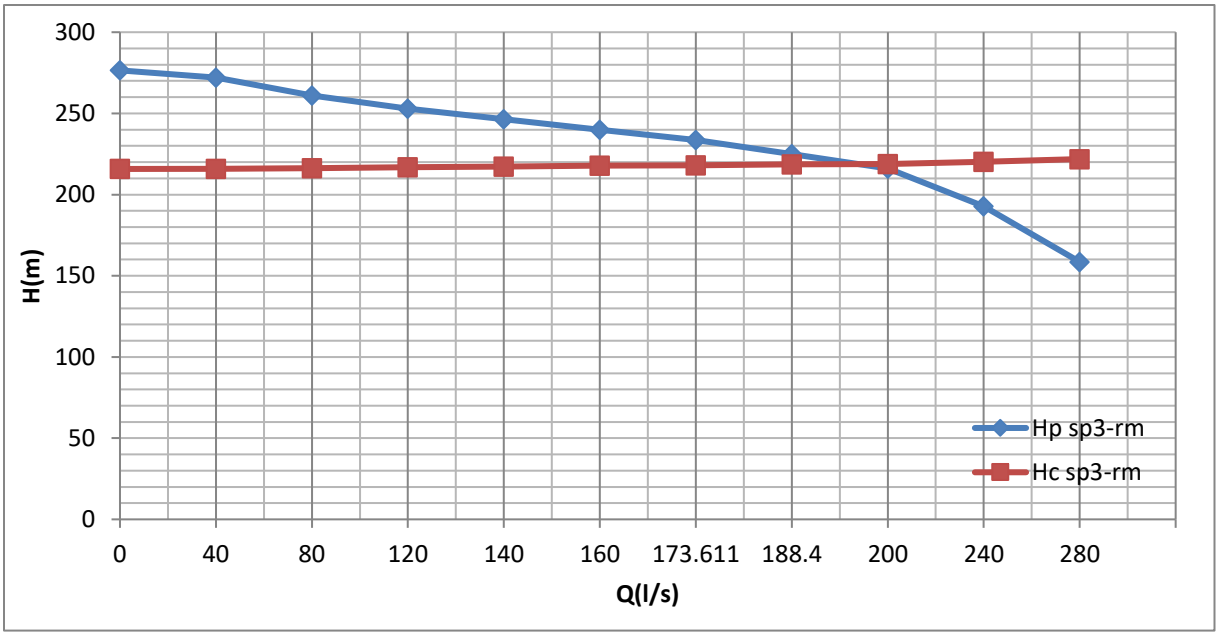


Figure III. 36 : Détermination de point de fonctionnement (SP3-RM)

Le point de fonctionnement pour la SP3 : (H, Q) = (213m, 195.87 l/s), on remarque que le débit de point de fonctionnement est supérieure au le débit demandé de 12.28%.

III.9.4. Adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement données

Selon le débit demandé (ou appelé), que se soit plus petit ou plus grand que le débit disponible (de fonctionnement), on a les modes de réglage suivants (8):

III.9.4.1. Débit disponible > Débit appelé

Si le débit pompé est supérieure au débit demandé, on corrige cet excès par l'un des modes de réglages suivants :

- **Réglage qualitatif** : c'est la réduction de la vitesse de rotation de la pompe si elle est variable c'est à dire qu'on a un moteur à vitesse variable.

- **Réglage quantitatif** : aussi appelé vannage, il s'agit d'une fermeture partielle du robinet vanne de refoulement. Le rendement après le vannage est obtenu par :

$$\eta_{ap,van}^{ins} = \eta_{av,van}^{ins} \times \frac{H_{app}}{H_{app} + h_v} \qquad \textbf{(III. 14)}$$

Avec :

- $\eta_{ap,van}^{ins}$: Rendement de l'installation après vannage.

◦ $\eta_{av,van}^{ins}$: Rendement de l'installation avant vannage.

◦ H_{app} : La hauteur manométrique appelée (m).

◦ h_v : Différence entre la hauteur H_c' et la hauteur appelée.

$$h_v = H_c' - H_{app} \quad (\mathbf{III.15})$$

◦ H_c' : Hauteur correspondante a la projection de débit appelée sur la courbe caractéristique de la pompe $(H\text{-}Q)_r$ (m).

- **Rognage :** c'est la diminution du diamètre extérieure de la roue de la pompe de telle façon à refouler le débit appelé. On utilisant les lois de similitude, on obtient l'équation de la droite de rognage :

$$H = \frac{H_{app}}{Q_{app}} Q \qquad (\mathbf{III.16})$$

Avec :

◦ Q_{app} : Débit appelé (m^3/s) .

◦ H_{app} : La hauteur manométrique appelée (m).

Après le rognage, le diamètre extérieur de la roue sera :

$$d = D \times \sqrt{\frac{Q_{app}}{Q_{M1}}} \quad (\mathbf{III.17})$$

Avec :

◦ Q_{M1} : Débit correspondant au point d'intersection entre la courbe de la pompe est la droite de rognage.

◦D: Diamètre extérieure de la roue avant le rognage.

◦ d : Diamètre extérieure de la roue après le rognage (mm).

Et on détermine le rendement du rognage par :

$$R = (1 - m) \times 100 \qquad (\mathbf{III.18})$$

Avec :

◦ m : Coefficient de rognage obtenu par la formule suivante :

$$m = \sqrt{\frac{Q_{app}}{Q_{M1}}} \quad (\mathbf{III.19})$$

Remarque : si le rendement de rognage est inférieur à 15% alors le rognage est efficace.

- **Augmentation des pertes de charge dans la conduite de refoulement :** on fait augmenter les singularités (des diffuseurs ou bien des rétrécissements brisques, les coudes).

- **Diminution de temps de pompage :** dans le cas ou le pompage c'effectuerait dans un réservoir, le nouveau temps de fonctionnement est :

$$t' = \frac{Q_{app}}{Q_{pf}} \times t \quad (\mathbf{III.20})$$

Avec :

◦ t' : Nouveau temps de fonctionnement de la station de pompage par jour (h).

◦ t : Temps prévus de fonctionnement de la station de pompage par jour (h).

◦ Q_{pf}: Débit correspondant au point de fonctionnement de la pompe (m^3/s).

◦ Q_{app} : Débit appelé (m^3/s) .

- **Changement de type de pompe :** si cela est possible on change le type de la pompe.

III.9.4.2. Débit disponible < Débit appelé

Dans ce cas, on doit faire soit :

- **Réglage qualitatif** : c'est la réduction de la vitesse de rotation de la pompe.

- **Changement de type de pompe.**

III.9.4.3. Application

On étudie les différents modes d'adaptation possibles pour déterminer celui qui offre un rendement plus élevé et une puissance absorbée faible.

Dans notre cas on a trouvé pour les trois stations que $Q_{pf} > Q_{app}$, donc les modes de réglage qu'on va étudier sont : le vannage, la diminution du temps de pompage. (Le rognage est considérer si le nombre de cellules est inférieur à 5).

- **Le vannage** : on fait une projection du débit appelé sur la courbe caractéristique [H=f(Q)] de la pompe (Annexe 3, 4, 5) pour trouver H'_c, puis on calcul $h_v$par la

formuleIII.15 et on détermine le nouveau rendement par la formule III.14 (le rendement de l'installation avant le vannage est dans le tableau III.1) et on calcul la nouvelle puissance absorbée par la formule suivante :

$$P_{abs} = \frac{\rho g Hmt\ Q}{\eta} \quad (\mathbf{III.21})$$

Sachant que Q est le débit unitaire de refoulement : Q = $\frac{Q_{app}}{n}$ et n : est le nombre de pompes en parallèle.

Le tableau ci-dessous montre les résultats :

Tableau III. 9 : Résultats de calcul de Vannage

Station	H'_c(m)	H_{app}(m)	h_v(m)	$\eta^{ins}_{av,van}$(%)	$\eta^{ins}_{ap,van}$(%)	Pabs (KW)
SP1	297,14	257,632	39,508	77	66,76	327,97
SP2	195	177,156	17,844	76	69,05	218.04
SP3	233,57	218,134	15,436	77	71,91	257.8

- **Diminution de temps de pompage :** on a Q_{app}= 173.611 l/s et on a le débit correspondant à le point de fonctionnement pour chaque station, donc on calcul le nouveau temps de pompage par la formule III.20 et on calcul la puissance absorbée par la formule III.21 avec le rendement correspondant au débit de point de fonctionnement (on tire les rendements à partir de courbes caractéristique : Annexe 3, 4, 5). Les résultats de calcul sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III. 10 : Résultats de calcul de diminution de temps de pompage

station	Qpf (l/s)	Q_{app}(l/s)	t' (h)	η_{pf}(%)	Pabs (KW)
SP1	224,63	173.611	18,554≈ 19	66	429.23
SP2	200		20,839≈ 21	60	289.07
SP3	195,87		21,278≈ 21	74	282.64

On choisi l'adaptation vannage car ce mode de réglage donne un rendement élevé et une puissance absorbée minimale.

III.10. Etude de la cavitation

III.10.1. Définition de la cavitation

La cavitation est un phénomène physique qui affecte les installassions et les machines de pompage, c'est la formation des cavités ou bulles d'air dans l'eau, c'est-à-dire la vaporisation du liquide juste à l'entrée de la pompe lorsque la pression chute de manière significative et

atteint ou tombe en dessous de la pression de vapeur saturante. Ce phénomène dure dans le temps et peut endommager la pompe.

III.10.2. les conséquences de la cavitation

La cavitation peut provoquer :

- Diminution de la durée de vie de la pompe.
- L'endommagement des composantes de la pompe qui sont en contact direct avec le fluide : érosion ou corrosion de la roue, du diffuseur et de la volute.
- Des vibrations excessive qui génère le bruit.
- Une détérioration des performances de la pompe : chute de rendement, du débit et même de la hauteur manométrique totale.

III.10.3. Condition de non cavitation

Pour éviter la cavitation il faut que la NPSH disponible (charge nette d'aspiration disponible) soit supérieure au NPSH requis (charge nette d'aspiration requise) :

$$(\text{NPSH})_d > (\text{NPSH})_r$$

La NPSH requis est donné par le constructeur pour un modèle de pompe, la NPSH disponible dépend de différence entre le niveau d'aspiration et l'axe de la pompe, des pertes de charges linéaires et singulières dans la conduite d'aspiration.

On a une installation en charge donc:

$$(NPSH)_d = \frac{P_{atm}}{\varpi} - \frac{P_v}{\varpi} - \sum h_{adm}^{asp} - \frac{{v_{asp}}^2}{2g} + h_{adm}^{asp} \quad (\mathbf{III.22})$$

Avec :

- $\frac{P_{atm}}{\varpi}$: La hauteur de pression atmosphérique en m. déterminé par la formule suivante :

$$\frac{P_{atm}}{\varpi} = (10.33 - 0.00139 \times H) \quad (\mathbf{III.23})$$

Avec : H : l'altitude de la station en mNGA.

- $\frac{P_v}{\varpi}$: La tension de vapeur saturante en m. Qui est dépendante de la température le tableau suivant montre les valeurs de la tension de vapeur saturante en fonction de la température :

Tableau III. 11 : Valeurs de la tension de vapeur saturante en fonction de la tempurature

T (°C)	5	10	20	30	40	50	80	100
$\frac{P_v}{\varpi}$ (m)	0.09	0.12	0.24	0.43	0.75	1.25	4.82	10.33

On a une température de 20°C donc $\frac{P_v}{\varpi}$ = 0.24

- ϖ : Poids volumique de fluide.
- $\sum h_{adm}^{asp}$: Les pertes de charges d'aspiration en m.
- v_{asp} : La vitesse d'aspiration en m/s.
- h_{adm}^{asp} : La hauteur d'aspiration admissible en m.

A.N :

Pour les 3 stations la conduite d'aspiration collective a un DN450 et sa longueur pour la SP1, SP2, SP3 sont : 18m, 28m, 30m et le débit refoulé est 173,611l/s.

v_{asp} =1,09 → $\mathrm{Re} = 4.91 \times 10^5 > 10^5$ → on a un régime turbulent rugueux donc on appliquant la formule de Nikuradzé on obtient : λ = 0,01191247

Les résultats du calcul de $(NPSH)_d$ sont montré dans le tableau suivant :

Tableau III. 12 : Résultats de calcul de (NPSH)d

station	$\sum h_{adm}^{asp}$	h_{adm}^{asp}	$\frac{{v_{asp}}^2}{2g}$	$\frac{P_{atm}}{\varpi}$	$(NPSH)_d$	$(NPSH)_r$	remarque
SP1	0,0231	4,4	0,06073	9,849	9,525	2,22	Condition vérifiée
SP2	0,0495	4	0,06073	9,506	9,396	2,21	Condition vérifiée
SP3	0,0528	4	0,06073	9,271	9,158	2,22	Condition vérifiée

D'après ce tableau on peut conclure que la condition du non cavitation est vérifiée dans les 3 stations.

III.11. l'état des conduites des bâche de reprise

Lors de nos visite on trouvé que la conduite de départ et d'arrivé de la bâche 500m³ de la SP2 et de la SP3 sont corrodées et que la conduite de trop plein (de SP2 et SP3), la conduite de vidange (SP3) sont entièrement détruites (la conduite de vidange de la SP2 est corrodée) et la conduite by-pass de la SP3 est corrodée. Et qu'il existe une fuite importante dans le regard des vannes de la SP3 ainsi que ces vannes sont corrodées et cassées.



Figure III. 37 : Conduites des bâches 500 m³ de la SP2 et de la SP3



Figure III. 38 : Regard des vannes de la SP3

Conclusion

Dans ce chapitre on fait un diagnostic global de l'état actuel des 3 stations de pompage qui constituent la chaine de Chiffa-Médéa. Ce diagnostic portait sur les groupes électropompe, les équipements en amont et en aval, les équipements de protection de coup de bélier, les équipements de contrôle hydraulique et les équipements électriques. Ainsi que l'état de bâtiment génie civil de ces 3 stations.

On a aussi fait une étude de pompage, on a déterminé le point de fonctionnement puis nous avons choisi le mode de régale compatible avec chaque station et on a conclu que les groupes électropompes présents sur ces trois stations peuvent assurer le débit et la Hmt demandé. En addition d'une étude de cavitation ou on a trouvé que la condition de non cavitation est vérifier pour les 3 stations.

Ce diagnostic nous a permet de déterminer les défauts présents dans ces 3 stations qui nécessitent des travaux de réhabilitation et de penser aux solutions et méthodes fiables pour cette opération.

Chapitre IV: Réhabilitation des trois stations de pompage

Introduction

Dans ce chapitre on va proposer des mesures et des méthodes appropriées pour la réhabilitation des trois stations de pompage dans le but d'améliorer la production et assurer le bon fonctionnement de la chaine de pompage Chiffa-Médéa.

IV.1. Problématique

En raison de la grande importance de ces trois stations de pompage dans l'alimentation en eau potable de la commune de Médéa, et du fait que ces stations sont détériorées et ont un rendement de fonctionnement faible, cela requiert une approche spécifique pour acquérir une connaissance approfondie de l'état actuel de ces stations, pour pouvoir prévoir les mesures de précaution et les dispositifs à mettre en place afin d'améliorer leurs performances et garantir la sécurité des exploitants.

Dans l'optique de répondre à la demande en eau en aval de ces stations et de garantir leurs bon fonctionnement, une enquête approfondie de l'état actuel de ces stations a été réalisé. Cette démarche vise à établir un diagnostic détaillé afin de formuler des solutions appropriées pour la réhabilitation de ces stations, en tenant compte des aspects économiques et techniques.

On va proposer le type de réhabilitation qui convient en considérant les constats faits lors de notre diagnostic.

Constats :

- Au niveau des aspirations individuelles de la SP1 : les vannes et les joints sont couverts par la poussière de ciment. C'est le mêmes cas pour la vanne au niveau d'aspiration individuelle du GEP3 de la SP3.
- Au niveau d'aspiration individuelle du GEP2 de la SP2 : le joint de démontage présente une apparition d'une légère corrosion.
- Au niveau de refoulement individuelle du GEP3 de la SP1 : le clapet anti-retour et le joint de démontage présente une apparition d'une légère corrosion.
- Le pont roulant de la SP1 a une légère corrodé.
- Absence de débitmètres au niveau d'aspiration collective de la SP1.
- La conduite de refoulement collective de la SP1 et la SP3 sont corrodées et celle de la SP2 présente une légère corrosion.
- Il existe une petite fuite au niveau de joint de démontage dans la SP1 tandis qu'il existe une fuite très importante au niveau de joint de démontage de la SP3.
- Il n'y a pas une échelle au niveau de la galerie de la conduite du refoulement de la SP3.

- le robinet vanne de la soupape de décharge de la SP1 est corrodés.
- La conduite de départ et d'arrivé de la bâche 500m³ de la SP2 et de la SP3, la conduite de vidange de la SP2 est corrodée sont corrodées et la conduite de trop plein (de SP2 et SP3), la conduite de vidange (SP3) sont entièrement détruites et la conduite by-pass de la SP3 est corrodée.
- Il existe une fuite importante dans le regard des vannes de la SP3 ainsi que ces vannes sont corrodées et cassées.
- Les clôtures de la SP2 ont quelques fissurations.
- Pas de route revêtue à l'intérieure de la station de traitement de Chiffa (la SP1) et de la SP2 et la SP3.
- Poussée de l'herbe au niveau de toitures, route non revêtue dans les trois stations et sur le trottoir qui ce trouve à l'entrée du poste transformateur de la SP1.
- À l'intérieur de la salle de machine de la SP1 il y a une présence de quelque fissuration au niveau du mur qui est en face à l'entré de la salle, au niveau des poteaux en béton, sur les escaliers.

IV.2. Réhabilitation fonctionnelle

L'objectif est de restaurer le bon fonctionnement des équipements essentiels pour le refoulement des eaux d'alimentation en eau potable.

- **Les pompes :** les pompes des 3 stations sont en bon état mais un suivi de performance (débit, pression) et mettre en place une stratégie de maintenance est recommandé :
  - Vérification de l'alignement moteur pompe
  - Vérification de l'accouplement
  - Vérification de la lubrification
- **Les moteurs :** les moteurs des 3 stations sont aussi en bon état, mais assurer une maintenance régulière garantit à votre moteur, de meilleures performances, Une plus grande durée de vie et une meilleure rentabilité.
  - Surveiller les vibrations ou déformations, qui peuvent provenir de roulements usés, d'un mauvais alignement, de mauvaises fixations…
  - Contrôler l'isolation du bobinage, pour vérifier que ce dernier est bien protégé
  - S'assurer de la bonne ventilation du moteur, notamment que le ventilateur fonctionne correctement (qu'il ne soit pas encrassé) et que rien ne l'obstrue.

◦ Appliquer de la graisse aux roulements en cas de besoin.

● **Appareils de mesures et de contrôle :** prévoir un débitmètre pour l'aspiration collective de la SP1.

● **Les vannes :**

◦ Une simple nettoyage et peinture des vannes des aspirations individuelles de la SP1 et de la vanne de GEP3 de la SP3.

◦ Remplacer de robinet vanne de la soupape de décharge de la SP1.

◦ Remplacer les vannes de la conduite de départ, la conduite de vidange et la conduite by-pass de la SP3 et prévoir une vanne pour la conduite de d'arrivé et la conduite trop plein.

◦ Remplacer les vannes de la conduite d'arrivé, la conduite de départ, la conduite de vidange de la SP2.Prévoir une vanne pour la conduite trop plein.

● **Les joints de démontages :**

◦ Une simple nettoyage et peinture des joints des aspirations individuelles de la SP1.

◦ Prévoir un remplacement de joint de démontage d'aspiration individuelle du GEP2 de la SP2.

◦Prévoir un remplacement de joint de démontage de refoulement individuel du GEP3 de la SP1.

◦ Vérifier l'étanchéité des joints de démontage du refoulement collective de la SP1 et la SP3.

● **Les Clapets :** Prévoir un remplacement du clapet anti-retour de refoulement individuel du GEP3 de la SP1.

● **Les équipements électriques :** les équipements électriques des 3 stations sont en bon état par contre une stratégie d'entretien et maintenance est recommandée :

◦ Pour les cellules électriques :

- Nettoyage de la partie extérieure accessible.

- Dépoussiérage de l'appareillage avec un aspirateur et non un souffleur.

- Nettoyage des isolants avec un chiffon en coton non pelucheux et sec.

- Vérifier le serrage des connexions de l'appareillage, les fusibles et le système de verrouillage.

◦ Pour les transformateurs :

-Elimination de la poussière et de la saleté.

- Inspection de l'isolement.

- Vérification du niveau d'huile.

- Analyse de l'huile remplacement des joints.

- Vérification des fusibles.

- Contrôle des organes de sécurité.

- Maintenance du conservateur assécheur d'air.

◦ Pour les batteries de compensation d'énergie réactive : elles nécessitent généralement très peu de maintenance car ils sont de type statique. Mais vue qu'ils sont des dispositifs de stockage d'énergie qui peuvent provoquer un choc mortel longtemps après que leur alimentation soit déconnectée, par conséquent leur maintenance nécessite une formation spécifique à l'équipement.

◦ Pour les armoires :

-Visite et contrôle quotidien.

- Dépoussiérage de l'appareillage avec un aspirateur.

- Resserrages des connexions de tout l'appareillage.

- Vérification et diagnostic par une personne qualifiée.

IV.3. Réhabilitation architecturale

Les travaux de réhabilitation du génie civil englobent les salles des machines, la salle des armoires (SP1) et les clôtures de la station. Ces travaux visent à améliorer l'esthétique du bâtiment, que ce soit à l'extérieur ou à l'intérieur.

IV.3.1. Réhabilitation extérieure

- Réparation des fissurations qui se trouve sur les clôtures de la SP2.
- La peinture de tous les éléments métalliques extérieurs existants (échelles, grilles de filtration, les avaloires……etc.).
- la peinture de poste de gardiennage de la SP1 et des clôtures des 3 stations.

- Réparation et nivellement du terrain à l'intérieur et autour des stations pour éviter la stagnation d'eau.
- Remplacement des revêtements des murs en béton.
- Enlèvement de l'herbage. (Pour les toitures on remplace leurs revêtements par une autre couche métalliques pour éviter l'herbage et assurer l'étanchéité).

IV.3.2. Réhabilitation intérieure

- Pour le mur de la SP1 (mur de la salle des machines qui est enfance à la porte d'entrée de et le mur de la salle des armoires), la SP2 et la SP3 :
  - Décapage des revêtements existants.
  - Réalisation d'un nouveau revêtement.
  - Pose d'une sous-couche.
  - Pose de trois couches de peinture (peinture vinylique).
- Menuiseries :
  - Surpression de toutes les menuiseries en mauvais état (porte, fenêtres).
  - Fourniture et pose d'une porte métallique pour la salle des armoires de la SP1.
  - Remplacement des fenêtres cassées de la SP2 et de la SP3.
- Etanchéité du toit : on mit en place une étanchéité multicouche pour rendre la construction étanche à l'eau de pluie et de neige.

IV.4. Réhabilitation structurale

IV.4.1. Réhabilitation des éléments en béton

IV.4.1.1. Travaux de réhabilitation mineure

Les travaux de réhabilitation mineure touchent les zones corrodés superficiellement ou le nettoyage des armatures corrodées légèrement. Celles-ci incluent les opérations suivantes :

Nettoyage et écroutement du béton détérioré, généralement cette détérioration ne dépasse pas l'enrobage du béton. Dans le cas contraire, il faut utiliser d'autres méthodes de réhabilitation (9):

- Ecroutement de l'enrobage du béton aux endroits des armatures corrodées.
- Nettoyage des armatures corrodées par décapage au jet de sable.

- Piquetage de la surface du béton de 6 mm de profondeur.
- L'application d'un agent adhésif à la surface du béton.

IV.4.1.2. Travaux de réhabilitation majeure

Ces travaux de réhabilitation de béton sans démolir l'élément structural en béton incluent les opérations suivantes (9):

- Nettoyage des éléments structuraux comme prévu.
- Nettoyage et écroutement du béton dans les endroits détériorés.
- Nettoyage des armatures de la rouille par décapage au jet de sable.
- Piquetage de la surface du bêton de 6mm de profondeur.
- L'application d'un agent adhésif à la surface du bêton.
- L'écoulement du nouveau bêton en utilisant ; soit des coffrages ou du bêton projeté ou autre moyen convenable et approuvé.

IV.4.2. Réhabilitation des éléments en acier

IV.4.2.1. Nettoyage de corrosion mineure et repeinture

- Nettoyage par décapage au jet de sable.
- Application des couches de peinture suivantes : première couche de fond, couche intermédiaire et couche finale.

IV.4.2.2. Remplacement des éléments en acier

- Il faut procéder au remplacement des éléments en acier marqués par une corrosion substantielle.
- Examiner tous les constituants des éléments structuraux.
- Remplacement des éléments en acier corrodés qui sont remarquable.
- Peindre les nouveaux éléments à l'atelier et fixer la peinture endommagée après l'installation surplace.

IV.5. Les Bâches d'aspiration

- Renouvèlement de la conduite de départ et d'arrivé, la conduite trop plein et la conduite de vidange des bâches 500m³ de la SP2 et de la SP3.

- Renouvèlement de la conduite by-pass de la SP3.
- la bâche 1000m³ de la SP1et les bâches 500m³ de la SP2 et SP3 nécessitent un nettoyage intérieur.
- Peinture extérieur des bâches 500m³.

IV.6. Résolution des problèmes de l'adduction

- Prévoir une échelle d'accès au niveau de la galerie de la conduite de refoulement de la SP3 pour faciliter l'entretien.
- vérifier l'étanchéité des accessoires de la conduite du refoulement de la SP1 et surtout de la SP3.
- Faire un revêtement ou une protection cathodique pour protéger la conduite de refoulement contre la corrosion.

IV.7. Protection des conduites contre la corrosion

La corrosion est un cas particulier de la dégradation des matériaux métalliques (métaux et alliages). Il s'agit d'une attaque plus ou moins rapide de la plupart des métaux (sauf les métaux nobles) par leur environnement. Cette réaction les convertit en produits de corrosion tels que des hydroxydes, oxydes, carbonates, sulfures, etc. ; c'est un processus d'oxydation.

Parmi les facteurs jouant un rôle important, on peut citer : la température, l'eau et les nappes phréatiques, la nature de sol, le pH, les croisements des conduites gaz sous protection cathodique, la présence de micro-organismes, les voies ferrées (tramway, ONCF)…..etc. La corrosion se manifeste sous deux formes principales: la corrosion électrochimique et la corrosion chimique.

La prévention de la corrosion devrait commencer au stade de planification, autrement dit, lors de la planification, il faut considérer le problème de la corrosion dès le début du projet jusqu'à la réalisation, pour assurer une certaine durée de vie le plus long que possible, avec le moindre coût, au final, éviter les réactions d'oxydation est le principe de base de luter contre la corrosion.

Les principaux types de protection contre la corrosion sont : la protection intérieure, la protection extérieure et la protection cathodique.

IV.7.1. Protection intérieure

En milieu humide, la corrosion se caractérise par l'attaque de l'oxygène sur le métal. De plus, l'eau contenant des éléments chimiques (minéralisés) ayant une faible vitesse

d'écoulement provoque dans les canalisations des dépôts qui se fixant sur les parois et qui constituent des petites piles qui favorisent l'attaque du métal.

Pour lutter contre cet inconvénient, il est nécessaire de réaliser une protection interne, ou on doit prévoir un revêtement à base de bitume (9).

IV.7.2. Protection extérieure

Le principe de ce type de protection consiste à placer la conduite dans un isolant appelé revêtement dont le rôle principal est d'assurer une protection efficace et durable de la paroi de la conduite en formant une barrière étanche contre la corrosion du milieu environnant; c'est l'obtention d'une haute résistance d'isolement, destinée à couper le courant pour les réactions de corrosion électrochimique. La protection passive de la canalisation d'adduction nécessite une attention particulière lors de son application, en respectant strictement les règles de l'art en matière de revêtement et de spécifications propres au processus fait (9):

- Un nettoyage soigneux de la surface extérieure de la conduite.
- L'application d'une couche de peinture spéciale.
- L'application de revêtement renforcé par une armature en laine de verre et protégée en papier Kraft.

IV.7.3. Protection Cathodique

Son but est de réduire le potentiel de la surface métallique en contact avec le sol en utilisant l'injection d'un courant. Le potentiel peut être abaissé à l'aide d'anodes galvaniques, d'un courant imposé ou d'un drainage de courant. On abaisse le potentiel sous un seuil appelé « critère de protection cathodique » qui doit être atteint en tous les points du réseau acier. Des câbles soudés sur le tube (désignés sous le nom de prises de potentiel) permettent d'accéder à ce réseau, et ces câbles sont reliés aux coffrets ou borniers situés au niveau du sol, ou alternativement, en utilisant des contacts au niveau des ventouses, vannes ou vidanges. Ce critère de protection cathodique pour l'acier enterré est de - 850 mV mesuré par rapport à l'électrode Cu/CuSO4-.

IV.7.3.1. Protection cathodique par anodes galvaniques (sacrificielles)

Cette corrosion apparaît lorsque deux métaux sont en contact dans le même électrolyte, avec dégradation du métal le moins noble qui tend naturellement à protéger le métal le plus noble. Lorsque le milieu présente une faible conductivité, la corrosion se localise au point de contact entre les deux métaux. La vitesse de corrosion augmente en fonction du rapport entre la surface cathodique et la surface anodique. Cette situation se manifeste dans le cas de la corrosion de tubes en acier couplés à des vannes en laiton, montées sans isolation électrique.

Certains métaux avec une propriété anodique seront employés pour la protection en tant qu'anodes sacrificielles (zinc, aluminium, magnésium).

Ce système de protection cathodique est principalement employé pour préserver des structures de taille modérée mais fortement isolées. La distance entre la structure et les anodes placées perpendiculairement est d'environ 3m. Les sites d'anodes sacrificielles sont répartis de manière uniforme pour garantir une protection cathodique continue le long de l'ouvrage. À noter que les anodes sont souvent et industriellement proposées avec un revêtement de backfill, généralement composé de gypse et de bentonite.

IV.7.3.2. Protection cathodique par courant imposé ou soutirage de courant

Afin d'éviter la corrosion du métal il faut abaisser son potentiel à un niveau d'immunité, pour cela cette technique consiste à connecter le réseau en un ou plusieurs points au pole négatif (cathode) d'une source électrique de courant continus (9).

Le redresseur comporte 2 pôles :

- Un pole positifs relié a la prise de terre nommé (anode), ou masse sacrificielle, c'est là où la corrosion sera reportée.
- Un pole négatif sera reliée à la conduite là ou s'échappe le courant de l'installation, il est donc soutiré.

IV.8. Proposition de rénovation de l’adduction

On va proposer de renouveler l’adduction de la chaine de Chiffa, cette rénovation suit le même tracé que l’adduction actuel (Annexe 6). Afin de déterminer le diamètre économique on doit faire une étude technico-économique.

IV.8.1. Choix de matériau de canalisation

Le matériau de la canalisation est sélectionné en tenant compte de plusieurs facteurs, notamment la pression, les caractéristiques du sol, la résistance à la corrosion, les coûts de fournitures d'installation, ainsi que la facilité de réalisation des raccordements, des branchements et des réparations en cas de fuite. Parmi les matériaux fréquemment employés, on peut citer :

La Fonte ductile : est un matériau noble capable de résister à des pressions élevées, rigide et solide, résistant à la corrosion et aux forces intérieures, et son installation est relativement simple. Cependant, l'utilisation de la fonte nécessite l'emploi de nombreuses pièces spéciales, ce qui peut entraîner un coût élevé, bien que cela reste acceptable compte tenu de la durabilité de la conduite.

L’acier : c’est matériau apte à supporter des pressions élevées, mais il est très sensible à la corrosion, en particulier en lorsque le sol est agressif. Toutefois, il convient à différents types de terrains, car il peut absorber les contraintes de pression.

Le PEHD : ces tuyaux sont les plus légers et peuvent supporter des pressions allant jusqu'à 25 bars. Ils sont faciles à couper, à installer et à assembler, à condition de prendre

certaines précautions. Ils présentent d'excellentes propriétés hydrauliques et ne sont pas sujets à la corrosion. Cependant, leur résistance mécanique est plus limitée que celle des autres matériaux (d'écrasement pour le PEHD).

L'acier et la fonte sont les matériaux les plus utilisés dans le cas des adductions par refoulement en raison des grandes pressions qui peuvent être engendrées par le coup de bélier. Dans notre étude, nous allons opter pour l'utilisation des conduites en fonte ductile car elles peuvent résister à la corrosion et ont une duré de vie supérieure à celle de l'acier.

IV.8.2. Méthode calcul

On va utiliser les formules de Bonin et de Bresse pour choisir la gamme diamètres sur laquelle portera notre étude :

$$D_{ec} = \sqrt{Q} \qquad (\mathbf{IV.1})\text{(Formule de Bonin)}$$

$$D_{ec} = 1.5 \times \sqrt{Q} \qquad (\mathbf{IV.2})\text{(Formule de Bresse)}$$

Avec :

- D_{ec} : diamètres économique de la conduite en m.
- Q : débit refoulé en m³/s.

Remarque : la formule de Bresse est valable que pour les petits projets de longueur inférieure à 1 Km, on va utiliser cette formule juste pour avoir une idée sur la gamme de diamètre à choisir.

AN :

$$D_{ec} = \sqrt{0.173611} = \mathbf{0.417\ m}$$

$$D_{ec} = 1.5 \times \sqrt{0.173611} = \mathbf{0.625\ m}$$

Donc on la gamme pour les diamètres sera 250-600 mm.

Pour la Hmt, les pertes de charges et le coefficient de frottement ils seront calculés par les formules$(\mathbf{III.7}),(\mathbf{III.8}),(\mathbf{III.9})$.la puissance de pompage sera calculé par la formule$(\mathbf{III.21}).$

L'énergie consommée par les stations de pompage le long d'une année sera calculé par la formule suivante :

$$E = P \times t \times 365 \qquad (\mathbf{IV.3})$$

Avec :

- E : l'énergie consommée par la station pendant une année (KWh).
- P : puissance de pompage (KW).
- t : temps de pompage par jour (h).

Ensuite en calcul le frais d'exploitation par la formule suivante :

$$F_{ext} = E \times e \qquad (\mathbf{IV.4})$$

Avec :

- e : prix unitaire d'une KWh imposé par la SONELGAZ.

Le tableau suivant montre la variation des tarifs de l'énergie **:**

Tableau IV. 1 : Fluctuations journalière des tarifs de l'énergie

Périodes	Horaires	Nombre d'heure (h)	Prix du KWh (DA)
Heures pleines	06h-17h	11	4.98
Heures de pointes	17h-21h	4	8.35
Heures creuses	21h-06h	9	0.68

Source : SONELGAZ

Le prix moyen du KWh pendant les 24h (temps de fonctionnement des stations de pompage) est :

$$e = \frac{4.98 \times 11 + 8.35 \times 4 + 0.68 \times 9}{24} = \mathbf{3.93 \approx 4\ DA}$$

Et le frais d'investissement sera calculé par la formule suivante :

$$F_{inv} = L_{ref} \times P_u \times A + L_{ref} \times P_u \quad (\mathbf{IV.5})$$

Avec :

- L_{ref} : longueur de refoulement en m.
- P_u : Prix de la conduite (DA).
- A : Amortissement annuel (%), calculé par la formule suivante :

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i \quad (\mathbf{IV.6})$$

Avec :

- i : Taux d'annuité ; i = 8 %.
- n: Durée de l'amortissement de la conduite, n = 30 ans.

AN :

$$A = \frac{0.08}{(0.08+1)^{30} - 1} + 0.08 = \mathbf{0.089}$$

IV.8.3. Calcul de diamètre économique

Tronçons SP1-SP2 :

● **Calcul des frais d'investissement :** le tableau suivant montre les frais d'investissement calculé pour les différents diamètres :

Tableau IV. 2 : Variation des frais d'investissement pour les différentes diamètres (SP1-SP2)

D (mm)	L_{ref} (m)	A	P_u (Da)	F_{inv} (Da)
PN50-DN250	3750	0,089	7610,97	31081298,74
PN50-DN300			10256,64	41885553,6
PN40-DN350			12754,52	52086271,05
PN40-DN400			15037,81	61410656,59
PN40-DN450			17654,01	72094563,34
PN40-DN500			20264,86	82756622,03
PN40-DN600			27177,89	110987708,3

Source des prix :Electrosteel Algérie SPA

● **Calcul des frais d'exploitation:** le tableau suivant montre les frais d'exploitation calculé pour les différents diamètres :

Tableau IV. 3 : Variation des frais d'exploitation pour les différents diamètres (SP1-SP2)

DN (mm)	L_{ref} (m)	Hg (m)	v (m/s)	λ	ΔH_t (m)	Hmt (m)	P_{abs} (kW)	E (kWh)	F_{exp} (Da)
250	3750	251	3,54	0,18	176,729	427,729	1089,003	9539666,28	38158665,1
300			2,46	0,125	68,487	319,487	813,418	7125541,68	28502166,7
350			1,8	0,092	30,513	281,513	716,735	6278598,6	25114394,4
400			1,38	0,07	15,249	266,249	677,873	5938167,48	23752669,9
450			1,09	0,056	8,239	259,239	660,026	5781827,76	23127311
500			0,88	0,045	4,767	255,767	651,186	5704389,36	22817557,4
600			0,61	0,031	1,85	252,85	643,759	5639328,84	22557315,4

● **Bilan des coûts:** pour avoir le cout coûts on fait la somme des frais d'investissement et les frais d'exploitation, le tableau suivant montre les coûts totaux calculés pour les différents diamètres :

Tableau IV. 4 : Variation des coûts totaux pour les différents diamètres (SP1-SP2)

D (mm)	F_{inv} (Da)	F_{exp} (Da)	C total (Da)
PN50-DN250	31081298,7	38158665,1	69239963,86
PN50-DN300	41885553,6	28502166,7	70387720,32
PN40-DN350	52086271,1	25114394,4	77200665,45
PN40-DN400	61410656,6	23752669,9	85163326,51
PN40-DN450	72094563,3	23127311	95221874,38
PN40-DN500	82756622	22817557,4	105574179,5
PN40-DN600	110987708	22557315,4	133545023,6

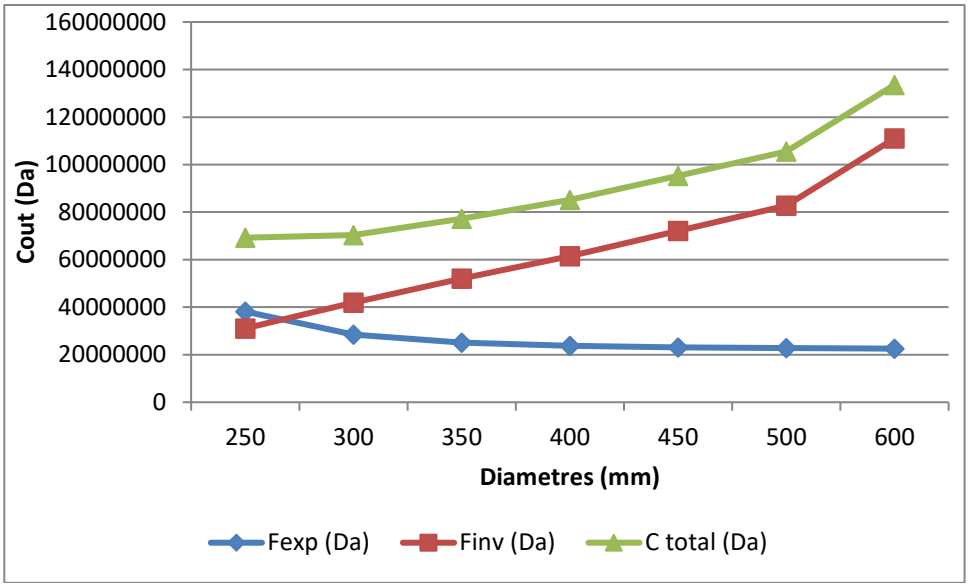


Figure IV. 1 : La courbe d'optimisation SP1-SP2

D'après le tableau (IV.4) et la figure (IV.1) on trouve que le diamètre économique (coût total minimal) est le diamètre 250 mm, mais la vitesse calculée pour ce diamètre n'est pas dans la plage admissible donc on va choisir le diamètre DN400 car il donne une vitesse admissible.

Tronçons SP2-SP3 :

- **Calcul des frais d'investissement :** le tableau suivant montre les frais d'investissement calculé pour les différents diamètres :

Tableau IV. 5 : Variation des frais d'investissement pour les différentes diamètres (SP2-SP3)

D (mm)	L_{ref} (m)	A	P_u (Da)	F_{inv} (Da)
PN50-DN250	2350	0,089	7610,97	19477613,88
PN50-DN300			10256,64	26248280,26
PN40-DN350			12754,52	32640729,86
PN40-DN400			15037,81	38484011,46
PN40-DN450			17654,01	45179259,69
PN40-DN500			20264,86	51860816,47
PN40-DN600			27177,89	69552297,19

Source des prix : Electrosteel Algérie SPA

- **Calcul des frais d'exploitation:** le tableau suivant montre les frais d'exploitation calculé pour les différents diamètres :

Tableau IV. 6 : Variation des frais d'exploitation pour les différents diamètres (SP2-SP3)

DN (mm)	L_{ref} (m)	Hg (m)	v (m/s)	λ	ΔH_t (m)	Hmt (m)	P_{abs} (kW)	E (kWh)	F_{exp} (Da)
250	2350	173	3,54	0,0168	110,75	283,75	698,472	6118614,72	24474458,9
300			2,46	0,0162	42,919	215,919	531,501	4655948,76	18623795
350			1,8	0,0156	19,121	192,121	472,92	4142779,2	16571116,8
400			1,38	0,0152	9,556	182,556	449,375	3936525	15746100
450			1,09	0,0148	5,163	178,163	438,562	3841803,12	15367212,5
500			0,88	0,0145	2,987	175,987	433,205	3794875,8	15179503,2
600			0,61	0,014	1,159	174,159	428,705	3755455,8	15021823,2

- **Bilan des coûts:** pour avoir le cout coûts on fait la somme des frais d'investissement et les frais d'exploitation, le tableau suivant montre les coûts totaux calculés pour les différents diamètres :

Tableau IV. 7 : Variation des coûts totaux pour les différents diamètres (SP2-SP3)

D (mm)	F_{inv} (Da)	F_{exp} (Da)	C total (Da)
PN50-DN250	19477613,9	24474458,9	43952072,76
PN50-DN300	26248280,3	18623795	44872075,3
PN40-DN350	32640729,9	16571116,8	49211846,66
PN40-DN400	38484011,5	15746100	54230111,46
PN40-DN450	45179259,7	15367212,5	60546472,17
PN40-DN500	51860816,5	15179503,2	67040319,67
PN40-DN600	69552297,2	15021823,2	84574120,39

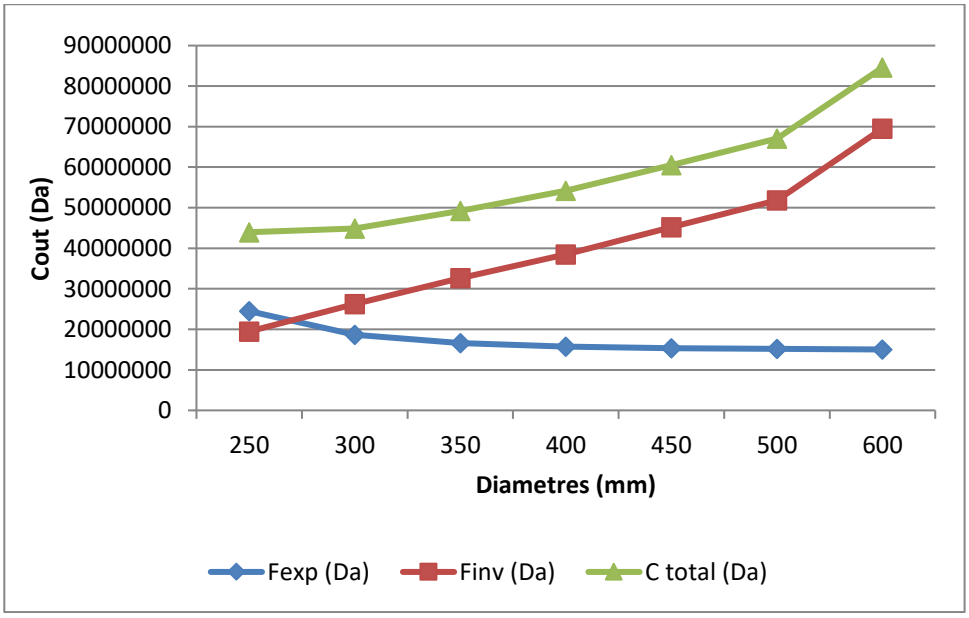


Figure IV. 2 : La courbe d'optimisation SP2-SP3

D'après le tableau (IV.7) et la figure (IV.2) on trouve que le diamètre économique (coût total minimal) est le diamètre 250 mm mais il n'offre pas aussi une vitesse admissible donc on va choisir le diamètre DN400.

Tronçons SP3-RM :

- **Calcul des frais d'investissement :** le tableau suivant montre les frais d'investissement calculé pour les différents diamètres :

Tableau IV. 8 : Variation des frais d'investissement pour les différentes diamètres (SP3-RM)

D (mm)	L_{ref} (m)	A	P_u (Da)	F_{inv} (Da)
PN50-DN250	1320	0,089	7610,97	10940617,16
PN50-DN300			10256,64	14743714,87
PN40-DN350			12754,52	18334367,41
PN40-DN400			15037,81	21616551,12
PN40-DN450			17654,01	25377286,29
PN40-DN500			20264,86	29130330,95
PN40-DN600			27177,89	39067673,32

Source des prix : Electrosteel Algérie SPA

- **Calcul des frais d'exploitation:** le tableau suivant montre les frais d'exploitation calculé pour les différents diamètres :

Tableau IV. 9 : Variation des frais d'exploitation pour les différents diamètres (SP3-RM)

DN (mm)	L_{ref} (m)	Hg (m)	v (m/s)	λ	ΔH_t (m)	Hmt (m)	P_{abs} (kW)	E (kWh)	F_{exp} (Da)
250	1320	215,8	3,54	0,0168	62,209	278,009	657,123	5756397,48	23025589,9
300			2,46	0,0162	24,107	239,907	567,062	4967463,12	19869852,5
350			1,8	0,0156	10,741	226,541	535,469	4690708,44	18762833,8
400			1,38	0,0152	5,368	221,168	522,769	4579456,44	18317825,8
450			1,09	0,0148	2,9	218,7	516,935	4528350,6	18113402,4
500			0,88	0,0145	1,678	217,478	514,047	4503051,72	18012206,9
600			0,61	0,014	0,651	216,451	511,62	4481791,2	17927164,8

- **Bilan des coûts:** pour avoir le cout coûts on fait la somme des frais d'investissement et les frais d'exploitation, le tableau suivant montre les coûts totaux calculés pour les différents diamètres :

Tableau IV. 10 : Variation des coûts totaux pour les différents diamètres (SP3-RM)

D (mm)	F_{inv} (Da)	F_{exp} (Da)	C total (Da)
PN50-DN250	10940617,2	23025589,9	33966207,08
PN50-DN300	14743714,9	19869852,5	34613567,35
PN40-DN350	18334367,4	18762833,8	37097201,17
PN40-DN400	21616551,1	18317825,8	39934376,88
PN40-DN450	25377286,3	18113402,4	43490688,69
PN40-DN500	29130331	18012206,9	47142537,83
PN40-DN600	39067673,3	17927164,8	56994838,12

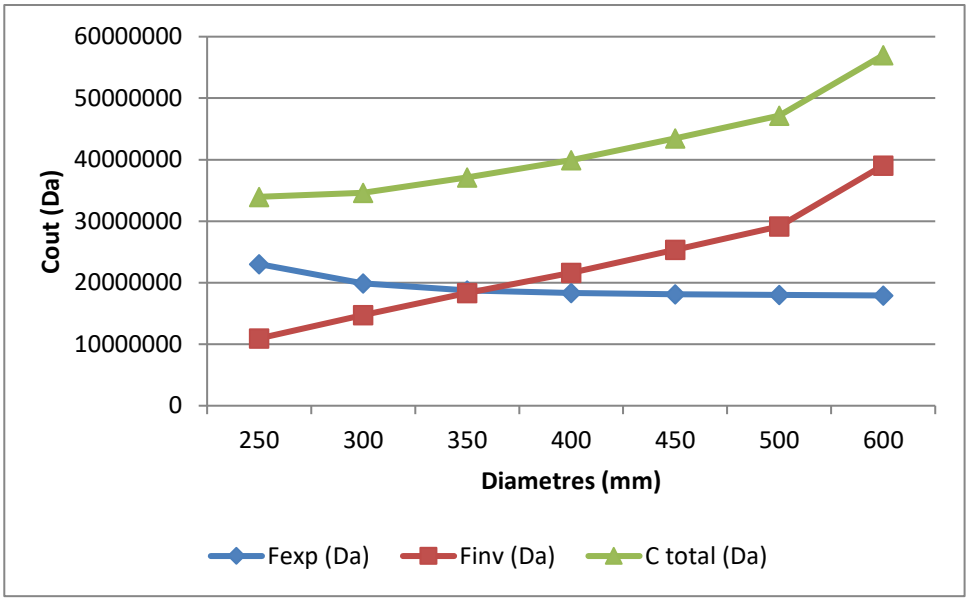


Figure IV. 3 : La courbe d'optimisation SP3-RM

D'après le tableau (IV.10) et la figure (IV.3) on trouve que le diamètre économique (coût total minimal) pour le tronçon SP3-RM est aussi le diamètre 250 mm et de même ce diamètre ne donne pas une vitesse dans la plage admissible donc on choisi le DN400.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé des procédures et des méthodes appropriées pour la réhabilitation des trois stations de pompage aux points des vues :

- Fonctionnelle, où nous avons proposé de remplacer les accessoires corrodés tels que : les vannes, les joint, les clapets. Ainsi, de nettoyé et repeindre ceux qui présente une saleté et de prévoir un débitmètre pour la conduite d'aspiration générale de la SP1. De plus, nous avons donné des conseils de maintenance.

- Architecturale, où pour la réhabilitation extérieure nous avons suggéré de réparer les fissurations et le nivellement du terrain, d'enlever l'herbage, de remplacer les revêtements des murs en béton pour les 3 stations, et de peindre le poste de gardiennage de la SP1 et les éléments métalliques extérieurs (échelles, les avaloires,….). En ce qui concerne la réhabilitation intérieure, nous avons recommandé de décaper les revêtements anciens des murs et appliquer des nouveaux puis les peindre, et de remplacer les fenêtres cassés et de fournier une nouvelle porte métallique pour la salle des armoires de la SP1.

- Structurel, où nous avons donné des méthodes pour réparer les éléments en béton et en acier.

Pour les bâches on a proposé de les nettoyés et les peindre, et de renouveler les conduites et les vannes corrodés, Et pour éliminer totalement les problèmes d'adduction on proposé une rénovation de l'adduction avec des conduites en fonte ductile où nous avons fait une étude technico-économique pour trouver le diamètre économique qui est le diamètre de **400 mm** avec un **PN40**.

Chapitre V: Protection contre le coup de bélier

Introduction

Le coup de bélier est un problème majeur pour les ingénieurs dans le domaine d'hydraulique, c'est un phénomène susceptible d'apparaitre dans les conduites en charge surtout dans une conduite d'adduction par refoulement. Dans ce chapitre non va étudier le comportement physique de ce phénomène, les risques qu'il présente et comment in peut protéger notre chaine d'adduction contre ce phénomène.

V.1. Définition

Le coup de bélier est un phénomène transitoire (variation de régime hydraulique) et oscillatoire qui se manifeste dans des conduites en charge, que ce soit en écoulement gravitaire ou en refoulement. Ce phénomène est caractérisé par des variations de pressions et de vitesses, entrainant une série d'onde de pression importante (surpressions ou dépressions) qui peut engendrer d'énormes dommages aux canalisations et à leurs accessoires.

V.2. Les causes de coup de bélier

Les cause de coup de bélier sont diverses, dont les plus fréquentes sont :

- L'ouverture ou la fermeture instantanée ou trop rapide, qu'elles soient accidentelles ou non d'une vanne de sectionnement dans les conduites en charge.
- la mise en marche ou arrêt brutal d'un ou de plusieurs groupes électropompes qui alimentant la conduite de refoulement.
- Modification de la vitesse d'une pompe.
- Le remplissage ou le vidange d'un système d'AEP.
- Variation rapide du niveau d'eau dans le réservoir.
- La coupure de l'alimentation électrique dans une station de pompage.

V.3. Interprétation physique

On prend le cas d'une adduction par refoulement de la pompe jusqu'au réservoir avec une vitesse donnée. On suppose qu'il se produit un arrêt brusque de la pompe, cela va provoquer un phénomène oscillatoire qui peut être décrit en quatre phases (8):

- **Phase 01 :**

Quand une ou plusieurs pompes sont arrêtées, le débit à travers la station de pompage est subitement interrompu. Les clapets anti-retour situés à l'extrémité aval des pompes se ferment pour empêcher la vidange de la conduite.

A l'aval de la station de pompage, une colonne d'eau a tendance à poursuivre son mouvement ascendant tandis que plus aucun débit ne provient de l'amont. À ce stade, l'eau cesse d'avoir un comportement incompressible : une diminution de pression locale

se produit, ce qui entraîne la décompression du fluide et, par conséquent, la contraction de la conduite.

- **Phase 02 :**

Ce phénomène crée une disponibilité temporaire de la masse du liquide qui permet de maintenir en mouvement, durant quelques instants encore, la couche de fluide immédiatement en aval ; ensuite, le mouvement cesse, la couche se décompresse, libérant ainsi un volume qui autorise le mouvement de la couche suivante et ainsi de suite. De cette manière, une dépression se forme et se propage à travers la conduite à la vitesse des ondes élastiques (C) jusqu'à ce que la conduite entière soit soumise à cette dépression nouvellement créée, soit après un temps T=L/C, où « L » est la longueur de la conduite entre les pompes et le réservoir et « C » est la célérité de l'onde.

- **Phase 03 :**

Il en résulte que la pression du fluide dans la conduite est inférieure à la pression du fluide dans le réservoir. Cette différence de pression provoque un écoulement en sens inverse. Cette onde se propage du réservoir vers la station de pompage et atteint le clapet au bout d'un temps 2T, à compter du début du phénomène.

La couche de fluide à proximité de la pompe subit un arrêt forcé. Cette diminution de l'énergie cinétique entraîne une augmentation de la pression, déclenchant ainsi la compression du fluide et une dilatation de la conduite. Ce phénomène se propage jusqu'au réservoir, où il arrive au bout d'une durée de 3T.

- **Phase 04 :**

Lorsque cette onde de surpression atteint le réservoir, la pression dans le réservoir devient inférieure à celle dans la conduite : cela entraîne une nouvelle inversion d'écoulement pour revenir aux conditions initiales de pression et de vitesse, cette onde se propage en direction des pompes.

Au bout d'un temps 4T, on se retrouve donc dans les conditions initiales : ce phénomène se poursuivrait indéfiniment si sous l'effet des pertes de charge, les ondes de dépression et de surpression ne se dissipaient pas en au fil du temps.

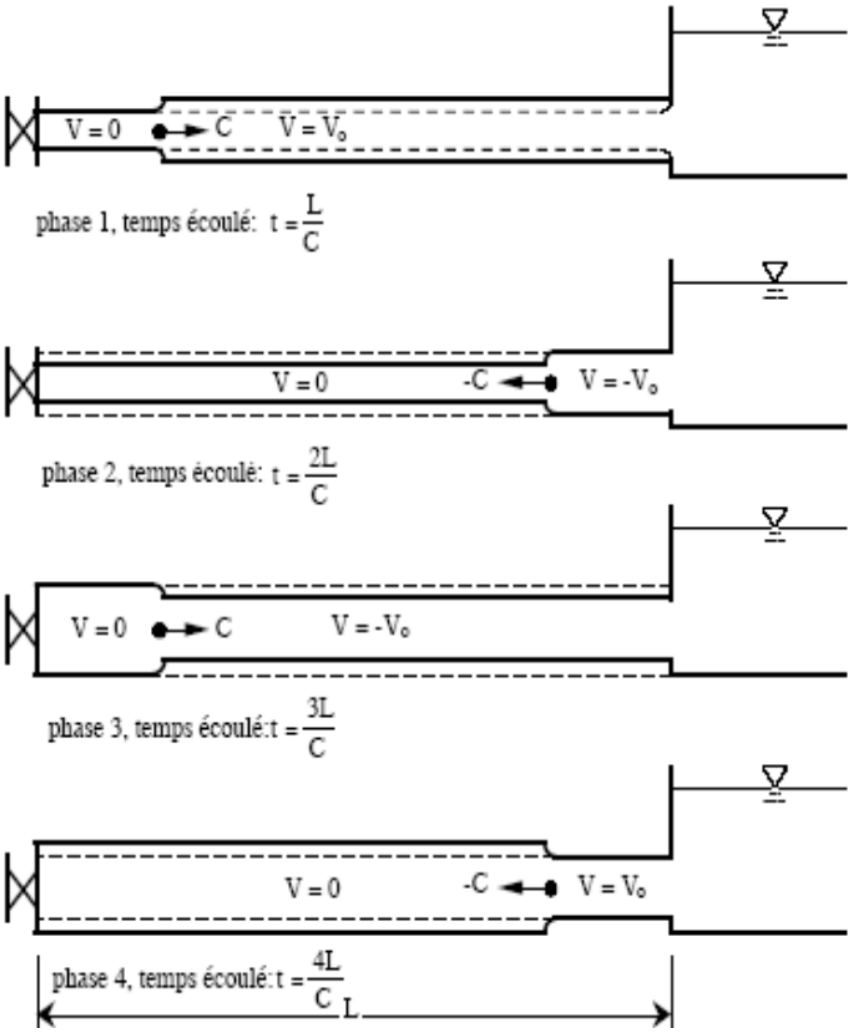


Figure V. 1 : Les phases de coup de bélier (Source : mémoire ingéniera « renforcement de l'approvisionnement en eau potable de la ville d'Ain Boucif (W.Médea) » par Benboussad Ibrahim)

V.4. Les risques dus au coup de bélier

V.4.1. Cas de la surpression

Ceci découle de l'effet du coup de bélier, provoqué par une pression élevée due à la fermeture immédiate ou rapide d'une vanne de sectionnement, ou encore par une dépression résultant de l'arrêt soudain d'une pompe. Si la pression totale c'est-à-dire la pression en régime permanent majorée de la valeur de surpression due au coup de bélier dépasse la pression maximale admissible des tuyaux il y a risques de rupture de ces derniers et déboîtement des joints (10).

V.4.2. Cas de la dépression

Ceci résulte du phénomène du coup de bélier qui survient lorsque une pression relative négative apparaitre, engendrée par l'arrêt soudain d'une pompe ou l'ouverture instantanée

d'une vanne de sectionnement. Si cette pression tombe en dessous de 10mce, une cavitation peut se former. Si le profil en long de la canalisation est déformable, elle peut même être aplatie par implosion, entraînant l'aspiration des joints. Le phénomène de cavitation, une fois apparu, peut provoquer la détérioration de la couche d'enduit intérieur du tuyau (10).

V.4.3. Fatigue de la canalisation

En régime transitoire, les fluctuations de surpression et de dépression, qui résultent inévitablement de ce phénomène, entraînent une fatigue du matériau de la canalisation, même si leur amplitude est faible (10).

V.5. Dispositifs de protection contre le coup de bélier

Il n'est pas possible d'éliminer complètement l'effet de coup de bélier mais il est possible de limiter celui-ci à une valeur compatible à la résistance des installations que pour la conduite de refoulement ou autres. Il existe de différents dispositifs et équipements de protection contre ce phénomène, parmi eux on trouve :

- **Les ventouses :** dans le cas de dépression, elles permettent l'entrée d'air.
- **Les soupapes de décharge:** elles laissant un certain débit s'échapper hors de la conduite principale lorsque la pression devient supérieure à 5% de la pression maximale de fonctionnement normal. Ce qui permet de réguler la pression à l'intérieure de la conduite.
- **Le réservoir d'air :** c'est un réservoir fermé à air comprimé dont la partie supérieure contient de l'air sous pression et la partie inférieure un certain volume d'eau. Ce dispositif est le plus simple et protègera l'installation aussi bien contre les surpressions que contre les dépressions, par exemple : lors d'un arrêt des pompes, le réservoir se décomprime et fournit de l'eau à la conduite ce qui réduit l'abaissement de pression dû au coup de bélier (lorsque le sens d'écoulement est inverse, l'air du réservoir se comprime permettant ainsi de stocker un volume d'eau).
- **La cheminée d'équilibre :** ce dispositif constituée par un réservoir en contact avec la surface libre jouera le même rôle que le réservoir d'air et permet de réduire les effets du coup de bélier quand les conditions topographiques le permettent (quand les hauteurs géométriques sont faibles). On note que la cheminée d'équilibre est réservée pour les transferts d'eau brute et les forts débits.
- **Le volant d'inertie :** monté sur l'arbre du groupe électropompe, ce dispositif permet d'allonger le temps d'arrêt du groupe et donc de diminuer les effets de coup de bélier. Mais de point de vue économique l'utilisation de ce dispositif est viable que pour des conduites de refoulement de quelques centaines de mètres (les plus grandes conduites nécessiteraient des volants de taille exagérée).

Nous avons parlé dans le chapitre III des moyens de protection contre le coup de bélier disponible au niveau des trois stations.

V.6. Vérification de volume des réservoirs d'air

Le calcul du réservoir d'air permet de déterminée les valeurs de la surpression et de la dépression maximales dans les conduites de refoulement et le volume du réservoir d'air. Parmi les méthodes de calcul utilisé on trouve :

- **Méthode de VIBERT :** La méthode de VIBERT est une méthode graphique simplifiée pour déterminer le volume de réservoir d'air, elle donne de bons résultats pour les petites installations et risque de sur-dimensionner dans le cas des grandes installations. Cette méthode ne prend pas en compte les pertes de charge, la compressibilité de l'eau et l'élasticité de la conduite.

- **Méthode de BERGERON :** cette méthode est populaire car elle donne de bons résultats que ce soit pour les petites ou pour les grandes installations.

- **Méthode de PEUCH et MENIER :** cette méthode met en évidence les enveloppes de dépression qui permettent de protéger les zones vulnérables.

Dans notre cas on va utiliser la méthode de VIBERT vu sa simplicité et que on a des petites canalisations.

V.7.Principe de la méthode VIBERT

V.7.1. Calcul de la célérité d'onde

On calcul la célérité de l'onde par la formule améliorée par Pr. SALAH B. donnant la célérité d'onde du coup de bélier quand la conduite est enterrée :

$$C = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{K \times 2 \times a \times (1 - {v_m}^2) \times (1 - v_s)}{(1 - {v_m}^2) \times a \times E_s + E_m \times e_m \times (1 - v_s)}}} \quad (\mathbf{V.1})$$

Avec :

- K : Coefficient d'élasticité de l'eau ; K = 2.07×10^9 Pascal.
- ρ: Masse volumique de l'eau ; ρ = 998 kg/m³.
- E_m: module de Young du matériau de la conduite; E_m = 2×10^{11} Pascal pour l'acier et E_m = 1.7×10^{11} pour la fonte.
- E_s: module de Young du sol ; E_s = 2×10^8 Pascal.
- v_m : coefficient de poisson du matériau ; v_m = 0.3 pour l'acier et v_m = 0.28 pour la fonte.

- v_s : coefficient de poisson du sol entourant la conduite ; v_s = 0.33.
- e_m : Epaisseur de la conduite (m)
- a : rayon intérieur de la conduite (m)

Les tableaux ci-dessous regroupent les données de base :

Pour la canalisation actuelle :

Tableau V. 1: Les données de Base pour la canalisation actuelle

Station	matériau	D_{ext}(mm)	e (mm)	D_{int}(mm)	a (mm)	V (m/s)	Hg (m)
SP1	Acier	457	3,5	450	225	1,09	251
SP2							173
SP3							215,8

Donc on calcul la célérité d'onde pour les trois stations en utilisant la formule(V. 1):

$$C = \frac{\sqrt{\frac{2.07\times10^9}{998}}}{\sqrt{1+\frac{2.07\times10^9\times2\times0.225\times(1-0.3^2)\times(1-0.33)}{(1-0.3^2)\times0.225\times2\times10^8+2\times10^{11}\times3.5\times10^{-3}\times(1-0.33)}}}$$

C = 990.598 m/s

Pour la canalisation proposée :

Tableau V. 2: Les données de Base pour la canalisation proposé

Station	matériau	D_{ext}(mm)	e (mm)	D_{int}(mm)	a (mm)	V (m/s)	Hg (m)
SP1	Fonte Ductile	416.2	8.1	400	200	1,38	251
SP2							173
SP3							215,8

Et on calcul la célérité d'onde pour les trois stations en utilisant la formule (V. 1):

$$C = \frac{\sqrt{\frac{2.07\times10^9}{998}}}{\sqrt{1+\frac{2.07\times10^9\times2\times0.2\times(1-0.28^2)\times(1-0.33)}{(1-0.28^2)\times0.2\times2\times10^8+1.7\times10^{11}\times8.1\times10^{-3}\times(1-0.33)}}}$$

C = 1163.233m/s

V.7.2. Détermination de la valeur de la surpression et de la dépression

La valeur maximale de la surpression et de la dépression est donnée par la formule suivante :

$$\Delta H_{\max} = \pm \frac{CV_0}{g} \quad (\mathbf{V.2})$$

La surpression : $H_s = H_g + \Delta H_{\max}$

La dépression : $H_d = H_g - \Delta H_{\max}$

Avec :

- V_0 : la vitesse d'écoulement en régime permanant (vitesse de refoulement) (m/s).
- g : accélération de la pesanteur (m/s²).
- H_g : hauteur géométrique (m).
- C : la célérité de l'onde (m/s).

Les résultats de calcul sont groupés dans les tableaux suivants :

Pour la canalisation actuelle :

Tableau V. 3 : Résultats de calcul de la valeur maximal de la surpression et de la dépression pour la canalisation actuelle

Station	ΔH_{max}(m)	Hg (m)	H_s(m)	H_d(m)
SP1	110.066	251	361,066	140,934
SP2		173	283,066	62,934
SP3		215,8	325,866	105,734

Pour la canalisation proposée :

Tableau V. 4 : Résultats de calcul de la valeur maximal de la surpression et de la dépression pour la canalisation proposée

Station	ΔH_{max}(m)	Hg (m)	H_s(m)	H_d(m)
SP1	163.635	251	414,635	87,365
SP2		173	336,635	9,365
SP3		215,8	379,435	52,165

V.7.3. Calcul du volume du réservoir d'air

Le volume du réservoir d'air sera calculé par la formule suivante :

$$U_0 = \frac{{V_0}^2}{2gZ_0} \frac{LS}{f(\frac{Z}{Z_0})} \quad (\mathbf{V.3})$$

Avec :

- Z_0 : Charge statique absolue en m.c.e; Z_0 = Hg + 10 (**V.4**)

- U_0: Volume d'air dans la cloche en régime permanent.
- L: longueur de la canalisation (m).
- S: section de la conduite (m²).
- Z_{max} : Charge maximale absolue en m.c.e; $Z_{max} = Z_0 + \Delta H_{\max}$ $(\mathbf{V.5})$

Pour utiliser l'abaque de VIBERT il faut calculer $\frac{Z_{max}}{Z_0}$ et $\frac{h_0}{Z_0}$:

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2g} \Longrightarrow \frac{h_0}{Z_0} \left.\begin{matrix} \\ \\ \end{matrix}\right\} \text{Utilisation de l'abaque de VIBERT (Annexe 3)} \Longrightarrow \frac{U_0}{LS} ; \frac{Z_{min}}{Z_0}$$

Les résultats sont montrés dans les tableaux ci-dessous :

Pour la canalisation actuelle :

Tableau V. 5 : Résultats tiré à l'aide de l'abaque de VIBERT pour la canalisation actuelle

Station	Z_0(m)	Z_{max}(m)	$\frac{Z_{max}}{Z_0}$	h_0(m)	$\frac{h_0}{Z_0}$	$\frac{Z_{min}}{Z_0}$	Z_{min}(m)	$\frac{U_0}{LS}$
SP1	261	371,066	1,42	0,0606	$2{,}32\times10^{-4}$	0,73	190,53	$4{,}4\times10^{-3}$
SP2	183	293,066	1,6		$3{,}31\times10^{-4}$	0,668	122,244	$3{,}5\times10^{-3}$
SP3	225,8	335,866	1,49		$2{,}68\times10^{-4}$	0,702	158,512	$3{,}8\times10^{-3}$

Pour la canalisation proposée :

Tableau V. 6: Résultats tiré à l'aide de l'abaque de VIBERT pour la canalisation proposé

Station	Z_0(m)	Z_{max}(m)	$\frac{Z_{max}}{Z_0}$	h_0(m)	$\frac{h_0}{Z_0}$	$\frac{Z_{min}}{Z_0}$	Z_{min}(m)	$\frac{U_0}{LS}$
SP1	261	424,635	1,63	0,0971	3.72×10^{-4}	0.659	171,999	3.7×10^{-3}
SP2	183	346,635	1,89		5.31×10^{-4}	0.59	107,97	3.2×10^{-3}
SP3	225,8	389,435	1,72		4.3×10^{-4}	0.635	143,383	3.4×10^{-3}

Donc : $U_0 = \frac{U_0}{LS} \times LS$ $(\mathbf{V.6})$

Et on a : $U_0 \times Z_0 = U_{max} \times Z_{min}$ $(\mathbf{V.7})$

D'où : $U_{max} = U_0 \times \frac{Z_0}{Z_{min}}$ $(\mathbf{V.8})$

Les tableaux ci-dessous montrent les résultats de calcul de volume des réservoirs d'air par la méthode de VIBERT :

Pour la canalisation actuelle :

Tableau V. 7: Résultats de calcul de volume des réservoirs d'air par la méthode de VIBERT pour la canalisation actuelle

Station	$\frac{U_0}{LS}$	L (m)	S (m²)	U_0 (m³)	U_{max} (m³)	U_{max} (l)	Réservoir Existant (l)
SP1	0,0044	3750	0,159	2,624	3,595	4000	2×3000
SP2	0,0035	2350		1,308	1,958	2000	3000
SP3	0,0038	1320		0,798	1,137	1500	3000

En comparant le volume des réservoirs anti-bélier calculés par la méthode de VIBERT pour la canalisation actuelle avec les réservoirs existants au niveau de chaque station, on peut voir que les réservoirs existants sont surdimensionnés, et leur volume est suffisant pour protéger contre le coup de bélier.

Pour la canalisation proposée :

Tableau V. 8 : Résultats de calcul de volume des réservoirs d'air par la méthode de VIBERT pour la canalisation proposée

Station	$\frac{U_0}{LS}$	L (m)	S (m²)	U_0 (m³)	U_{max} (m³)	U_{max} (l)	Réservoir Existant (l)
SP1	0,0037	3750	0,126	1,748	2,653	3000	2×3000
SP2	0,0032	2350		0,948	1,607	2000	3000
SP3	0,0034	1320		0,565	0,89	1000	3000

En comparant le volume des réservoirs anti-bélier existants au niveau de chaque station avec le volume des réservoirs calculés par la méthode de VIBERT pour la canalisation proposée, on peut dire qu'ils surdimensionné, et leur volume est suffisant pour protéger contre le coup de bélier. De plus on remarque que les volumes calculés pour la canalisation en fonte sont inférieure à ceux calculés pour les conduites en acier.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons parlé du coup de bélier, son interprétation physique, ces causes et les risques engendré, bien que les moyens de protection contre ce phénomène.

Nous avons également vérifié le volume des réservoirs anti-bélier disponible au niveau de chaque station en utilisant la méthode de VIBERT. Nous avons conclu que le volume de ces réservoirs est surdimensionné et suffisant pour protéger les canalisations actuelles contre le coup de bélier, bien que les canalisations en fonte prévus pour la rénovation d'adduction.

Chapitre VI: Etude de devis estimatif du projet

Introduction

Dans ce chapitre nous ferons l'estimation du coût total nécessaire pour réaliser le projet de réhabilitation des trois stations de pompage qui constituent la chaine de Chiffa (sans la rénovation de l'adduction), cette estimation concerne les équipements hydrauliques et la réhabilitation du bâtiment. Ensuite on va faire l'estimation de prix de réalisation de la proposition de rénovation de la canalisation et puis on va calculer le coût total.

VI.1. Réhabilitation des stations de pompage

VI.1.1. Fourniture et pose des équipements hydraulique

Le tableau ci-dessous montre les prix des équipements hydrauliques :

Tableau VI. 1 : Devis estimatif de réhabilitation des équipements hydrauliques

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire HT (DA)	Montant (DA)
01	Fourniture et pose de vanne opercule PN40 DN100 pour la soupape de décharge de la SP1	U	1	31 400.00	31 400.00
02	Fourniture et pose de vanne papillon motorisé PN40 DN450 pour la conduite d'arrivé des bâches de la SP2 et la SP3	U	2	828 300.00	1 656 600.00
03	Fourniture et pose de vanne papillon motorisé PN10 DN450 pour la conduite de départ des bâches de la SP2 et la SP3	U	2	577 900.00	1 155 800.00
04	Fourniture et pose de vanne opercule PN10 DN450 pour la conduite by-pass de la SP3	U	1	346 900.00	346 900.00
05	Fourniture et pose de vanne opercule PN10 DN150 pour les conduites de vidange et trop plein des bâches de la SP2 et la SP3	U	4	52 200.00	208 800.00
06	Fourniture et pose d'un joint de démontage PN 10 DN300 pour l'aspiration individuelle de GEP2 de la SP2	U	1	169 300.00	169 300.00
07	Fourniture et pose d'un joint de démontage PN 40 DN300 pour le refoulement individuel de GEP3 de la SP1	U	1	282 000.00	282 000.00
08	Fourniture et montage d'un clapet anti-retour axial PN40 DN300 pour le refoulement individuel de GEP3 de la SP1	U	1	444 300.00	444 300.00
09	Fourniture et montage d'un débitmètre électromagnétique pour l'aspiration collective de la SP1	U	1	230 400.00	230 400.00
Total HT					**4 525 500.00**

VI.1.2. Coût de réhabilitation du bâtiment des stations de pompage

On va faire l'estimation des coûts de réhabilitation intérieure et extérieure des stations de pompage.

VI.1.2.1. Coût de réhabilitation intérieure des stations de pompage

C'est le coût de la réhabilitation intérieure de bâtiment (murs et menuiserie), les prix sont montrés dans le tableau suivant :

Tableau VI. 2: Devis estimatif de réhabilitation intérieure du bâtiment des stations

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire HT (DA)	Montant (DA)
Les murs					
01	Décapage du revêtement des murs existant : incluant également le repérage et la réfection des fissures éventuelle sur parois et l'évacuation des produits indésirable à la décharge et les sujétions de bonne exécution	Ens	3	300 000.00	900 000.00
02	Réalisation du nouveau revêtement au mortier de ciment sur parois	Ens	3	250 000.00	750 000.00
03	Réalisation de surfaces uniformes et lisses avec des enduits au mortier de ciment sur parois	Ens	3	400 000.00	1 200 000.00
04	Mise en place de la peinture vinylique en trois couches sur toutes les surfaces des murs	Ens	3	250 000.00	750 000.00
Menuiseries					
01	Fourniture et pose de porte d'entrée métallique à la salle des armoires 3.00 m × 3.50 m (la serrurerie et la quincaillerie et toutes les sujétions de bonne exécution)	U	1	100 000.00	100 000.00
02	Fourniture et pose des fenêtres pour remplacer les fenêtres cassées.	U	3	100 000.00	300 000.00
Réparation du béton					
01	Fourniture et pose de béton armé, dans le cadre des réparations, y compris les adjuvants, résine, et toutes sujétions d'exécutions et de mise en œuvre	Ens	3	500 000.00	1 500 000.00
Total HT					**5 500 000.00**

VI.1.2.2. Coût de réhabilitation extérieure des stations de pompage

L'estimation du coût de la réhabilitation extérieure de bâtiment est donnée dans le tableau suivant :

Tableau VI. 3: Devis estimatif de réhabilitation extérieure du bâtiment des stations

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire HT (DA)	Montant (DA)
01	revêtement des murs existant : incluant également le repérage et la réfection des fissures éventuelle sur parois et l'enlèvement du revêtement dégradé	Ens	3	500 000.00	1 500 000.00
02	Peinture en trois couches sur toute la surface des murs extérieurs	Ens	3	200 000.00	600 000.00
03	Enlèvement de l'herbage sur les toitures du bâtiment, décapage de revêtement existant et réalisation d'un nouveau revêtement	Ens	3	1 000 000.00	3 000 000.00
04	Aménagement du site y compris voiries et bordures, engazonnement, éclairage et drainage du site	Ens	3	1 000 000.00	3 000 000.00
Total HT					**8 100 000.00**

VI.1.3. Coût total de réalisation de projet de réhabilitation

Le coût total de la réhabilitation des 3 stations de pompages qui constituent la chaine de Chiffa est résumée dans le tableau suivant :

Tableau VI. 4: Devis estimatif de projet de réhabilitation des stations de pompage

Séries	Montant (DA)
Réhabilitation des équipements hydrauliques	**4 525 500.00**
Réhabilitation intérieure du bâtiment des stations	**5 500 000.00**
Réhabilitation extérieure du bâtiment des stations	**8 100 000.00**
Total HT	**18 125 500.00**
TVA 19%	**3 443 845.00**
Total TTC	**21 569 345.00**

VI.2. Proposition de rénovation de l'adduction

VI.2.1. Calcul des volumes de terrassement

VI.2.1.1. Calcul du volume de décapage de la couche végétale ou le goudron

Avant l'excavation du sol, on doit d'abord décaper la couche végétale ou le goudron et pour déterminer le volume total de décapage, on utilise la formule suivante :

$$V_{dec} = L \times B_{tr} \times e_d \qquad (\mathbf{VI.1})$$

Avec :

- e_d : Hauteur de décapage qui varie entre 10 cm à 20 cm, on prend $e_d = 10cm$.
- L : longueur de la tranchée (la conduite d'adduction) (m).
- B_{tr} : largeur de la conduite (m), calculé par la formule suivant :

$$B_{tr} = \mathrm{D_{ext}} + (0.3 \times 2) \qquad (\mathbf{VI.2})$$

Avec :

- $\mathrm{D_{ext}}$: Diamètre extérieure de la conduite (m).

Le tableau ci-dessous montre les résultats de calcul du volume de décapage :

Tableau VI. 5: Résultats de calcul du volume de décapage

Tronçon	**$\mathrm{D_{ext}}$(mm)**	**L (m)**	**B_{tr}(m)**	**e_d(m)**	**V_{dec}(m³)**
SP1-SP2	416.2	3750	1.0162	0.1	381,075
SP2-SP 3		2350			238,807
SP3-RM		1320			134,138
Total					**754.02**

VI.2.1.2. Calcul du volume de déblai

On calcul le volume de déblai se fait en utilisant la formule suivant :

$$V_d = L \times B_{tr} \times H_{tr} \qquad (\mathbf{VI.3})$$

Avec :

- H_{tr}: la profondeur de la tranchée qu'on calcule à l'aide de la formule ci-dessous :

$$H_{tr} = e_s + \mathrm{h} + \mathrm{D} \qquad (\mathbf{VI.4})$$

Où :

- e_s: hauteur du lit de sable qu'on la prend 0.1m.
- h : Hauteur du remblais, on la prend 1m.

Le tableau ci-dessous montre les résultats de calcul du volume de déblai :

Tableau VI. 6: Résultats de calcul du volume de déblai

Tronçon	**$\mathrm{D_{ext}}$(mm)**	**L (m)**	**B_{tr}(m)**	**H_{tr} (m)**	**V_d(m³)**
SP1-SP2	416,2	3750	1.0162	1.5162	5777,859
SP2-SP 3		2350			3620,792
SP3-RM		1320			2033,806
Total					**11432.457**

VI.2.1.3. Calcul du lit de sable

Nous procédons à la pose d'une lit de sable de 10cm à 20cm (dans notre cas on prend un épaisseur de 10cm) et on calcul le lit de sable par la formule suivant :

$$V_s = L \times B_{tr} \times e_s \qquad (\mathbf{VI.5})$$

Les résultats sont montrés dans le tableau suivant :

Tableau VI. 7: Résultats de calcul du lit de sable

Tronçon	L (m)	B_{tr}(m)	e_s(m)	V_s(m³)
SP1-SP2	3750	1.0162	0.1	381,075
SP2-SP 3	2350			238,807
SP3-RM	1320			134,138
Total				**754,02**

VI.2.1.4. Calcul du volume de remblai

Le volume du remblai est calculé en utilisant la formule suivante :

$$V_r = V_d - (V_s + V_c) \qquad (\mathbf{VI.6})$$

Avec :

- V_c: le volume occupé par la conduite calculé par la formule ci-dessous :

$$V_c = L \times \frac{\pi {D_{ext}}^2}{4} \qquad (\mathbf{VI.7})$$

Les résultats de calcul de volume du remblai sont montrés dans le tableau suivant :

Tableau VI. 8: Résultats de calcul du volume de remblai

Tronçon	D_{ext}(mm)	L (m)	V_c(m³)	V_S(m³)	V_d(m³)	V_r(m³)
SP1-SP2	416,2	3750	472,5	381,075	5777,859	4924,284
SP2-SP 3		2350	296,1	238,807	3620,792	3085,885
SP3-RM		1320	166,32	134,138	2033,806	1733,348
Total						**9743.517**

VI.2.1.5. Calcul du volume de excédentaire

Le volume excédentaire est calculé par la formule suivante :

$$V_{ex} = V_f - V_r \qquad (\mathbf{VI.8})$$

Avec :

- V_f: le volume du sol foisonné calculé par la formule ci-dessous :

$$V_f = V_d \times K_f \qquad (\mathbf{VI.9})$$

Où :

- K_f: coefficient de foisonnement de sol, dans notre cas (sol argileux) on a $K_f = 1.25$

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats de calcul de volume excédentaire :

Tableau VI. 9: Résultats de calcul du volume excédentaire

Tronçon	V_d(m³)	K_f	V_f(m³)	V_r(m³)	V_{ex}(m³)
SP1-SP2	5777,859	1.25	7222,324	4924,284	2298,04
SP2-SP 3	3620,792		4525,99	3085,885	1440,105
SP3-RM	2033,806		2542,258	1733,348	808,91
Total					**4547.055**

VI.2.1.6. Les volumes totaux de terrassements

Le tableau ci-dessous récapitule tout les volumes totaux de terrassement qui nous avons calculé :

Tableau VI. 10: les volumes totaux de terrassements

Volume de décapage (m³)	Volume de déblai (m³)	Volume du lit de sable (m³)	Volume de remblai (m³)	Volume excédentaire (m³)
754.02	**11432.457**	**754,02**	**9743.517**	**4547.055**

VI.2.2. Devis estimatif des travaux de terrassement

Le devis estimatifs des travaux de terrassement est calculé dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI. 11: Devis estimatif des travaux de terrassement

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire HT (DA)	Montant (DA)
01	Décapage de la couche végétale	m³	754.02	350	**263 907.14**
02	Déblai	m³	11432,457	450	**5144 605.65**
03	Lit de sable	m³	754,02	600	**452412**
04	Remblai	m³	9743,517	700	**6820 461.9**
05	Excédentaire	m³	4547,055	700	**3182 938.5**
Total HT (DA)					**15864 325.19**

VI.2.3. Coût total des conduites

Le coût total des conduites pour la rénovation de l'adduction sera montré dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI. 12: Coût total des conduites

Tronçon	D (mm)	L (m)	Prix unitaire(DA)	Prix total(DA)
SP1-SP2	PN40-DN400	3750	15 037.81	56 391 787.5
SP2-SP 3		2350		35 338 853.5
SP3-RM		1320		19 849 909.2
Total HT (DA)				**111 580 550.2**

VI.2.4. Devis estimatif de la proposition de rénovation de l'adduction

Le tableau suivant montre le devis estimatif de la rénovation de l'adduction :

Tableau VI. 13: Devis estimatif de la proposition de rénovation de l'adduction

Séries	Montant (DA)
Travaux de terrassement	**15864 325.19**
Coût total des conduites	**111 580 550.2**
Total HT	**127 444 875.4**
TVA 19%	**24 214 526.32**
Total TTC	**151 659 401.7**

VI.3. Devis estimatif de la réalisation de projet de réhabilitation des stations et de la rénovation d'adduction

Le devis estimatif de la réalisation de projet de réhabilitation des stations de pompage et de la rénovation de l'adduction est montré dans le tableau suivant :

Tableau VI. 14: Devis estimatif de projet de réhabilitation des stations et de la rénovation de l'adduction

Séries	Montant TTC(DA)
Réhabilitation des stations	**21 569 345.00**
Rénovation de l'adduction	**151 659 401.7**
Total TTC	**173 228 746.7**

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait l'évaluation de coût de la réhabilitation des 3 stations de pompage qui constituent la chaine de Chiffa (sans la rénovation de l'adduction) qui nous a conduits a un prix de vingt et un millions cinq cent soixante-neuf mille trois cent quarante-cinq dinars.

Ensuite, nous avons calculé le prix des travaux de terrassement et le prix des conduites pour pouvoir estimer le coût total de la rénovation de l'adduction, où le coût s'élève à cent cinquante et un millions six cent cinquante-neuf mille quatre cent un virgule sept dinars.

Enfin, nous avons calculé le coût total du projet qui est cent soixante-treize millions deux cent vingt-huit mille sept cent quarante-six virgule sept dinars. Ce coût est en réalité inférieur au coût de réalisation d'une nouvelle station de pompage qui peut s'élever à 5 milliards de dinars algériens.

Chapitre VII: Protection et sécurité du travail

Introduction

Les stations de pompage sont des ouvrages très importants dans le domaine de l'hydraulique et sont très nécessaires, que ce soit pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation ou l'assainissement. Cependant, si les dispositions de protection ne sont pas prises dès la conception de ces dernières, elles peuvent générer un environnement dangereux pour les opérateurs qui sont exposés aux bruits, risques liés aux machines, installation électrique….etc.

Ce chapitre se concentrera sur les risques associés aux activités menées au sein des stations de pompage, ainsi les mesures que nous devons entreprendre pour éviter les accidents de travail.

VII.1. Bruit et vibration

La problématique du bruit causée par les vibrations engendrées par les installations de pompage n'est pas récente. Aujourd'hui, elle se manifeste de manière plus étendue en raison de l'impératif croissant de confort, tant pour le personnel opérationnel que pour les résidents avoisinants.

VII.1.1. Définition du bruit

Le bruit est une sensation physiologique engendrée par une variation de pression près du tympan, il se présente sous la forme d'une vibration qui se propage dans l'air. Cette vibration engendre une perception auditive qui peut être plaisante ou se transformer en un sentiment désagréable, voire en une menace si son intensité devient excessive. La mesure de bruit s'exprime en décibels (dB) (10).

Le bruit est caractérisé par :

- Son intensité liée à l'amplitude de sa vibration : plus cette dernière est grande, plus le son est puissant ; à l'inverse, une amplitude réduite engendre un son faible. Cette grandeur est généralement mesurée en décibels (dB). Au-delà de 85 décibels (dB), le risque pour l'audition devient préoccupant.
- Sa fréquence qui représente le nombre de vibrations par seconde.
- Sa pression acoustique, qui mesure l'amplitude d'une onde sonore.
- Sa durée qui est le temps pendant lequel le milieu est perturbé.

VII.1.2. Origine du bruit

Dans les stations de pompage, le bruit peut provenir du :

VII.1.2.1. Groupes électropompes

Les pompes émettent un léger bruit lors du fonctionnement normal. En revanche, les moteurs sont constamment responsables de générer du bruit. Les origines du bruit généré par les GEP peuvent être classées dans quatre groupes :

- **Origine hydraulique :** Divers mécanismes engendrant du bruit et des vibrations se manifestent, tels que le bruit de cavitation et celui de turbulence.
- **Origine électromagnétique :** Le bruit d'origine électromagnétique est fréquemment désigné comme le "ronflement du moteur". Il émane du champ magnétique situé entre les parties d'entrefer, lequel, via des forces alternatives dominantes de nature radiale, tangentielles ou longitudinales, engendre des vibrations se propageant aux éléments environnants tels que la tôlerie et la carcasse du moteur, le corps de la pompe et les tuyaux,….etc.
- **Origine mécanique :** Les bruits d'origine mécanique se forment lorsque deux pièces en mouvement relatif entrent en contact, l'une par rapport à l'autre. Les éléments principaux concernés dans un groupe électropompe sont la garniture mécanique et les paliers.
- **Origine aérodynamique :** Le bruit d'origine aérodynamique provient de la circulation d'air requise pour le refroidissement du moteur.

VII.1.2.2. Groupes électrogène

Les groupes électrogènes, utilisés en tant qu'alimentation de secours pour les stations de pompage, ils sont notoirement bruyants. Ce bruit se propage vers l'extérieur principalement par les entrées et sorties d'air, ainsi que par l'échappement.

VII.1.2.3. Canalisation et appareils hydrauliques

À des vitesses élevées, on peut constater la présence de bruits de turbulence dans les canalisations, mais leur intensité reste nettement inférieure aux perturbations sonores générées par les machines rotatives.

Cependant, la cavitation au sein des vannes et d'autres dispositifs hydrauliques représente généralement la principale origine du bruit permanant dans les canalisations.

VII.1.3. Les méfais du bruit

Les impacts négatifs du bruit dans la vie professionnel sont souvent mal compris et minimisés, même si les répercussions peuvent être graves et permanentes.

Les perturbations sonores peuvent entraîner des problèmes auditifs tels que la surdité avec une altération auditive temporaire ou permanente, ainsi que des acouphènes. De plus, elles

peuvent également avoir des conséquences non liées à l'ouïe, telles que des effets sur la fatigue, le niveau de stress, nervosité, agressivité, problèmes de concentration, troubles du sommeil…..etc.

VII.1.4. Lutter contre le bruit

Pour prévenir les nuisances de bruit autant que possible, deux mesures sont possible :

- Empêcher la génération de bruit.
- Empêcher la propagation du bruit.

VII.1.4.1. Action sur les sources de bruit

Prévenir la création de bruit implique la sélection de moteurs et de pompes à vitesse réduite, mais cela peut entraîner des inconvénients tels que des problèmes d'encombrement et de coûts.

Une autre option, à envisager après consultation avec le fabricant, consiste à diminuer la ventilation, en réduisant soit le nombre soit la longueur des pales. Bien que cela puisse être toléré par le moteur dans certaines situations, les fabricants travaillent souvent au seuil du refroidissement nécessaire, ce qui ne permet pas toujours cette modification.

Afin de réduire les bruits mécaniques engendrés par les roulements, une solution envisageable consiste à substituer les roulements à billes par des roulements à rouleaux, voire, dans des situations plus complexes, à opter pour des paliers lisses.

Les bruits d'origine hydraulique détectables dans les pompes et les canalisations peuvent être éliminés ou notablement réduits en prenant certaines mesures de précaution, parmi lesquelles nous mentionnons :

- Éradiquer les risques de cavitation.
- Réduire les turbulences (maintenir des vitesses adéquates, mettre en place des changements de section progressifs, utiliser des rayons de courbure significatifs).
- Optimiser les performances des clapets.

VII.2. L’hygiène et sécurité dans la station de pompage

Les maîtres d’ouvrages entreprenant la conception ou de l'aménagement de bâtiments destinés à abriter des activités industrielles doivent se conformer aux règlements établis pour répondre aux exigences législatives et réglementaires visant à garantir l'hygiène et la sécurité.

Ainsi, la législation exige que quiconque érige une station de pompage d'eau mette en place des structures qui offrent aux employés la possibilité d'effectuer leurs tâches d'exploitation et de maintenance en toute sécurité. En réalité, une conception appropriée

permet souvent d'éviter d'engager ultérieurement des dépenses substantielles pour la mise en conformité ou la modification.

Cela ne dispensera toutefois pas de mettre en place des dispositions et des directives opérationnelles visant à garantir une utilisation optimale dans les meilleures conditions les structures construites.

VII.3. Les risques à considérer lors de conception des ouvrages

Avant tout, les installations du chantier doivent être sécurisées et positionnées dans des zones clôturées, dont l'accès est réservé aux travailleurs concernés et strictement interdit aux personnes étrangères à l'équipe.

Les chutes représentent la principale raison des accidents de travail, donc le constructeur doit prendre des mesures pour minimiser les risques d'accident en assurant : un sol antidérapant, en installant des rambardes, en positionnant les regards en dehors des zones de passage et la signalisation des obstacles.

En termes d'hygiène, les revêtements utilisés dans les stations destinées à l'alimentation en eau potable ou au traitement des eaux usées doivent être faciles à entretenir. La conception doit également inclure des moyens pour l'évacuation des eaux de nettoyage des murs et des sols, en privilégiant les lavages au jet qui sont plus pratiques et plus hygiéniques que le nettoyage à la serpillière.

Le personnel en charge de l'entretien doit pouvoir effectuer son travail en toute sécurité et sans avoir à réaliser des mouvements périlleux. Ainsi, il doit pouvoir accéder facilement à tous les points de contrôle et de réglage, tels que les compteurs, les systèmes de graissage, les vannes et les capteurs de niveau.

VII.4. Les risques provenant des matériels et des machines

VII.4.1. Installation électrique

La réglementation concernant la prévention des risques électriques est vaste. Cependant, une conception adéquate des installations joue un rôle essentiel dans la prévention des accidents d'origine électrique.

Si les interventions sur les pompes nécessitent l'utilisation de grues autotractées, il est fortement déconseillé d'implanter cette station à proximité de lignes électriques aériennes. Lorsque c'est faisable, il est recommandé de prévoir un arrêt de la ligne à une certaine distance (quelques dizaines de mètres) de l'ouvrage et de mettre en place une alimentation souterraine.

Lorsque la station a une certaine importance, il est recommandé de prévoir un éclairage de secours, que ce soit à travers des batteries, des groupes électrogènes ou des onduleurs…etc. Dans les environnements humides ou à proximité d'éléments conducteurs tels que des cuves anti-bélier, il est conseillé d'envisager des systèmes d'alimentation à très basse tension.

Certains gaz, notamment l'hydrogène sulfuré, présentent une forte corrosivité. Par conséquent, il est essentiel de positionner les installations électriques dans des zones bien ventilées pour éviter l'accumulation de ces gaz. Dans certains cas, l'utilisation de matériel antidéflagrant peut être envisagée. En ce qui concerne l'exploitation, l'accès au matériel sous tension sera strictement réservé au personnel électricien.

Par mesure de précaution, il est impératif de restreindre les opérations sur les installations qu'aux travailleurs dont les compétences en matière de sécurité électrique ont été vérifiées. Les interventions sur des machines rotatives ne doivent être entreprises qu'après avoir confirmé l'arrêt de ces derniers et l'avoir signalé. Idéalement, l'usage de cadenas pour verrouiller est fortement recommandé. À défaut, des panneaux doivent clairement indiquer l'interdiction de remise en marche.

La condamnation du circuit de commande ne peut jamais être considérée comme une mesure de verrouillage sécuritaire en raison des possibles défauts d'isolation de ce circuit. L'ouverture du sectionneur, le décrochage du disjoncteur et le retrait des fusibles sont les seules méthodes réellement sûres.

Il est également important d'attirer l'attention du personnel sur les risques associés aux machines tournantes à démarrage automatique ou cyclique. Enfin, lorsque les capots ou les carters de protection sont retirés, les machines doivent être verrouillées à l'arrêt.

VII.4.2. Appareils de levage

Les treuils, les ponts roulants, les potences, les palans, les poulies, les élingues et les crochets ont le potentiel de causer des accidents graves. Ils sont soumis à des règles strictes et complexes en matière de réglementation.

Afin de garantir leur fonctionnement optimal, des inspections régulières doivent être programmées pour tous les appareils de levage ainsi que pour leurs dispositifs de sécurité.

Étant donné que les individus responsables de ces inspections doivent posséder des compétences spécifiques, il est souvent recommandé de faire appel à des organismes d'inspection spécialisés dans ce domaine pour s'assurer de la conformité et de la sécurité.

VII.4.3. Appareils à pression

Les réservoirs des compresseurs ainsi que les cuves anti-béliers représentent les principales unités sous pression de gaz utilisées dans les stations. Il est primordial de maintenir ces équipements en bon état, d'autant plus qu'ils sont réglementés dès que leur pression de service dépasse 4 bars et que le produit P (pression en bar) multiplié par V (volume en litres) est supérieur à 80.

Une épreuve de ces dispositifs est impérative avant leur mise en service sur site, et elle doit être répétée tous les 10 ans. De plus, une vérification doit être effectuée tous les trois ans.

Similairement aux équipements de levage, il est recommandé de confier ces opérations à des organismes spécialisés.

Dans les stations, il n'est pas rare de trouver des équipements contenant d'autres gaz que l'air, principalement le chlore et parfois de l'oxygène pur. Ces équipements sont eux aussi soumis à des réglementations spécifiques que l'exploitant doit être informé de.

VII.4.4. Les risques provenant de produits dangereux

La présence habituelle ou accidentelle de substances corrosives ou toxiques présente des risques pour les employés ainsi que pour les équipements. Il est essentiel de prendre des mesures pour éviter les débordements ou les éclaboussures de produits agressifs ou dangereux, tels que l'acide sulfurique ou le chlorure ferrique. Pour ce faire, la construction d'un bassin de rétention autour de la cuve contenant ces produits est nécessaire. Ce bassin devra être étanche et résistant à l'agressivité des produits.

Afin de prévenir les risques d'émissions gazeuses (comme le chlore, l'hydrogène sulfuré et l'ozone), les installations doivent faire l'objet de vérifications fréquentes. Une attention particulière doit être portée aux endroits en contrebas tels que les fosses, les caves, où des gaz plus lourds que l'air peuvent s'accumuler (comme le CO2 et le H2S) et qui sont particulièrement toxiques. L'élimination ou la vérification de ces endroits doit être envisagée chaque fois que cela est faisable pour éviter ces risques.

En cas d'accident, des équipements de protection individuelle doivent être mis à la disposition du personnel intervenant. Ces individus doivent également être familiarisés avec l'utilisation de ces équipements.

Les substances dangereuses sont soumises à des réglementations en vertu du Code du Travail, et à partir de certains volumes de stockage, elles sont également régies par les dispositions relatives aux établissements classés.

VII.4. Les travaux dans les stations de pompage

Avant d'effectuer toute intervention dans une station, le personnel doit être informé des risques éventuels qu'il pourrait rencontrer. En effet, la réglementation exige que les travailleurs effectuant des tâches d'entretien soient informés des règles de sécurité à suivre.

Cela inclut notamment la communication des règles de circulation (zones dangereuses ou interdites), les méthodes de travail les plus sécurisées, le fonctionnement des dispositifs de protection et de secours, ainsi que les actions à entreprendre en cas d'accident.

Lorsque des entreprises externes interviennent, l'exploitant a l'obligation de les informer des risques spécifiques liés à la station et de coordonner les activités des différents intervenants afin de garantir la sécurité et l'hygiène des travailleurs présents simultanément dans la station. Il est essentiel de mettre en avant les exigences liées à la potabilité de l'eau et les risques potentiels de contamination par les eaux usées.

Pour la sécurité des intervenants, il est souhaitable qu'ils disposent de notions de base leur permettant de garder leur sang-froid en cas d'accident. Par exemple, connaître l'utilisation d'un extincteur, afficher près du téléphone la liste des numéros d'urgence et, si possible, de former du personnel aux premiers secours. Cette formation est d'autant plus essentielle pour les électriciens.

En ce qui concerne l'utilisation d'équipements de protection individuelle, il ne suffit pas de les fournir au personnel ; il est primordial que l'encadrement joue un rôle actif dans ce domaine. L'encadrement doit être informé de l'obligation de porter et de faire porter ces équipements, et il doit maîtriser les méthodes d'enseignement et de démonstration de leur utilisation.

Les stations de pompage ne présentent pas des dangers intrinsèques plus ou moins importants que d'autres lieux de travail, mais elles ont leurs propres risques spécifiques. Ces risques doivent être connus tant par les exploitants travaillant sur place que par les concepteurs qui les développent. L'amélioration de la sécurité des travailleurs est une obligation légale rigoureuse, et les contrevenants font l'objet de sanctions sévères. Cependant, cette amélioration de la sécurité est aussi et surtout un devoir fondamental, sans lequel aucun projet technique ne peut être acceptable.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé des risques liés aux activités menées dans les stations de pompage et des mesures nécessaires pour éviter les accidents de travail dans ces derniers. Ces précautions visent à assurer la santé des travailleurs, à promouvoir la sécurité au sein des stations de pompage et à créer des conditions de travail optimales, ainsi il est essentiel de :

- Sélectionner du personnel et des opérateurs qualifiés dans ce domaine.
- Effectuer un entretien quotidien de la station de pompage.

Conclusion générale

Conclusion générale

A travers cette étude, qui vise à réhabiliter les trois stations de pompage qui constituent la chaine élévatrice de Chiffa afin d'améliorer leurs rendement.

Nous avons commencé ce projet par la présentation de la zone d'étude et de la chaine élévatrice de Chiffa, ensuite on a fait l'évaluation des besoins pour l'horizon 2053 et on a déterminé le débit qui doit être pompé par ces stations qui est estimé de 15 000 m^3/j (173.611 l/s).

Nous avons établi un diagnostic approfondi de l'état actuel de ces stations de pompage, pour repérer la détérioration des équipements et des bâtiments, dans cette optique, nous avons décidé de garder les groupes électropompes actuels et d'opter pour un mode de réglage par vannage pour les trois stations. De plus, nous avons abordé les problèmes rencontrés au niveau des bâches d'aspiration de la SP2 et de la SP3.

Afin de résoudre ces problèmes du point de vu fonctionnelle, nous avons suggéré le remplacement de certains équipements, tels que les vannes, les clapets et les joints corrodés, etc., et on a préconisé de peindre ceux qui sont salis, en plus nous avons donné des conseils de maintenance. En ce qui concerne la réhabilitation architecturelle extérieure et intérieure nous avons proposé de réparé les fissurations, d'enlever l'herbage, d'appliquer de nouveaux revêtements, de peindre les murs qui nécessite un peinture, et de remplacer les fenêtres et la porte cassés, etc. Nous avons également abordé les méthodes de réhabilitation structurale pour les éléments en béton telles que le nettoyage et écroutement du béton détérioré, l'application d'un adjuvant adhésif, etc. De même, pour les éléments en acier, nous avons suggéré des actions telles que le nettoyage et le décapage par jet de sable, l'application des couches de peinture, remplacer les éléments corrodés, etc. De plus nous avons parlé de la protection cathodique. Pour les bâches on a recommandé de les nettoyé, et de renouveler les conduites et accessoires corrodés, En outre, nous avons proposé une rénovation de l'adduction par l'utilisation des conduites en fonte pour éviter le risque de corrosion et les pressions élevés, nous avons entamé une étude technico-économique pour déterminer le diamètre économique qui est de **400 mm** (**PN40**).

Pour protéger les conduites contre le contre le coup de bélier, nous avons effectué une vérification du volume des réservoirs anti-bélier disponible au niveau de ces stations en utilisant la méthode de VIBERT. Nous avons constaté que le volume des réservoirs anti-bélier disponibles au niveau des stations de pompage était surdimensionné, et qu'ils sont suffisants pour protéger les canalisations actuelles (en acier), bien que les canalisations prévues (en fonte) pour la rénovation de l'adduction.

L'analyse du devis estimatif nous a permis d'obtenir une estimation du coût de réalisation de ce projet qui a atteint un montant de **173 228 746.70 DA.**

A la fin de cette étude, nous avons accordé un intérêt particulier aux risques qui pourraient survenir au niveau des stations de pompage et aux mesures nécessaire les éviter, afin de garantir la sécurité des travailleurs et créer des conditions optimales de travail.

Bibliographie

1. wikipedia. *wikipedia.org.* [En ligne] wikipedia.org.
2. **Daniel, Babo.** *Des hommes et des lieux.* Algérie : Éditions le Sureau, 2010. 978-2-911328-25-1.
3. **Amiri, Mohamed El Bachir.** *Etude du reseau d'assainissement du pole urbain et universitaire de la ville de Medea (W. Medea).* 2013. 4-0019-13.
4. **Medjnoun, Amal.** *thèse de doctorat 2014 « analyse, caractérisation, prévision et modélisation du comportement des argiles gonflantes ».* Tizi-Ouazou : Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouazou, 2014.
5. **GEOSYSTEM Consult.** *ETUDE DE CLASSEMENT ET D'AMENAGEMENT DE BOUGHZOUL.* Alger : s.n., 2012. DZ1960_lit170727.
6. **DRE de Médéa.** Médéa : s.n.
7. **Boualem, Salah.** Polycopie d'alimentation en eau potable. *Polycopie d'alimentation en eau potable.* 2014, pp. 20/24-25.
8. **Benboussad, Ibrahim.** *Renforcement de l'pprovionnement en eau potable de la ville d'ain boucif (W. Médéa).* Ecole Nationale Supérieur de l'Hydraulique. Blida : s.n., 2020. pp. 46-47/60-61, Mémoir de fin d'etude pour l'obtenir du diplome d'ingénieur d'Etat en Hydraulique. 1-0004-20.
9. **Amrani, Fatma.** *Etude de la réhabilitation de la station de pompage de TAFOURAH (W. Alger).* Ecole Nationale Superieure de l'Hydraulique. Blida : s.n., 2013. p. Memoire de fin d'etude pour l'obtenir du diplome d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique.
10. **Gataa, Nabila.** *Réhabilitation de la station de pompage TALLAIZID a paritir de la station vers l'ouvrage de sortie CHREA (W. Blida).* Ecole national supérieure d'hydraulique. Blida : s.n., 2016. pp. 77-78/100, Mémoir de fin d'etude pour l'obtenir du diplome d'ingénieur d'Etat en Hydraulique. 1-0013-16.

Sources :

Direction des ressources en eau de la Wilaya de Médéa (DRE).
Algérienne des eaux de la Wilaya de Médéa (ADE).
Agence nationale des ressources hydrique (ANRH).
Direction générale d'AMENHYD.
Direction de Programmation et Suivi Budgétaire de la Wilaya de Médéa (DPSB).

Sites internet :

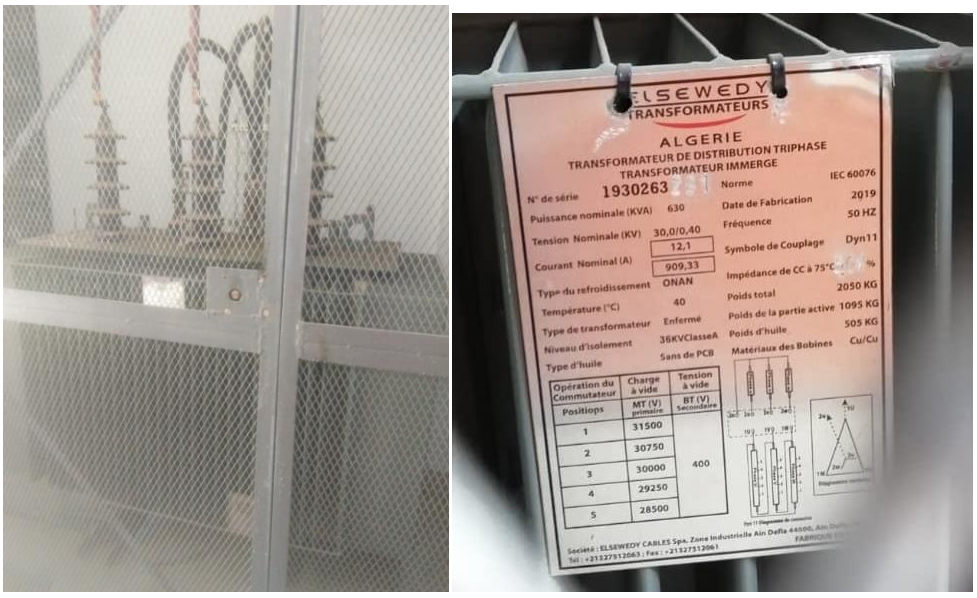
https://citypopulation.de/en/algeria/admin/26__m%C3%A9d%C3%A9a/?mode=density&map=osm_dlr&opacity=0.8&label=name (consulté le 18 Mars 2023).
https://fr.wikipedia.org/wiki/Médéa(consulté le 28 Mars 2023).
https://fr.weatherspark.com/y/47091/Météo-moyenne-à-Médéa-Algérie-tout-au-long-de-l'année (consulté le 30 Mars 2023).
https://fr-fr.topographic-map.com/map-l7cb3/Médéa/(consulté le 24 Mars 2023).
http://indesengineering.com (consulté le 29 Mars 2023).
http://earth.google.com (consulté le 24 Mars 2023).

Annexe :

Annexe 1 : L'anti bélier de la SP2 et de la SP3



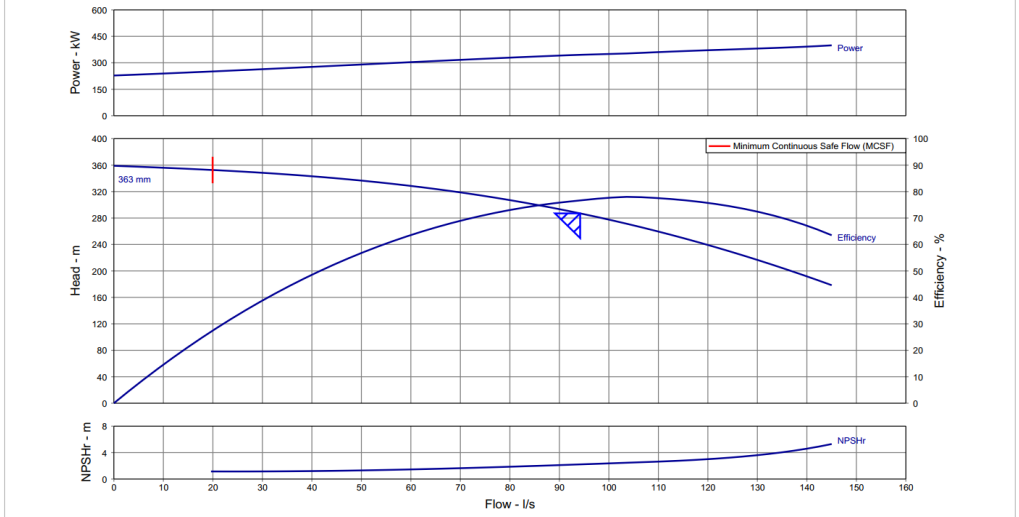
Annexe 2: Un transformateur et sa plaque analytique



Annexe 3: Les courbes caractéristiques de la pompe installée dans SP1

Kirloskar Brothers Limited (Egypt Brance Office)

Pump Performance Curve



Customer	: Sarl Agrodeel Equipments	Pump Size/ Stages	: RKB200/37/ 7	Flow, rated	: 94.20 l/s
Customer enquiry	: e mail	Speed, rated	: 1487 rpm	Differential Head	: 287.0 m
Project	:	Based on curve number	: HD12984002 Rev 1	Fluid density rated	: 0.998 kg/dm3
Quote number	: 250565	Viscosity	: 1.00 cSt	Efficiency	: 77 %
Item number	: 001	Cq/Ch/Ce/Cn [HI2004]	: 1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00	Power, rated	: 345 kW
Quantity	: 3	Minimum recommended driver rating	: 400 kW / 536 hp	NPSH required	: 2.22 m
Date last saved	: 28 Aug 2017 2:55 PM	Performance testing standard	: ISO 9906 / ANSI-HI 14.6 Gr 2B	Liquid Type/ Application	: Water

Notes: 1. Performance at shut off condition is approximate. 2. Rated impeller diameter is approximate 3. Only duty point is guranteed as per testing standard.

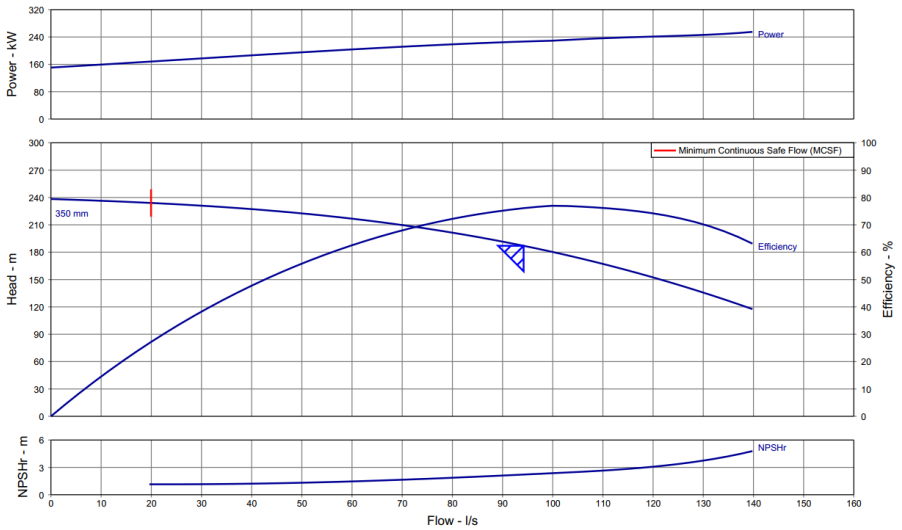
Kirloskar Brothers Limited (Egypt Brance Office) · · ,
Phone:

Version: 17.3.3.0

Annexe 4: Les courbes caractéristiques de la pompe installée dans SP2

Kirloskar Brothers Limited (Egypt Brance Office)

Pump Performance Curve



Customer	: Sarl Agrodeel Equipments	Pump Size/ Stages	: RKB200/37/ 5	Flow, rated	: 94.20 l/s
Customer enquiry	: e mail	Speed, rated	: 1487 rpm	Differential Head	: 187.0 m
Project	:	Based on curve number	: HD12984002 Rev 1	Fluid density rated	: 0.998 kg/dm3
Quote number	: 250565	Viscosity	: 1.00 cSt	Efficiency	: 76 %
Item number	: 002	Cq/Ch/Ce/Cn [HI2004]	: 1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00	Power, rated	: 227 kW
Quantity	: 3	Minimum recommended driver rating	: 250 kW / 335 hp	NPSH required	: 2.21 m
Date last saved	: 28 Aug 2017 2:58 PM	Performance testing standard	: ISO 9906 / ANSI-HI 14.6 Gr 2B	Liquid Type/ Application	: Water

Notes: 1. Performance at shut off condition is approximate. 2. Rated impeller diameter is approximate 3. Only duty point is guranteed as per testing standard.

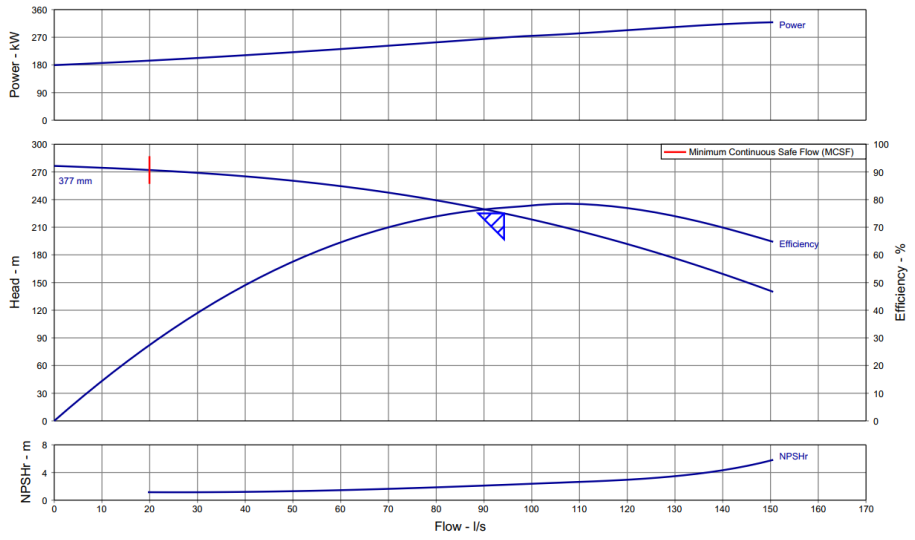
Kirloskar Brothers Limited (Egypt Brance Office) · · ,
Phone:

Version: 17.3.3.0

Annexe 5: Les courbes caractéristiques de la pompe installée dans SP3

Kirloskar Brothers Limited (Egypt Brance Office)

Pump Performance Curve



Customer	: Sarl Agrodeel Equipments	Pump Size/ Stages	: RKB200/37/ 5	Flow, rated	: 94.20 l/s
Customer enquiry	: e mail	Speed, rated	: 1487 rpm	Differential Head	: 225.0 m
Project	:	Based on curve number	: HD12984002 Rev 1	Fluid density rated	: 0.998 kg/dm3
Quote number	: 250565	Viscosity	: 1.00 cSt	Efficiency	: 77 %
Item number	: 003	Cq/Ch/Ce/Cn [HI2004]	: 1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00	Power, rated	: 269 kW
Quantity	: 3	Minimum recommended driver rating	: 300 kW / 402 hp	NPSH required	: 2.22 m
Date last saved	: 28 Aug 2017 3:14 PM	Performance testing standard	: ISO 9906 / ANSI-HI 14.6 Gr 2B	Liquid Type/ Application	: Water

Notes: 1. Performance at shut off condition is approximate. 2. Rated impeller diameter is approximate 3. Only duty point is guranteed as per testing standard.

Kirloskar Brothers Limited (Egypt Brance Office) · · ,
Phone:

Version: 17.3.3.0

Annexe 6: Tracé de l'adduction de la chaine de Chiffa



Annexe 7: Catalogue des conduites en fontes





TUYAUX FONTE DUCTILE - AEP

EN 545

ISO 2531

DN	Diamètre extérieur DE		Epaisseur fonte 'e' (K9)		Pression minimale d'essai en usine (bar) K9	Epaisseur fonte 'e' (C40)		Pression minimale d'essai en usine (bar) C40
	Nominal (mm)	Tolérance (mm)	Nominal (mm)	Tolérance (mm)		Nominal (mm)	Tolérance (mm)	
80	98	+1 à - 2.7	6,0	-1,3	50	4,8	-1,3	40
100	118	+1 à - 2.8	6,0	-1,3	50	4,8	-1,3	40
125	144	+1 à - 2.8	6,0	-1,3	50	4,8	-1,3	40
150	170	+1 à - 2.9	6,0	-1,5	50	5,0	-1,5	40
200	222	+1 à - 3.0	6,3	-1,5	50	5,4	-1,5	40
250	274	+1 à - 3.1	6,8	-1,6	50	5,8	-1,6	40
300	326	+1 à - 3.3	7,2	-1,6	50	6,2	-1,6	40
350	378	+1 à - 3.4	7,7	-1,7	40	7,0	-1,7	40
400	429	+1 à - 3.5	8,1	-1,7	40	7,8	-1,7	40
450	480	+1 à - 3.6	8,6	-1,8	40	-	-	-
500	532	+1 à - 3.8	9,0	-1,8	40	-	-	-
600	635	+1 à - 4.0	9,9	-1,9	40	-	-	-
700	738	+1 à - 4.3	10,8	-2	32	-	-	-
800	842	+1 à - 4.5	11,7	-2,1	32	-	-	-
900	945	+1 à - 4.8	12,6	-2,2	32	-	-	-
1000	1048	+1 à - 5.0	13,5	-2,3	32	-	-	-

La classe d'épaisseur des tuyaux est marquée sur le fût lorsqu'elle diffère de la classe K9. Ainsi, les tuyaux classe C40 sont marqués 'C40' selon la norme NF EN 545 : 2007.

Electrosteel peut également fournir, à la demande de ses clients, des tuyaux classes K7, K8, K10, K12. L'épaisseur de la paroi fonte est donnée par la formule: e =K(0.5+0.001DN).

Annexe 8: L'abaque de VIBERT

