

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Renforcement du réseau d'AEP de la ville de Cherchell (w. Tipaza) à partir du barrage Boukerdane (w. Tipaza).

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 1-0017-21

APA Citation (توثيق APA):

Mebarki, Mohamed (2021). Renforcement du réseau d'AEP de la ville de Cherchell (w. Tipaza) à partir du barrage Boukerdane (w. Tipaza)[Mem Ing, ENSH].

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

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...)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

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

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

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

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

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Alimentation en Eau Potable

THEME :

**Renforcement du réseau d'AEP de la ville de Cherchell
(W.Tipaza) à partir du barrage Boukerdane (W.Tipaza)**

Présenté Par :

Mebarki Mohamed

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DJOUDAR DAHBIA	M.C.A	Présidente
TOUAHIR SABAH	M.A.A	Examinatrice
HADJ SADOK NABILA	M.A.A	Examinatrice
BOUKHELIFA MUSTAPHA	M.C.B	Promoteur

Session Novembre 2021

Remerciement

On remercie Allah le tout puissant, de nous avoir donné tout le courage et la patience pour mener ce travail à terme.

Je tiens également à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail, particulièrement à :

Mes chers parents pour la compréhension et les encouragements qu'ils ont manifestés tout au long de mon parcours.

Mon promoteur Mr BOUKHELIFA Mustapha, pour la clarté de ses enseignements, son soutien indéfectible, son aide, ses spéciaux conseils, son orientation et sa patience à toute épreuve afin que ce mémoire soit mené à bien.

À L'ensemble des enseignants qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude.

Que toutes celles et tous ceux qui, de près ou de loin m'ont généreusement offert leurs concours à l'élaboration de ce modeste travail, trouvant ici l'expression de ma profonde sympathie.

Enfin, Nos sincères remerciements s'adressent aussi aux membres De jury d'avoir accepté de juger notre travail.

Mebarki Mohamed

Dédicaces

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

Ma mère et mon père pour leurs sacrifices et soutiens afin d'atteindre mon objectif.

Mes frères et Ma chère sœur.

A tous mes amis en particulier à : Abdel Wahab, Ibrahim, Walid, Omar et Abdel Wadoud.

Merci pour tous.

الملخص:

مدينة شرشال ، التي تنتمي لغرب ولاية تيبازة ، واجهت مشكلة في امدادات مياه الشرب بسبب الزيادة السكانية ، مما استدعى تعزيز شبكة مياه الشرب من سد بوقردان. بعد التعريف بمنطقة الدراسة, أظهر تقدير الاحتياجات المائية للمنطقة للمدى البعيد 2051, العجز الذي يجب سدّه بما يعادل سبعة وسبعين ألف متر مكعب في اليوم. ساعد هذا العجز في حساب أحد عشر أنبوب نقل للمياه وفحص سعة أحد عشر خزائناً, كما تم اختيار المضخات الملائمة للشبكة. وأخيراً ، فإن حساب فاتورة الكميات يجعل من الممكن عمل تقدير لتكلفة المشروع الذي يساوي سبعمائة واثنين وسبعين مليون دج. الكلمات المفتاحية: تعزيز شبكة مياه الشرب, تقدير الاحتياجات المائية, أنابيب نقل المياه , الخزانات , المضخات, قائمة الكميات, تكلفة المشروع.

Résumé :

La ville de Cherrhell qui fait partie de l'ouest de Wilaya de Tipaza, souffrent d'un pur déficit en alimentation en eau potable à cause de l'augmentation de la population, ce qui appelle à réaliser un système d'adduction à partir du barrage Boukerdane.

Après avoir présenté la zone d'étude, l'estimation des besoins en eau de l'agglomération à l'horizon d'étude 2051 montre le déficit à combler qu'égal à Soixante-dix-sept mille mètres cubes par jour. Ce déficit aide à dimensionner onze adductions et de vérifier la capacité de onze réservoirs. Aussi, nous avons sélectionné des pompes adaptées au réseau. Finalement, le calcul de devis quantitatif permet de faire une estimation de cout de projet qu'égal à Sept cent soixante-douze millions DA.

Mots-clés : un système d'adduction, l'estimation des besoins en eau, les réservoirs, les pompes, devis quantitatif, estimation de cout de projet.

Abstract:

The city of Cherrhell, which is located in the western part of Wilaya of Tipaza, suffers from a deficit in drinking water supply because of the increase in the population, which calls for a water supply system to be built from the Boukerdane dam. After presenting the study area, the estimate of the agglomeration's water needs for the study horizon 2051, shows the deficit to be filled equal to seventy-seven thousand cubic meters per day. This deficit helps to size eleven adductions and to check the capacity of eleven reservoirs. Also, a selection of adapted pumps to the network was made. Finally, the bill of quantities calculation makes it possible to make a project cost estimate which equal to Seven hundred and seventy-two million DA.

Keywords: water supply system, estimation of water needs, adductions, reservoirs, pumps, quantitative estimate, estimate the cost of the project.

SOMMAIRE

Introduction générale :	1
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	2
I.1 Introduction :	2
I.2 Situation géographique :	2
I.3 Situation climatique :	3
I.4 Situation démographique :	3
I.5 Sismicité :	3
I.6 Situation topographique et géologique :	4
I.7 Système d'AEP existant :	5
I.7.1 Les points de ressource :	5
I.7.2 Les réservoirs (R) et Stations de pompage :	5
I.8 Conclusion :	5
Chapitre II : Estimation des besoins en eau potable	6
II.1 Introduction :	6
II.2 Evolution de la population :	6
II.3 Estimation de la population pour différents horizons d'étude :	6
II.4 Evolution des besoins en eau de la population :	7
II.4.1 Evaluation de la consommation moyenne journalière :	8
II.4.2 Calcul du débit maximum journalier et débit minimum journalier :	10
II.4.3 Variation des débits horaires :	11
II.4.4 Bilan ressources-besoins en eaux :	21
II.5 Conclusion :	21
Chapitre III : Etude de conception du système de transfert d'eau :	22
III.1 Introduction :	22
III.2 Définition d'adduction :	22
III.3 Types d'adduction :	22
III.3.1 Adduction gravitaire :	22
III.3.2 Adduction par refoulement :	23
III.3.3 Adduction mixte :	23
III.4 Types d'écoulement :	23
III.4.1 Ecoulement à surface libre :	23
III.4.2 Ecoulement en charge :	23
III.5 Choix des matériaux de canalisation :	23
III.6 Trace des conduites :	25
III.7 Pose des conduites :	25
III.8 Etude de l'adduction :	26

III.8.1	Les adductions gravitaires :.....	28
III.8.2	Les adductions par refoulement :.....	32
III.9	Problèmes rencontrés dans les calculs d'adduction :.....	45
III.9.1	Écrêtement de ligne de charge :.....	45
III.9.2	Une pression exagérée :.....	45
III.9.3	Tracé de la ligne de charge :.....	45
III.10	Conclusion :.....	47
	Chapitre IV : Etude de conception des systèmes annexes :.....	48
IV.1	Introduction :.....	48
IV.2	Le réservoir :.....	48
IV.2.1	Définition :.....	48
IV.2.2	Utilité des réservoirs :.....	48
IV.2.3	Classification des réservoirs :.....	48
IV.2.4	Emplacement des réservoirs :.....	49
IV.2.5	Équipement de réservoirs d'alimentation :.....	49
IV.2.6	Détermination de la capacité du réservoir :.....	50
IV.2.7	Calcul des réservoirs de la zone d'étude :.....	53
IV.2.8	Dimensions des réservoirs à projeter :.....	62
IV.3	Etude du pompage :.....	64
IV.3.1	Définition :.....	64
IV.3.2	Les différents types de pompes :.....	64
IV.3.3	Critères de l'emplacement de la station de pompage :.....	65
IV.3.4	Choix de pompes :.....	65
IV.3.5	Couplage des pompes :.....	65
IV.3.6	Point de fonctionnement des pompes :.....	66
IV.3.7	Adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement données :.....	66
IV.3.8	Etude de la cavitation :.....	68
IV.3.9	Etude de pompage :.....	69
IV.4	Pose et protection des canalisations :.....	85
IV.4.1	Pose de canalisation :.....	85
IV.4.2	Accessoires :.....	90
IV.4.3	Protection des canalisations :.....	96
IV.5	Conclusion :.....	104
	Chapitre V : Estimation quantitative et financière du système de transfert d'eau :.....	104
V.1	Introduction :.....	104
V.2	Organisation de chantier :.....	104
V.2.1	Travaux concernant l'adduction :.....	104

V.2.2	Travaux concernant les réservoirs :.....	108
V.3	Calcul des coûts des travaux :.....	113
V.4	Les Engins :.....	114
V.4.1	Pelle hydraulique :	114
V.4.2	Bulldozer :.....	114
V.4.3	Chargeur :.....	114
V.4.4	Compacteur (vibrateur de sol) :.....	114
V.5	Conclusion :.....	114
	CONCLUSION GENERALE.....	115

LISTE DES TABLEAUX :

Chapitre II :

Tableau II-1: Evolution de la population selon les RGPH de l'année 2008	6
Tableau II-2: Evolution de la population pour différents horizons	7
Tableau II-3: strates de population (PNE 2010)	7
Tableau II-4: Besoins domestiques en eau potable actuels (2021) et à l'horizon (2051)	8
Tableau II-5: Besoins en eau des autres consommateurs	8
Tableau II-6: la somme de besoins domestiques et besoins en eau des autres usagers.....	9
Tableau II-7: Besoins en eau en pointe estivale de la zone d'étude.....	9
Tableau II-8: le débit moyen journalier de la zone d'étude	10
Tableau II-9: Calcul du débit max journalier	11
Tableau II-10: Calcul du débit min journalier	11
Tableau II-11: Répartition horaire des pourcentages du débit maximum journalier	12
Tableau II-12: Variation du débit horaire pour le Chef-Lieu.....	13
Tableau II-13: Variation du débit horaire pour Bakora.	14
Tableau II-14 : Variation du débit horaire pour Oued El Hammam.	15
Tableau II-15: Variation du débit horaire pour Boulahrouz	16
Tableau II-16: Variation du débit horaire pour Plateau Sud.	17
Tableau II-17: Variation du débit horaire pour Oued El Bellah	18
Tableau II-18: Bilan Ressources-Besoins en eau.....	21

Chapitre III :

Tableau III-1: Les avantages et les inconvénients de chaque type de conduite	24
Tableau III-2: Coefficients K' , m , β pour différents types du tuyau.....	29
Tableau III-3: Prix d'investissement pour refoulement Oued El Bellah.....	34
Tableau III-4: Prix d'exploitation de refoulement vers Oued El Bellah.....	35
Tableau III-5: Prix total de refoulement vers Oued El Bellah	35
Tableau III-6: Prix d'investissement refoulement vers Hamidia	37
Tableau III-7: Prix d'exploitation refoulement vers Hamidia.....	37
Tableau III-8 : Prix total de refoulement vers Hamidia	37
Tableau III-9:Frais d'investissement de refoulement vers Sidi Yahia	38
Tableau III-10: Prix d'exploitation de refoulement vers Sidi Yahia.....	39
Tableau III-11: Prix total de refoulement vers Sidi Yahia.....	39
Tableau III-12: Prix d'investissement de refoulement vers Plateau sud.....	40
Tableau III-13: Prix d'exploitation de refoulement vers Plateau sud	41
Tableau III-14 : Prix total de refoulement vers Plateau sud.....	41
Tableau III-15: Prix d'investissement de refoulement vers Oued El Hammam Sud	43
Tableau III-16: Prix d'exploitation de refoulement vers Oued El Hammam Sud	43
Tableau III-17: Prix total de refoulement vers Oued El Hammam Sud.....	44
Tableau III-18: Les caractéristiques hydrauliques de chaque conduite	47

Chapitre IV :

Tableau IV-1: exemple d'un bilan de consommation	52
Tableau IV-2: Capacité horaire de réservoir de Hamidia	53
Tableau IV-3 : besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir de Hamidia	53
Tableau IV-4 : Capacité horaire de réservoir de Oued El Bellah	54
Tableau IV-5: besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir de Oued El Bellah... 54	54
Tableau IV-6 : Capacité horaire de réservoir de centre-ville.....	55
Tableau IV-7 : besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir de centre-ville..... 55	55
Tableau IV-8 : Capacité horaire de réservoir Est de la ville	56

Tableau IV-9: besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir d'Est de la ville.....	56
Tableau IV-10: Capacité horaire de réservoir Ouest de la ville.....	57
Tableau IV-11: besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir d'Ouest de la ville	57
Tableau IV-12: Capacité horaire de réservoir Oued El Hammam Nord.....	58
Tableau IV-13: besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir de Oued El Hammam Nord.....	58
Tableau IV-14: Capacité horaire de réservoir Oued El Hammam Sud.....	59
Tableau IV-15: besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir de Oued El Hammam Sud.....	59
Tableau IV-16: Capacité horaire de réservoir de Plateau sud et Sidi Boulahrouz	60
Tableau IV-17: besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir de de Plateau sud et Sidi Boulahrouz	60
Tableau IV-18: Calcul du volume du réservoir tampon.....	61
Tableau IV-19 : évaluation des besoins de stockage de Sidi Yahia.....	61
Tableau IV-20: Variation du nombre de démarrage par heure en fonction de la puissance de la pompe	62
Tableau IV-21: Volume de bache d'eau pour chaque refoulement	62
Tableau IV-22: évaluation des besoins de stockage de bache d'eau de Oued El Balleh	62
Tableau IV-23: Dimensions des réservoirs à projeter.....	63
Tableau IV-24 : Variation de la tension de vapeur d'eau en fonction de la température.....	68
Tableau IV-25: Les caractéristiques des pompes pour refoulement Oued El Bellah.....	69
Tableau IV-26: Les caractéristiques des pompes pour refoulement Hamidia	72
Tableau IV-27: Les caractéristiques des pompes pour refoulement Sidi Yahia	76
Tableau IV-28: les caractéristiques des pompes pour refoulement Sidi Boulahrouz.....	79
Tableau IV-29: les caractéristiques des pompes pour refoulement Oued El Hammam Sud.	82
Tableau IV-30:Les caractéristiques de la conduite de refoulement.	100
Tableau IV-31:Calcul de célérité d'onde de la conduite de refoulement.....	100
Tableau IV-32:Calcul les paramètres de l'abaque de Vibert	101
Tableau IV-33:Calcul de volume du réservoir d'air de l'adduction de refoulement	101

Chapitre V :

Tableau V-1: Calcul du volume du déblai de l'adduction	106
Tableau V-2 : Calcul du volume du lit de sable.....	106
Tableau V-3 : Calcul du volume du remblai.....	107
Tableau V-4 : Calcul des volumes des déblais pour les réservoirs	108
Tableau V-5 : Calcul des volumes du tout-venant.....	109
Tableau V-6 : Calcul des volumes du béton de propreté.	110
Tableau V-7:Calcul du volume du béton armé	110
Tableau V-8 : Calcul du volume du béton armé pour les coupoles	112
Tableau V-9: Calcul du volume du remblai compacté.....	112
Tableau V-10: Coût des travaux de l'adduction	113
Tableau V-11 : Coût des travaux des réservoirs	113
Tableau V-12 : le coût total de projet	113

LISTE DES FIGURES :

Chapitre I :

Figure I-1: Situation géographique de zone d'étude.....	2
Figure I-2 : : Précipitation mensuelle et annuel entre 2000 et 2006 (Benmeddah ,2018).....	3
Figure I-3 : carte de zonage sismique de l'Algérie	4
Figure I-4 : carte géologique de la ville de Cherchell (ANRH ,2008).....	4
Figure I-5 : capacité des forages de Cherchell.....	5

Chapitre II :

Figure II-1: Consommation horaire de Chef-Lieu	19
Figure II-2: Consommation horaire de Hamidia.....	19
Figure II-3: Consommation horaire de Oued El Hamma.....	19
Figure II-4: Consommation horaire de Sidi Boulahrouz.....	20
Figure II-5: Consommation horaire de Plateau Sud.....	20
Figure II-6: Consommation horaire de Oued El Bellah.....	20

Chapitre III :

Figure III-1 : Schéma verticale de projet	27
Figure III-2: Optimisation économique d'un diamètre de conduite de refoulement (D. ZOUNGARANA).....	33
Figure III-3 : courbe de prix total de refoulement vers Oued El Bellah	36
Figure III-4 : courbe de prix total de refoulement ver Hmidia	38
Figure III-5 : courbe de prix total de refoulement vers Sidi Yahia.....	40
Figure III-6: courbe de prix total de refoulement vers Plateau sud.....	42
Figure III-7:courbe de prix total de refoulement vers Oued El Hammam Sud.....	44
Figure III-8: la ligne piézométrique et le profil en long de l'adduction entre réservoir tampon de Sidi Moussa et bache d'eau de Oued El Bellah.....	45

Chapitre IV :

Figure IV-1: Détermination de la capacité du réservoir par la méthode graphique	51
Figure IV-2 : Les courbes caractéristiques de la pompe de refoulement vers Oued El Bellah.....	70
Figure IV-3: Point de fonctionnement de la pompe de refoulement vers Oued El Bellah.....	71
Figure IV-4 : Description de la pompe (ETN 080-065-200 GGSAA11GD201502B.KSB).....	72
Figure IV-5: Les courbes caractéristiques de la pompe de refoulement vers Hamidia.....	73
Figure IV-6: Le point de fonctionnement de la pompe de refoulement vers Hamidia	74
Figure IV-7: Description de la pompe (ETN 100-080-315 GGSAA11GD613202B.KSB)	75
Figure IV-8 : Les courbes caractéristiques de la pompe de refoulement vers Sidi Yahia	76
Figure IV-9 : Le point de fonctionnement de pompe de refoulement vers Sidi Yahia	77
Figure IV-10 : Description de la pompe PMXLT150/3B	78
Figure IV-11 : Les courbes caractéristique de la pompe de refoulement vers Sidi Boulahrouz((ETB 125-100-200 GGSAAV11D304502 BM.KSB)).....	79
Figure IV-12: Point de fonctionnement de la pompe de refoulement vers Sidi Boulahrouz	80
Figure IV-13: Description de la pompe ETB 125-100-200 GGSAAV11D304502 BM	81
Figure IV-14: Les courbes caractéristiques de la pompe de refoulement vers Oued El Hammam Sud ((ETCB080-065-250 CCSAA11D303002 B.KSB)	82
Figure IV-15 : Point de fonctionnement de la pompe de refoulement vers Oued El Hammam Sud....	83
Figure IV-16 : Description de la pompe ETCB080-065-250 CCSAA11D303002 B.....	84
Figure IV-17 : Pose de canalisation dans un terrain ordinaire	86
Figure IV-18: Premier cas - soutenir le passage de la conduite par le pont.....	86
Figure IV-19 : Deuxième cas - la canalisation suit le lit de la rivière.....	87
Figure IV-20 : Les butées	88

Figure IV-21 : les déviations angulaires des conduites.....	90
Figure IV-22: Robinet vanne à opercule	Figure IV-23: Robinet vanne à papillon..... 91
Figure IV-24: Régulateurs de pression	Figure IV-25: Clapet anti retour. 91
Figure IV-26 : Ventouse	92
Figure IV-27: L'emplacement des ventouses et les Les vidanges	93
Figure IV-28 : débitmètre électromagnétique.....	93
Figure IV-29: Manomètres à aiguilles	Figure IV-30 :Manomètres à soufflet 94
Figure IV-31 : Schéma d'installation du réservoir d'air	101
Figure IV-32 : Protection de la conduite en fonte contre la corrosion extérieure avec revêtement en polyéthylène.....	104

LISTE DES PLANCHES :

Planche N°1 : Carte du schéma directeur de renforcement du réseau d'AEP de la ville de Cherchell.

Planche N°2 : Schéma vertical de renforcement du réseau d'AEP de la ville de Cherchell.

Planche N°3 : Profile en long entre le réservoir tampon de Sidi Moussa et bête d'eau de Oued El Bellah.

Planche N°4 : Profile en long entre la bête d'eau de Oued El Bellah et le réservoir tampon de Sidi Yahia.

LISTE DES ANNEXES :

ANNEXE I: prix des conduites en fonte ductile et PEHD d'après le site « <http://www.algerie.prix-construction.info> »

ANNEXE II: Sélection de la pompe par KSB

ANNEXE III: Sélection de la pompe par CAPRRARI

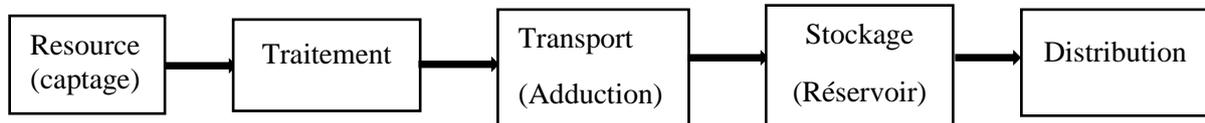
ANNEXE IV: Les engins

ANNEXE V : abaque de Vibert

Introduction générale

Introduction générale :

L'eau est importante pour la survie de tout être vivant, elle était l'un des critères essentiels d'implantation des agglomérations urbaines et la condition principale de l'émergence des civilisations. Ces civilisations ont continué à développer des systèmes pour garantir que cette eau puisse être emmagasinée ou bien utilisée dans différents domaines : de l'irrigation, de l'alimentation en eau potable, la construction. Comme le Barrage de Marib au Yémen, les réservoirs d'eau dans la civilisation nabatéenne en Jordanie, et le plus important, les aqueducs qui ont été construits par les Romains pour transport de l'eau. Grâce à l'évolution de la science qui a permis à l'homme de connaître et établir un système d'alimentation en eau potable pour transporter l'eau depuis la source jusqu'à le consommateur suivant une chaîne qui se commence par le captage et se terminera par la distribution. Le schéma suivant résume les processus :



La wilaya de Tipaza contient diverses ressources en eau, le côté Est, est alimenté par la station de dessalement de Fouka et des champs de captage, le côté Ouest est alimenté par le barrage de Boukerdane et quelques champs de captage. La ville de Cherchell qui fait partie de l'ouest de Tipaza, avait un problème dans le réseau d'alimentation d'eau potable qu'était causé d'une part par l'augmentation de la population et d'autre part l'existence des conduites principales qui passent par un champ de tir, ce dernier a causé fuites et perturbations fréquentes. La réhabilitation de réseau nécessite un renforcement au niveau de conduite d'adduction ce c'est le but de notre mémoire de fin d'étude. Notre travail sera mené comme suit :

Le premier chapitre sera consacré à la présentation générale de la ville. Puis **au chapitre deux**, nous évaluerons le futur besoin en eau, ce qui nous permettra de faire un bilan entre les ressources disponibles et les besoins en eau, pour déterminer le déficit à combler. Dans **le troisième chapitre**, nous allons dimensionner les conduites d'adduction en tenant compte des conditions technico-économiques. **Le quatrième chapitre** visera à vérifier la capacité des réservoirs existants avant de planifier de nouveaux réservoirs pour combler le déficit et à choisir les pompes appropriées pour les différentes stations de pompage, ensuite assurer la protection des canalisations, contre le phénomène de béliet brutal. On terminera par l'estimation quantitative et financière du système de transfert d'eau dans **le chapitre cinq**. Et pour clôturer, nous établissons une conclusion générale.

Chapitre I :
Présentation de la zone d'étude

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1 Introduction :

Avant la réalisation d'un projet il faut bien connaître la zone d'étude ce que on va discuter dans ce chapitre, on va parler et décrit notre zone d'étude de point de vue géographique, climatique, topographique, Sismique et démographique aussi la situation du système d'AEP actuelle.

I.2 Situation géographique :

La commune de Cherchell est située sur le littoral dans la région Nord centre de l'Algérie et elle est Localisée dans la zone Ouest de la wilaya entre Tipasa et Tenes. Elle se trouve à 100Km d'Alger (la capitale) et à 28 Km de Tipasa, son chef-lieu de wilaya. Administrativement elle est chef-lieu de daïra et les communes lui incombant sont (Sidi Ghiles, Hadjret Ennous et Sidi Semiane). Le territoire de la commune de Cherchell s'étend sur environ 13000 hectares dont 85% située en zone montagneuse soit (11000 ha). Cherchell est une ville côtière de la mer Méditerranée, située sur une altitude 30 mètres au niveau de la mer, à 102 km à l'ouest d'Alger, à 20 km à l'ouest de Tipaza, 59 km au nord de Miliana et à 108 km à l'est de Ténès⁴. Avec cette dernière, elle est l'une des rares villes littorales du Dahra. Six communes limitent le territoire communal, **au Nord** : La mer méditerranée, à **l'Ouest** : Sidi Ghiles, à **l'Est** : Tipasa et Nador, au **Sud** : Menaceur, Sidi Amar et Sidi Semiane.



Figure I-1: Situation géographique de zone d'étude

I.3 Situation climatique :

Le climat de Cherchell est de type méditerranéen, il est chaud et tempéré. Pour la température, elle varie entre 5.62 °c en hiver et 33.4°c en été. Les vents qui dominent en période d'hiver sont des vents d'orientation Nord-Ouest car venant de la mer méditerranée. Ils amènent une certaine douceur aux températures. Les vents d'Est ET Nord sont dominants en période d'été, ils rafraichissent le climat. Les journées de gel et de sirocco (vent chaud, venant du sud) ne sont pas quantifiées car elles sont très rares. Pour la pluviométrie, elle est caractérisée par son irrégularité. la ville de Cherchell reçoit en moyenne 4 à 600mm/an.

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
Code station : 020319													
Nom station : BELLAH RN 11													
2000	5,5	84,8	81,2	62,2	77	63,1	0,3	74,4	18	0,1	0,1	0	466,7
2001	23,1	2,3	112,6	61	30,6	16,7	73,3	36,6	24,8	1	4,8	11,2	398
2002	15,7	20,6	56,7	47,2	147,3	89,8	13,4	38,6	17,2	0	1,1	1,4	449
2003	9	47,4	101,3	56,9	77,1	48,5	40	79,7	102	2,3	1,3	10,2	575,7
2004	22,7	27,9	89,5	128,4	69,4	147,2	95,8	16,4	1,1	0	0	2,7	601,1
2005	14,6	33,6	100,8	140,4	90,6	64,3	12,6	13,2	143,8	1,9	0,5	0,6	616,9
2006	67,4	0,7	51,6	294,8	14	63,4	80,5	76,8	15	0	0	3	667,2
2007	54,9	144,9	249,8	114,8	14	18,4	50,1	14,2	44,7	30,3	11,7	0	747,8
2008	39,1	53,3	95,4	104,3	131	13,8	61,2	62,8	14,9	0	0	2,9	578,7
2009	86	2,4	77,6	86,5	79,6	91,6	105,8	39,5	10,9	14,3	0,7	23,2	618,1
2010	15,4	144,3	135	72,1	82,8	136,8	26,6		89,6	14,4	0		
2011	9	51	156,4	58,3	29,5	245,3		110,2	14,5	0	0,2	3,3	
2012	0,9	37	98,1	25,9	88,1	93,9	66,7	91,7	181,6	0	0,4	0	684,3
2013	22,8	9,3	177,7		47,3	42,6	88,9	1,3	10,5	9,7	-999	0,6	
2014	3,8	14,7	13,8	30,6	20,7	60,8	49,4	0	16,7	1,3	0	0	211,8
2015	17,6	0	0	0	54	104,4	90,3			1	2,2	0	
2016	9,7	5,9	185,8	113	195,2	33,5	46,9	9,5	3,1				

Figure I-2 : : Précipitation mensuelle et annuel entre 2000 et 2006 (Benmeddah ,2018)

I.4 Situation démographique :

Pour une superficie de 130 km², la commune de Cherchell, compte 54 139 habitants au dernier recensement de 2008, avec un taux d'accroissement de l'ordre de 2.28 %, qui est relativement élevé et une densité moyenne de 417 habitants / Km².

I.5 Sismicité :

Notre analyse concernant ce paramètre très important, pour toute construction englobera toute région de l'Atlas Tellien et ses environs. D'après les manifestations sismiques récentes (Chenoua 1989 et Boumerdes 2003), nous pouvons dire que Cherchell fait partie des régions qui sont les plus sujettes aux séismes car elles sont proches de l'Atlas Tellien qui constitue l'un des éléments du plissement Alpin. Elle est classée en zone 3 dans le nouveau règlement parasismique Algérien édité en 2004.

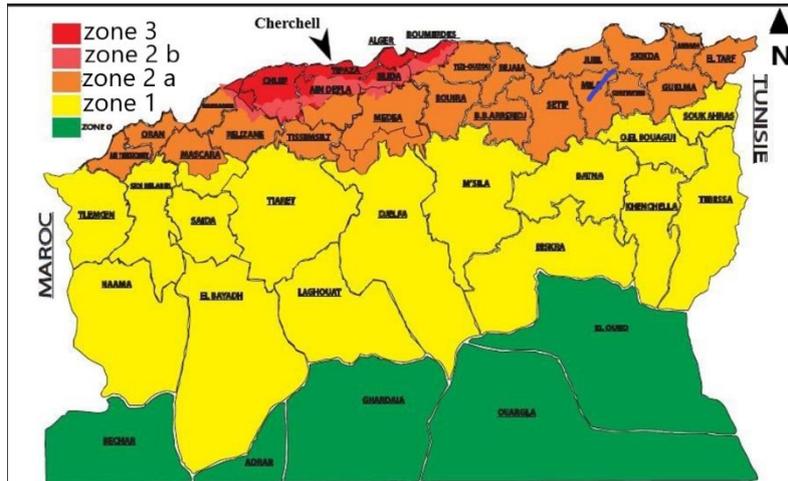


Figure I-3 : carte de zonage sismique de l'Algérie

I.6 Situation topographique et géologique :

Etant partie intégrante du complexe montagneux de l'atlas tellien, la commune de Cherchell se trouve sur un terrain très accidenté (qui couvre la majeure partie de sa superficie soit 85% ayant des pentes supérieures à 20%). La ville de Cherchell est implantée sur la partie basse du territoire, ce qui est légèrement accidentée, le reste du territoire est en majorité accidenté, Faisant partie du complexe montagneux de l'atlas tellien, cette topographie a fait de Cherchell, un lieu à étage ou on peut distinguer trois niveaux d'implantation.

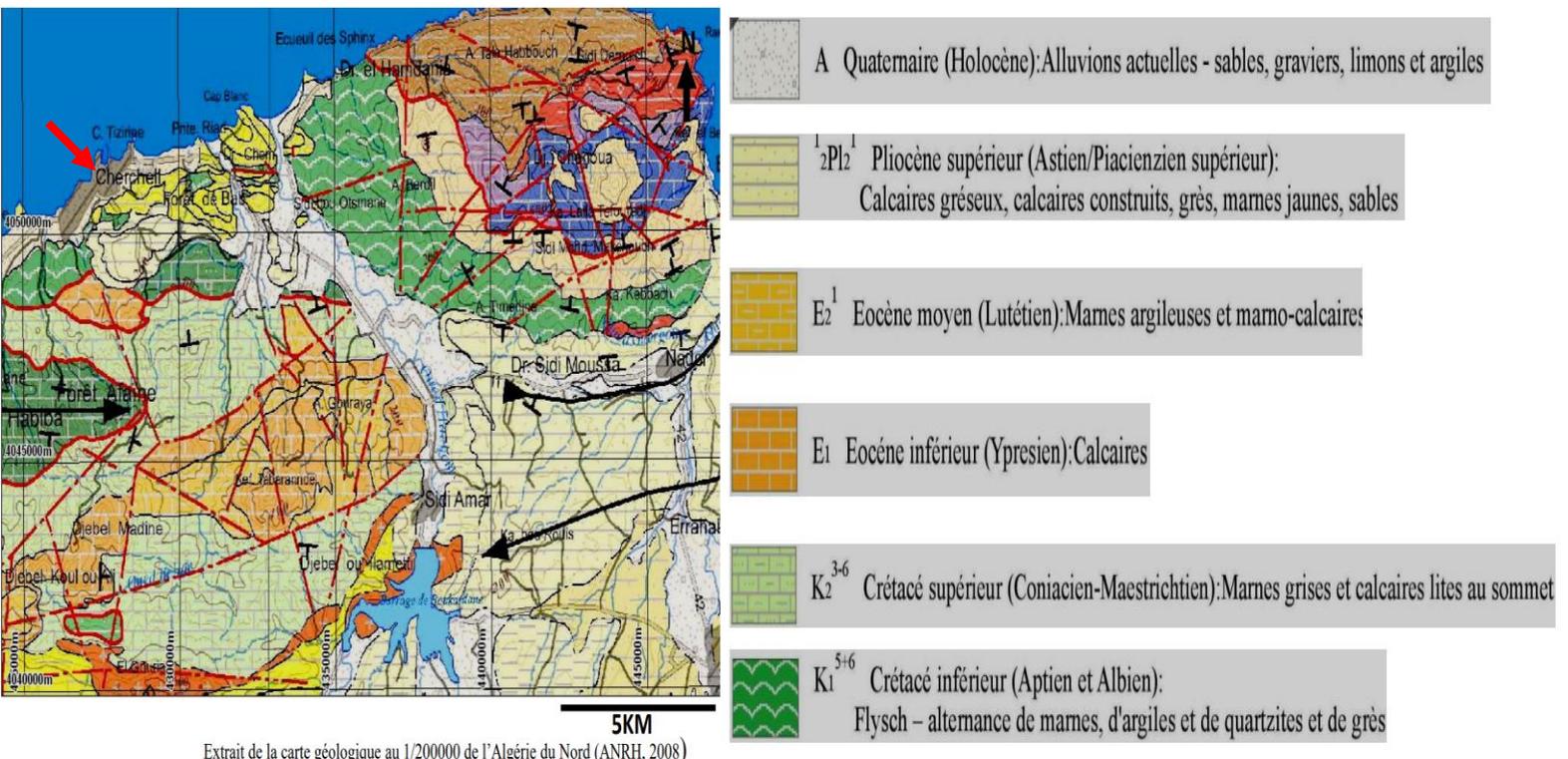


Figure I-4 : carte géologique de la ville de Cherchell (ANRH, 2008)

I.7 Système d'AEP existant :

I.7.1 Les points de ressource :

- Barrage de Boukerdane : Situe dans la daïra de Sidi Amar, et alimente les daïras de Tipasa, Hadjout et Cherchell de capacité de 105 millions de mètre cube.
- Forages: de Bakara, Oued El hachem, Saidal, Bakora, Ben Saleh.

Nom du Champ Captant	Nom de la nappe	Commune	Localités desservies	Nom du forage	Débit l/s 2016	prof(m)	Année de mise en service	volime produit(m³/an) 2015	volime produit (m³/an) 2016
Cherchell	Alluvion du Quaternaire d'oued El Hachem	Cherchell	C/L ICherchell et Sidi Ghiles	F2 Cherchell	23,05		1 994	1 083 446	726 000
				F8 Cherchell	22,00			550 000	670 892
				F10 Cherchell	11,11	54	14/10/2008	390 000	350 000
				F1 Cherchell	28,61			910 000	901 000
Cherchell	Alluvion du Quaternaire d'Oued El Hachem	Cherchell	Ichrifaine cherchell et D sidi Amar	F1 bis	10,27			500 000	322 000
			Hamdania Cherchell et Beldj Tipasa	F1 ex Amia	7,77			240 000	245 000
			Bordj el ghoula	F1 Hamidia	5,27		2 006	140 000	166 000
			Benkheira	F3 OEI Hachem	11,38			500 000	321 000
			Bakora	F1 Bakora	7,22		1 990	227 690	227 690

Figure I-5 : capacité des forages de Cherchell

I.7.2 Les réservoirs (R) et Stations de pompage :

- R2000 M3 de Sidi Moussa, R1000 M3 de Sidi Yahia, R. jumelés de stockage (2*750M3) de centre-ville. R2000 M3 de l'Est de Cherchell. R2000 M3 de Oudai Ibrahim (Ouest de Cherchell). R250 M3 de l'Oued El Hammam Nord, R100 M3 de Oued El Bellah. R500M3 de Hamidia. R250 de de Sidi Boulahrouz: R250 M3 de Oued El Hammam Sud.
- Station de pompage de: Oued El Bellah- plateau sud- Oued El Hammam Nord.

I.8 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons essayé de représenter la zone d'étude et de déterminer les données nécessaires du point de vue topographie, géologie démographie ainsi que la situation hydraulique actuelle. Nous avons constaté que notre région est une ville côtière dont la population augmente rapidement avec un climat de type méditerranéen. La commune de Cherchell se trouve sur un terrain très accidenté, faisant partie du complexe montagneux de l'atlas tellien, ce qui en fait une zone sismique. Enfin, notre zone d'étude est riche en ressources en eaux de surface et souterraines Avec les saisons sèches, on peut compter sur les eaux souterraines pour combler le déficit du barrage.

Chapitre II :
Estimation des besoins en eau
potable

Chapitre II : Estimation des besoins en eau potable

II.1 Introduction :

Dans ce chapitre, on va faire une estimation de besoin d'eau de la ville de Cherchell, on tient compte les agglomérations secondaires et les zones éparses. Plusieurs facteurs affectent sur les calculs des besoins en eau comme le dévalent démographique, les équipements (les écoles les mosquées ...), les extensions, le tourisme ... Pour déterminer la consommation maximale et le volume nécessaire d'eau qui couvre la demande de la ville, il faut savoir le nombre de population dans un horizon et les différentes catégories de consommateurs.

II.2 Evolution de la population :

Les données du recensement général de la population et de l'habitat (**RGPH**) de la wilaya de Tipaza effectuée en 2008 et qui concerne la ville de Cherchell sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II-1: Evolution de la population selon les RGPH de l'année 2008

Agglomérations	Population (2008)
Chef-Lieu	37488
Hamidia	2795
Oued El Hammam	2097
Sidi Boulahrouz	1415
Plateau Sud	1415
Oued El Bellah	958

La ville de Cherchell est une zone côtière touristique, de nombreux projets résidentiels et industriels sont prévus pour l'avenir par l'Etat. Selon la Direction des ressources en eau de wilaya de Tipaza, le taux d'accroissement de la population de la région d'étude est de **2.28%**.

II.3 Estimation de la population pour différents horizons d'étude :

Pour la détermination du nombre d'habitants à différents horizons, il a été procédé à l'application de la relation des accroissements géométriques, qui s'écrit comme suit :

$$P_n = P_0 * (1 + \tau)^n \quad (\text{II-1})$$

P_n : population de l'horizon d'étude.

P_0 : population de référence qu'est de l'année 2008.

τ : le taux d'accroissement démographique qu'est **2.28%**.

n : nombre d'années séparant l'année de référence et le l'horizon de calcul (25-30 ans).

Tableau II-2: Evolution de la population pour différents horizons

Agglomérations	Population (2008)	Evolution de la population à l'horizon			
		Population 2015	Population 2021	Population 2030	Population 2051
Chef-Lieu	37488	43896.24	50254.11	61558.51	98831
Hamidia	2795	3272.78	3746.806	4589.63	7368.562
Oued El Hammam	2097	2455.463	2811.11	3443.454	5528.399
Sidi Boulahrouz	1415	1656.882	1896.862	2323.551	3730.417
Plateau Sud	1415	1656.882	1896.862	2323.551	3730.417
Oued El Bellah	958	1121.762	1284.236	1573.118	2525.611
Total	46168	54060.01	61889.99	75811.81	121714.4

II.4 Evolution des besoins en eau de la population :

La dotation et les catégories de consommateur sont deux facteurs nécessaires pour déterminer les besoins de l'agglomération.

- Les types de consommations :

- ✓ Consommation domestique.
- ✓ Consommation des autres usagers (les besoins public, l'industrie, l'incendie).

- La dotation :

La dotation ou bien la norme de consommation, est la quantité moyenne d'eau consommée ou utilisée par un individu en une journée. Elle varie en fonction du caractère démographique de la zone donnée et des ressources disponibles.

D'après le **PNE 2010** (Plan National de l'Eau 2010), les agglomérations sont subdivisées en catégories, chaque catégorie est limitée par un nombre de population, comme le montre le tableau suivant :

Tableau II-3: strates de population (PNE 2010)

Désignation	Caractéristique
Les métropoles à statut particulier de délégation (SPE) :	Alger ; Oran ; Constantine ; Annaba
Les métropoles	Villes de plus de 300.000 habitants
L'urbain dit « supérieur »	100.000 < pop ≤ 300.000 habitants
L'urbain	20.000 < pop ≤ 100.000 habitants
Semi urbain	5000 < pop ≤ 20.000 habitants
Semi rural	3000 < pop ≤ 5000 habitants
Rural aggloméré	600(100 unités d'habitation) < pop ≤ 3000 habitants
Rural épars	Population inférieure à 600 habitants (100 unités d'habitation)

II.4.1 Evaluation de la consommation moyenne journalière :

- Consommation domestique :

Le débit moyen journalier est donné par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy,j}} = \frac{\text{Dot} * N}{1000} \text{ (m}^3/\text{j)} \quad (\text{II-2})$$

Avec :

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

Dot : dotation moyenne. Vu que notre zone d'étude représente une grande agglomération de type urbaine, toute fois vu la disponibilité de future ressource (barrage de Kef Idir ,49km d'Ouest de Cherchell) et selon les recommandations de la DRE de Tipaza, il convient de donner une dotation de 200 (l/j/hab).

N : nombre d'habitants.

Tableau II-4: Besoins domestiques en eau potable actuels (2021) et à l'horizon (2051)

Agglomérations	Population (hab)		Dotation L/J/Hab	Besoins domestiques (m3/j)	
	Année 2021	Année 2051		Année 2021	Année 2051
Chef-Lieu	50254.11	98831	200	10050.82	19766.2
Hamidia	3746.806	7368.562	200	749.3611	1473.712
Oued El Hammam	2811.11	5528.399	200	562.2219	1105.68
Sidi Boulahrouz	1896.862	3730.417	200	379.3724	746.0834
Plateau Sud	1896.862	3730.417	200	379.3724	746.0834
Oued El Bellah	1284.236	2525.611	200	256.8472	505.1222
Total				12378	24342.88

- Consommation des autres usagers :

Elle inclut les besoins administratifs, les industries, les besoins publics comme les mosquées, les écoles les jardins et les parcs...et finalement une quantité pour lutter contre l'incendie. Ces besoins sont, situés entre 15% et 30% de la consommation domestique moyenne journalière. Voici les résultats des calculs obtenus, représentés dans le tableau II 5 :

Tableau II-5: Besoins en eau des autres consommateurs

Agglomérations	Besoins domestiques (m3/j)		Coefficient de majoration %	Besoins en eau des autres usagers (m3/j)	
	Année 2021	Année 2051		Année 2021	Année 2051
Chef-Lieu	10050.823	19766.201	30	3015.2469	5929.8602
Hamidia	749.36113	1473.7124	30	224.80834	442.11372
Oued El Hammam	562.22192	1105.6798	30	168.66658	331.70393
Sidi Boulahrouz	379.37245	746.08338	30	113.81173	223.82502
Plateau Sud	379.37245	746.08338	30	113.81173	223.82502
Oued El Bellah	256.84721	505.12218	30	77.054164	151.53665
Total				3713.3994	7302.8645

- Coefficient de pointe saisonnier :

. Nous avons dit que notre zone d'étude est une zone touristique côtière. En été, elle reçoit une augmentation importante. Il est proposé d'affecter un coefficient de majoration tourisme entre 1,3 et 1.5.(une augmentation de 30% à 50% de débit moyen journalier total qu'est la somme de débit domestique et le débit des autres usagers).

Les tableaux montrent les résultats du calcul :

Tableau II-6: la somme de besoins domestiques et besoins en eau des autres usagers

Agglomérations	La somme(m3/j)	
	Année 2021	Année 2051
Chef-Lieu	13066.07	25696.061
Hamidia	974.16946	1915.8261
Oued El Hammam	730.8885	1437.3837
Sidi Boulahrouz	493.18418	969.9084
Plateau Sud	493.18418	969.9084
Oued El Bellah	333.90138	656.65883

Tableau II-7: Besoins en eau en pointe estivale de la zone d'étude

Agglomérations	La somme(m3/j)		Coef de majoration tourisme	Besoins en eau avec pointe estivale	
	Année 2021	Année 2051		Année 2021	Année 2051
Chef-Lieu	13066.07	25696.061	1.5	19599.105	38544.091
Hamidia	974.16946	1915.8261	1.5	1461.2542	2873.7392
Oued El Hammam	730.8885	1437.3837	1.5	1096.3328	2156.0755
Sidi Boulahrouz	493.18418	969.9084	1.5	739.77627	1454.8626
Plateau Sud	493.18418	969.9084	1.5	739.77627	1454.8626
Oued El Bellah	333.90138	656.65883	1.5	500.85206	984.98825

- Les pertes :

Compte tenu des quantités d'eau prévues pour les fuites de réseau de distribution, il est à noter :

- ✓ Réseau de distribution bien entretenue, les pertes aboutissent au 25 % de la consommation moyenne journalière.
- ✓ Réseau de distribution moyennement entretenue, les pertes sont comprises entre 25 % à 35 de la consommation moyenne journalière.
- ✓ Réseau de distribution mal entretenue, les pertes aboutissent ou dépassent les 50 % de la consommation moyenne journalière.

D'après la DRE, on prend le **3eme** une perte de **50%** de débit moyen journalier donc le coefficient de perte sera **1.5**, les résultats de calcul sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II-8: le débit moyen journalier de la zone d'étude

Agglomérations	Besoins en eau avec pointe estivale		Coefficient de perte	Q _{moy,j} (m ³ /j)	
	Année 2021	Année 2051		Année 2021	Année 2051
Chef-Lieu	19599.105	38544.091	1.5	29398.657	57816.137
Hamidia	1461.2542	2873.7392	1.5	2191.8813	4310.6088
Oued El Hammam	1096.3328	2156.0755	1.5	1644.4991	3234.1133
Sidi Boulahrouz	739.77627	1454.8626	1.5	1109.6644	2182.2939
Plateau Sud	739.77627	1454.8626	1.5	1109.6644	2182.2939
Oued El Bellah	500.85206	984.98825	1.5	751.2781	1477.4824
Total				36205.644	71202.929

II.4.2 Calcul du débit maximum journalier et débit minimum journalier :

Durant l'année, la consommation d'eau est variable. Après avoir déterminé le mois avec une consommation d'eau élevée, nous pouvons détecter le jour où la consommation est à son maximum tout au long de l'année, le débit de ce jour est le débit maximal journalier. Même chose pour le débit minimal journalier, c'est le débit d'une journée où la consommation est minimale pendant une année.

Le débit maximal journalier nous aidera à dimensionner les ouvrages de captage, de traitement et d'adduction et de déterminera le coefficient d'irrégularité journalière maximum $K_{max,j}$ tel que :

$$K_{max,j} = \frac{\text{débit maximum journalier}}{\text{débit moyen journalier}} \quad \text{(II-3)}$$

Pour le débit minimum journalier, il nous peut aider de choisir le jour pour faire des travaux de réparation et contrôle de réseau, nettoyage des réservoirs, contrôle des équipements, et on peut déterminer le coefficient d'irrégularité journalière minimum $K_{min,j}$:

$$K_{min,j} = \frac{\text{débit minimum journalier}}{\text{débit moyen journalier}} \quad \text{(II-4)}$$

- Le débit maximum journalier :

Il s'obtient par la relation suivante :

$$Q_{max,j} = K_{max,j} * Q_{moy,j} \quad \text{(II-5)}$$

$Q_{max,j}$: Consommation maximale journalière (m³/j).

$Q_{moy,j}$: Consommation moyenne journalière (m³/j).

$K_{max,j}$: le coefficient d'irrégularité journalière maximum varie entre **1.1** et **1.5**.

On prend **$K_{max,j}=1.3$** . Les résultats de calcul sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau II-9: Calcul du débit max journalier

Agglomérations	Qmoy.j(m3/j)		Kmax.j	Qmaxj(m3/j)	
	Année 2021	Année 2051		Année 2021	Année 2051
Chef-Lieu	29398.657	57816.137	1.3	38218.254	75161.74
Hamidia	2191.8813	4310.6088	1.3	2849.4457	5604.125
Oued El Hammam	1644.4991	3234.1133	1.3	2137.8489	4204.805
Sidi Boulahrouz	1109.6644	2182.2939	1.3	1442.5637	2837.426
Plateau Sud	1109.6644	2182.2939	1.3	1442.5637	2837.426
Oued El Bellah	751.2781	1477.4824	1.3	976.66152	1921.023
Total				47067.337	92566.545

- Le débit minimum journalier :

Il s'obtient par la relation suivante :

$$Q_{\min,j} = K_{\min,j} * Q_{\text{moy},j} \quad (\text{II-6})$$

Qmin, j : Consommation minimale journalière (m3/j).

Qmoy,j : Consommation moyenne journalière (m3/j).

Kmin,j : le coefficient d'irrégularité journalière maximum varie entre **0.7** et **0.9**.

On prend **Kmin=0.9**. Les résultats de calcul sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau II-10: Calcul du débit min journalier

Agglomérations	Qmoy.j(m3/j)		Kminj	Qmin(m3/j)	
	Année 2021	Année 2051		Année 2021	Année 2051
Chef-Lieu	29398.657	57816.137	0.9	26458.791	52034.523
Hamidia	2191.8813	4310.6088	0.9	1972.6932	3879.5479
Oued El Hammam	1644.4991	3234.1133	0.9	1480.0492	2910.702
Sidi Boulahrouz	1109.6644	2182.2939	0.9	998.69797	1964.0645
Plateau Sud	1109.6644	2182.2939	0.9	998.69797	1964.0645
Oued El Bellah	751.2781	1477.4824	0.9	676.15029	1329.7341
Total				32585.08	64082.636

II.4.3 Variation des débits horaires :

Dans la journée ; la consommation de l'eau est variable, chaque heure a un débit qui s'appelle le débit horaire. Parmi ces débits horaires on peut tirer le débit maximal horaire ou bien le débit de pointe, et le débit minimal horaire. Les coefficients (Ch) sont des pourcentages de débit max journalier qui varient en fonction de nombre population. L'expression suivante exprime la relation entre le débit horaire et le débit max journalier :

$$Q_h = C_h \% * Q_{\max,j} \quad (\text{II-7})$$

Q_h : débit horaire.

C_h : consommation horaire.

Q_{maxj} : débit max journalier.

Tableau II-11: Répartition horaire des pourcentages du débit maximum journalier

Heures	Nombre d'habitants				
	<10000	10000 à 50000	50000 à 100000	>100.000	Aggl de type rural
	Ch%	Ch%	Ch%	Ch%	Ch%
0_1	1	1.5	3	3.25	0.75
1_2	1	1.5	3.7	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	4.95	5.5
8_9	6.5	6.25	4.9	5.2	3.5
9_10	5.5	6.25	4.6	5.05	3.5
10_11	4.5	6.25	4.8	4.85	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	4.05	4.75	5
15_16	4.5	6	4.4	4.7	5
16_17	5	6	4.35	4.65	3.5
17_18	6.5	5.5	4.2	4.35	3.5
18_19	6.5	5	4.5	4.4	6
19_20	5	4.5	4.5	4.35	6
20_21	4.5	4	4.5	4.3	6
21_22	3	3	4.8	3.75	3
22_23	2	2	4.6	3.75	2
23_24	1	1.5	3.8	3.7	1
Total	100	100	100	100	100

Les calculs des débits horaires seront faits pour l'année 2051.

- Chef-Lieu :

Tableau II-12: Variation du débit horaire pour le Chef-Lieu

Heures	Qmaxj=75161.74 m3/j			
	Débits horaires(m3/h)		le cumulé de débit horaire(m3/h)	
	Ch%	Qh	Ch%	Qh
0_1	3.25	2442.75655	3.25	2442.75655
1_2	3.25	2442.75655	6.5	4885.5131
2_3	3.3	2480.33742	9.8	7365.85052
3_4	3.2	2405.17568	13	9771.0262
4_5	3.25	2442.75655	16.25	12213.78275
5_6	3.4	2555.49916	19.65	14769.28191
6_7	3.85	2893.72699	23.5	17663.0089
7_8	4.95	3720.50613	28.45	21383.51503
8_9	5.2	3908.41048	33.65	25291.92551
9_10	5.05	3795.66787	38.7	29087.59338
10_11	4.85	3645.34439	43.55	32732.93777
11_12	4.6	3457.44004	48.15	36190.37781
12_13	4.6	3457.44004	52.75	39647.81785
13_14	4.55	3419.85917	57.3	43067.67702
14_15	4.75	3570.18265	62.05	46637.85967
15_16	4.7	3532.60178	66.75	50170.46145
16_17	4.65	3495.02091	71.4	53665.48236
17_18	4.35	3269.53569	75.75	56935.01805
18_19	4.4	3307.11656	80.15	60242.13461
19_20	4.35	3269.53569	84.5	63511.6703
20_21	4.3	3231.95482	88.8	66743.62512
21-22	3.75	2818.56525	92.55	69562.19037
22_23	3.75	2818.56525	96.3	72380.75562
23_24	3.7	2780.98438	100	75161.74

A partir de ce tableau, le débit de pointe pour le Chef-Lieu est de **3908.41m3/h=1.09m3/s**, et survient entre **8 et 9**.

- Hamidia :

Tableau II-13: Variation du débit horaire pour Bakora.

Heures	Qmaxj=5604.1245m ³ /j			
	Débits horaires(m ³ /h)		le cumulé de débit horaire(m ³ /h)	
	Ch%	Qh	Ch%	Qh
0_1	1	56.04125	1	56.04125
1_2	1	56.04125	2	112.0825
2_3	1	56.04125	3	168.1237
3_4	1	56.04125	4	224.165
4_5	2	112.0825	6	336.2475
5_6	3	168.1237	9	504.3712
6_7	5	280.2062	14	784.5774
7_8	6.5	364.2681	20.5	1148.846
8_9	6.5	364.2681	27	1513.114
9_10	5.5	308.2268	32.5	1821.34
10_11	4.5	252.1856	37	2073.526
11_12	5.5	308.2268	42.5	2381.753
12_13	7	392.2887	49.5	2774.042
13_14	7	392.2887	56.5	3166.33
14_15	5.5	308.2268	62	3474.557
15_16	4.5	252.1856	66.5	3726.743
16_17	5	280.2062	71.5	4006.949
17_18	6.5	364.2681	78	4371.217
18_19	6.5	364.2681	84.5	4735.485
19_20	5	280.2062	89.5	5015.691
20_21	4.5	252.1856	94	5267.877
21_22	3	168.1237	97	5436.001
22_23	2	112.0825	99	5548.083
23_24	1	56.04125	100	5604.125

A partir de ce tableau, le débit de pointe pour Bakora est de **392.2887m³/h=0.11 m³/s**, et survient entre 12 et 14.

- Oued El Hammam :

Tableau II-14 : Variation du débit horaire pour Oued El Hammam.

Heures	Qmaxj=4204.8045m ³ /j			
	Débits horaires(m ³ /h)		Le cumulé de débit horaire(m ³ /h)	
	Ch%	Qh	Ch%	Qh
0_1	1	42.04805	1	42.04805
1_2	1	42.04805	2	84.09609
2_3	1	42.04805	3	126.1441
3_4	1	42.04805	4	168.1922
4_5	2	84.09609	6	252.2883
5_6	3	126.1441	9	378.4324
6_7	5	210.2402	14	588.6726
7_8	6.5	273.3123	20.5	861.9849
8_9	6.5	273.3123	27	1135.297
9_10	5.5	231.2642	32.5	1366.561
10_11	4.5	189.2162	37	1555.778
11_12	5.5	231.2642	42.5	1787.042
12_13	7	294.3363	49.5	2081.378
13_14	7	294.3363	56.5	2375.715
14_15	5.5	231.2642	62	2606.979
15_16	4.5	189.2162	66.5	2796.195
16_17	5	210.2402	71.5	3006.435
17_18	6.5	273.3123	78	3279.748
18_19	6.5	273.3123	84.5	3553.06
19_20	5	210.2402	89.5	3763.3
20_21	4.5	189.2162	94	3952.516
21_22	3	126.1441	97	4078.66
22_23	2	84.09609	99	4162.756
23_24	1	42.04805	100	4204.805

A partir de ce tableau, le débit de pointe pour Oued El Hammam est de **294.3363m³/h=0.08 m³/s**, et survient entre 12 et 14.

- Sidi Boulahrouz :

Tableau II-15: Variation du débit horaire pour Boulahrouz

Heures	Qmaxj=2837.4255m3/j			
	Débits horaires(m3/h)		Le cumulé de débit horaire(m3/h)	
	Ch%	Qh	Ch%	Qh
0_1	1	28.37426	1	28.37426
1_2	1	28.37426	2	56.74851
2_3	1	28.37426	3	85.12277
3_4	1	28.37426	4	113.497
4_5	2	56.74851	6	170.2455
5_6	3	85.12277	9	255.3683
6_7	5	141.8713	14	397.2396
7_8	6.5	184.4327	20.5	581.6722
8_9	6.5	184.4327	27	766.1049
9_10	5.5	156.0584	32.5	922.1633
10_11	4.5	127.6841	37	1049.847
11_12	5.5	156.0584	42.5	1205.906
12_13	7	198.6198	49.5	1404.526
13_14	7	198.6198	56.5	1603.145
14_15	5.5	156.0584	62	1759.204
15_16	4.5	127.6841	66.5	1886.888
16_17	5	141.8713	71.5	2028.759
17_18	6.5	184.4327	78	2213.192
18_19	6.5	184.4327	84.5	2397.625
19_20	5	141.8713	89.5	2539.496
20_21	4.5	127.6841	94	2667.18
21_22	3	85.12277	97	2752.303
22_23	2	56.74851	99	2809.051
23_24	1	28.37426	100	2837.426

A partir de ce tableau, le débit de pointe pour Boulahrouz est de **198.6198m3/h=0.056 m3/s**, et survient entre 12 et 14.

- Plateau Sud :

Tableau II-16:Variation du débit horaire pour Plateau Sud.

Heures	Qmaxj=2837.4255m3/j			
	Débits horaires(m3/h)		le cumulé de débit horaire(m3/h)	
	Ch%	Qh	Ch%	Qh
0_1	1	28.37426	1	28.37426
1_2	1	28.37426	2	56.74851
2_3	1	28.37426	3	85.12277
3_4	1	28.37426	4	113.497
4_5	2	56.74851	6	170.2455
5_6	3	85.12277	9	255.3683
6_7	5	141.8713	14	397.2396
7_8	6.5	184.4327	20.5	581.6722
8_9	6.5	184.4327	27	766.1049
9_10	5.5	156.0584	32.5	922.1633
10_11	4.5	127.6841	37	1049.847
11_12	5.5	156.0584	42.5	1205.906
12_13	7	198.6198	49.5	1404.526
13_14	7	198.6198	56.5	1603.145
14_15	5.5	156.0584	62	1759.204
15_16	4.5	127.6841	66.5	1886.888
16_17	5	141.8713	71.5	2028.759
17_18	6.5	184.4327	78	2213.192
18_19	6.5	184.4327	84.5	2397.625
19_20	5	141.8713	89.5	2539.496
20_21	4.5	127.6841	94	2667.18
21_22	3	85.12277	97	2752.303
22_23	2	56.74851	99	2809.051
23_24	1	28.37426	100	2837.426

A partir de ce tableau, le débit de pointe pour Plateau Sud est de **198.6198m3/h=0.055 m3/s**, et survient entre 12 et 14.

- Oued El Bellah:

Tableau II-17: Variation du débit horaire pour Oued El Bellah

Heures	Qmaxj=1921.023m3/j			
	Débits horaires(m3/h)		le cumulé de débit horaire(m3/h)	
	Ch%	Qh	Ch%	Qh
0_1	0.75	14.40767	0.75	14.40767
1_2	0.75	14.40767	1.5	28.81535
2_3	1	19.21023	2.5	48.02558
3_4	1	19.21023	3.5	67.23581
4_5	3	57.63069	6.5	124.8665
5_6	5.5	105.6563	12	230.5228
6_7	5.5	105.6563	17.5	336.179
7_8	5.5	105.6563	23	441.8353
8_9	3.5	67.23581	26.5	509.0711
9_10	3.5	67.23581	30	576.3069
10_11	6	115.2614	36	691.5683
11_12	8.5	163.287	44.5	854.8552
12_13	8.5	163.287	53	1018.142
13_14	6	115.2614	59	1133.404
14_15	5	96.05115	64	1229.455
15_16	5	96.05115	69	1325.506
16_17	3.5	67.23581	72.5	1392.742
17_18	3.5	67.23581	76	1459.977
18_19	6	115.2614	82	1575.239
19_20	6	115.2614	88	1690.5
20_21	6	115.2614	94	1805.762
21_22	3	57.63069	97	1863.392
22_23	2	38.42046	99	1901.813
23_24	1	19.21023	100	1921.023

A partir de ce tableau, le débit de pointe pour Oued El Bellah est de **163.287m3/h=0.045 m3/s**, et survient entre 11 et 13.

Les graphiques suivants représentent les régimes de consommation pour notre zone d'étude :

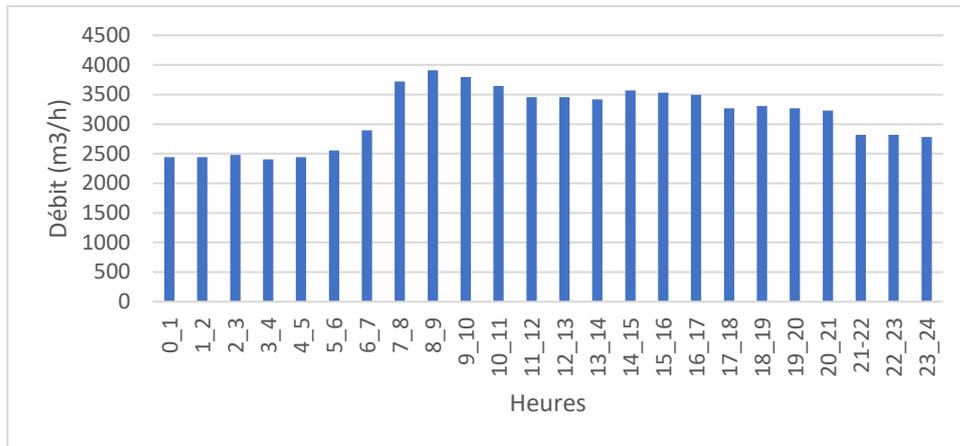


Figure II-1: Consommation horaire de Chef-Lieu

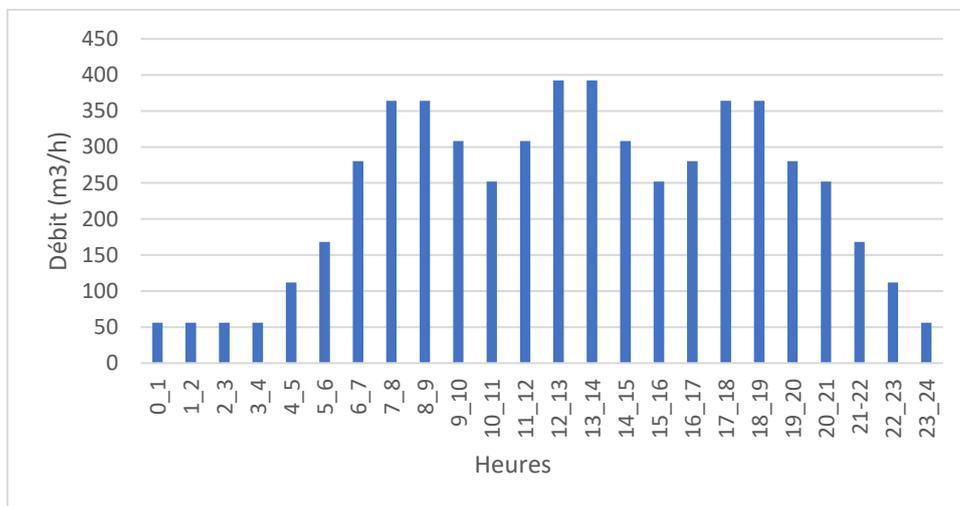


Figure II-2: Consommation horaire de Hamidia

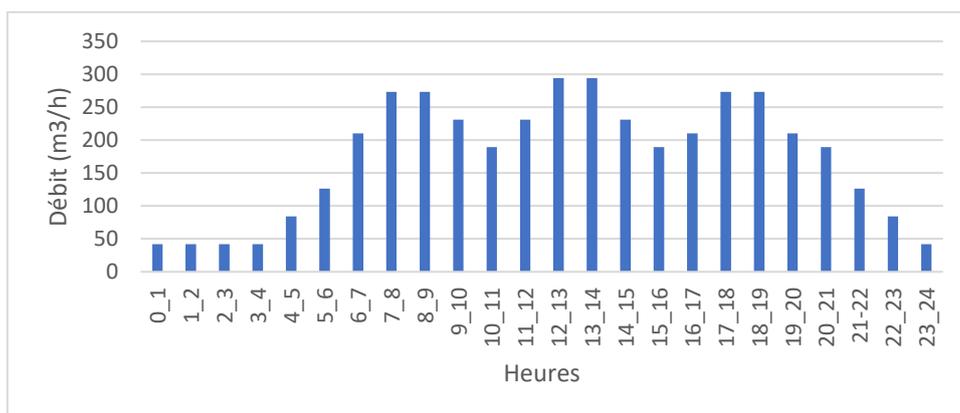


Figure II-3: Consommation horaire de Oued El Hamma

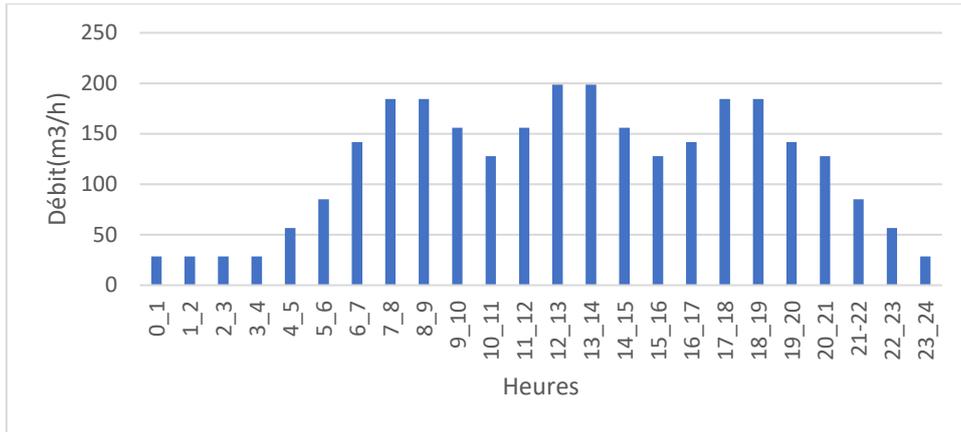


Figure II-4: Consommation horaire de Sidi Boulahrouz

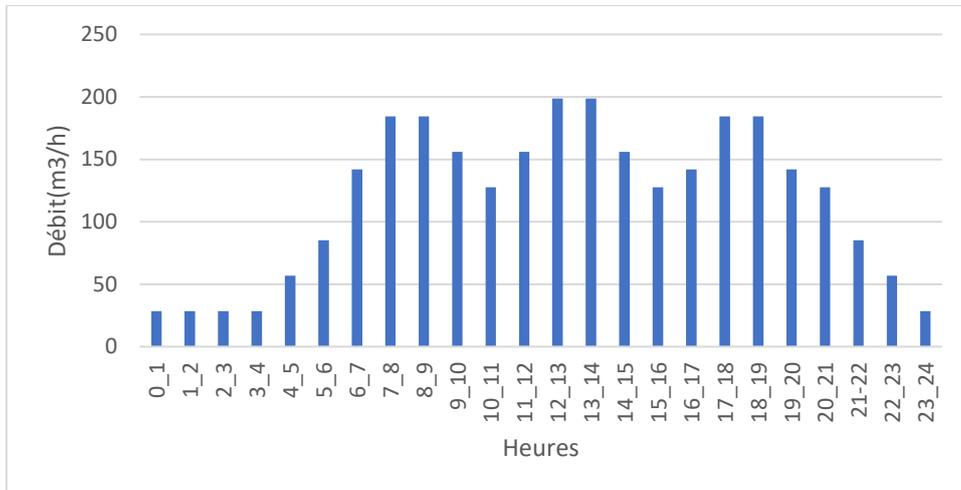


Figure II-5: Consommation horaire de Plateau Sud

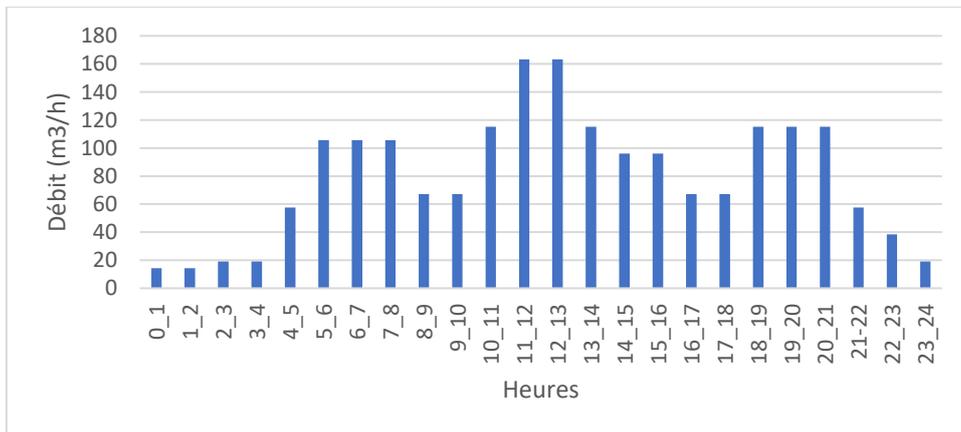


Figure II-6: Consommation horaire de Oued El Bellah

II.4.4 Bilan ressources-besoins en eaux :

Après avoir calculé les besoins de notre agglomération, on réalise un bilan entre la consommation totale d'eau et les ressources disponibles de notre zone d'étude, la différence entre ces deux nous permettra de savoir s'il y a un déficit pour le combler dans le but de satisfaire les besoins en eau de la région à l'horizon 2051.

D'après la DRE de Wilaya de Tipaza :

- Le débit total des forages destiné pour la commune de Cherchell est de **12614.4 M3/j**.
- Le débit total de barrage de Boukerdane destiné pour la commune de Cherchell est de **3000 M3/j**.

Tableau II-18: Bilan Ressources-Besoins en eau

Année	La consommation total(m3/j)	Les ressources disponibles (m3/j)	Déficit (m3/j)
2021	47067.34	15614.4	-31452.9
2051	92566.55	15614.4	-76952.1

Le tableau montre qu'il y a un grand manque d'eau qui augmente avec le temps à cause de développement démographique et l'augmentation de la population, ce qui oblige au renforcement de l'approvisionnement en eau de la région.

II.5 Conclusion :

Le chapitre « Estimation des besoins en eau » est très important dans les études d'AEP, où nous avons déterminé la consommation d'eau actuels (2021) et à l'horizon (2051), et faire une comparaison avec la quantité d'eau disponible. Les résultats ont montré qu'il y a une pénurie d'eau potable dans la ville de Cherchell qu'est estimé à 31452.9m3/j pour 2021 et augmente jusqu'à 76952.1m3/j pour 2051, ce qui nécessite une étude pour trouver une solution pour diminuer ou bien combler ce manque d'eau et répondre aux besoins de la population.

Chapitre III :
Etude de conception du système de
transfert d'eau :

Chapitre III : Etude de conception du système de transfert d'eau :

III.1 Introduction :

Le chapitre précédent nous a donné la situation hydrique de la ville du côté des consommations et du volume d'eau demandé, et d'autre part la capacité des ressources disponible et du réseau pour répondre aux besoins, ce qui s'est terminé par le problème d'un déficit entre l'offre et la demande.

Ce chapitre « Etude de conception du système de transfert d'eau » représente la solution de problème. Dans ce chapitre on va faire une étude technico-économique pour choisir et dimensionner une adduction, dans le but de renforcer le réseau d'AEP et couvrir les besoins, jusqu'à l'horizon 2051.

III.2 Définition d'adduction :

L'adduction d'eau désigne l'ensemble des techniques et moyennes qui aident le transport de l'eau entre deux points (entre la source et la station de traitement- entre la source et les stockages- entre la station de traitement et les stockages). Généralement les conduites d'adduction s'étendent sur une grande distance et portent des débits importants.

III.3 Types d'adduction :

Selon le type d'écoulement, la position de la source par rapport le lieu de consommation, on peut classer les adductions comme suit :

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

III.3.1 Adduction gravitaire :

La source se situe à une altitude supérieure à celle du réservoir d'arrivé, et l'écoulement se fait sous la seule action de pesanteur. Pour la réalisation d'une adduction gravitaire, il faut :

- Déterminer un diamètre avantageux.
- Choix un tracé court et direct, On évite les profils horizontaux.
- Choix de type de tuyaux qui résiste contre le régime transitoire, la corrosion et les poussés.

III.3.2 Adduction par refoulement :

Le réservoir d'arrivé se situe à une altitude supérieure à celle du la source, le déplacement de l'eau est mû par une pompe. Le choix de diamètre de conduite se fait par une étude technico-économique entre les frais d'investissement et les frais d'exploitation.

- Les conditions techniques :

- ✓ Tracé en plan : court et direct, nous préférons que les conduites passent dans un environnement bien connu (les routes...).
- ✓ Profil en long : éviter les points écrêtés.

- Les conditions économiques :

C'est en fonction de diamètre de conduite de refoulement, plus le diamètre est petit, plus la perte de charge est grande ce qui augmente l'énergie de la pompe. Donc il faut cherche un diamètre avantageux qui équilibre les frais de construction et les frais d'exploitation.

III.3.3 Adduction mixte :

Selon la topographie et l'emplacement de source-réservoir d'arrivé, on peut avoir :

- Adduction mixte refoulement gravitaire : la conduite de refoulement se transforme en conduite gravitaire par un intermédiaire qu'est le réservoir tempon.
- Adduction mixte refoulement gravitaire : la conduite gravitaire se transforme en conduite en refoulement par un intermédiaire qu'est une bêche d'aspiration.

III.4 Types d'écoulement :

- Ecoulement à surface libre.
- Ecoulement en charge.

III.4.1 Ecoulement à surface libre :

L'écoulement est en contact direct avec l'air et il est soumis à la pression atmosphérique. Le déplacement de l'eau se fait par la force de gravité.

III.4.2 Ecoulement en charge :

L'écoulement se fait dans un milieu fermé soit les conduites.

III.5 Choix des matériaux de canalisation :

Dans le domaine d'AEP, on distingue trois types de matériaux de construction des conduites :

- Métalliques : fonte ductile, fonte grise, acier soudable, acier non soudable.

- A base de ciment : béton armé, béton précontraint.
- En matière thermoplastique : chlorure de polyvinyle (PVC), polyéthylène (PEHD, PEMD et PEBD).

Chaque type de matériau présente des avantages et des inconvénients qui sont répertoriés dans le tableau suivant :

Tableau III-1: Les avantages et les inconvénients de chaque type de conduite

Type de conduite	PEHD/PVC	FONTE	ACIER
Les avantages	-Une grande durée de vie surtout le PEHD100. -Résistance à la corrosion. -Utilisation de soudure à la place des joints, ce qui limite les fuites.	-Une grande résistance mécanique. - Une bonne conduction du son pour la recherche de fuite. - Une grande durée de vie.	-Résistance mécanique importante. - Il s'adapte à tout type de terrains vu qu'il absorbe les efforts de pressions.
Les inconvénients	- Une grande sensibilité au chlore. - Ne peut ni se coller ni se visser	-sensible à la corrosion, ce qui nécessite une couche extérieure anti corrosion.	- Très sensible à la corrosion.

Une conduite est identifiée par trois éléments : la nature, le diamètre nominal (DN) et la pression de service admissible ou pression nominale (PN).

Le diamètre nominal et la pression nominale sont donnés par le fabricant. Le choix de la nature d'une conduite se fait en fonction de trois critères :

- Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau transportée : les eaux dures sont des eaux agressives et corrosives qui provoquent la corrosion des métaux des conduites, des robinetteries... C'est le cas des conduites en acier et fonte. Les eaux dures, peuvent provoquer la formation de dépôts de calcaire (tartre) dans la conduite, ce qui réduit le diamètre et affecte les caractéristiques de notre écoulement.
- La nature des terrains traversés : Les effets mécaniques (séisme, glissement de terrain...) peuvent provoquer des ruptures de conduites ainsi la composition des sols qui peut être agressive et attaquer la conduite.
- La fonction de la conduite dans le système AEP : conduite d'adduction, conduites de réseau de distribution, primaire, secondaire, tertiaire ou branchement...chacun sa propre propriété.

III.6 Trace des conduites :

- Tracé en plan :

Il vaut mieux que les conduites passent dans un milieu bien connu (les routes, des anciens réseaux d'ape d'assainissement ...) pour un aspect économique, diminuer les travaux de terrassement, de facilité de pose et de maintenance.

- Profil en long :

Il est préférable que Les conduites d'adduction soient enterrées pour garantir la protection, la stabilité de la température de l'eau. Le choix d'un profil longitudinal a trois objectifs :

- ✓ Réduire les travaux de terrassement.
- ✓ Vidanger des tronçons de conduites en cas de maintenance.
- ✓ Évacuer l'air qui peut causer : la diminution de débit - perte d'énergie - Les coups de bélier.

Il faut éviter les tracés trop accidentés qui cause la création de plusieurs zones de surpression et de dépression, la dégradation des jonctions des éléments de conduite et la formation de poches d'air difficiles à évacuer.

Le profil en long doit prendre en considération les ventouses pour l'évacuation de l'air dans les points hauts prédéterminé, et de créer des points bas où seront construits des vidanges pour la décharge de l'eau.

Dans le cas d'un terrain plat ou bien un profil horizontal, on doit créer des pentes artificielles de 0.2 à 0.3% en partie montante sur une distance d'environ 100 m et 0.4 à 0.6% en partie descendante sur une distance d'environ 50 m.

III.7 Pose des conduites :

On a dit que Les conduites d'adduction doit être enterrées, et ça pour :

- Les protéger contre les intempéries (ensoleillement, réchauffement de l'eau, blocage par refroidissement du liquide (neige)).
- Éviter l'encombrement des voies de circulation sous lesquelles elles sont posées et de prévenir leur ovalisation ou leur écrasement par les charges trop lourdes, les chocs.

Dans certains cas la conduite peut être posée sur terre ou suspendue pour le franchissement d'obstacle (les ponts, les ravins, les talus des montagnes...), elle est applicable seulement pour l'acier et la fonte, car le PEHD/PVC sont très sensibles à l'ensoleillement et aux variations de température.

L'exécution des joints fera l'objet d'une attention particulière au cours de la pose des conduites. Un essai de pression confirmera l'étanchéité et la stabilité de la conduite avant le remblai.

Remarque :

Notre zone d'étude est une zone sismique montagneuse, selon les caractéristiques des canalisations que nous avons vues, nous choisirons la fonte ductile pour le dimensionnement de notre adduction gravitaires.

III.8 Etude de l'adduction :

- Description du tracé de l'adduction :

Le point de départ de l'adduction est le réservoir tampon de Sidi Moussa (R1) qu'est alimenté par la station de traitement de Sidi Amar.

Une conduite de 8400m de long, transporte l'eau de Sidi Moussa jusqu'au le bache d'eau de l'Oued El Belleh (R2) où on trouve deux stations de pompage.

L'ancienne station (SP1) refoule l'eau vers Hamidia (R3) et Oued El Bellah (R4), et la nouvelle station (SP2) refoule l'eau vers le réservoir tampon de Sidi Yahiya (R5).

Ce dernier, alimente gravitairement l'Est (R6), le centre (R7), l'Ouest (R8) de la ville et la station de plateau sud (SP3) qui refoule l'eau vers le réservoir de Sidi Boulahrouz (R10).

Le réservoir Ouest (R8) alimente Oued El Hammam Nord (R11) qui refoulent l'eau ver le réservoir de Oued El Hammam sud (R12).

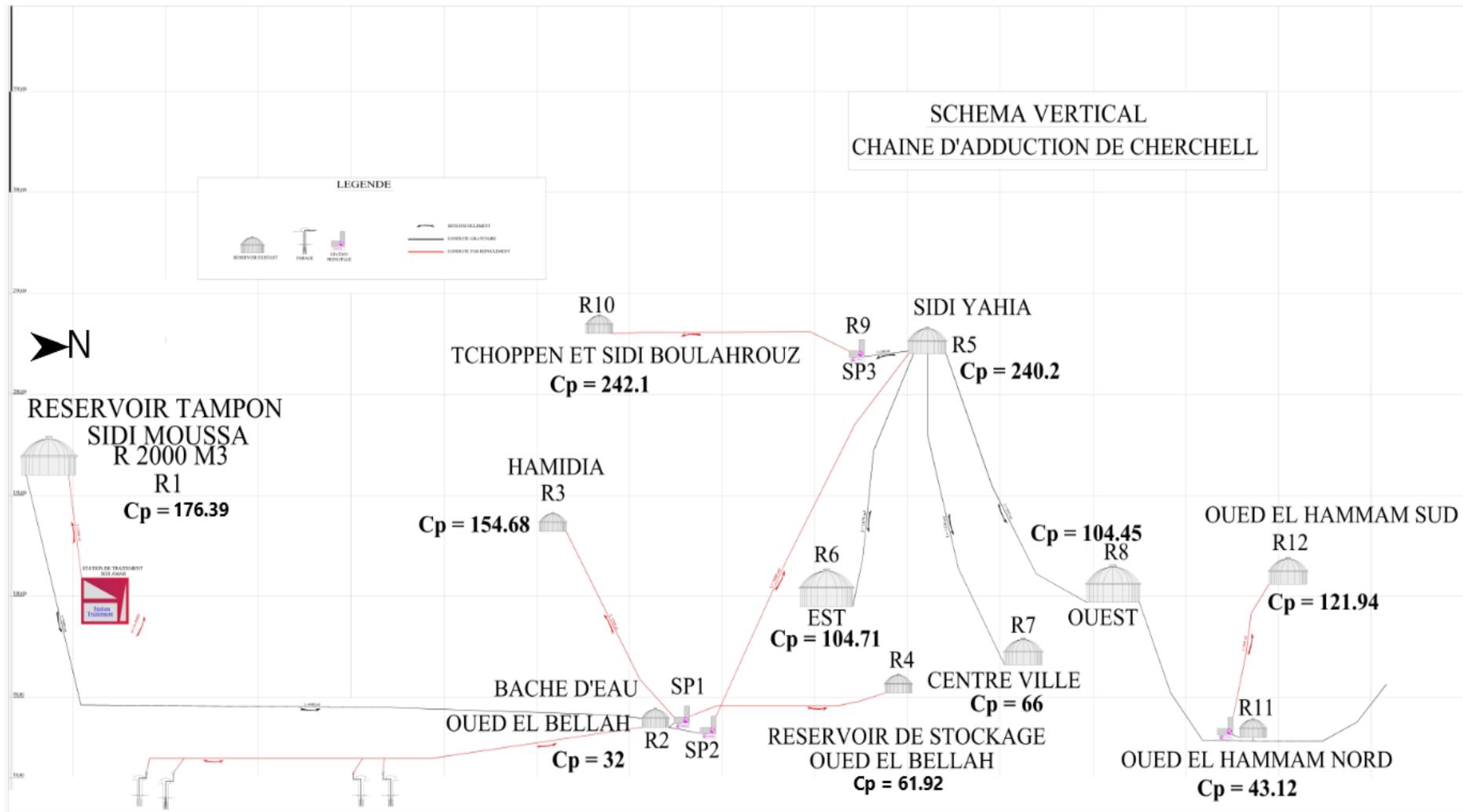


Figure III-1 : Schéma verticale de projet

III.8.1 Les adductions gravitaires :

a) Rappel théorique :

La formule la plus utilisée pour le calcul de la perte de charge pour un écoulement dans une conduite est celle de Darcy-Weisbach :

$$\Delta H_l = \lambda * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad \text{(III-1)}$$

Sachant que :

$$Q = V * S \quad \text{(III-2)}$$

$$S = \frac{\pi * D^2}{4} \quad \text{(III-3)}$$

V : vitesse d'écoulement

S : section de la conduite

On remplace :

$$\Delta H_l = \frac{8 * \lambda * L_{eq} * Q^2}{g * \pi^2 * D^5} \quad \text{(III-4)}$$

ΔH_t : perte de charge totale tel que :

$$\Delta H_t = \Delta H_l + \Delta H_s \quad \text{(III-5)}$$

ΔH_l : Perte de charge linéaire

ΔH_s : pertes de charge singulières qui sont estimées à 15% des pertes de charge linéaires.

L_{eq} : Longueur équivalente de la conduite tel que :

$$L_{eq} = L_g + L_{es} \quad \text{(III-6)}$$

L_g : Longueur géométrique de la conduite (m).

L_{es} : Longueur équivalente des pertes de charge singulière(m).

$$\Delta H_t = 1.15 * \Delta H_l \quad \text{et} \quad L_{eq} = 1.15 L_g \quad \text{(III-7)}$$

λ : Coefficient de frottement linéaire.

Q : Débit véhiculé par la conduite (m³/s).

D : Diamètre avantageux calculé de la conduite (m)

En tenant compte du matériau de la conduite et du régime d'écoulement, on déduit la formule de perte de charge :

$$\Delta H_t = \frac{K' * L_{eq} * Q^b}{D^m} \quad \text{(III-8)}$$

Tel que :

K' : résistance par mètre linéaire : $K' = \frac{8*\lambda}{g*\pi^2}$

β : Exposant tenant compte du régime d'écoulement.

m : Exposant tenant compte du type du matériau.

Selon le type de matériau les coefficients K' , m et β sont donnés dans le tableau :

Tableau III-2: Coefficients K' , m , β pour différents types du tuyau

Tuyau	K'	m	β
Acier et fonte	0,001735 - 0,00179	5,1 - 5,3	1,9 - 2
Amiante-ciment	0,00118	4,89	1,85
Plastique	0,001052	4,772	2

Donc le diamètre sera :

$$D = \sqrt[m]{\frac{K' * L_{eq} * Q^\beta}{\Delta H_t}} \quad \text{(III-9)}$$

Dans notre calcul on suppose que la charge disponible H_d est égale à la perte de charge ΔH_t , tel que :

$$H_d = C_{p_{i+1}} - C_{p_i} = \Delta C_p \quad \text{(III-10)}$$

C_p : cote piézométrique et $C_{p_{i+1}} > C_{p_i}$ en (m).

Après le calcul de diamètre, On doit vérifier la vitesse d'écoulement (V) si elle est admissible :

$$V = \frac{4*Q}{\pi*D^2} \quad \text{(III-11)}$$

0.5m/s < V < 2m/s pour la fonte et 0.5m/s < V < 1.7m/s pour PEHD.

Remarque : selon la DIPRA : Ductile Iron Pipe Research association états unis by richard w. bonds), la vitesse peut atteindre 4.26m/s. selon the plastic pipe Institute's handbook of polyethylene pipe, la vitesse peut atteindre 7.6m/s, mais la valeur de coup de bélier va augmenter dans on utilise les 1eres valeurs.

Q : débit en (m³/s).

D : diamètre de la conduite (m).

b) Calcul hydraulique :

- Réservoir Tampon R2000 M3 de Sidi Moussa vers le bêche d'eau de Oued El Bellah:

D'après la Dre de Tipaza, le bêche d'eau de Oued El Bellah reçoit un débit de 8380.8m³/j de forages de Bakora. Donc le volume d'eau qu'est transporté par la conduite est :

$$Q=92566.54-8380.8 = 84185.74\text{m}^3/\text{j}=0.9744\text{m}^3/\text{s}$$

La Longueur géométrique égale à 8400m donc la longueur équivalente de la conduite :

$$\text{Leq}=1.15*8400=9660\text{m}$$

La charge disponible :

$$H_d=Cp_{\text{Sidi Moussa}} - Cp_{\text{bache Oued El Bellah}} = 176.39 - 32 = 144.39\text{m}$$

On trouve $D= 674 \text{ mm}$, on prend diamètre normalisé : $D_n=800\text{mm}$.

La vitesse d'écoulement : $V=1.79 \text{ m/s}$.

- Réservoir Tampon R1000 M3 de Sidi Yahia vers le réservoir de stockage R2000 M3 de l'Est de Cherchell :

Le débit estimé pour l'Est de Cherchell est :

$$Q=24803.3742 \text{ m}^3/\text{j} = 0.287076\text{m}^3/\text{s}$$

La longueur géométrique est égale à 1670ml donc la longueur équivalente est égale :

$$\text{Leq} = 1.15 * 1670 = 1920.5\text{m}$$

La charge disponible :

$$H_d=C_{R.T.SIDI YAHIA} - C_{R.CHERCHELL EST} = 240.2 - 104.71 = 135.49\text{m}$$

On trouve $D= 303 \text{ mm}$, on prend diamètre normalisé : $D_n=450\text{mm}$.

La vitesse d'écoulement : $V=1.67\text{m/s}$.

- Réservoir Tampon R1000 M3 de Sidi Yahia vers le réservoir de stockage R2*750 M3 du centre-ville de Cherchell :

Le débit estimé pour le centre de Cherchell est :

$$Q=27809.8438 \text{ m}^3/\text{j} = 0.321873\text{m}^3/\text{s}$$

La longueur géométrique est égale à 1370ml donc la longueur équivalente est égale :

$$\text{Leq} = 1.15 * 1370 = 1575.5 \text{ m}$$

La charge disponible :

$$H_d=C_{R.T.SIDI YAHIA} - C_{R.CHERCHELL CENTRE} = 240.2 - 66 = 174.2\text{m}$$

Après l'application de la formule, on trouve $D= 293 \text{ mm}$, on prend diamètre normalisé : $D_n=450\text{mm}$.

La vitesse d'écoulement : $V=1.87\text{m/s}$.

- Réservoir Tampon R1000 M3 de Sidi Yahia vers le réservoir de stockage R2000 M3 du l'Ouest de Cherchell :

Le débit estimé pour l'Ouest de Cherchell est : $22548.522 \text{ m}^3/\text{j}$

On ajoute le débit de Oued El Hammam qu'est : $4204.805 \text{ m}^3/\text{j}$

Donc le débit qui sera transporté :

$$Q = 22548.522 + 4204.805 = 26753.327 \text{ m}^3/\text{j} = 0.309645 \text{ m}^3/\text{s}$$

La charge disponible :

$$H_d = C_{r,R.T.SIDI YAHIA} - C_{r,R.CHERCHELL OUEST} = 240.2 - 104.45 = 135.75 \text{ m}$$

La longueur géométrique est égale à 1632m donc la longueur équivalente est égale :

$$L_{eq} = 1.15 * 1632 = 1876.8 \text{ m}$$

Après l'application de la formule, on trouve $D = 312 \text{ mm}$, on prend diamètre normalisé : $D_n = 450 \text{ mm}$.

La vitesse d'écoulement : $V = 1.8 \text{ m/s}$.

- Réservoir Tampon R1000 M3 de Sidi Yahia vers la station de pompage de Plateau Sud :

La station de pompage transport l'eau pour un réservoir qu'alimente Plateau Sud et Sidi Boulahrouz donc le débit sera la somme des deux agglomérations :

$$Q = 2837.426 + 2837.426 = 5674.852 \text{ m}^3/\text{j} = 0.065681 \text{ m}^3/\text{s}$$

La longueur géométrique est égale à 300m donc la longueur équivalente est égale :

$$L_{eq} = 1.15 * 300 = 345 \text{ m}$$

La charge disponible :

$$H_d = C_{r,R.T.SIDI YAHIA} - C_{r,bache d'eau de SP3} = 240.2 - 238 = 2.2 \text{ m}$$

Après l'application de la formule, on trouve $D = 273 \text{ mm}$, on prend diamètre normalisé : $D_n = 300 \text{ mm}$.

La vitesse d'écoulement : $V = 0.9 \text{ m/s}$.

- Le réservoir de stockage R2000 M3 du l'Ouest de Cherchell vers le réservoir de stockage R250 M3 de l'Oued El Hammam Nord :

Le débit de Oued El Hammam est

$$Q = 4204.805 \text{ m}^3/\text{j} = 0.048667 \text{ m}^3/\text{s}$$

La longueur géométrique est égale à 1361m donc la longueur équivalente est égale :

$$L_{eq} = 1.15 * 1361 = 1656.15 \text{ m}$$

La charge disponible :

$$H_d = C_{r,R OUEST CHERCHELL} - C_{r,R OUED EL HAMMAM} = 104.45 - 43.12 = 61.33 \text{ m}$$

Après l'application de la formule, on trouve $D = 164 \text{ mm}$, on prend diamètre normalisé : $D_n = 200 \text{ mm}$.

La vitesse d'écoulement : $V = 1.4 \text{ m/s}$.

III.8.2 Les adductions par refoulement :

a) Rappel théorique :

Les formules empiriques suivants permettent de déterminer un diamètre économique calculé :

- Bresse : $D_{ec}=1.5*\sqrt{Q}$
- Bonnin : $D_{ec}=\sqrt{Q}$
- Vibert : Pour le pompage (24h/24h) : $D_{ec}= 1.547*\left(\frac{e}{f}\right)^{0.154} *Q^{0.46}$
Pour le pompage (10/24h) : $D_{ec}= 1.35*\left(\frac{e}{f}\right)^{0.154} *Q^{0.46}$
- Munier : $D_{ec}=(1+0.02h)*\sqrt{Q}$
- Nouvelle Approche Pour Le Calcul Du Diamètre Economique Dans Les Conduites De Refoulement qu'été développé par « Achour B., Bedjaoui A., Bouziane Mohamed tewfik », Université Mohamed Khider-Biskra : $D_{ec}=1.27*\sqrt{Q}$

Dec : diamètre économique calculé.

Q : débit transporté (m³/s).

e : prix de kwh.

f : prix de kilogramme de fonte.

h : nombre d'heures de pompage.

Les formules ci-dessus donnent des diamètres économiques calculés. En augmentant le diamètre de la canalisation cela induit une augmentation des dépenses d'investissement, mais on diminue les pertes de charge, et par conséquent les dépenses en énergie diminuent. D'autre part, plus le diamètre de la conduite est petit, plus les pertes de charge seront grandes et plus la puissance nécessaire au refoulement sera importante. Le choix du diamètre économique normalisés résulte d'un compromis entre les frais d'investissement et les frais de d'exploitation.

Donc Le diamètre optimal est celui qui minimise la somme de :

- l'investissement.
- le coût de l'opération et la maintenance.
- le coût de l'énergie.

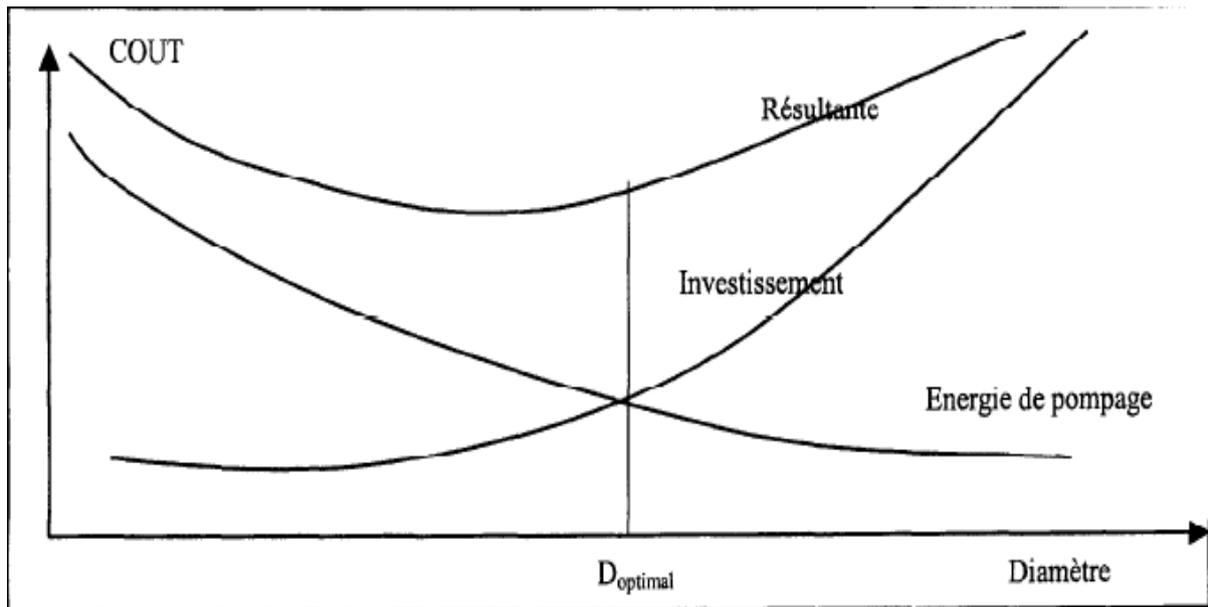


Figure III-2: Optimisation économique d'un diamètre de conduite de refoulement (D. ZOUNGARANA)

- Prix d'investissement (P_{inv}) : on le calcul par cette formule :

$$P_{inv} = P * L \quad (\text{III-12})$$

P_{inv} : Prix d'investissement (en dinar algérien (DA)).

P : prix unitaire de la conduite (en en dinar algérien (DA)).

L : longueur de la conduite (m).

On l'ajoute l'annuité (A) qui amortit un capital investi aux taux (i) pour une période en principe égale à la durée de vie du matériel :

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} \quad (\text{III-13})$$

i: Taux d'annuité (i = 8 %).

A: l'annuité.

n: Durée de l'amortissement de la conduite, dans notre cas on prend n =30 ans .

Donc :

$$P_{inv \text{ total}} = P * l + P * L * A = P * L * (1 + A) \quad (\text{III-14})$$

- Prix d'exploitation (P_{exp}) : Les frais d'exploitation d'un système d'adduction sont évalués à partir de la consommation d'énergie et du prix du kilowatt heure (Kwh) d'électricité, ils sont donnés par la formule ci-après :

$$P_{exp} = P_{abs} * t * E \quad \text{(III-15)}$$

Tel que :

$$P_{abs} = \frac{\rho g * Q * H_{mt}}{\eta_p * \eta_m} \quad \text{(III-16)}$$

t : temps de pompage qu'est 24h.

E : Prix unitaire d'un Kw imposé par la SONELGAZ (E= 4,472 dinar algérien (DA)).

Q : débit de la pompe.

η_p : rendement de la pompe , on prend (70%).

η_m : Rendement du moteur ,on prend (80%).

Hmt : hauteur manométrique.

$$H_{mt} = H_g + \sum \Delta H_i \quad \text{(III-17)}$$

Hg : hauteur géométrique qu'est égale à ΔC_p .

ΔH_i : perte de charge.

- Le Prix total (Pt) : C'est la somme de frais d'investissement et frais d'exploitation, on choisit le min. (en dinar algérien (DA)).

b) Calcul hydraulique :

- Ancienne Station de pompage de Oued El Bellah vers le réservoir de stockage R100 M3 de Oued El Bellah:

Longueur géométrique égale : 3000 ml ce qui donne la longueur équivalente :

$$L_{eq} = 1.5 * 3000 = 3450m$$

Le débit transporté :

$$Q = 0.022234063 \text{ m}^3/\text{s}$$

La hauteur manométrique :

$$H_{mt} = (61.92 - 32) + \sum \Delta H_i$$

On applique la formule de Bonnin :

$$Dec = (0.022234063)^{1/2} = 149.11mm$$

Conduite en **PEHD(PE-100)**. Les résultats du calcul sont résumés dans les tableaux suivants:

Tableau III-3: Prix d'investissement pour refoulement Oued El Bellah

Dn (mm)	Dn.int (mm)	Q (m3/s)	V (m/s)	L (m)	Prix unitaires de PEHD (DA)	A	Pinv (DA)
50	45.4	0.022	13.74	3000	443.48	0.0088	1342184

63	57.2	0.022	8.66	3000	705.13	0.0088	2134064
75	68.2	0.022	6.09	3000	981.2	0.0088	2969584
90	81.8	0.022	4.23	3000	1434.65	0.0088	4341943
110	100	0.022	2.83	3000	2095.44	0.0088	6341812
125	113.6	0.022	2.19	3000	2626.5	0.0088	7949056
140	127.3	0.022	1.95	3000	3271.76	0.0088	9901924
180	163.6	0.022	1.06	3000	5429.29	0.0088	16431650
200	181.8	0.022	0.86	3000	6698.75	0.0088	20273648
225	204.5	0.022	0.68	3000	8478.21	0.0088	25659153
250	227.3	0.022	0.55	3000	10679.37	0.0088	32320924

Dn.int : diamètre nominale intérieur.

Tableau III-4: Prix d'exploitation de refoulement vers Oued El Bellah

Dn.int (mm)	Q (m3/s)	Leq (m)	ΔC_p (m)	Δh (m)	Hmt (m)	Pabs (kw)	Pannuels (kwh)	Prix de kwh (DA)	Pexp (DA)
45.40	0.02	3450.00	29.92	4596.23	4626.15	1836.75	16089955.00	4.18	67239923.00
57.20	0.02	3450.00	29.92	1526.08	1556.00	617.79	5411850.90	4.18	22616125.00
68.20	0.02	3450.00	29.92	659.26	689.18	273.63	2396980.20	4.18	10016980.00
81.80	0.02	3450.00	29.92	276.83	306.75	121.79	1066890.90	4.18	4458537.00
100.00	0.02	3450.00	29.92	106.14	136.06	54.02	473216.89	4.18	1977573.40
113.60	0.02	3450.00	29.92	57.76	87.68	34.81	304945.50	4.18	1274367.20
127.30	0.02	3450.00	29.92	33.55	63.47	25.20	220734.94	4.18	922451.30
163.60	0.02	3450.00	29.92	10.13	40.05	15.90	139302.84	4.18	582146.58
181.80	0.02	3450.00	29.92	6.12	36.04	14.31	125365.29	4.18	523901.53
204.50	0.02	3450.00	29.92	3.49	33.41	13.27	116213.11	4.18	485654.59
227.30	0.02	3450.00	29.92	2.11	32.03	12.72	111399.98	4.18	465540.50

Tableau III-5: Prix total de refoulement vers Oued El Bellah

Dn (mm)	Pinv (Da)	Pexp (Da)	Pt (Da)
50	1342184	67239923	68582107
63	2134063	22616125	24750189
75	2969584	10016980	12986565
90	4341943	4458537	8800480
110	6341812	1977573	8319385
125	7949056	1274367	9223423

140	9901924	922451.3	10824375
180	16431650	582146.6	17013797
200	20273648	523901.5	20797550
225	25659153	485654.6	26144807
250	32320924	465540.5	32786465

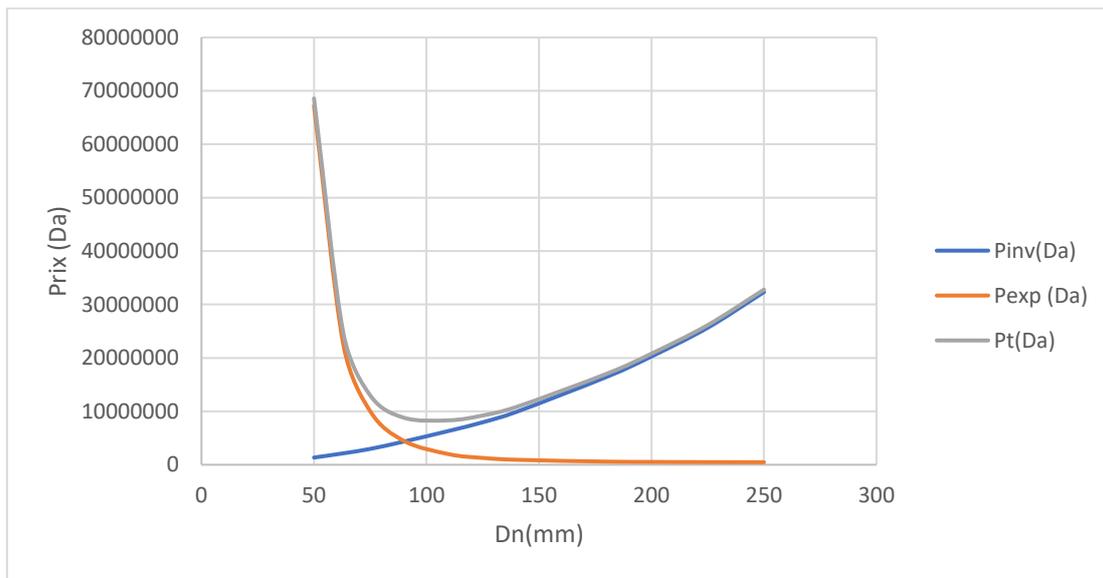


Figure III-3 : courbe de prix total de refoulement vers Oued El Bellah

A partir de la courbe, le diamètre économique est 110 mais ça vitesse dépasse la vitesse admissible (2.83 m/s), donc on prend le Dn=180mm avec une vitesse de 1.06 m/s.

- Ancienne Station de pompage de Oued El Bellah vers le réservoir de stockage R500 M3 de Hamidia:

Longueur géométrique égale : 2300 ml ce qui donne la longueur équivalente :

$$L_{eq} = 1.5 * 2300 = 2645m$$

Le débit transporté :

$$Q = 0.064862558 m^3/s$$

On applique la formule de Bonnin :

$$Dec = (0.064862558)^{1/2} = 254.68mm$$

La hauteur manométrique :

$$H_{mt} = (154.68 - 32) + \sum \Delta H_i$$

Conduite en **PEHD(PE-100)**. Les résultats du calcul sont résumés dans les tableaux suivants :

Tableau III-6: Prix d'investissement refoulement vers Hamidia

Dn (mm)	Dn.int (mm)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	L (m)	Prix unitaires de PEHD (DA)	A	Pinv (DA)
90	81.8	0.065	12.35	2300	1434.65	0.0088	3328823
110	100	0.065	8.26	2300	2095.44	0.0088	4862056
125	113.6	0.065	6.40	2300	2626.5	0.0088	6094276
140	127.3	0.065	5.10	2300	3271.76	0.0088	7591475
180	163.6	0.065	3.09	2300	5429.29	0.0088	12597598
200	181.8	0.065	2.50	2300	6698.75	0.0088	15543130
225	204.5	0.065	1.98	2300	8478.21	0.0088	19672017
250	227.3	0.065	1.60	2300	10679.37	0.0088	24779375
280	254.6	0.065	1.27	2300	13075.97	0.0088	30340214

Dn.int : diamètre nominale intérieur.

Tableau III-7: Prix d'exploitation refoulement vers Hamidia

Dn.int (mm)	Q (m ³ /s)	Leq (m)	ΔC_p (m)	Δh (m)	Hmt (m)	Pabs (kw)	Pannuels (kwh)	Prix de kwh (DA)	Pexp (DA)
81.8	0.06	2645	122.68	1806.22	1928.90	2234.17	19571315	4.179	81788525
100	0.06	2645	122.68	692.52	815.20	944.21	8271266	4.179	34565620
113.6	0.06	2645	122.68	376.85	499.53	578.58	5068372	4.179	21180724
127.3	0.06	2645	122.68	218.87	341.55	395.60	3465500	4.179	14482322
163.6	0.06	2645	122.68	66.11	188.79	218.67	1915513	4.179	8004929
181.8	0.06	2645	122.68	39.96	162.64	188.38	1650224	4.179	6896287
204.5	0.06	2645	122.68	22.79	145.47	168.50	1476021	4.179	6168291
227.3	0.06	2645	122.68	13.76	136.44	158.04	1384407	4.179	5785437
254.6	0.06	2645	122.68	8.01	130.69	151.37	1326035	4.179	5541501

Tableau III-8 : Prix total de refoulement vers Hamidia

Dn (mm)	Pinv (DA)	Pexp (DA)	Pt (DA)
90	3328822.838	81788524.68	85117347.51
110	4862055.921	34565619.80	39427675.72
125	6094276.084	21180724.49	27275000.58

140	7591474.86	14482322.32	22073797.18
180	12597598.4	8004928.95	20602527.35
200	15543130.37	6896286.82	22439417.19
225	19672016.92	6168290.97	25840307.89
250	24779375.28	5785437.38	30564812.66
280	30340213.68	5541500.53	35881714.21

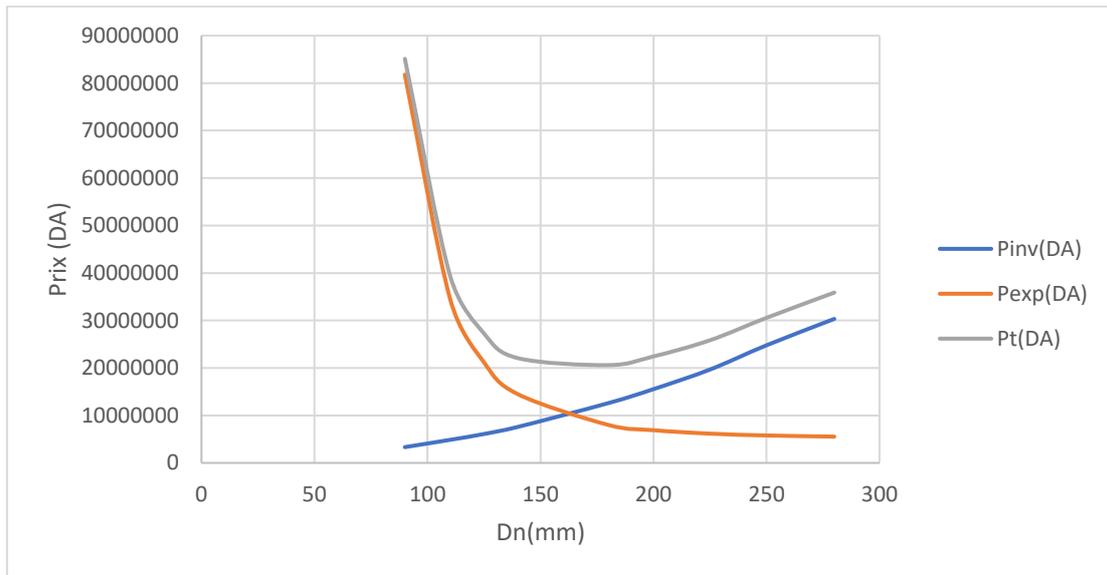


Figure III-4 : courbe de prix total de refoulement vers Hmidia

A partir de la courbe, le diamètre économique est 180 mais ça vitesse dépasse la vitesse admissible (3.08 m/s), On prend Dn = 250mm il a une vitesse de 1.6m/s.

- Nouvelle Station de pompage de Oued El Bellah vers le réservoir de tampon R1000 M3 de Sidi Yahia :

Longueur géométrique égale : 2300 ml ce qui donne la longueur équivalente :

$$L_{\text{éq}} = 1.5 * 5000 = 5750\text{m}$$

Le débit transporté :

$$Q = \text{Chef-Lieu} + \text{Plateau Sud} + \text{Sidi Boulahrouz} + \text{Oued El Hammam}$$

$$Q = 75161.74 + 2837.426 + 2837.426 + 4205.805 = 81261.442 \text{ m}^3/\text{j} = 0.940525949 \text{ m}^3/\text{s}$$

La hauteur manométrique :

$$H_{\text{mt}} = (240.2 - 32) + \sum \Delta H_i$$

On applique la nouvelle approche :

$$D_{\text{ec}} = 1.27 * (0.940525949)^{(1/2)} = 1194\text{mm}$$

Conduite en **Fonte Ductile**. Les résultats du calcul sont résumés dans les tableaux suivants :

Tableau III-9: Frais d'investissement de refoulement vers Sidi Yahia

Dn (mm)	Pinv (Da)	Pexp (Da)	Pt (Da)
300	62224726.24	2726392067.74	2788616793.98
400	75208385.32	727131358.36	802339743.68
500	90215146.87	319997052.22	410212199.09
600	115166626.27	203770622.14	318937248.42
700	140112607.57	162524922.65	302637530.23
800	160014451.87	145477615.88	305492067.75
900	179916296.17	137589257.72	317505553.89
1000	199818140.47	133606686.51	333424826.98
1100	219689820.83	131451688.44	351141509.27
1200	239588941.29	130217839.83	369806781.13
1300	259488061.76	129477455.65	388965517.41
1400	279387182.22	129015227.38	408402409.61

Tableau III-10: Prix d'exploitation de refoulement vers Sidi Yahia

Dn (mm)	Q (m ³ /s)	Leq (m)	ΔC_p (m)	Δh (m)	Hmt (m)	Pabs (Kwh)	Pannuels (Da)	Prix de kwh (Da)	Prix d'énergie (Da)
300	0.94	5750	208.2	4226.14	4434.34	74475.2	652402983	4.179	2726000000
400	0.94	5750	208.2	974.44	1182.64	19862.6	173996496	4.179	727131358
500	0.94	5750	208.2	312.26	520.46	8741.2	76572638	4.179	319997052
600	0.94	5750	208.2	123.22	331.42	5566.3	48760618	4.179	203770622
700	0.94	5750	208.2	56.14	264.34	4439.6	38890864	4.179	162524923
800	0.94	5750	208.2	28.41	236.61	3973.9	34811586	4.179	145477616
900	0.94	5750	208.2	15.58	223.78	3758.4	32923967	4.179	137589258
1000	0.94	5750	208.2	9.10	217.30	3649.7	31970971	4.179	133606687
1100	0.94	5750	208.2	5.60	213.80	3590.8	31455298	4.179	131451688
1200	0.94	5750	208.2	3.59	211.79	3557.1	31160048	4.179	130217840
1300	0.94	5750	208.2	2.39	210.59	3536.9	30982880	4.179	129477456
1400	0.94	5750	208.2	1.64	209.84	3524.2	30872273	4.179	129015227

Tableau III-11: Prix total de refoulement vers Sidi Yahia

Dn (mm)	Pinv (Da)	Pexp (Da)	Pt (Da)
300	62224726.24	2726392068	2788616794
400	75208385.32	727131358.4	802339743.7
500	90215146.87	319997052.2	410212199.1
600	115166626.3	203770622.1	318937248.4
700	140112607.6	162524922.7	302637530.2
800	160014451.9	145477615.9	305492067.7
900	179916296.2	137589257.7	317505553.9
1000	199818140.5	133606686.5	333424827

1100	219689820.8	131451688.4	351141509.3
1200	239588941.3	130217839.8	369806781.1
1300	259488061.8	129477455.6	388965517.4
1400	279387182.2	129015227.4	408402409.6

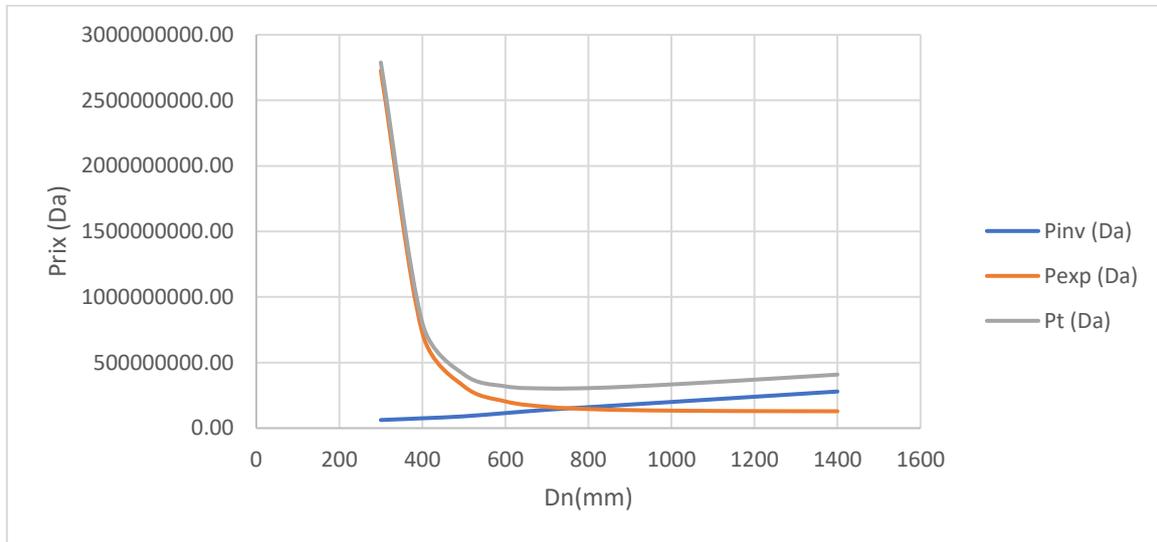


Figure III-5 : courbe de prix total de refoulement vers Sidi Yahia

D'après la courbe d'optimisation le diamètre économique du tronçon de refoulement est : 800 mm avec une vitesse d'écoulement de 1,87 m/s.

- Station de pompage de Plateau Sud vers le réservoir de stockage R250 M3 de Plateau sud :

Longueur géométrique égale : 1500 m ce qui donne la longueur équivalente :

$$L_{eq} = 1.5 * 1500 = 1725m$$

Le débit transporté :

$$Q = 0.065681 \text{ m}^3/\text{s}$$

La hauteur manométrique :

$$H_{mt} = (242.1 - 238) + \sum \Delta H_i$$

On applique la formule de Bonnin :

$$D_{ec} = (0.065681)^{1/2} = 256.28mm$$

Conduite en **Fonte Ductile**. Les résultats du calcul sont résumés dans les tableaux suivants :

Tableau III-12: Prix d'investissement de refoulement vers Plateau sud

Dn (mm)	Q (m3/s)	V (m/s)	L (m)	Prix unitaires de la fonte (DA)	A	Pinv (DA)
60	0.066	21.46	1500	2464.36	0.0088	3729171
80	0.066	12.07	1500	3422.31	0.0088	5178780
100	0.066	7.73	1500	6682.31	0.0088	10111946
125	0.066	4.95	1500	7836.22	0.0088	11858091
150	0.066	3.43	1500	8534.23	0.0088	12914348
200	0.066	1.93	1500	10323.1	0.0088	15621340
250	0.066	1.24	1500	11542.36	0.0088	17466374
300	0.066	0.86	1500	12336.05	0.0088	18667418
350	0.066	0.63	1500	13521.23	0.0088	20460882
400	0.066	0.48	1500	14910.06	0.0088	22562516

Tableau III-13: Prix d'exploitation de refoulement vers Plateau sud

Dn (mm)	Q (m3/s)	Leq (m)	ΔC_p (m)	Δh (m)	Hmt (m)	Pabs (kw)	Pannuels (kwh)	Prix de kwh	Pexp (DA)
60	0.066	1725	4.1	22696.05	22700.15	26624.44	233230073	4.179	974668477
80	0.066	1725	4.1	5233.14	5237.24	6142.63	53809464	4.179	224869751
100	0.066	1725	4.1	1676.96	1681.06	1971.67	17271816	4.179	72178917
125	0.066	1725	4.1	537.38	541.48	635.09	5563362	4.179	23249291
150	0.066	1725	4.1	212.06	216.16	253.53	2220898	4.179	9281134
200	0.066	1725	4.1	48.90	53.00	62.16	544496	4.179	2275448
250	0.066	1725	4.1	15.67	19.77	23.19	203109	4.179	848794
300	0.066	1725	4.1	6.18	10.28	12.06	105652	4.179	441520
350	0.066	1725	4.1	2.82	6.92	8.11	71067	4.179	296989
400	0.066	1725	4.1	1.43	5.53	6.48	56773	4.179	237253

Tableau III-14 : Prix total de refoulement vers Plateau sud

Dn(mm)	Pinv(DA)	Pexp(DA)	Pt(DA)
60	3729170.961	974668476.91	978397647.9
80	5178780.32	224869750.78	230048531.1
100	10111946.47	72178917.28	82290863.75
125	11858090.57	23249290.91	35107381.47

150	12914348.02	9281134.18	22195482.2
200	15621339.72	2275448.40	17896788.12
250	17466374.12	848793.54	18315167.66
300	18667418.49	441520.07	19108938.56
350	20460881.64	296989.44	20757871.07
400	22562516.34	237253.32	22799769.66

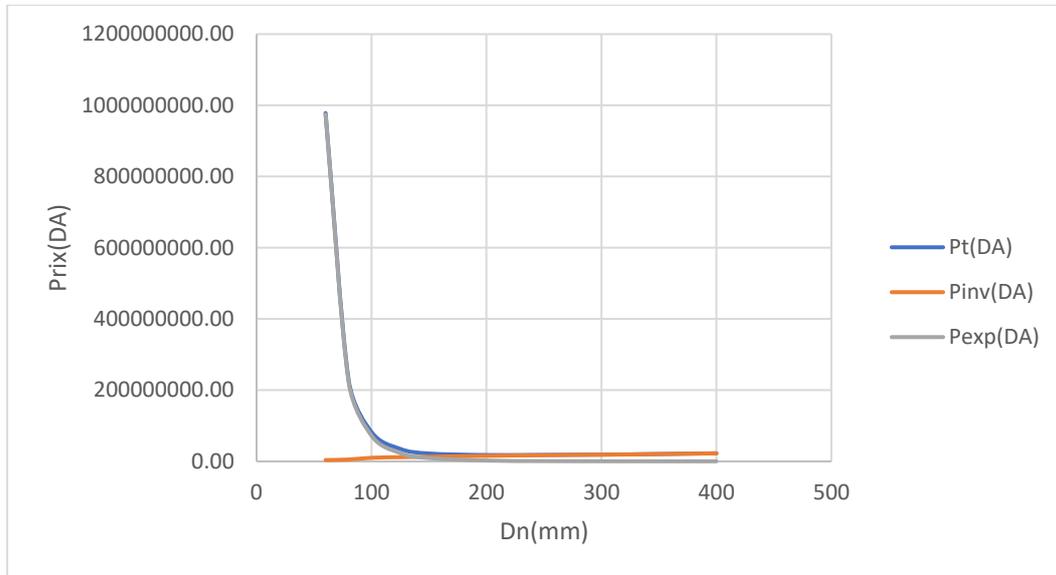


Figure III-6: courbe de prix total de refoulement vers Plateau sud

D'après la courbe d'optimisation le diamètre économique du tronçon de refoulement est : 200 mm avec une vitesse d'écoulement de 1,93 m/s.

- Station de pompage de Oued El Hammam Nord vers le réservoir de stockage R250 M3 de Oued El Hammam Sud :

Longueur géométrique égale : 860 m ce qui donne la longueur équivalente :

$$L_{\text{eq}} = 1.5 * 860 = 989 \text{ m}$$

Le débit transporté :

$$Q = 0.024564844 \text{ m}^3/\text{s}$$

La hauteur manométrique :

$$H_{\text{mt}} = (121.94 - 43.12) + \sum \Delta H_i$$

On applique la formule de Bonnin :

$$D_{\text{ec}} = (0.024564844)^{1/2} = 156.73 \text{ mm}$$

Conduite **PEHD(PE-100)**. Les résultats du calcul sont résumés dans les tableaux suivants :

Tableau III-15: Prix d'investissement de refoulement vers Oued El Hammam Sud

Dn (mm)	Dn.int (mm)	Q (m3/s)	V (m/s)	L (m)	Prix unitaires de PEHD (DA)	A	Pinv (DA)
50	45.4	0.025	15.18	860	443.48	0.0088	384759.5
63	57.2	0.025	9.56	860	705.13	0.0088	611764.9
75	68.2	0.025	6.73	860	981.2	0.0088	851280.9
90	81.8	0.025	4.68	860	1434.65	0.0088	1244690
110	100	0.025	3.13	860	2095.44	0.0088	1817986
125	113.6	0.025	2.42	860	2626.5	0.0088	2278729
140	127.3	0.025	1.93	860	3271.76	0.0088	2838552
160	145.4	0.025	1.48	860	4296.2	0.0088	3727347
180	163.6	0.025	1.17	860	5429.29	0.0088	4710406
200	181.8	0.025	0.95	860	6698.75	0.0088	5811779
225	204.5	0.025	0.75	860	8478.21	0.0088	7355624
250	227.3	0.025	0.61	860	10679.37	0.0088	9265332

Dn.int : diamètre nominale intérieur.

Tableau III-16: Prix d'exploitation de refoulement vers Oued El Hammam Sud

Dn.int (mm)	Q (m3/s)	Leq (m)	ΔC_p (m)	Δh (m)	Hmt (m)	Pabs (kw)	Pannuels (kwh)	Prix de kwh	Prix d'énergie
45.4	0.025	989	78.82	1608.3 1	1687.13	740.07	6483036	4.179	2709260 6
57.2	0.025	989	78.82	534.01	612.83	268.82	2354872	4.179	9841011
68.2	0.025	989	78.82	230.69	309.51	135.77	1189321	4.179	4970171
81.8	0.025	989	78.82	96.87	175.69	77.07	675107. 2	4.179	2821273
100	0.025	989	78.82	37.14	115.96	50.87	445592. 3	4.179	1862130
113.6	0.025	989	78.82	20.21	99.03	43.44	380538. 5	4.179	1590270
127.3	0.025	989	78.82	11.74	90.56	39.72	347982. 6	4.179	1454219
145.4	0.025	989	78.82	6.22	85.04	37.31	326794. 5	4.179	1365674
163.6	0.025	989	78.82	3.55	82.37	36.13	316500. 9	4.179	1322657

181.8	0.025	989	78.82	2.14	80.96	35.52	311112. 6	4.179	130014 0
204.5	0.025	989	78.82	1.22	80.04	35.11	307574. 4	4.179	128535 3
227.3	0.025	989	78.82	0.74	79.56	34.90	305713. 6	4.179	127757 7

Tableau III-17: Prix total de refoulement vers Oued El Hammam Sud

Dn (mm)	Pinv (DA)	Pexp (DA)	Pt (DA)
50	384759.52	27092606	27477365.5
63	611764.86	9841010.6	10452775.5
75	851280.87	4970171.4	5821452.29
90	1244690.3	2821272.8	4065963.1
110	1817986.1	1862130.3	3680116.47
125	2278729.3	1590270.3	3868999.6
140	2838551.5	1454219.3	4292770.78
160	3727347	1365674.2	5093021.18
180	4710406.4	1322657.2	6033063.59
200	5811779.2	1300139.6	7111918.83
225	7355623.7	1285353.4	8640977.07
250	9265331.6	1277577.2	10542908.9

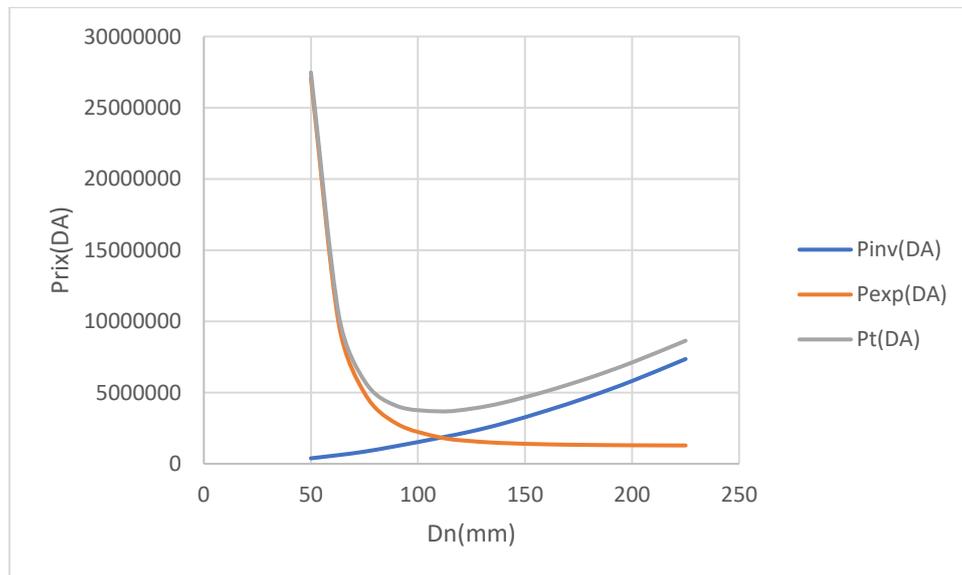


Figure III-7: courbe de prix total de refoulement vers Oued El Hammam Sud

A partir de la courbe, le diamètre économique est 110 mais ça vitesse dépasse la vitesse admissible (3.13 m/s), On prend Dn = 160mm il a une vitesse de 1.48m/s.

III.9 Problèmes rencontrés dans les calculs d'adduction :

III.9.1 Écrêtement de ligne de charge :

Il arrive qu'en pratique, l'eau n'arrive pas au réservoir du fait d'un écrêtement de la ligne de charge en un ou plusieurs points de profil en long et ceci dans le cas d'un diamètre unique.

Pour résoudre ce problème, on pose une pression de (3-5) m au niveau de point d'écrêtement et de recalculer le diamètre de tronçon.

III.9.2 Une pression exagérée :

Après avoir tracé la ligne piézométrique et le profil en long d'une adduction, on peut déterminer les points où la pression est trop élevée et qui dépasse la pression admissible de la canalisation, dans ce cas, nous pouvons changer la conduite et adopter un conduite ave pression admissible grande sinon, on utilise des brises-charges qui permettent de diminuer la pression jusqu'à une valeur acceptable par le tronçon concerné, il sera installé à une cote égale à la cote du point défavorable.

III.9.3 Tracé de la ligne de charge :

Voici le tracé de la ligne de charge et le profil en long de l'adduction entre réservoir tampon de Sidi Moussa et bache d'eau de Oued El Bellah :

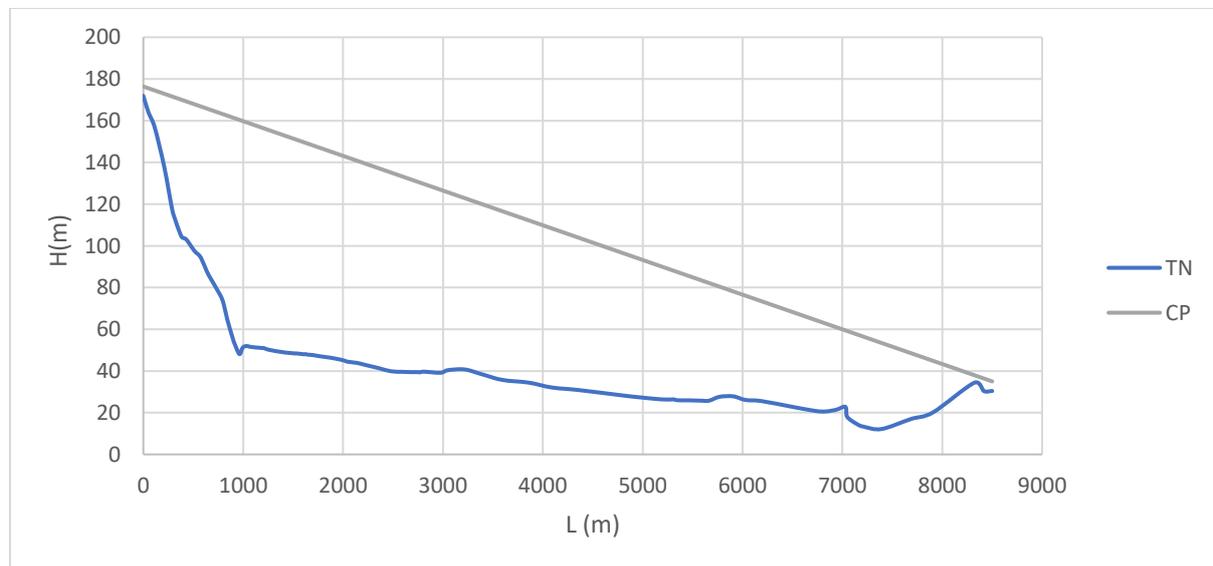
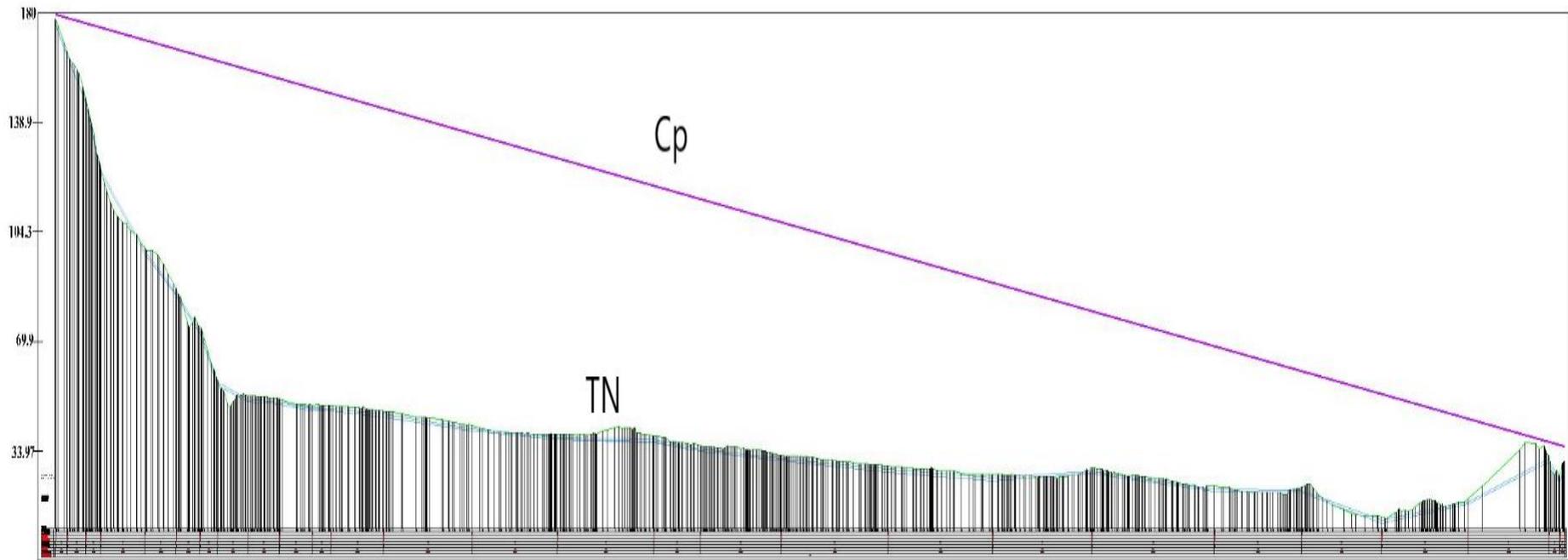


Figure III-8: la ligne piézométrique et le profil en long de l'adduction entre réservoir tampon de Sidi Moussa et bache d'eau de Oued El Bellah



FigureIII-9 : la ligne piézométrique et le profil en long de l'adduction entre réservoir tampon de Sidi Moussa et bache d'eau de Oued El Bellah

TN : ligne de terrain naturel.

Cp : ligne de la cote piézométrique.

D'après le figure III.8, on remarque qu'il n'y pas un écrêtement de la ligne de charge le long de l'adduction.

Le calcul des pressions montre que la pression maximale dans la conduite est égale à 118.064m qu'est loin du réservoir tampon de 1270.035 m. La pression admissible de la conduite en fonte est de 25bars soit 250m. Donc on n'a pas besoin d'installé un brise de charge ou de changer la conduite.

III.10 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons dimensionné notre réseau d'adduction, nous avons étudié une adduction mixte sur la base d'une étude technico-économique. Voici les résultats de calculs qui sont résumé dans cet tableau :

Tableau III-18: Les caractéristiques hydrauliques de chaque conduite

Type	Adduction	Débit (l/s)	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Vitesse (m/s)
Gravitaires	R1 vers R2	974.4	8400	800	1.79
	R5 vers R6	287.076	1670	450	1.667834
	R5 vers R7	321.873	1370	450	1.869996
	R5 vers R8	309.645	1632	450	1.798954
	R5 vers R9	65.681	300	300	0.858575
	R8 vers R11	48.667	1361	200	1.431382
Refoulement	R2 vers R4	22.234063	300	180	1.058
	R2 vers R3	64.8625579	2300	250	1.6
	R2 vers R5	940.525949	5000	800	1.728908
	R9 vers R10	65.681	1500	200	1.931794
	R11versR12	24.5648438	860	160	1.48

Chapitre IV :
Etude de conception des systèmes
annexes :

Chapitre IV : Etude de conception des systèmes annexes :

IV.1 Introduction :

L'objectif de ce chapitre est de dimensionner les ouvrages annexes, on doit vérifier la capacité de stockage des réservoirs et les futurs besoins de notre agglomération afin de voir s'il est nécessaire de prévoir des réservoirs supplémentaires. Ainsi, le choix des pompes pour la station de pompage et la protection anti-bélier. Finalement, on va spécifier les accessoires et les pièces spéciale pour notre système d'AEP.

IV.2 Le réservoir :

IV.2.1 Définition :

Le réservoir est un ouvrage hydraulique destiné à stockage d'eau. Il est dimensionné selon les besoins et les volumes d'eau qu'il doit recevoir. la réalisation de ces ouvrages est cher ce que nécessite une étude technique économique. Ainsi leur emplacement doit être bien choisi pour favoriser un écoulement gravitaire de l'eau, en assurant la pression admissible sur les réseaux de distribution et d'adduction. Les réservoirs doivent être conçus et réalisés avec des matériaux assurant leur stabilité et leur durabilité, tout en protégeant la qualité de l'eau qu'ils contiennent.

IV.2.2 Utilité des réservoirs :

Les réservoirs d'eau potable ont plusieurs rôles tels que :

- Emmagasinement d'eau pendant les heures creuses de consommation et restitution pendant les heures ou la consommation devient importante.
- Régularité dans le fonctionnement de pompage.
- Continuité de la distribution pendant l'arrêt de la pompe.
- Briser la charge dans les cas d'une distribution étagée.
- Jouer le rôle de relais (Tampon) : assurer l'intermédiaire entre une conduite à écoulement par refoulement et une conduite gravitaire.
- Disponibilité de la réserve d'incendie.
- Protection contre antibélier.

IV.2.3 Classification des réservoirs :

- Selon le matériau :
 - ✓ Réservoir métallique.
 - ✓ Réservoir en béton armé.
 - ✓ Réservoirs en maçonnerie.
- Selon la situation de lieu :
 - ✓ Réservoirs enterrés.
 - ✓ Réservoirs semi-enterrés.
 - Réservoir surélevé.
- Classification selon l'usage :
 - ✓ Réservoir principal d'accumulation et de stockage « réservoir d'eau traitée ».
 - ✓ Réservoir terminal.
 - ✓ Bâche de reprise.
 - ✓ Brise charge.
 - ✓ Réservoir tampon.
- Classification selon la forme géométrique :
 - ✓ Réservoir cylindrique.
 - ✓ Réservoir rectangulaire (ou bien carré).
 - ✓ D'une forme quelconque.

IV.2.4 Emplacement des réservoirs :

L'emplacement de réservoir est une caractéristique très importante, il dépend de la topographie de la région et la nature de terrain, ces critères nous aident à choisir l'emplacement :

- Il est préférable que le remplissage du réservoir soit par gravité.
- L'alimentation du réseau doit être gravitaire donc nous recherchons la plus haute cote de terrain dans notre zone d'étude et qui garantit l'approvisionnement du point défavorable. Dans le cas des terrain plats, on réalise un réservoir surélevé (château d'eau).
- On prend en considération les pressions trop importantes sur les points les plus bas du réseau. Pour changer l'endroit de notre réservoir si possible ou bien installer une brise de charge.

IV.2.5 Equipement de réservoirs d'alimentation :

- Conduite d'arrivée :

Elle peut être en siphon qui aide à oxygéner l'eau pour une eau de source souterraine. En noyée, pour un bon brassage, aussi l'arrivée peut être par le bas ou par le fond.

- Conduite de départ :

Il est préférable qu'on place à l'opposé de la conduite d'arrivée pour provoquer le brassage qui aide à renouvellement d'eau. Et elle devrait être de 15 cm à 20 cm au-dessus du fond pour empêcher l'entrée de fines particules solides avec une crépine pour éviter le phénomène vortex.

- Conduite de trop plein :

Pour l'évacuation de l'excès d'eau arrivant au réservoir arrivant au réservoir au cas où la pompe ne s'arrête pas.

- Conduite de vidange :

Elle permet la vidange du réservoir en cas de nettoyage ou de réparation. Elle est munie d'un robinet-vanne et se raccorde à la conduite de trop-plein. Le Réservoir doit être nettoyé à chaque vidange pour éviter le dépôt de sable.

- Conduite de by-pass :

Cette conduite est utilisée pour relier la conduite de départ et la conduite d'arrivée. Elle isole la cuve en cas de nettoyage ou de réparation.

- Système de matérialisation d'incendie :

C'est une disposition spéciale de la tuyauterie qui permet d'interrompre l'écoulement, une fois que le niveau de la réserve d'incendie est atteint.

IV.2.6 Détermination de la capacité du réservoir :

Les réservoirs de stockage du réseau d'adduction constituent les réservoirs de tête des réseaux de distribution des différentes localités à desservir. La capacité d'un réservoir peut être calculée selon deux méthodes à savoir :

- Méthode analytique :

La méthode analytique consiste à faire un calcul de résidus entre un régime d'alimentation qui est caractérisé par un débit constant avec un régime de consommation caractérisé par un débit variable (en fonction de la consommation des habitants).

$$V_r = \frac{\alpha * Q_{maxj}}{100} \quad (IV-1)$$

V_r : capacité résiduelle (m³).

α : fraction horaire du débit maximum journalier (%)

Pour les petites villes $\alpha = 100\%$.

Pour les villes moyennes $\alpha = 50\%$.

Pour les grandes villes $\alpha = 25\%$.

$Q_{max,j}$: la consommation maximale journalière (m³/j).

Le volume total est déterminé en ajoutant le volume d'incendie au volume de régulation :

$$V_T = V_r + V_{inc} \quad (\text{IV-2})$$

V_T : capacité totale du réservoir. (m³).

V_{inc} : volume d'incendie estimé à 120 m³.

- Méthode graphique :

Elle tient compte de la courbe de consommation totale et de la courbe d'apport de débit de la source en fonction de temp. la capacité est déduite à partir des extremums des cumuls de la consommation vis-à-vis de celle des apports.

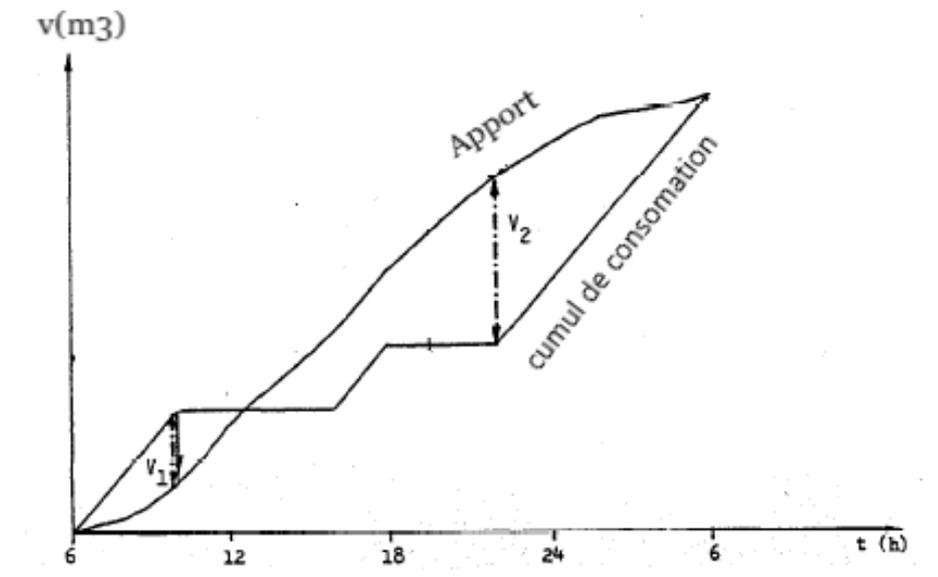


Figure IV-1: Détermination de la capacité du réservoir par la méthode graphique

V_1 : écart supérieur entre l'apport et la consommation.

V_2 : écart inférieur entre l'apport et la consommation.

$$R=\max\{V_1+V_2\} \quad (\text{IV-3})$$

$$V=\frac{R}{100} * Q_{\max,j} \quad (\text{IV-4})$$

$$V_T=V+V_{\text{inc}} \quad (\text{IV-5})$$

Qmaxj : débit max journalier (m3/j).

VT : capacité totale du réservoir. (m3).

Vinc : volume d'incendie estimé à 120 (m3).

Le graphique est obtenu à partir d'un tableau qui résume le bilan de consommation. Voici un exemple qui montre comment nous l'obtenons.

Tableau IV-1: exemple d'un bilan de consommation

Heures	Consommation horaire Ch%	Refoulement %	Surplus V1(%)	Déficit V2(%)	Reste R(%)
0_1	3.35	0	0	-3.35	4.95
1_2	3.25	0	0	-3.25	1.7
2_3	3.3	0	0	-3.3	-1.6
3_4	3.2	0	0	-3.2	-4.8
4_5	3.25	5	1.75		-3.05
5_6	3.4	5	1.6		-1.45
-6_7	3.85	5	1.15		-0.3
7_8	4.45	5	0.55		0.25
8_9	5.2	5	0	-0.2	0.05
9_10	5.05	5	0	-0.05	0
10_11	4.85	5	0.15		0.15
11_12	4.6	5	0.4		0.55
12_13	4.6	5	0.4		0.95
13_14	4.55	5	0.45		1.4
14_15	4.75	5	0.25		1.65
15_16	4.7	5	0.3		1.95
16-17	4.65	5	0.35		2.3
17-18	4.55	5	0.45		2.75
18_19	4.4	5	0.6		3.35
19_20	4.3	5	0.7		4.05
20_21	4.3	5	0.7		4.75
21_22	3.95	5	1.05		5.8
22_23	3.8	5	1.2		7
23_24	3.7	5	1.3		8.3

IV.2.7 Calcul des réservoirs de la zone d'étude :

- Réservoir de Hamidia :

Tableau IV-2: Capacité horaire de réservoir de Hamidia

Heure	Ch (%)	Apport (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Reste (%)
0_1	1	4.16	3.16		9.65
1_2	1	4.16	3.16		12.81
2_3	1	4.16	3.16		15.97
3_4	1	4.16	3.16		19.13
4_5	2	4.16	2.16		21.29
5_6	3	4.16	1.16		22.45
6_7	5	4.17		-0.83	21.62
7_8	6.5	4.17		-2.33	19.29
8_9	6.5	4.17		-2.33	16.96
9_10	5.5	4.17		-1.33	15.63
10_11	4.5	4.17		-0.33	15.3
11_12	5.5	4.17		-1.33	13.97
12_13	7	4.17		-2.83	11.14
13_14	7	4.17		-2.83	8.31
14_15	5.5	4.17		-1.33	6.98
15_16	4.5	4.17		-0.33	6.65
16_17	5	4.17		-0.83	5.82
17_18	6.5	4.17		-2.33	3.49
18_19	6.5	4.17		-2.33	1.16
19_20	5	4.17		-0.83	0.33
20_21	4.5	4.17		-0.33	0
21-22	3	4.17	1.17		1.17
22_23	2	4.16	2.16		3.33
23_24	1	4.16	3.16		6.49

La capacité totale sera :

$$V_T = \frac{22.45 * 5604.125}{100} + 120 = 1378.13 (m^3)$$

Tableau IV-3 : besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir de Hamidia

Horizons	Volume total (m3)	Stockage Existant (m3)	Déficit en Stockage (m3)
2051	1378.13	500	-878.13

Le réservoir d'eau existant de 500 m³ qui alimente Hamidia n'est pas suffisant pour l'alimentation de l'agglomération à l'horizon de 2051.

- Réservoir de Oued El Bellah :

Tableau IV-4 : Capacité horaire de réservoir de Oued El Bellah

Heure	Ch (%)	Apport (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Reste (%)
0_1	0.75	4.16	3.41		9.9
1_2	0.75	4.16	3.41		13.31
2_3	1	4.16	3.16		16.47
3_4	1	4.16	3.16		19.63
4_5	3	4.16	1.16		20.79
5_6	5.5	4.16		-1.34	19.45
6_7	5.5	4.17		-1.33	18.12
7_8	5.5	4.17		-1.33	16.79
8_9	3.5	4.17	0.67		17.46
9_10	3.5	4.17	0.67		18.13
10_11	6	4.17		-1.83	16.3
11_12	8.5	4.17		-4.33	11.97
12_13	8.5	4.17		-4.33	7.64
13_14	6	4.17		-1.83	5.81
14_15	5	4.17		-0.83	4.98
15_16	5	4.17		-0.83	4.15
16_17	3.5	4.17	0.67		4.82
17_18	3.5	4.17	0.67		5.49
18_19	6	4.17		-1.83	3.66
19_20	6	4.17		-1.83	1.83
20_21	6	4.17		-1.83	0
21-22	3	4.17	1.17		1.17
22_23	2	4.16	2.16		3.33
23_24	1	4.16	3.16		6.49

La capacité totale sera :

$$V_T = \frac{23.47 * 1921.023}{100} + 120 = 570.86 (m^3)$$

Tableau IV-5: besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir de Oued El Bellah

Horizons	Volume total (m3)	Stockage Existant (m3)	Déficit en Stockage (m3)
2051	570.86	100	-470.86

Le réservoir d'eau existant de 100 m³ qui alimente Oued El Bellah n'est pas suffisant pour l'alimentation de l'agglomération à l'horizon de 2051.

- Réservoir de centre-ville :

Tableau IV-6 : Capacité horaire de réservoir de centre-ville

Heure	Ch (%)	Apport (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Reste (%)
0_1	3.25	4.16	0.91		2.2
1_2	3.25	4.16	0.91		3.11
2_3	3.3	4.16	0.86		3.97
3_4	3.2	4.16	0.96		4.93
4_5	3.25	4.16	0.91		5.84
5_6	3.4	4.16	0.76		6.6
6_7	3.85	4.17	0.32		6.92
7_8	4.95	4.17		-0.78	6.14
8_9	5.2	4.17		-1.03	5.11
9_10	5.05	4.17		-0.88	4.23
10_11	4.85	4.17		-0.68	3.55
11_12	4.6	4.17		-0.43	3.12
12_13	4.6	4.17		-0.43	2.69
13_14	4.55	4.17		-0.38	2.31
14_15	4.75	4.17		-0.58	1.73
15_16	4.7	4.17		-0.53	1.2
16_17	4.65	4.17		-0.48	0.72
17_18	4.35	4.17		-0.18	0.54
18_19	4.4	4.17		-0.23	0.31
19_20	4.35	4.17		-0.18	0.13
20_21	4.3	4.17		-0.13	0
21-22	3.75	4.17	0.42		0.42
22_23	3.75	4.16	0.41		0.83
23_24	3.7	4.16	0.46		1.29
Total	100	100	6.92	-6.92	

La capacité totale sera :

$$V_T = \frac{6.92 * 27809.8438}{100} + 120 = 2044.44(\text{m}^3)$$

Tableau IV-7 : besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir de centre-ville

Horizons	Volume total (m3)	Stockage Existant (m3)	Déficit en Stockage (m3)
2051	2044.44	1500	-544.44

Le réservoir d'eau existant de 1500 m3 qui alimente centre-ville n'est pas suffisant pour l'alimentation de l'agglomération à l'horizon de 2051.

- Réservoir de Est de ville :

Tableau IV-8 : Capacité horaire de réservoir Est de la ville

Heure	Ch (%)	Apport (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Reste (%)
0_1	3.25	4.16	0.91		2.2
1_2	3.25	4.16	0.91		3.11
2_3	3.3	4.16	0.86		3.97
3_4	3.2	4.16	0.96		4.93
4_5	3.25	4.16	0.91		5.84
5_6	3.4	4.16	0.76		6.6
6_7	3.85	4.17	0.32		6.92
7_8	4.95	4.17		-0.78	6.14
8_9	5.2	4.17		-1.03	5.11
9_10	5.05	4.17		-0.88	4.23
10_11	4.85	4.17		-0.68	3.55
11_12	4.6	4.17		-0.43	3.12
12_13	4.6	4.17		-0.43	2.69
13_14	4.55	4.17		-0.38	2.31
14_15	4.75	4.17		-0.58	1.73
15_16	4.7	4.17		-0.53	1.2
16_17	4.65	4.17		-0.48	0.72
17_18	4.35	4.17		-0.18	0.54
18_19	4.4	4.17		-0.23	0.31
19_20	4.35	4.17		-0.18	0.13
20_21	4.3	4.17		-0.13	0
21-22	3.75	4.17	0.42		0.42
22_23	3.75	4.16	0.41		0.83
23_24	3.7	4.16	0.46		1.29

La capacité totale sera :

$$V_T = \frac{6.92 * 24803.3742}{100} + 120 = 1836.39(m^3)$$

Tableau IV-9: besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir d'Est de la ville

Horizons	Volume total (m3)	Stockage Existant (m3)	Déficit en Stockage (m3)
2051	1836.39	2000	163.61

Le réservoir d'eau existant de 2000 m3 qui alimente Est de la ville est suffisant pour l'alimentation de l'agglomération à l'horizon de 2051.

- Réservoir de Ouest de la ville :

Tableau IV-10: Capacité horaire de réservoir Ouest de la ville

Heure	Ch (%)	Apport (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Reste (%)
0_1	3.25	4.16	0.91		2.2
1_2	3.25	4.16	0.91		3.11
2_3	3.3	4.16	0.86		3.97
3_4	3.2	4.16	0.96		4.93
4_5	3.25	4.16	0.91		5.84
5_6	3.4	4.16	0.76		6.6
6_7	3.85	4.17	0.32		6.92
7_8	4.95	4.17		-0.78	6.14
8_9	5.2	4.17		-1.03	5.11
9_10	5.05	4.17		-0.88	4.23
10_11	4.85	4.17		-0.68	3.55
11_12	4.6	4.17		-0.43	3.12
12_13	4.6	4.17		-0.43	2.69
13_14	4.55	4.17		-0.38	2.31
14_15	4.75	4.17		-0.58	1.73
15_16	4.7	4.17		-0.53	1.2
16_17	4.65	4.17		-0.48	0.72
17_18	4.35	4.17		-0.18	0.54
18_19	4.4	4.17		-0.23	0.31
19_20	4.35	4.17		-0.18	0.13
20_21	4.3	4.17		-0.13	0
21-22	3.75	4.17	0.42		0.42
22_23	3.75	4.16	0.41		0.83
23_24	3.7	4.16	0.46		1.29

La capacité totale sera :

$$V_T = \frac{6.92 * 22548.522}{100} + 120 = 1680.36(m3)$$

Tableau IV-11: besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir d'Ouest de la ville

Horizons	Volume total (m3)	Stockage Existant (m3)	Déficit en Stockage (m3)
2051	1680.36	2000	319.64

Le réservoir d'eau existant de 2000 m3 qui alimente Ouest de la ville est suffisant pour l'alimentation de l'agglomération à l'horizon de 2051.

- Réservoir de Oued El Hammam Nord :

Tableau IV-12: Capacité horaire de réservoir Oued El Hammam Nord

Heure	Ch (%)	Apport (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Reste (%)
0_1	1	4.16	3.16		9.65
1_2	1	4.16	3.16		12.81
2_3	1	4.16	3.16		15.97
3_4	1	4.16	3.16		19.13
4_5	2	4.16	2.16		21.29
5_6	3	4.16	1.16		22.45
6_7	5	4.17		-0.83	21.62
7_8	6.5	4.17		-2.33	19.29
8_9	6.5	4.17		-2.33	16.96
9_10	5.5	4.17		-1.33	15.63
10_11	4.5	4.17		-0.33	15.3
11_12	5.5	4.17		-1.33	13.97
12_13	7	4.17		-2.83	11.14
13_14	7	4.17		-2.83	8.31
14_15	5.5	4.17		-1.33	6.98
15_16	4.5	4.17		-0.33	6.65
16_17	5	4.17		-0.83	5.82
17_18	6.5	4.17		-2.33	3.49
18_19	6.5	4.17		-2.33	1.16
19_20	5	4.17		-0.83	0.33
20_21	4.5	4.17		-0.33	0
21_22	3	4.17	1.17		1.17
22_23	2	4.16	2.16		3.33
23_24	1	4.16	3.16		6.49

La capacité totale sera :

$$V_T = \frac{22.45 * 4204.805}{100} + 120 = 1063.98(m^3)$$

Tableau IV-13: besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir de Oued El Hammam Nord

Horizons	Volume total (m3)	Stockage Existant (m3)	Déficit en Stockage (m3)
2051	1063.98	250	-813.98

Le réservoir d'eau existant de 250m3 qui alimente Oued El Hammam Nord n'est pas suffisant pour l'alimentation de l'agglomération à l'horizon de 2051.

- Réservoir de Oued El Hammam Sud :

Tableau IV-14: Capacité horaire de réservoir Oued El Hammam Sud

Heure	Ch (%)	Apport (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Reste (%)
0_1	1	4.16	3.16		9.65
1_2	1	4.16	3.16		12.81
2_3	1	4.16	3.16		15.97
3_4	1	4.16	3.16		19.13
4_5	2	4.16	2.16		21.29
5_6	3	4.16	1.16		22.45
6_7	5	4.17		-0.83	21.62
7_8	6.5	4.17		-2.33	19.29
8_9	6.5	4.17		-2.33	16.96
9_10	5.5	4.17		-1.33	15.63
10_11	4.5	4.17		-0.33	15.3
11_12	5.5	4.17		-1.33	13.97
12_13	7	4.17		-2.83	11.14
13_14	7	4.17		-2.83	8.31
14_15	5.5	4.17		-1.33	6.98
15_16	4.5	4.17		-0.33	6.65
16_17	5	4.17		-0.83	5.82
17_18	6.5	4.17		-2.33	3.49
18_19	6.5	4.17		-2.33	1.16
19_20	5	4.17		-0.83	0.33
20_21	4.5	4.17		-0.33	0
21-22	3	4.17	1.17		1.17
22_23	2	4.16	2.16		3.33
23_24	1	4.16	3.16		6.49

La capacité totale sera :

$$V_T = \frac{22.45 * 2102.4025}{100} + 120 = 592(m3)$$

Tableau IV-15: besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir de Oued El Hammam Sud

Horizons	Volume total (m3)	Stockage Existant (m3)	Déficit en Stockage (m3)
2051	592	250	-342

Le réservoir d'eau existant de 250m3 qui alimente Oued El Hammam Sud n'est pas suffisant pour l'alimentation de l'agglomération à l'horizon de 2051.

- Le réservoir de Plateau sud et Sidi Boulahrouz :

Tableau IV-16: Capacité horaire de réservoir de Plateau sud et Sidi Boulahrouz

Heure	Ch(%)	Apport (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Reste (%)
0_1	1	4.16	3.16		9.65
1_2	1	4.16	3.16		12.81
2_3	1	4.16	3.16		15.97
3_4	1	4.16	3.16		19.13
4_5	2	4.16	2.16		21.29
5_6	3	4.16	1.16		22.45
6_7	5	4.17		-0.83	21.62
7_8	6.5	4.17		-2.33	19.29
8_9	6.5	4.17		-2.33	16.96
9_10	5.5	4.17		-1.33	15.63
10_11	4.5	4.17		-0.33	15.3
11_12	5.5	4.17		-1.33	13.97
12_13	7	4.17		-2.83	11.14
13_14	7	4.17		-2.83	8.31
14_15	5.5	4.17		-1.33	6.98
15_16	4.5	4.17		-0.33	6.65
16_17	5	4.17		-0.83	5.82
17_18	6.5	4.17		-2.33	3.49
18_19	6.5	4.17		-2.33	1.16
19_20	5	4.17		-0.83	0.33
20_21	4.5	4.17		-0.33	0
21-22	3	4.17	1.17		1.17
22_23	2	4.16	2.16		3.33
23_24	1	4.16	3.16		6.49

La capacité totale sera :

$$V_T = \frac{22.45 * 5674.852}{100} + 120 = 1394(m^3)$$

Tableau IV-17: besoins en stockage des localités desservies à partir du réservoir de de Plateau sud et Sidi Boulahrouz

Horizons	Volume total (m3)	Stockage Existant (m3)	Déficit en Stockage (m3)
2051	1394	250	-1144

Le réservoir d'eau existant de 250m³ qui alimente Plateau sud et Sidi Boulahrouz n'est pas suffisant pour l'alimentation de l'agglomération à l'horizon de 2051.

- Réservoir tampon de Sidi Yahia :

Le volume du réservoir tampon est donné par la méthode suivante :

$$V=V_r+V_s+V_a \quad (\text{IV-6})$$

V_r : volume de régulation.

$$V_r=Q*\frac{T}{4} \quad (\text{IV-7})$$

Q : le débit transité dans la conduite.

T : égale à 45 minutes.

V_s : Volume de sécurité.

$$V_s=Q*\frac{t}{2} \quad (\text{IV-8})$$

t : temps de fermeture de la vanne (15 min) ;

V_a : volume correspondant au signal d'alarme.

$$V_a=S*h \quad (\text{IV-9})$$

$$S=\frac{(V_r+V_s)}{H} \quad (\text{IV-10})$$

H : hauteur d'eau égale à 5m.

h : Hauteur d'eau qui reste au-dessous de conduite de départ $h = 10$ cm.

Tableau IV-18: Calcul du volume du réservoir tampon

Débit (m3/h)	V_r (m3)	V_s (m3)	V_r+V_s (m3)	S (m2)	V_a (m3)	V (m3)
3385.8934	634.85502	423.23668	1058.0917	211.61834	21.161834	1079.254

Tableau IV-19 : évaluation des besoins de stockage de Sidi Yahia

Horizons	Volume total (m3)	Stockage Existant (m3)	Déficit en Stockage (m3)
2051	1079.254	1000	-79.2535

Le réservoir d'eau existant de 1000m3 de Sidi Yahia n'est pas suffisant pour l'alimentation de l'agglomération à l'horizon de 2051.

- Bâche d'eau de Oued El Bellah :

Le volume utile de marnage est le volume entre le niveau haut de démarrage de la pompe et le niveau bas d'arrêt. Il peut être calculé par la formule préconisée par le fascicule 81 relatif à la construction d'installations de pompage :

$$V = \frac{Q * (\frac{1}{n})}{4 * (N-1)} \quad (\text{IV-11})$$

Avec :

n : nombre maxi de démarrages par heures.

N : nombre de pompe identiques.

Tableau IV-20: Variation du nombre de démarrage par heure en fonction de la puissance de la pompe

Nombre de démarrage	4	6	8	10
Puissance de la pompe	<30kw	>15kw	>8kw	<4kw

Voici les résultats de calcul :

Tableau IV-21: Volume de bache d'eau pour chaque refoulement

Destination	Q(m3/h)	Nombre de pompe N	Nombre de pompe totale (N)	Puissance de la pompe	Nombre de démarrage(n)	Volume (m3)
Réservoir de Hamidia	233.5052	1	2	167	4	233.50521
Réservoir de Oued El Balleh	80.04263	1	2	64.16	4	80.042625
Réservoir de Sidi Yahia	3385.893	7	10	499.7	4	376.21038
Total						689.75821

Tableau IV-22: évaluation des besoins de stockage de bache d'eau de Oued El Balleh

Horizons	Volume total (m3)	Stockage Existant (m3)	Déficit en Stockage (m3)
2051	736.78	500	-236.8

IV.2.8 Dimensions des réservoirs à projeter :

Nous optons pour des réservoirs à section circulaire puisque nos volumes sont tous inférieurs à 10000 m³. La hauteur de l'eau dans la cuve est comprise entre 3 et 6 m en moyenne, toutefois, les réservoirs de grande capacité des agglomérations importantes peuvent présenter des hauteurs d'eau comprises entre 7 et 10 m.

Le diamètre D de la cuve :

$$V = S * H = \frac{\pi * D^2}{4} * H \quad (\text{IV-12})$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * H}} \quad (\text{IV-13})$$

S : section du réservoir (m²).

D : diamètre de la cuve (m).

H : hauteur d'eau (m).

$$h_{inc} = V_{inc} / S \quad (IV-14)$$

La hauteur de la réserve d'incendie hinc :

Vinc=Volume d'incendie qu'égale à 120(m³).

Tableau IV-23: Dimensions des réservoirs à projeter

Réservoir	Déficit (m ³)	Volume de réservoir requis (m ³)	H (m)	S (m ²)	D (m)	hinc (m)
Centre-ville	-544.44	750	4	187.5	15.454886	0.64
Oued El Hammam Nord	-813.98	1000	5	200	15.961738	0.6
Oued El Hammam Sud	-342	400	3	133.33333	13.032704	0.9
Hamidia	-878.13	1000	5	200	15.961738	0.6
Oued El Bellah	-470.86	550	3.5	157.14286	14.148568	0.7636364
Plateau sud et Sidi Boulahrouz	-1144	1300	5	260	18.199181	0.4615385
Réservoir tampon de Sidi Yahia	-79.2535	150	3	50	7.9808688	2.4
Bâche d'eau de Oued El Bellah	-236.8	350	3	116.66667	12.190979	1.0285714
Bâche d'eau de plateau Sud	-39.409	160	2	80	10.09509	1.5

Après l'évaluation des besoins en stockage de notre zone d'étude, nous concluons que :

- Le centre-ville qui dispose actuellement de deux réservoirs de 750 m³ de volume a besoin d'un réservoir supplémentaire de 750m³ afin de satisfaire les besoins des habitants à l'horizon 2051
- L'Ouest et l'Est de la ville, disposent chacune d'un réservoir de 2000m³ suffisant pour l'alimentation des localités à l'horizon d'étude.
- Oued El Hammam Nord et Sud disposent chacune d'un réservoir de 250m³, qui ne sont pas suffisant pour l'alimentation des localités à l'horizon d'étude on a projeté deux réservoirs de stockages de capacités respectives de 1000m³, 400m³.
- Pour satisfaire les besoins en eau dz Hamidia, Oued El Bellah, Plateau sud et Sidi Boulahrouz on a projeté trois réservoirs de stockages de capacités respectives de 1000m³, 550m³ et 1300m³.

- Le réservoir tampon de Sidi Yahia et le bache d'eau de Oued El Bellah et plateau sud ne sont pas suffisants pour l'alimentation de la population à l'horizon de 2051. Donc, nous avons projeté trois nouveaux réservoirs de volumes respectifs de 150m³ et 350 m³ et 160m³.

IV.3 Etude du pompage :

IV.3.1 Définition :

Les stations de pompage sont des ouvrages hydrauliques installés sur un réseau servant à élever un liquide lorsque l'écoulement ne peut être assuré par l'action de la gravité à l'aide de pompes.

Une pompe est une machine destinée à faire circuler un fluide (en général un liquide) en l'aspirant et le refoulant par la transformation d'énergie mécanique en énergie hydraulique composée par des organes différents.

IV.3.2 Les différents types de pompes :

- Les pompes volumétriques :

Une pompe volumétrique se compose d'un corps hermétiquement clos à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile. Celui-ci suit un mouvement cyclique. Pendant un cycle, une quantité du fluide pénètre dans le corps de la pompe à travers l'orifice d'aspiration puis, refoulée à travers l'orifice de refoulement. On distingue :

Les pompes volumétriques rotatives (Pompes à palettes libres, Pompes à engrenages extérieurs, Pompes à rotor hélicoïdal excentré, Pompes péristaltiques).

- les pompes volumétriques alternatives (Pompe à piston, Pompes doseuses).

Ce type de pompes est destiné pour :

-Le pompage de liquides visqueux tels que les huiles.

-Le dosage précis instantanés (industrie pharmaceutique).

-Le pompage de liquides fragiles (lait, liquides volatils, etc.) qui s'adaptent mal avec les agitations internes dans une turbo-pompe.

- Les turbopompes :

Une turbopompe est une machine roto-dynamique qui sert à élever, par l'effet de rotation de la roue à aubes et la pression du fluide qui la traverse. Ils sont beaucoup utilisés dans les pompages des eaux potables, l'irrigation.

IV.3.3 Critères de l'emplacement de la station de pompage :

- Eviter les zones instables (sismiques et inondables).
- Il faut respecter les normes de distances (la distance minimale entre aéroport et une station de pompage est de 30 Km).
- Pour les terrassements et pour l'implantation de la station de pompage il est nécessaire de :
 - ✓ Prévoir d'accès pour tous les ouvrages.
 - ✓ Prévoir une plate-forme avec un revêtement routier.
 - ✓ Utiliser les moyens de dérivation des eaux pluviales (drainage).
 - ✓ Prévoir une cote du planché de rez de chaussée de telle manière à dépasser celle de plate-forme de 0,15 à 0,5 m.
 - ✓ Prévoir la verdure autour de la station de pompage pour l'environnement.

IV.3.4 Choix de pompes :

- Assurer le débit appelé Q_{app} et la hauteur HMT.
- Nombre de pompes n minimal.
- Meilleur rendement.
- Vérifier la condition de non cavitation.
- Encombrement et poids les plus faibles.
- Vitesse de rotation la plus élevée.
- Puissance absorbée minimale.
- Être fabriquée en série.

Pour le choix du type de pompe dans notre projet, on utilise les deux catalogues **CAPRARI** et **KSB**.

Après le choix du nombre de pompes(N), il faut ajouter des pompes de secours (N_s), tel que :

$$1 \leq N \leq 4 \rightarrow N_s = 1$$

$$4 < N \leq 6 \rightarrow N_s = 2$$

$$N > 6 \rightarrow N_s = 3$$

IV.3.5 Couplage des pompes :

- Le couplage en série : Ce type de couplage est utilisé en vue de l'augmentation de la hauteur d'élévation des pompes.
- Le couplage en parallèle : ce type de couplage est utilisé en vue de l'augmentation du débit refoulé par les pompes.

IV.3.6 Point de fonctionnement des pompes :

Le point de fonctionnement d'une pompe est l'intersection entre la courbe caractéristique de la pompe installée (donnée par le constructeur ou par les essais de pompage), et en fonctionnement [H – Q] et la courbe caractéristique de la conduite (déterminée par l'installateur de la pompe) refoulant un débit de la pompe en fonctionnement [Hc – Q].

La pompe fonctionnera dans de bonnes conditions si le point de fonctionnement se trouve dans la zone non cavitationnelle et le débit lui correspondant dans la plage de bon fonctionnement pour un rendement optimal.

La courbe caractéristique de la conduite est une parabole de la fonction suivante :

$$H_C = H_g + \Delta H_T \quad (\text{IV-15})$$

H_g : hauteur géométrique (m).

ΔH_T : perte de charge totale (m).

$$\Delta H_T = \frac{K' * L_{ref} * Q^\beta}{D_{ec}^m} \quad (\text{IV-16})$$

K' : résistance par mètre linéaire : $K' = \frac{8 * \lambda}{g * \pi^2}$

β : Exposant tenant compte du régime d'écoulement.

m : Exposant tenant compte du type du matériau.

L_{ref} : longueur de la conduite de refoulement (m).

Q : débit refoulé par la pompe (m³/s).

D_{ec} : diamètre économique de la conduite de refoulement.

IV.3.7 Adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement données :

Si le débit demandé ou appelé est différent du débit pompé, on distingue les modes de réglage suivants :

- Débit disponible > Débit appelé :

Si le débit pompé est supérieur à la demande on corrige cet excès par un des modes de réglage suivant :

- ✓ Réglage qualitatif : C'est la réduction de la vitesse de rotation de la pompe si elle est variable c'est-à-dire qu'on un moteur à vitesse variable.
- ✓ Réglage quantitatif : Appelé aussi vannage, c'est la fermeture partielle du robinet vanne de refoulement. :

Le rendement de l'installation après vannage est :

$$\eta_{ap,van} = \eta_{av,van} * \frac{H_{app}}{H_{app} * H_v} \quad (\text{IV-17})$$

$\eta_{ap,van}$: Rendement de l'installation après le vannage (%).

$\eta_{av,van}$: Rendement de l'installation avant le vannage (%).

H_{app} : Hauteur manométrique appelée (m).

H_v : la différence entre la hauteur H_c' et la hauteur appelée

$$H_v = H_c' - H_{app} \quad (\text{IV-18})$$

H_c' : Hauteur correspondant à la projection du débit appelé sur la courbe caractéristique de la pompe [H – Q] (m).

- ✓ Augmentation des pertes de charge dans les conduites de refoulement : elles sont augmentées par l'augmentation des singularités (réducteur de pression, coude...etc).
- ✓ Diminution de temps de pompage : dans le cas où le pompage s'effectuerait dans un réservoir.

Le nouveau temps de fonctionnement de la station est tel que :

$$t' = \frac{Q_{app}}{Q_{pf}} * t \quad (\text{IV-19})$$

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

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

Q_{pf} : Débit correspondant au point de fonctionnement de la pompe (m³/h).

- ✓ Changement du temps de la pompe : dans le cas où c'est possible.

- Débit disponible < Débit appelé :

Dans ce cas-là, il faut faire un réglage soit :

- ✓ Qualitatif : augmentation de la vitesse de rotation de la pompe.
- ✓ Changement de type de pompe.

IV.3.8 Etude de la cavitation :

La cavitation est un phénomène physique affectant les liquides. Il s'agit d'une ébullition locale froide de liquide en raison d'une baisse de la pression statique ce qui cause la formation de poches et de bulles de vapeur. Afin d'éviter le phénomène de cavitation, la condition suivante doit être vérifiée que : **(NPSH)_r** < **(NPSH)_d**. (« Net Positive Section Head » ou « charge net d'aspiration requise »).

(NPSH)_r : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur.

(NPSH)_d : Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur. Pour les installations en aspiration :

$$(NPSH)_d = P_{atm} - H_{asp} - \left(T_v + \frac{V_a^2}{2g} + \Delta H_{asp} \right) \quad (IV-20)$$

$$(NPSH)_d = (NPSH)_r + R \quad (IV-21)$$

$$H_{asp} = P_{atm} - NPSH_r - R - T_v - \frac{V_a^2}{2g} - \Delta H_{asp} \quad (IV-22)$$

R : marge de sécurité, R = (0,3 – 0,5) m.

H_{asp} : hauteur de l'aspiration.

V_a : Vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration (m/s).

P_{atm} : Pression atmosphérique (m.c.e).

$$P_{atm} = 10.33 - 0.00139 * H \quad (IV-23)$$

H : altitude de la station.

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

Tableau IV-24 : Variation de la tension de vapeur d'eau en fonction de la température

T°(C°)	5	10	20	30	40	50	80	100
T _v (m.c.e)	0.09	0.12	0.24	0.43	0.75	1.25	4.82	10.33

La tension de vapeur d'eau sera choisie pour une température de 20 ° C.

ΔH_{asp,t} : perte de charge totale du côté aspiration.

$$\Delta H_{asp,t} = 1.15 * \Delta H_{asp,lin} \quad (IV-24)$$

$$\Delta H_{asp,lin} = \frac{8 * \lambda * L_{asp} * Q^2}{g * \pi^2 * D_a^5} \quad (IV-25)$$

$\Delta H_{asp,lin}$: perte de charge linéaire à l'aspiration (m).

L_{asp} : Longueur géométrique de la conduite d'aspiration (m).

Q : Débit à refouler (m³/s).

D_a : Diamètre de la conduite d'aspiration.

$$D_a = (1.2 \div 1.5) d_a \quad (IV-26)$$

D_a : diamètre de la tubulure d'aspiration (mm).

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

λ : coefficient de frottement.

Pour éviter la cavitation il faut caler la pompe. Le calage de la pompe est de déterminer la côte exacte de l'axe de la pompe par rapport à niveau du plan d'eau d'aspiration pour qu'elle fonctionne sans le moindre risque de cavitation. Pour les installations en aspiration :

$$\nabla_{axe,pompe} = \nabla_{min} + h_a - r \quad (IV-27)$$

$\nabla_{axe,pompe}$: Niveau de l'axe de la pompe (NGA).

∇_{min} : Niveau minimal du plan d'eau d'aspiration (NGA).

$$\nabla_{min} = C_R + h_{inc} \quad (IV-28)$$

C_R : Côte du radier de réservoir (NGA).

h_{inc} : Hauteur d'incendie dans le réservoir (m).

r : marge de sécurité, $r = (0,1 - 0,3)$ m.

IV.3.9 Etude de pompage :

- a) Ancienne Station de pompage de Oued El Bellah vers le réservoir de stockage R100 M3 de Oued El Bellah:

La SP refoule un débit de 22.23 l/s=80.04m³/h, pour une HMT de 40.05m, sur une longueur de 3000 m. Voici les résultats obtenus par KSB :

Tableau IV-25: Les caractéristiques des pompes pour refoulement Oued El Bellah

N°	Nombre de pompe	Débit (m ³ /h)	Hmt(m)	Rendement (%)	Pabs(kw)	Vitesse de rotation N(tr/min)	NPSHr
1	1	80.04	40.05	75.7	11.51	2959	2.96
2	1	80.07	40.06	70.44	12.39	2914	3.28

On choisit la 1ere pompe, le rendement, Pabs, NPSHr, N ces caractéristiques sont meilleures que la 2eme pompe.

Voici les courbes caractéristiques de la pompe : $[H - Q]$, $[Pabs - Q]$, $[\eta - Q]$, $[(NPSH)r - Q]$:

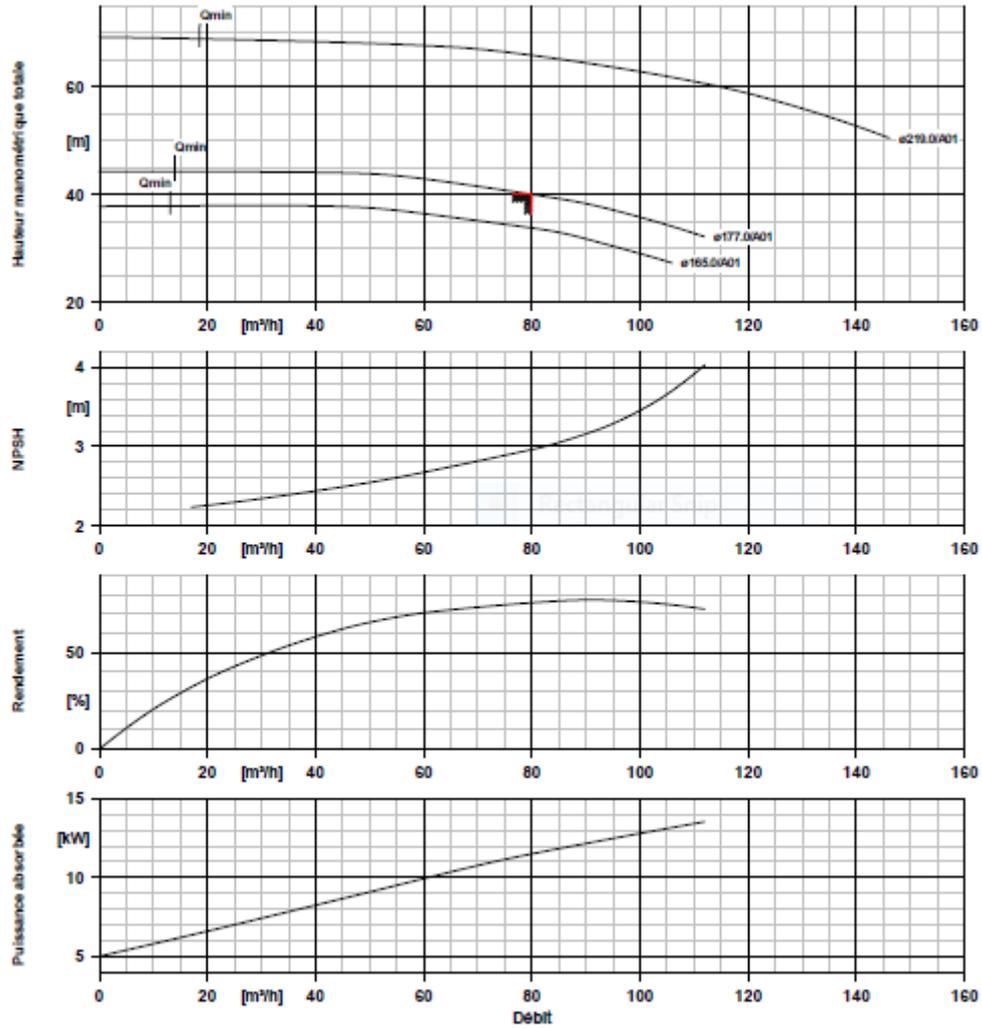


Figure IV-2 : Les courbes caractéristiques de la pompe de refoulement vers Oued El Bellah
(ETN 080-065-200 GGSAA11GD201502B.KSB)

- Le point de fonctionnement :

La courbe caractéristique de la conduite de refoulement et le point de fonctionnement de la pompe sont donnés sur la Figure IV.3.

Le débit et la hauteur manométrique totale correspondant au point de fonctionnement (pf) sont :

$$Q_{pf} = 80 \left(\frac{m^3}{h} \right) \approx Q_{app} = 80.04 \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

$$H_{pf} = 40 \text{ m} \approx H_{app} = 40.05 \text{ m}$$

Dans notre cas $Q_{pf} \approx Q_{app}$ donc on n'aura pas besoin d'aucun mode de réglage du débit.

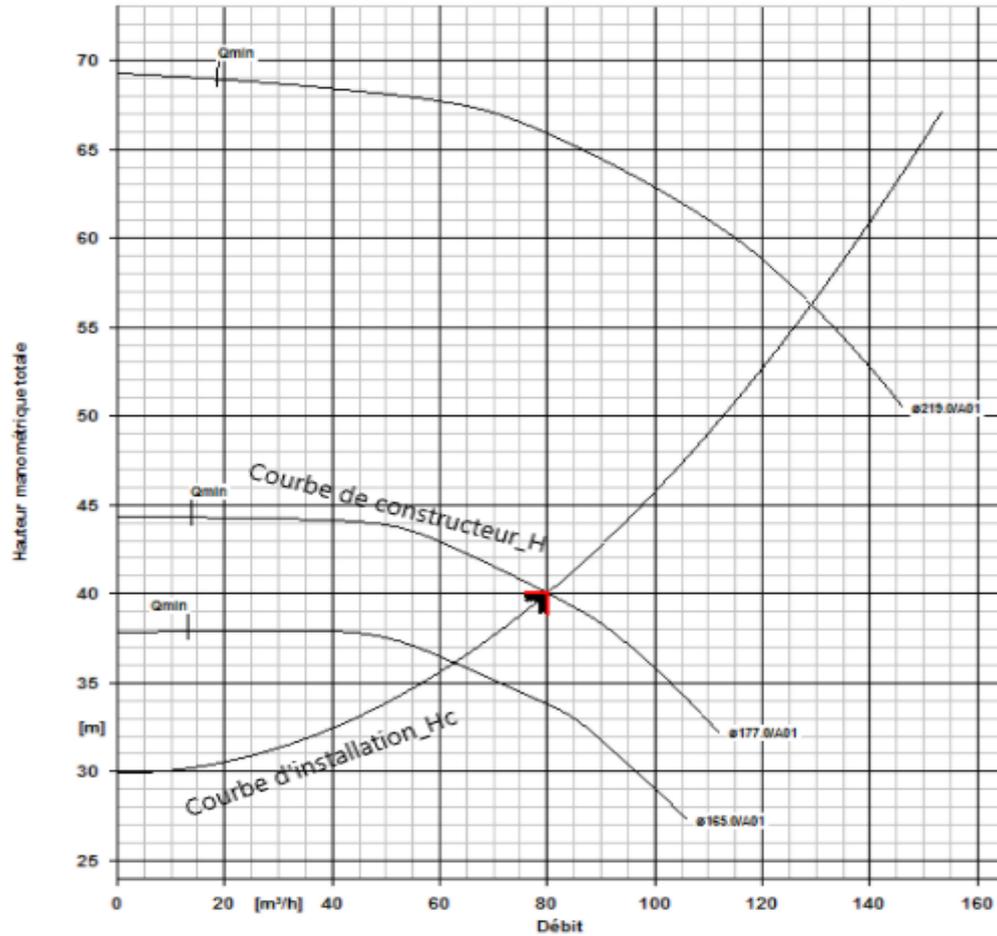


Figure IV-3: Point de fonctionnement de la pompe de refoulement vers Oued El Bellah

• Etude de la cavitation :

- La charge nette d'aspiration requise : $(NPSH)_r = 2.96 \text{ m}$.
- La pression atmosphérique $P_{atm} = 10.33 - 0.00139 * 33.2 = 10.284 \text{ mce}$
- La tension de vapeur d'eau à une température $T^\circ = 20^\circ\text{C}$: $T_v = 0,24 \text{ mce}$.
- Le diamètre de la conduite d'aspiration : $Da = 1.5 * 80 = 120 \text{ mm}$
- La vitesse d'aspiration : $V_a = \frac{4 * 80.04}{3.14 * 3600 * 0.12^2} = 1.68 \text{ m/s}$
- La perte de charge :

$$\text{Coefficient de frottement : } \lambda = \frac{K' * g * \pi^2}{8} = \frac{0.00179 * 9.81 * 3.14^2}{8} = 0.02164$$

$$\Delta H_{asp} = 1.15 * \frac{8 * 3 * 0.02164 * (80.04 / 3600)^2}{3.14^2 * 9.81 * 0.12^5} = 0.11 \text{ m}$$

- Hauteur d'aspiration :

$$H_{asp} = 10.284 - 2.69 - 0.5 - 0.24 - 0.145 - 0.11 = 6.599 \text{ m}$$

- La côte de l'axe de la pompe :

$$\nabla_{pompe} = 30.03 + 6.599 - 0.3 = 36.329 \text{ m}$$

- Description de la pompe :

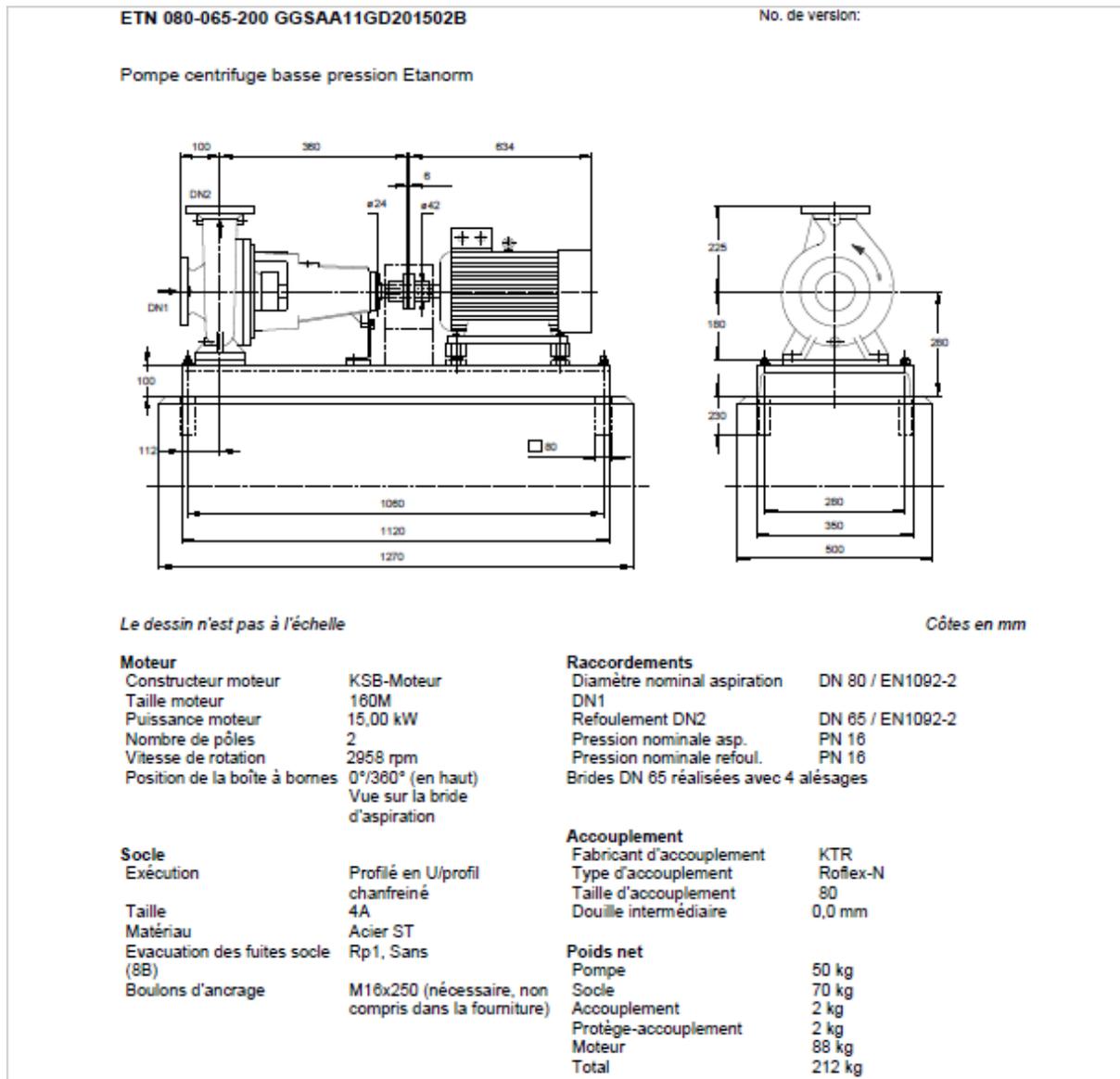


Figure IV-4 : Description de la pompe (ETN 080-065-200 GGSAA11GD201502B.KSB)

- b) Ancienne Station de pompage de Oued El Bellah vers le réservoir de stockage R500 M3 de Hamidia:

La SP refoule un débit de $64.8681/s=233.51m^3/h$, pour une HMT de 136.44m, sur une longueur de 2300m. Voici les résultats obtenus par KSB :

Tableau IV-26: Les caractéristiques des pompes pour refoulement Hamidia

N°	Nombre de pompe	Débit (m ³ /h)	Hmt (m)	Rendement (%)	Pabs (kw)	Vitesse de rotation N(tr/min)	NPSHr
1	1	233.72	136.47	77.33	112.09	2970	4.39
2	1	233.64	136.46	78.4	110.42	2983	5.38

On choisit la 2eme pompe, elle répond à notre besoin de côté Hmt et débit, avec un meilleur rendement que la 1ere pompe.

Voici les courbes caractéristiques de la pompe : $[H - Q]$, $[P_{abs} - Q]$, $[\eta - Q]$, $[(NPSH)_r - Q]$:

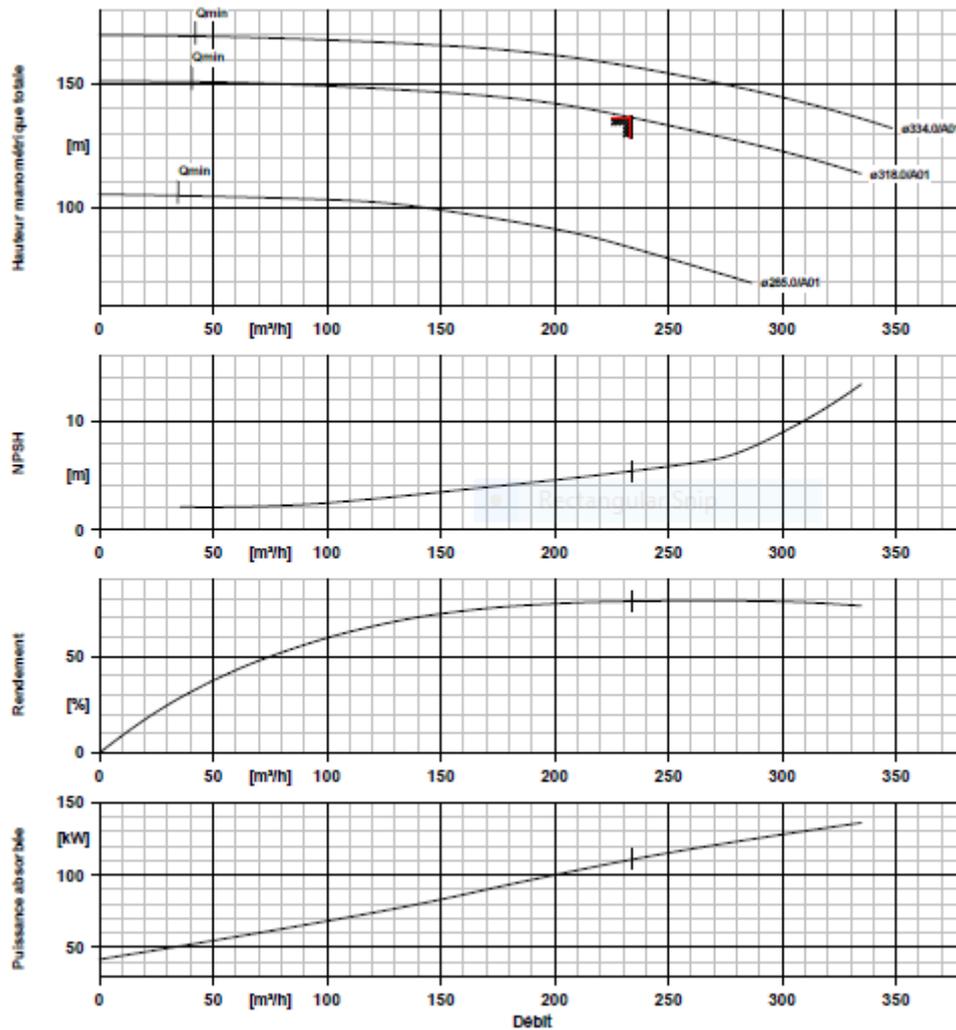


Figure IV-5: Les courbes caractéristiques de la pompe de refoulement vers Hamidia (ETN 100-080-315 GGSAA11GD613202B.KSB)

- Le point de fonctionnement :

La courbe caractéristique de la conduite de refoulement et le point de fonctionnement de la pompe sont donnés sur Figure IV.6.

Le débit et la hauteur manométrique totale correspondant au point de fonctionnement (pf) sont :

$$Q_{pf} = 233.73 \left(\frac{m^3}{h} \right) \approx Q_{app} = 233.51 \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

$$H_{pf} = 136.47 \text{ m} \approx H_{app} = 136.44 \text{ m}$$

Dans notre cas $Q_{pf} \approx Q_{app}$ donc on n'aura pas besoin d'aucun mode de réglage du débit.

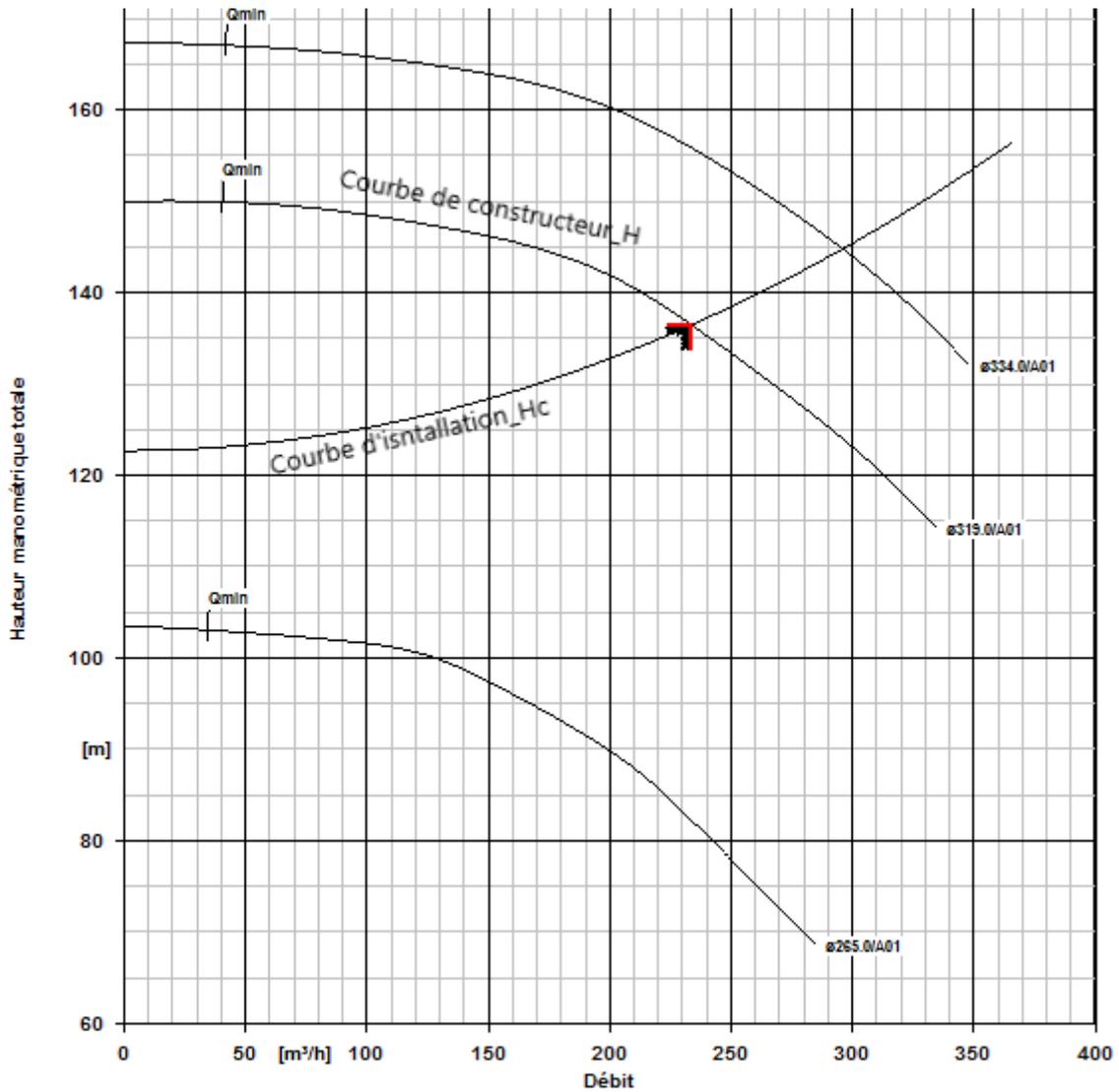


Figure IV-6: Le point de fonctionnement de la pompe de refoulement vers Hamidia

- Etude de la cavitation:

- La charge nette d'aspiration requise : $(NPSH)_r = 5.38 \text{ m}$.
- La pression atmosphérique $P_{atm} = 10.33 - 0.00139 * 33.2 = 10.284 \text{ mce}$
- La tension de vapeur d'eau à une température $T^o = 20^o\text{C}$: $T_v = 0,24 \text{ mce}$.
- Le diamètre de la conduite d'aspiration : $Da = 1.5 * 100 = 150\text{mm}$
- La vitesse d'aspiration : $V_a = \frac{4 * 233.51}{3.14 * 3600 * 0.15^2} = 3.67\text{m/s}$

La vitesse d'aspiration est très grande que la vitesse admissible, on prend $Da = 250\text{mm}$, on trouve $V_a = 1.32\text{m/s}$

- La perte de charge :

$$\Delta H_{asp} = 1.15 * \frac{8 * 3 * 0.02164 * (233.51 / 3600)^2}{3.14^2 * 9.81 * 0.25^5} = 0.023\text{m}$$

- Hauteur d'aspiration :

$$H_{asp} = 10.284 - 5.38 - 0.5 - 0.24 - 0.09 - 0.023 = 4.051 \text{ m}$$

- La cote de l'axe de la pompe :

$$\nabla_{min} = C_R + h_{inc} = 29 + 1.03 = 30.03 \text{ m}$$

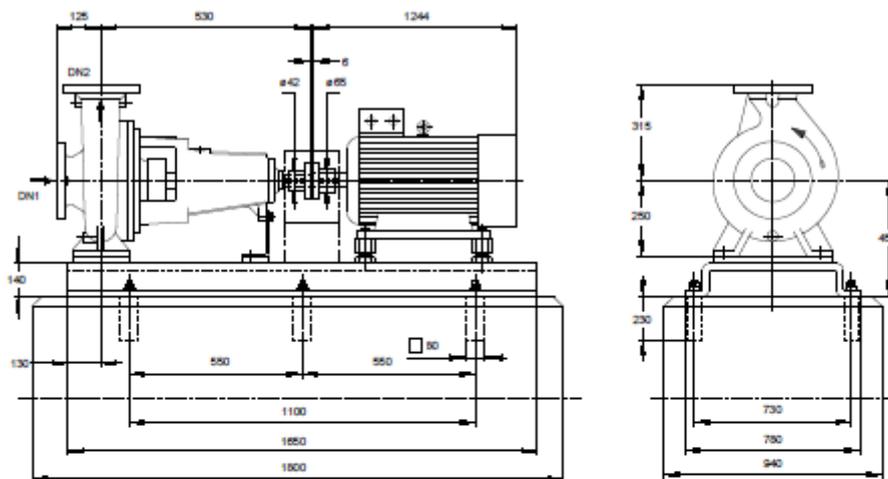
$$\nabla_{pompe} = 30.03 + 4.051 - 0.3 = 33.781 \text{ m}$$

- Description de la pompe :

ETN 100-080-315 GGSAA11GD613202B

No. de version:

Pompe centrifuge basse pression Etanorm



Le dessin n'est pas à l'échelle

Côtes en mm

Moteur		Raccordements	
Constructeur moteur	KSB-Moteur	Diamètre nominal aspiration	DN 100 / EN1092-2
Taille moteur	315M	DN1	
Puissance moteur	132,00 kW	Refoulement DN2	DN 80 / EN1092-2
Nombre de pôles	2	Pression nominale asp.	PN 16
Vitesse de rotation	2983 rpm	Pression nominale refoul.	PN 16
Position de la boîte à bornes	0°/360° (en haut) Vue sur la bride d'aspiration	Accouplement	
Socle		Fabricant d'accouplement	Flender
Exécution	Profilé en U/profil chanfreiné	Type d'accouplement	Eupex N
Taille	12B	Taille d'accouplement	160
Matériau	Acier ST	Douille intermédiaire	0,0 mm
Evacuation des fuites socle (8B)	Rp1, Sans	Poids net	
Boulons d'ancrage	M20x250 (nécessaire, non compris dans la fourniture)	Pompe	110 kg
		Socle	130 kg
		Accouplement	10 kg
		Protège-accouplement	2 kg
		Moteur	1048 kg
		Total	1300 kg

Figure IV-7: Description de la pompe (ETN 100-080-315 GGSAA11GD613202B.KSB)

c) Nouvelle Station de pompage de Oued El Bellah vers le réservoir de tampon R1000 M3 de Sidi Yahia :

La SP refoule un débit de $940.53\text{l/s}=3385.9\text{m}^3\text{/h}$, pour une HMT de 236.61m , sur une longueur de 5000m . Voici les résultats obtenus par CAPRARI :

Tableau IV-27: Les caractéristiques des pompes pour refoulement Sidi Yahia

N°	Nombre de pompe	Débit (m ³ /h)	Hmt (m)	Rendement (%)	Pabs (kw)	Vitesse de rotation N(tr/min)	NPSHr
1	7	3391.67	250.13	77.09	2996.13	2900	13.83
2	7	3386.11	250.65	77.13	2994.71	2900	13.78
3	6	3385.19	225.61	69.74	2972.59	2900	20.26

On choisit la 2eme pompe, elle répond à notre besoin de côté Hmt et débit avec un bon rendement et NPSHr min.

Voici les courbes caractéristiques de la pompe : [H – Q], [Pabs– Q], [η – Q], [(NPSH)_r – Q] :

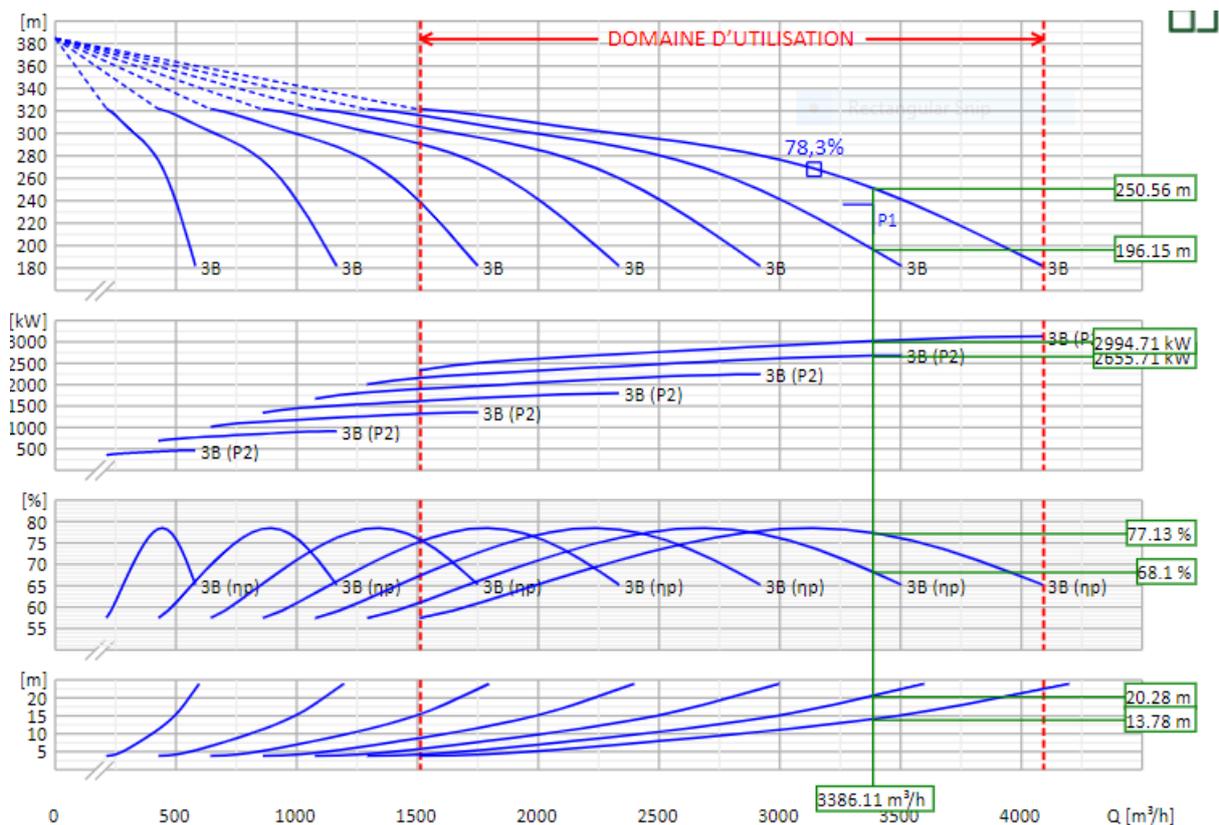


Figure IV-8 : Les courbes caractéristiques de la pompe de refoulement vers Sidi Yahia (PMXL150/3B.CAPRARI)

- Le point de fonctionnement :

Voici le résultat obtenu par CAPRARI :

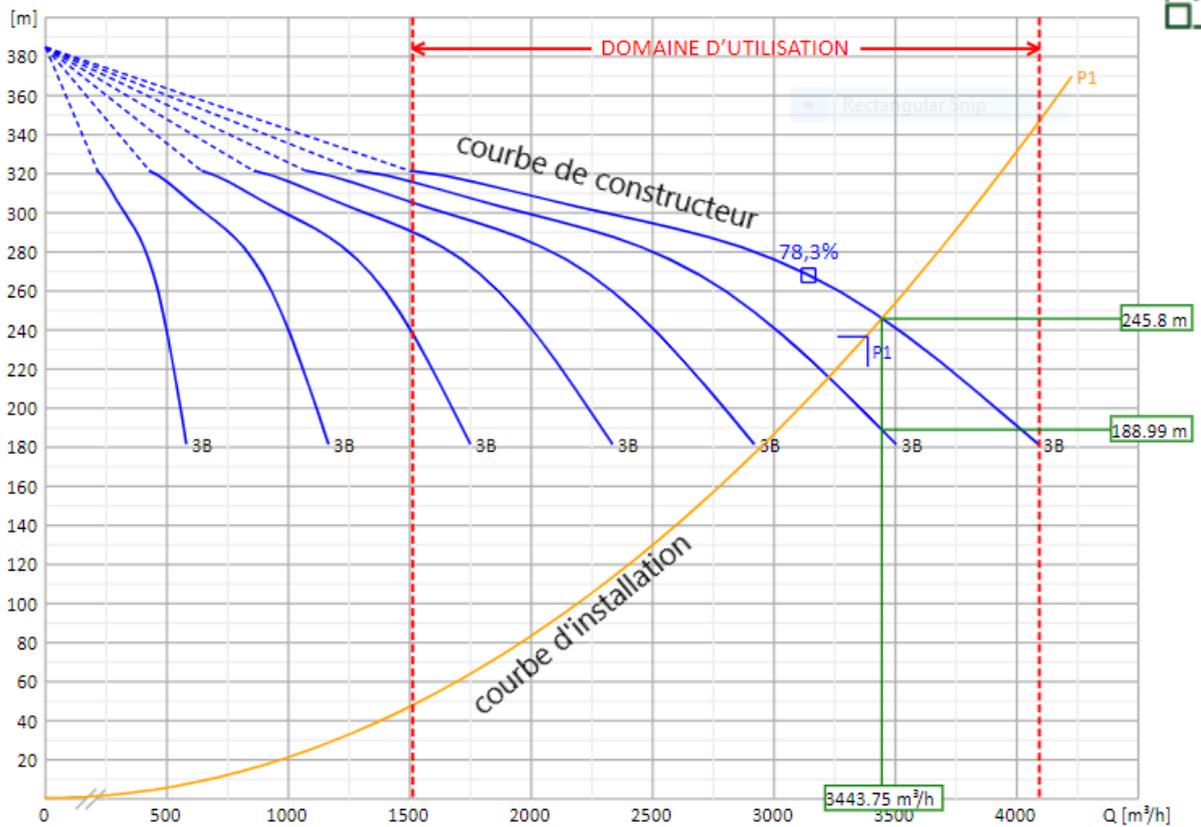


Figure IV-9 : Le point de fonctionnement de pompe de refoulement vers Sidi Yahia

D'après le Figure 4 : $Q_{pf} = 3433.75 \text{ m}^3/\text{h}$ et $Q_{app} = 3385.9 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q_{app} + 10\% Q_{app} = 3724.49 \text{ m}^3/\text{h} > Q_{pf}$, nous sommes dans l'intervalle, donc on n'aura pas besoin d'aucun mode de réglage du débit.

- Etude de la cavitation:

- La charge nette d'aspiration requise : $(NPSH)_r = 13.78 \text{ m}$.
- La pression atmosphérique $P_{atm} = 10.33 - 0.00139 * 33.2 = 10.284 \text{ mce}$.
- La tension de vapeur d'eau à une température $T^\circ = 20^\circ\text{C}$: $T_v = 0,24 \text{ mce}$.
- Le diamètre de la conduite d'aspiration : $Da = 1.5 * 200 = 300 \text{ mm}$
- La vitesse d'aspiration : $V_a = \frac{4 * 3385.9 / 7}{3.14 * 3600 * 0.3^2} = 1.9 \text{ m/s}$
- La perte de charge :

$$\Delta H_{asp} = 1.15 * \frac{8 * 10 * 0.02164 * (3385.9 / (7 * 3600))^2}{3.14^2 * 9.81 * 0.3^5} = 0.13 \text{ m}$$

- Hauteur d'aspiration :

$$H_{asp} = 10.284 - 13.78 - 0.5 - 0.24 - 0.18 - 0.13 = -4.546 \text{ m}$$

Donc on change le type de l'installation, on prend l'installation en charge :

$$H_{asp} = NPSH_r + R - P_{atm} + Tv + \frac{V_a^2}{2g} + \Delta h_{asp} \quad (IV-1)$$

$$H_{asp} = 13.78 + 0.5 - 10.284 + 0.24 + 0.18 + 0.13 = 4.546 \text{ m}$$

- La cote de l'axe de la pompe en charge :

$$\nabla_{\min} = C_R + h_{inc} = 35 + 1.03 = 36.03 \text{ m}$$

$$\nabla_{\text{pompe}} = \nabla_{\min} - H_{asp} + r = 36.03 - 5.361 + 0.3 = 30.969 \text{ m}$$

Remarque : à la place de la bache d'eau projeté dans la station de Oued El Bellah, nous projetterons un réservoir de cote de radier égale à 35m pour alimenter la nouvelle station. Le bache d'eau actuelle peut alimenter Hamidia et Oued El Bellah.

- Description de la pompe :

PMXLT150/3B : pompe centrifuge à axe horizontal :

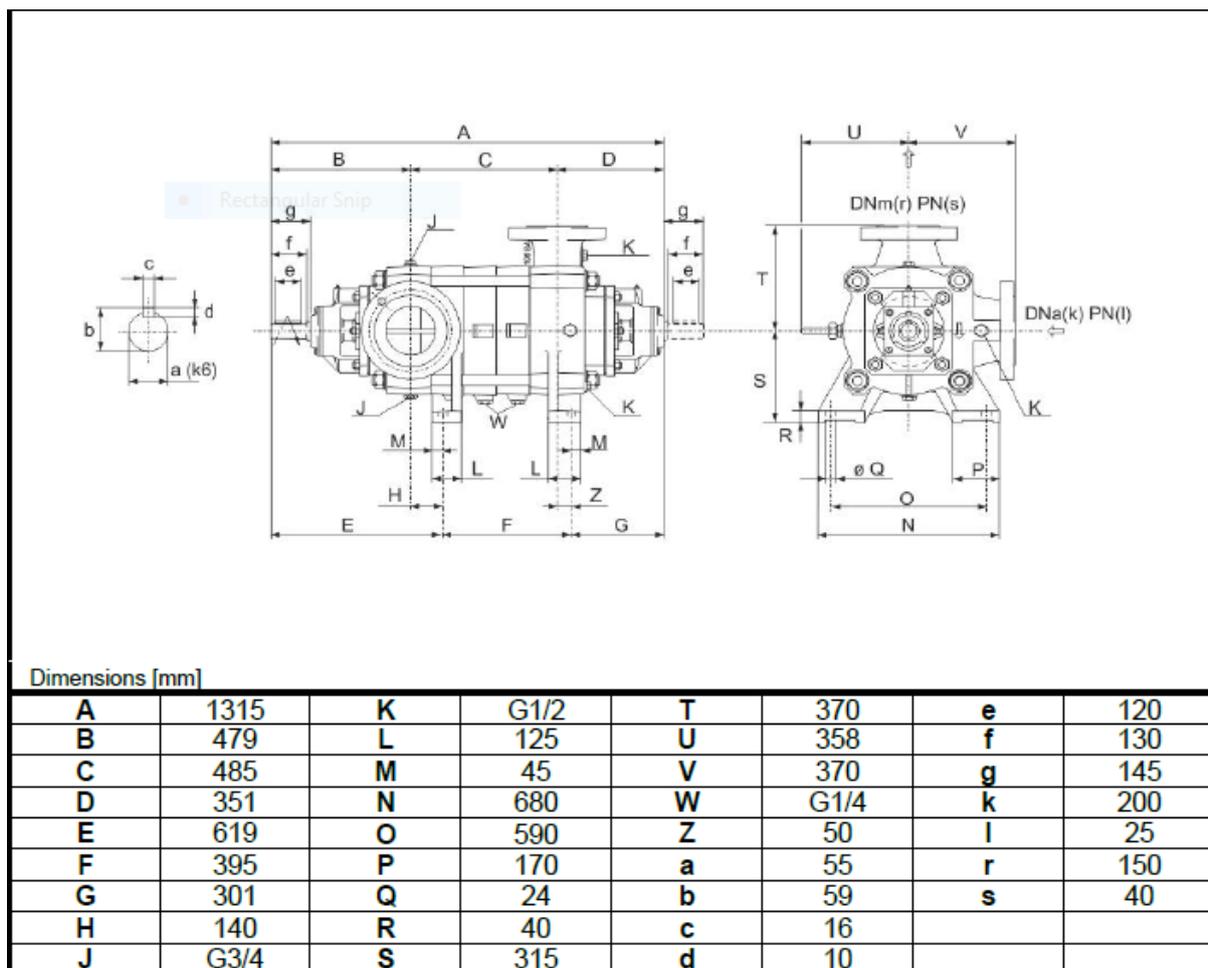


Figure IV-10 : Description de la pompe PMXLT150/3B

d) Station de pompage de Plateau Sud vers le réservoir de stockage R250 M3 de Sidi Boulahrouz:

La SP refoule un débit de $65.6811/s=236.4516m^3/h$, pour une HMT de 52.99m, sur une longueur de 1500m. Voici les résultats obtenus par KSB :

Tableau IV-28: les caractéristiques des pompes pour refoulement Sidi Boulahrouz

N°	Nombre de pompe	Débit (m3/h)	Hmt (m)	Rendement (%)	Pabs (kw)	Vitesse de rotation N(tr/min)	NPSHr
1	1	236.64	53	80.2	42.52	2962	5.81
2	1	236.56	52.99	77.59	43.95	2946	6.95
3	1	236.47	52.99	80.38	42.44	1470	2.54
4	1	236.69	53	82.49	41.35	2946	7.2

On choisit la 1ere pompe, elle répond à notre besoin de côté Hmt et débit avec un bon rendement et un NPSHr min.

Voici les courbes caractéristiques de la pompe : [H – Q], [Pabs– Q], [η – Q], [(NPSH)_r – Q] :

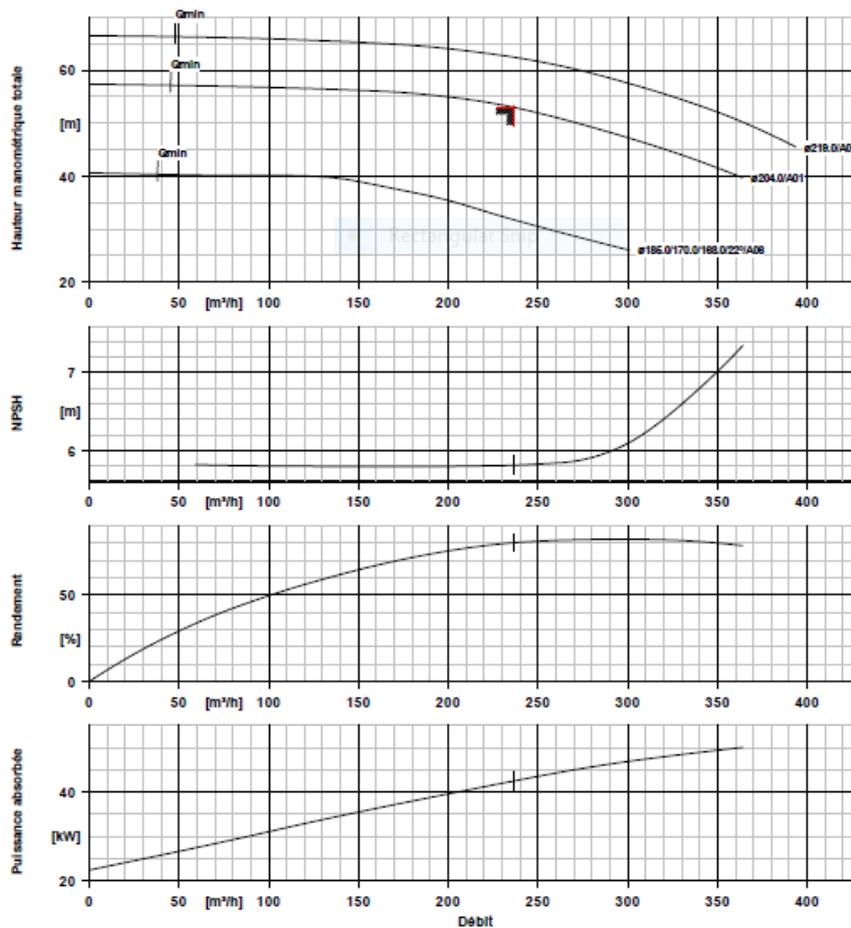


Figure IV-11 : Les courbes caractéristiques de la pompe de refoulement vers Sidi Boulahrouz((ETB 125-100-200 GGSAV11D304502 BM.KSB))

- Le point de fonctionnement :

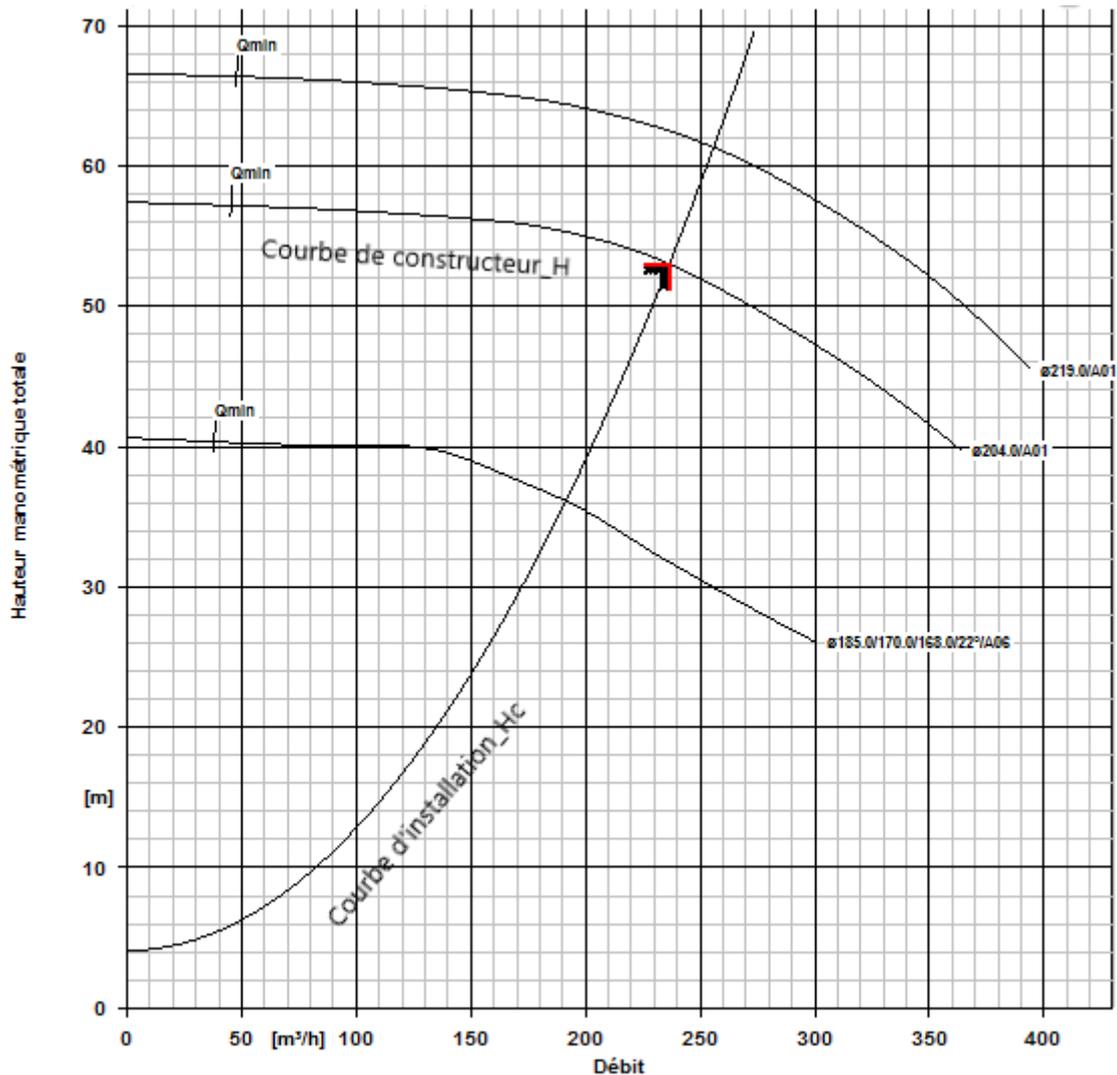


Figure IV-12: Point de fonctionnement de la pompe de refoulement vers Sidi Boulahrouz

Le débit et la hauteur manométrique totale correspondant au point de fonctionnement (pf) sont :

$$Q_{pf} = 236.56 \left(\frac{m^3}{h} \right) \approx Q_{app} = 236.45 \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

$$H_{pf} = 53.01 \text{ m} \approx H_{app} = 52.99 \text{ m}$$

Dans notre cas $Q_{pf} \approx Q_{app}$ donc on n'aura pas besoin d'aucun mode de réglage du débit.

- Etude de la cavitation :

- La charge nette d'aspiration requise : $(NPSH)_r = 5.81 \text{ m}$.
- La pression atmosphérique $P_{atm} = 10.33 - 0.00139 * 238.5 = 9.998 \text{ mce}$.

- La tension de vapeur d'eau à une température $T^{\circ} = 20^{\circ}\text{C}$: $T_v = 0,24 \text{ mce}$.
- Le diamètre de la conduite d'aspiration : $D_a = 1.5 * 125 = 187.5 \text{ mm}$
- La vitesse d'aspiration : $V_a = \frac{4 * 236.45}{3.14 * 3600 * 0.1875^2} = 2.38 \text{ m/s}$

$V_a > 2 \text{ m/s}$ on doit changer diamètre d'aspiration, on prend $D_a = 205 \text{ mm}$ ce qui donne $V_a = 1.9 \text{ m/s}$

- La perte de charge :

$$\Delta H_{\text{asp}} = 1.15 * \frac{8 * 1.2 * 0.02164 * (236.45/3600)^2}{3.14^2 * 9.81 * 0.205^5} = 0.03 \text{ m}$$

- Hauteur d'aspiration :

$$H_{\text{asp}} = 9.998 - 5.81 - 0.5 - 0.24 - 0.18 - 0.03 = 3.238 \text{ m}$$

- La cote de l'axe de la pompe :

$$\nabla_{\text{min}} = C_R + h_{\text{inc}} = 236.8 + 1.5 = 238.3 \text{ m}$$

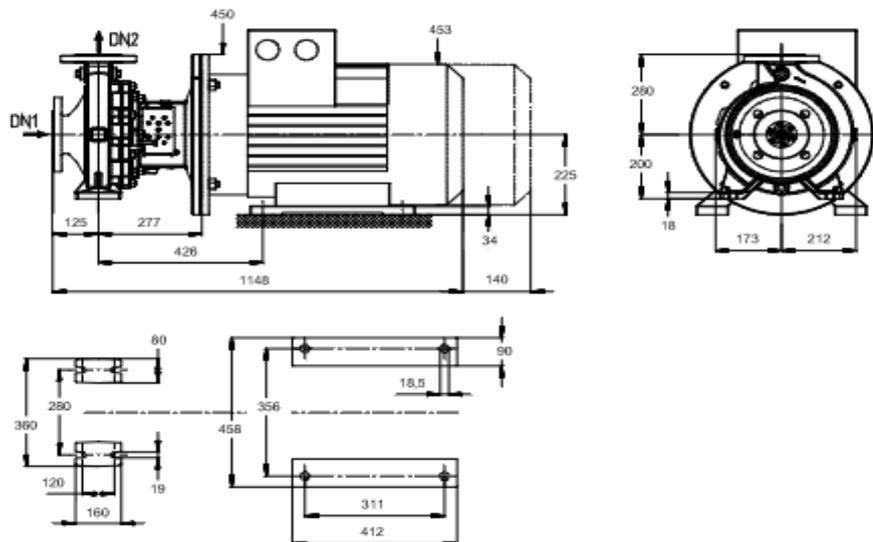
$$\nabla_{\text{pompe}} = 238.3 + 3.238 - 0.3 = 241.24 \text{ m}$$

- Description de la pompe :

ETB 125-100-200 GGSAV11D304502 BM

No. de version:

Pompe centrifuge basse pression Etabloc



Le dessin n'est pas à l'échelle

Côtes en mm

Moteur
 Constructeur moteur KSB-Moteur
 Taille moteur 225M
 Puissance moteur 45,00 kW
 Nombre de pôles 2
 Vitesse de rotation 2962 rpm
 Position de la boîte à bornes $0^{\circ}/360^{\circ}$ (en haut)
 Vue sur la bride d'aspiration

Raccordements
 Diamètre nominal aspiration DN1 DN 125 / EN1092-2
 Refoulement DN2 DN 100 / EN1092-2
 Pression nominale asp. PN 16
 Pression nominale refouil. PN 16

Poids net
 Pompe 90 kg
 Moteur 416 kg
 Total 506 kg

Figure IV-13: Description de la pompe ETB 125-100-200 GGSAV11D304502 BM

- Station de pompage de Oued El Hammam Nord vers le réservoir de stockage R250 M3 de Oued El Hammam Sud :

La SP refoule un débit de $24.56\text{l/s}=88.43\text{m}^3/\text{h}$, pour une HMT de 85.04m , sur une longueur de 860m . Voici les résultats obtenus par KSB :

Tableau IV-29: les caractéristiques des pompes pour refoulement Oued El Hammam Sud.

N°	Nombre de pompe	Débit (m ³ /h)	Hmt (m)	Rendement (%)	Pabs (kw)	Vitesse de rotation N(tr/min)	NPSHr (m)
1	1	88.4	85.04	72.5	28.19	2958	3.77
2	1	88.75	85.08	71.59	28.68	2933	3.22
3	1	88.04	85.04	72.13	28.35	2950	4.53

On choisit la 1ère pompe, elle répond à notre besoin de côté Hmt et débit avec un meilleure rendement et vitesse de rotation.

Voici les courbes caractéristiques de la pompe : $[H - Q]$, $[P_{abs} - Q]$, $[\eta - Q]$, $[(NPSH)_r - Q]$:

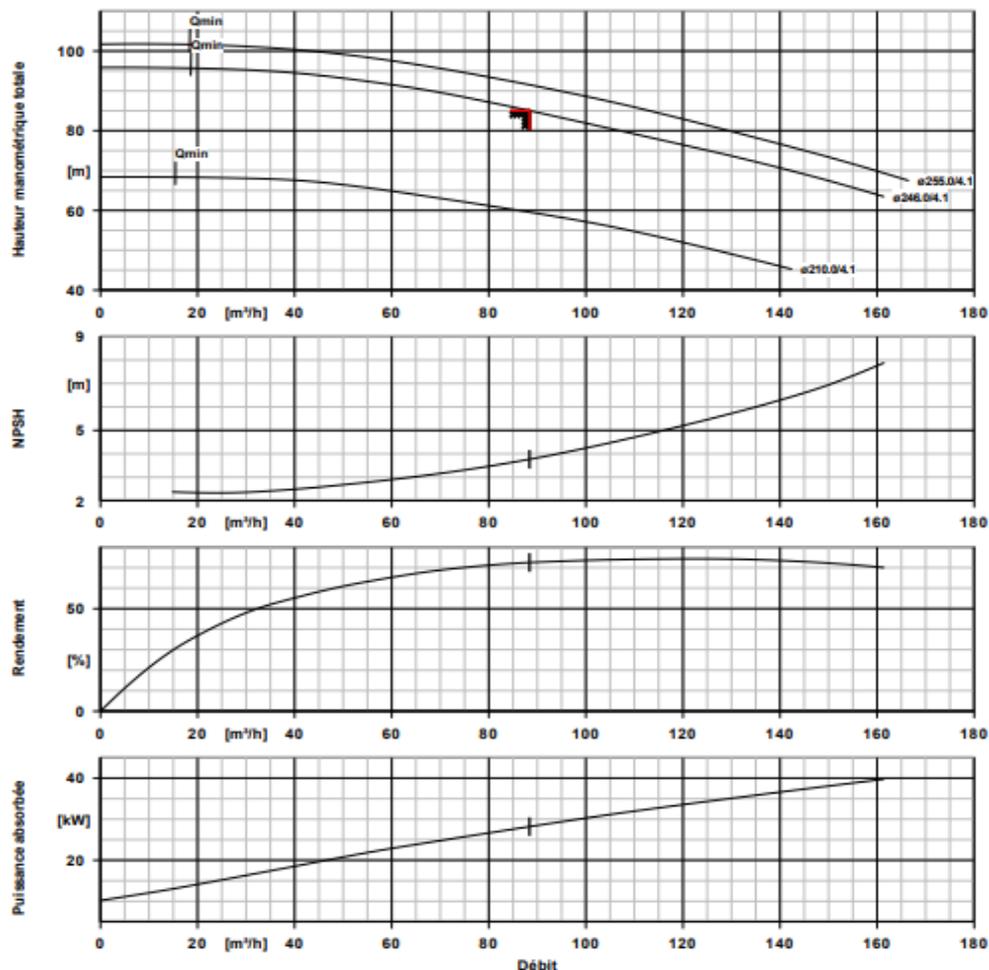


Figure IV-14: Les courbes caractéristiques de la pompe de refoulement vers Oued El Hammam Sud ((ETCB080-065-250 CCSAA11D303002 B.KSB)

- Le point de fonctionnement :

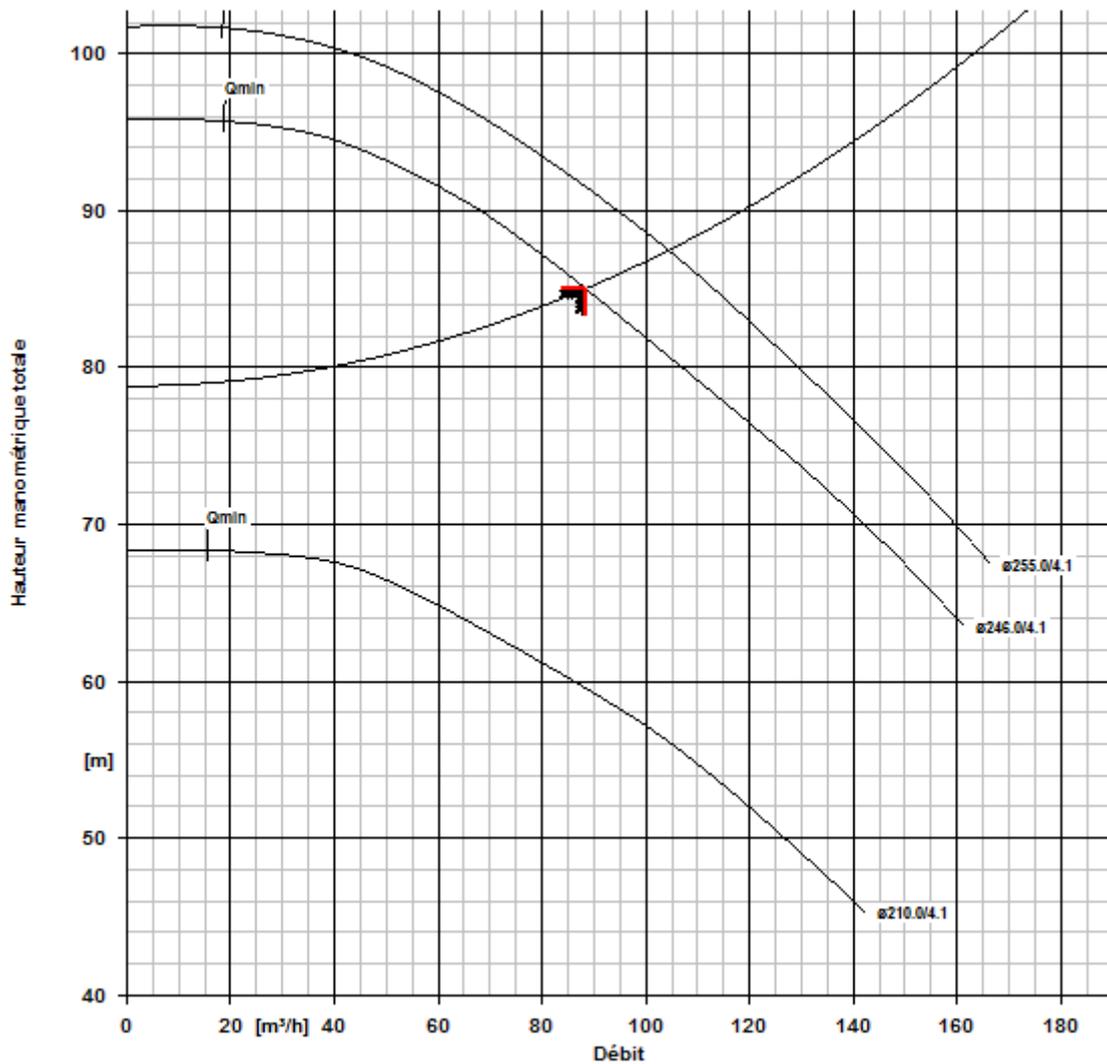


Figure IV-15 : Point de fonctionnement de la pompe de refoulement vers Oued El Hamman Sud

Le débit et la hauteur manométrique totale correspondant au point de fonctionnement (pf) sont :

$$Q_{pf} = 88.4 \left(\frac{m^3}{h} \right) \approx Q_{app} = 88.43 \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

$$H_{pf} = 85.05m \approx H_{app} = 85.04m$$

Dans notre cas $Q_{pf} \approx Q_{app}$ donc on n'aura pas besoin d'aucun mode de réglage du débit.

- Etude de la cavitation :

- La charge nette d'aspiration requise : $(NPSH)_r = 3.77m$.
- La pression atmosphérique $P_{atm} = 10.33 - 0.00139 * 39.6 = 10.275$ mce
- La tension de vapeur d'eau à une température $T^\circ = 20^\circ C$: $T_v = 0,24$ mce.
- Le diamètre de la conduite d'aspiration : $D_a = 1.5 * 80 = 120mm$
- La vitesse d'aspiration : $V_a = \frac{4 * 88.43}{3.14 * 3600 * 0.12^2} = 2.17m/s$

$V_a > 2\text{m/s}$ on doit changer diamètre d'aspiration, on prend $D_a=150\text{mm}$ ce qui donne $V_a=1.39\text{m/s}$

- La perte de charge :

$$\Delta H_{\text{asp}} = 1.15 * \frac{8 * 3 * 0.02164 * (88.43/3600)^2}{3.14^2 * 9.81 * 0.15^5} = 0.098\text{m}$$

- Hauteur d'aspiration :

$$H_{\text{asp}} = 9.998 - 3.77 - 0.5 - 0.24 - 0.18 - 0.098 = 5.21\text{m}$$

- La côte de l'axe de la pompe :

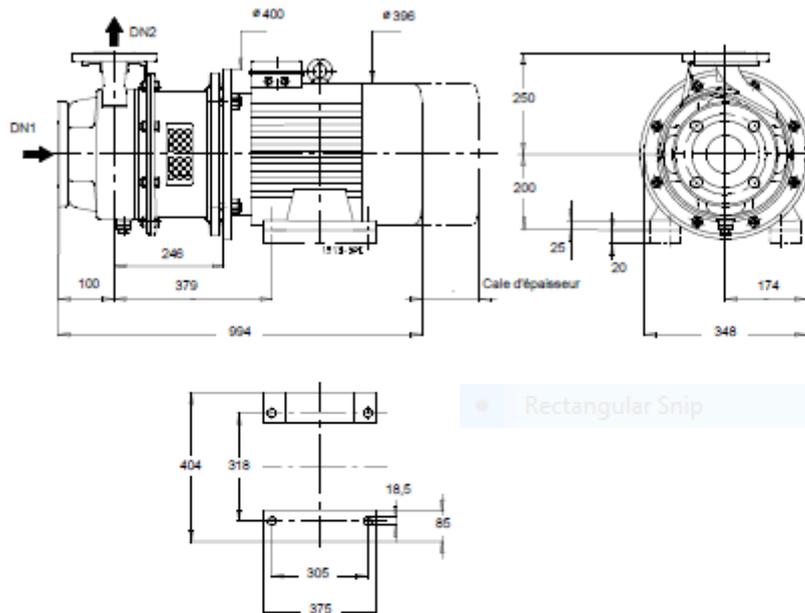
$$\nabla_{\text{min}} = C_R + h_{\text{inc}} = 39 + 0.6 = 39.6$$

$$\nabla_{\text{pompe}} = 39.6 + 5.21 - 0.3 = 44.51\text{m}$$

- Description de la pompe :

ETCB080-065-250 CCSAA11D303002 B

No. de version:



Le dessin n'est pas à l'échelle

Côtes en mm

Moteur	
Constructeur moteur	KSB-Moteur
Taille moteur	200L
Puissance moteur	30,00 kW
Nombre de pôles	2
Vitesse de rotation	2957 rpm
Position de la boîte à bornes	0°/360° (en haut) Vue sur la bride d'aspiration

Raccordements	
Diamètre nominal aspiration	DN 80 / EN 1092-1
DN1	
Refoulement DN2	DN 65 / EN 1092-1
Pression nominale asp.	PN 16
Pression nominale refoul.	PN 16
Brides DN 65 réalisées avec 4 alésages	

Poids net	
Pompe	54 kg
Moteur	225 kg
Total	279 kg

Figure IV-16 : Description de la pompe ETCB080-065-250 CCSAA11D303002 B

IV.4 Pose et protection des canalisations :

La longévité d'un réseau d'adduction d'eau potable et son bon fonctionnement reposent à la fois sur une bonne mise en place des conduites et de leurs équipements accessoires comme les vannes et les ventouses, et aussi sur une bonne protection contre d'éventuelles causes de destruction.

IV.4.1 Pose de canalisation :

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

a) Principe de pose de canalisation :

- La canalisation doit être suffisamment large de façon à permettre l'entrée des ouvriers.
- L'épaisseur du remblai au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite est de 1m dans les régions tempérées et de 1,25 à 1,50 m dans les régions à climat rigoureux. Il variable suivant les régions du fait du gel.
- Les tronçons horizontaux de conduite doivent être rigoureusement évités, elle doit être toujours posée avec une légère pente afin de créer des points bas pour la vidange, et des points hauts pour l'évacuation de l'air entraîné soit lors du remplissage de la conduite soit pendant le fonctionnement. On adopte en conséquence un tracé avec des pentes de quelques mm par mètre et des changements de pente tous les 200 à 400 m.
- Les canalisations doivent être éloignées lors de la pose de tout élément dure d'environ 10 m, de 30 cm des câbles électriques et de 60 cm des canalisations de gaz.
- Le mode de pose varie d'un terrain à l'autre, ceci dans le but de diminuer l'effet des différentes contraintes agissant sur la canalisation.

b) Pose de la conduite en tranchée :

- Terrain ordinaire :

La tranchée a une largeur minimale de 60 cm. Le fond est recouvert d'un lit de sable d'une épaisseur de 15 à 20 cm convenablement nivelé.

Dans le cas d'un soudage de joints, cette opération doit être faite de préférence en fond de tranchée en calant la canalisation soit avec des butées de terre soit avec des tronçons de madriers en bois disposés dans le sens de la longueur de la tranchée.

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints doit toujours avoir lieu avec remblaiement, l'essai consiste au remplissage de la conduite par l'eau sous une pression de 1,5 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite en cours de

fonctionnement. Cette épreuve doit durer 30 min environ, la diminution de la pression ne doit pas excéder 0,2 bars.

Le remblaiement doit être fait par couche de 20 à 30 cm exempts de pierre et bien pilonné et sera par la suite achevé avec des engins.

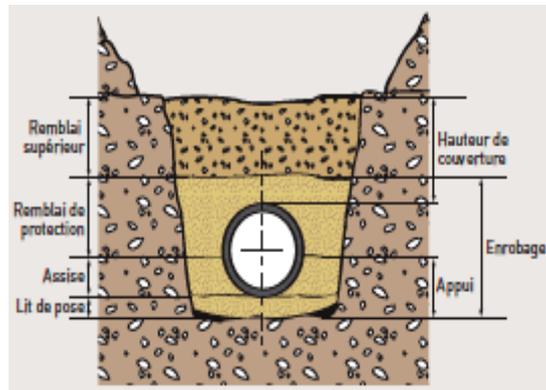


Figure IV-17 : Pose de canalisation dans un terrain ordinaire

- Traversée d'une rivière :

La pose de conduites à travers un oued demande certains travaux confortatifs. Deux cas peuvent se présenter.

- ✓ Premier cas : l'existence d'une route servira également à supporter la conduite d'adduction.
- ✓ Deuxième cas : si le pont route n'existe pas, la canalisation pourra suivre le lit de la rivière, elle sera posée sur des ouvrages spéciaux.



Figure IV-18: Premier cas - soutenir le passage de la conduite par le pont



Figure IV-19 : Deuxième cas - la canalisation suit le lit de la rivière

- Traversée de route :

Les charges lourdes peuvent provoquer des ruptures et par conséquent des infiltrations nuisibles à la conduite, pour la protéger on peut introduire les conduites dans des gaines qui sont des buses de diamètre supérieur ou bien les tuyaux peuvent être recouverts de béton.

- Pose à proximité d'une conduite d'assainissement :

Dans ce cas, les tuyaux d'eau potable devront être posés au-dessus des tuyaux d'eau usée.

c) Butées et amarrage :

C'est une disposition spéciale rencontrée dans la pose des conduites utilisées dans les changements de direction. Afin d'assurer la stabilité et la résistance aux poussées dues à des pressions de l'eau au niveau des coudes, des revêtements et les extrémités ou les ruptures pourraient survenir, il y a lieu de construire des massifs en béton qui par leur poids s'opposent au déboitement des joints.

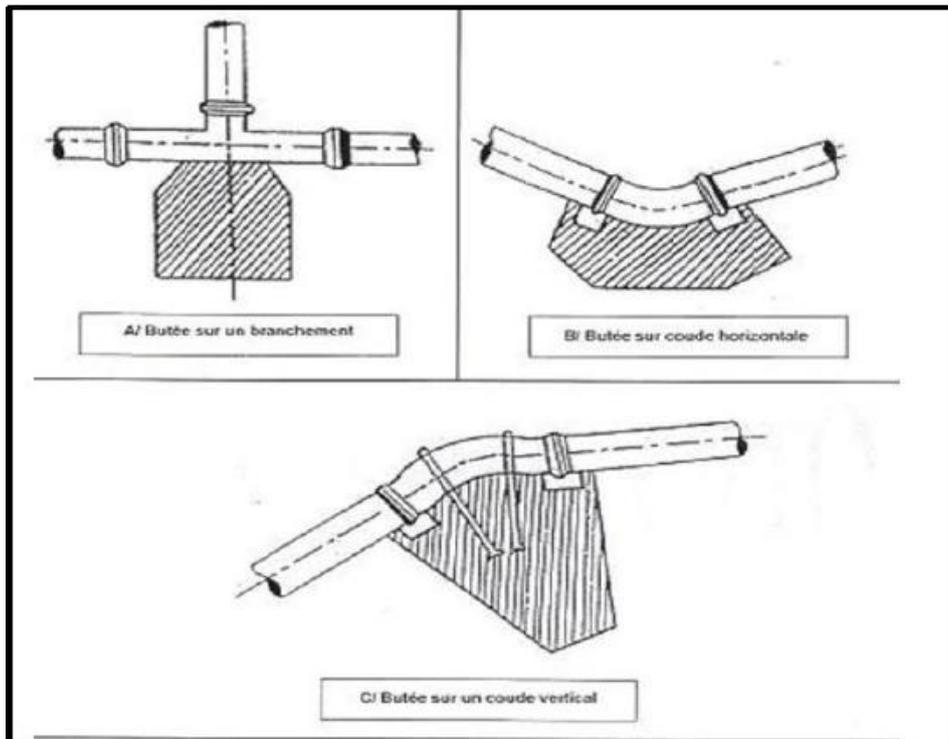


Figure IV-20 : Les butées

d) Assemblage par emboîtement :

Il est fortement recommandé de procéder à l'assemblage de deux tuyaux en insérant le bout uni du tuyau dans la tulipe du tuyau posé précédemment (la tulipe est toujours positionnée dans la direction de l'avancée du chantier de pose).

- Nettoyage des tulipes : nettoyer soigneusement l'intérieur de la tulipe, et particulièrement dans la gorge du joint, en enlevant éventuellement les résidus de peinture, en s'aidant des ustensiles prévus pour cette opération.
- Positionnement de la bague de joint : plier la bague de joint en forme de coeur et la positionner dans sa gorge, en s'assurant que le joint soit correctement installé et de façon uniforme sur toute la périphérie de la tulipe.
- Application de la pâte lubrifiante : appliquer une mince couche de pâte lubrifiante sur la bague de joint une fois installée et l'étendre uniformément sur la surface externe de joint.
- Nettoyage du bout uni de la partie lisse du tuyau : nettoyer avec soin l'extrémité lisse du tuyau à emboîter, en enlevant les incrustations ou aspérités éventuelles. Vérifier que l'extrémité chanfreinée soit parfaitement circulaire. Vérifier que la profondeur de pénétration soit bien indiquée, dans le cas contraire, marquer l'extrémité lisse d'un trait à la craie pour une distance égale à la profondeur de la tulipe moins 5 à 10 cm (distance

nécessaire pour éviter la continuité électrique entre deux tuyaux et permettre d'effectuer une déviation angulaire).

- Assemblage entre deux tuyaux : Les tuyaux sont assemblés en suivant les étapes suivantes :
 - ✓ Emboîter l'extrémité lisse en exerçant une poussée et en s'assurant qu'elle soit bien centrée par (un levier, un tir for, le godet de la pelle excavatrice. etc) .
 - ✓ Corriger les défauts éventuels en modifiant l'appui du tuyau sur le fond de la tranchée.
 - ✓ Pour utiliser le godet de la pelle en effort de poussée, il est nécessaire de positionner une cale en bois entre le godet et la tulipe du tuyau à emboîter pour ne pas risquer d'endommager ou d'érafler le tuyau.
 - ✓ L'opération d'assemblage doit être faite lentement et avec précaution, en particulier dans la phase initiale de l'effort de poussée pour permettre à la bague de joint de se déformer naturellement à l'emboîtement.
 - ✓ Une fois l'emboîtement terminé, il faut toujours vérifier sur la périphérie de la tulipe et à l'aide d'une jauge, que la bague de joint est correctement positionnée dans son logement.

e) **Les déviations angulaires :**

- Les bagues de joint d'étanchéité des tuyaux et des raccords automatiques autorisent une déviation angulaire dont des valeurs.
- Cette souplesse du joint dans l'assemblage entre deux tuyaux permet à la conduite de tracer de grandes courbes, mais aussi d'adapter la conduite aux modifications du tracé qui sont parfois nécessaires au moment de la pose, en outre, cette flexibilité entre deux tuyaux permet une plus grande élasticité de la conduite, ce qui est très utile lorsque la conduite enregistre des mouvements de terrain ou lors de secousses sismiques.

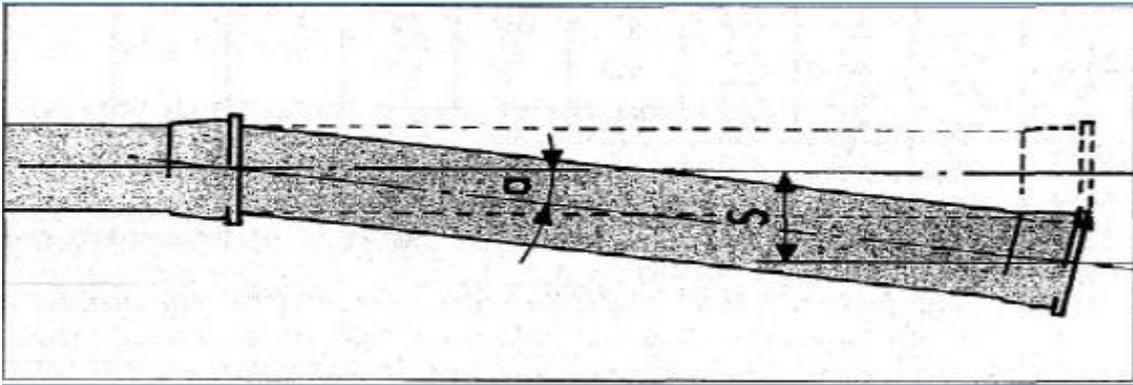


Figure IV-21 : les déviations angulaires des conduites

IV.4.2 Accessoires :

Le long d'une canalisation, divers organes accessoires sont installés tel que :

a) Les robinetteries :

- Les vannes de sectionnement :

Les vannes sont des pièces qui permettent de sectionner, régler, régulariser l'écoulement de l'eau dans le réseau et d'assurer une exploitation rationnelle. Il en existe plusieurs types :

- ✓ Les robinets vannes à opercule : sont des appareils de sectionnement à ouverture ou fermeture totale. La pièce maîtresse est constituée d'un obturateur, dont une vis de manœuvre assure le déplacement au cours de sa rotation. Elles sont généralement placées sur le réseau tertiaire et le réseau secondaire.
- ✓ Les vannes à papillons : sont des appareils de réglage de débit et de sectionnement. La pièce maîtresse est un disque appelé papillon qui pivote autour d'un axe perpendiculaire à celui de la canalisation pour en assurer l'ouverture ou la fermeture. Elles sont généralement placées prioritaire sur le réseau primaire et les stations de traitements. Leur avantage par rapport aux vannes à opercule, pour des diamètres équivalents sont : La légèreté, L'étanchéité parfaite, Un couple réduit de manœuvre, L'absence de vibration et de battement en cas d'ouverture partielle.

Pour notre réseau d'adduction, on prévoit l'installation :

- ✓ Des robinets vannes à opercule à la sortie de chaque pompe, sur chaque conduite d'arrivées et de vidange des réservoirs, sur la conduite d'aspiration de chaque pompe et au maximum chaque 400 m de la conduite gravitaire et de refoulement.
- ✓ Des robinets vannes papillon sur chaque conduite de départ du réservoir.



Figure IV-22: Robinet vanne à opercule



Figure IV-23: Robinet vanne à papillon.

- Les vannes de régulation :

- ✓ Les vannes de régulation, de réduction de pression et débit : Ce sont des vannes qui empruntent l'énergie nécessaire à leur fonctionnement à l'eau qui les traverse pour limiter ou maintenir la valeur de la pression ou du débit à la valeur désirée. (Régulateur amont, aval., Diaphragme...).
- ✓ Les clapets de non-retour permettent : de diriger l'écoulement dans une seule direction. Elles sont installées au palier de pression sur les réseaux, sur les conduites de refoulement, après les pompes.



Figure IV-24: Régulateurs de pression



Figure IV-25: Clapet anti retour.

Dans notre cas, on prévoit l'installation d'un clapet anti retour à la sortie de chaque pompe, pour le régulateur on l'utilise pour les ouvrages brise de charges si on a un point avec une grande pression que la pression admissible de la conduite.

- Les vannes de protection :

Afin de garder les réseaux en parfait état de fonctionnement, ils doivent être protégés contre la présence de l'air dans les conduites, les surpressions et les dépressions, les pertes de capacités dues à l'accumulation des impuretés dans les conduites.

- ✓ Les ventouses : Les ventouses ont pour rôle de dégager l'air présent dans les conduites afin de rétablir le diamètre de la conduite pour l'eau, de bloquer le déplacement des poches d'air vers des lieux où elles pourraient provoquer des coups de bélier importants, d'admettre l'air atmosphérique dans certaines conditions pour éviter l'écrasement des conduites ou l'aspiration de l'eau de la nappe phréatique dans laquelle passe la conduite. Les ventouses sont placées au point haut et elles sont disposées dans des regards visitables et leur bon fonctionnement doit être vérifié périodiquement.
- ✓ Les vidanges : Les vidanges sont placées aux points bas du réseau pour assurer la purge des conduites en cas d'entretien du réseau. et l'évacuation de l'eau en cas d'un coup de bélier.

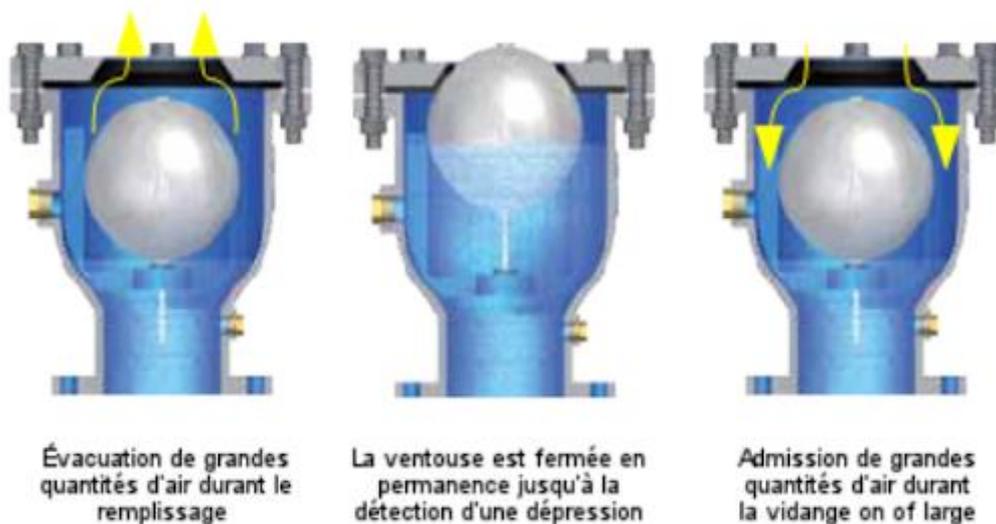


Figure IV-26 : Ventouse

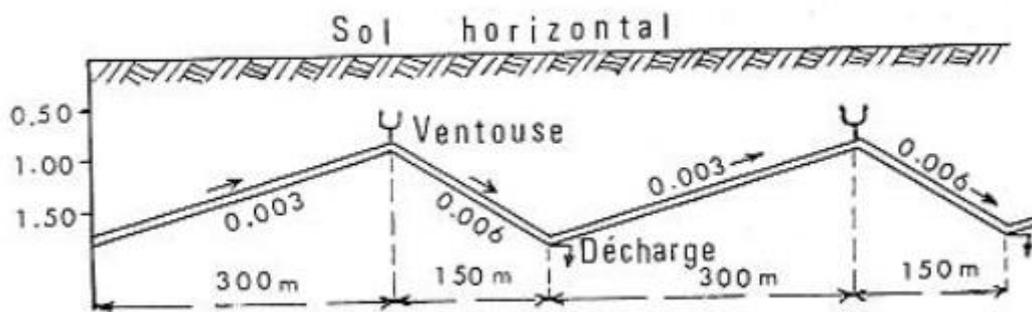


Figure IV-27: L'emplacement des ventouses et les Les vidanges

b) Organes de mesure :

- Mesure de débit :

Le réseau d'adduction nécessite l'emplacement des appareils de mesure de débit, qui seront installés en des points adéquats. On distingue des appareils traditionnels tel que le diaphragme, la venturi et la tuyère, et d'autres comme débitmètre électromagnétique, massique et débitmètre à turbine.



Figure IV-28 : débitmètre électromagnétique

- Mesure de pression :

Parmi les appareils les plus utilisés, on a :

- ✓ Manomètres à aiguilles : Dans les manomètres à aiguilles, le mouvement est transmis à l'aiguille soit par un secteur denté soit par un levier soit par une membrane. L'avantage de cette transmission est la facilité d'étalonnage et son inconvénient réside dans l'usure rapide de la denture surtout si le manomètre subit des vibrations.
- ✓ Manomètres à soufflet : Ce sont des manomètres dont l'organe actif est un élément élastique en forme de soufflet. Sous l'effet de la pression, le soufflet se déforme dans la direction axiale. Les manomètres à soufflet présentent l'avantage d'éliminer le danger de gel et leur inconvénient réside dans leur sensibilité aux vibrations et au surchauffage.



Figure IV-29: Manomètres à aiguilles

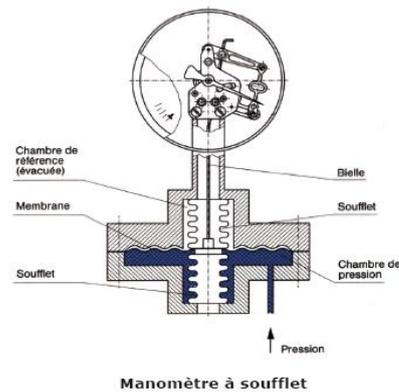


Figure IV-30 :Manomètres à soufflet

c) Organes de raccordement :

Les organes de raccordement sont nécessaires pour :

- ✓ La dérivation d'une partie d'écoulement ;
- ✓ Le changement de diamètre de la conduite.
- ✓ Le montage et le démontage des accessoires.
- ✓ Le changement de direction de la conduite.

- Coude :

Les coudes sont des accessoires utiles surtout pour les réseaux maillés et ramifiés, lorsque la conduite change de direction. Généralement, les coudes sont maintenus par des massifs de butées, convenablement dimensionnés. On distingue des coudes à deux emboîtements ou bien à emboîtements et à bout lisse ; les deux types de coude se présentent avec un angle α de : 1/4 (90°), 1/8 (45°), 1/16 (22°30'), 1/32 (11°15').

- Cônes :

Les cônes sont utilisés pour relier deux conduites de diamètres différents comme on les rencontre aussi à l'entrée et à la sortie des pompes. On distingue :

- ✓ Les cônes à deux emboîtements.
- ✓ Les cônes à deux brides.
- ✓ Les cônes à emboîtement et bride.

- Tés :

Les tés sont utilisés dans le but de soutirer un débit d'une canalisation ou d'ajouter un débit complémentaire. Ils sont rencontrés au niveau des réseaux maillés, ramifiés et des canalisations d'adduction en cas de piquage. Les tés se présentent soit à trois emboîtements, soit à deux emboîtements et brides.

- Joints de démontage :

En pratique, on rencontre des manchons à bouts lisses des deux extrémités, à deux emboîtements, à emboîtements et bout lisse, à deux brides, à bride et bout lisse, à emboîtement et bride, on les rencontre surtout au niveau des montages des appareils accessoires (vannes, clapet...) et au niveau de certains joints.

d) By-pass :

Le By-pass est utilisé pour :

- Faciliter la manœuvre de la vanne à fermeture lente ;
- Remplir à débit réduit, la conduite avant sa mise en service ;
- Relier la conduite d'arrivée à la conduite de départ du réservoir.

Dans notre cas, les by-pass sont placés parallèlement aux vannes de sectionnement se trouvant le long de la conduite gravitaire et de refoulement pour remplir les deux premiers rôles, et à l'intérieur de chambre de vannes pour remplir le troisième rôle.

e) Crépines :

La crépine évite l'entrée accidentelle de corps solides dans la pompe, elle est constituée par un cylindre perforé qui refuse le passage à des objets. Il est à noter qu'une crépine doit toujours être entièrement immergée pour éviter les rentrées d'air et éloignée d'environ 0,5 m

du fond du puisard. Les crépines sont installées dans chaque conduite de départ (collecteur d'aspiration) à l'intérieur des réservoirs.

f) Les joints de raccordement :

Les longueurs de tuyaux sont assemblées par des joints non verrouillés, verrouillés ou à brides. Les joints verrouillés permettent une auto butée des canalisations, évitant des massifs en béton lourds, encombrants et longs à réaliser. Les joints les plus couramment utilisés sont :

- Le joint automatique ;
- Les joints mécaniques.
- Le joint à brides (fixe ou orientable).

IV.4.3 Protection des canalisations :

Les conduites d'adduction gravitaire ou par refoulement, sont menacées de dégradation ou de destruction par causes divers naturelles ou artificielles. Leur bonne conservation dépend, en premier lieu, de la qualité du matériau dont elles sont constituées et surtout de son adaptation aux caractéristiques physico-chimiques des terrains dans lesquels elles sont posées

a) Protection des conduites contre le coup de bélier :

- Définition :

Le coup de bélier étant un cas particulier du régime transitoire, est un phénomène oscillatoire qui se manifeste dans les conduites en charge à écoulement gravitaire ou par refoulement. C'est le nom que l'on donne à une onde de choc hydraulique, lorsqu'un liquide non compressible comme l'eau, est stoppé net dans une canalisation. Cette onde de pression, positive ou négative, est caractérisée par une vitesse de propagation ou célérité, elle se réfléchit sur les obstacles, et en particulier sur les extrémités de la conduite, en changeant de signe ou non suivant les conditions physiques qui y sont rencontrées.

- Causes du coup de bélier :
 - ✓ L'ouverture ou la fermeture brusque des vannes dans les conduites en charge à écoulement gravitaire ;
 - ✓ La mise en marche ou l'arrêt des pompes dans les conduites en charge par refoulement.
 - ✓ Le remplissage ou la vidange d'un système d'AEP.
 - ✓ La modification de la vitesse d'une pompe.
 - ✓ La disparition de l'alimentation électrique dans une station de pompage est cependant la cause la plus répandue du coup de bélier.
 - ✓ La mise en marche ou la modification de l'opération d'une turbine.

- Risques dus aux coups de bélier :

Les conséquences du coup de bélier peuvent être néfastes, elles deviennent de plus en plus dangereuses à mesure que les paramètres modificateurs deviennent importants (variation de pressions et de débits dans le temps). Ces phénomènes se produisant dans une conduite en charge, peuvent provoquer des risques à la suite d'une dépression ou d'une surpression engendrée par les manœuvres brusques.

- ✓ Cas de surpression : Si la somme de la surpression et de la pression initiale dépasse la pression maximale admissible (PMA) de la conduite, il peut y avoir fissuration, des cassures de cette dernière, et déboîtement des joints.
- ✓ Cas de dépression : Si la pression devient inférieure à 1bars, ceci entraîne une implosion de la conduite, cavitation, l'aspiration des joints, décollement de l'enduit interne de protection.
- ✓ Fatigue de la conduite : En régime transitoire les alternances des surpressions et dépressions qui sont une conséquence inévitable du phénomène provoquent la fatigue pour le matériau de la canalisation même si leur amplitude est faible.

- Protection de la conduite de refoulement contre le coup de bélier :

On peut diminuer les effets de coup bélier mais on ne peut pas arrêter l'apparition du phénomène. A partir de ces appareils, on peut limiter la surpression et la dépression :

- ✓ Cheminée d'équilibre : Elle protège les installations aussi bien contre les surpressions que contre les dépressions, elle n'est économique que si la hauteur géométrique est faible. A cause de son encombrement, elle est déconseillée en AEP.
- ✓ Volant d'inertie : Couplé au moteur, il constitue un moyen permettant d'allonger le temps d'arrêt du moteur et cela protège les installations contre les dépressions. Il est aussi déconseillé grâce à son encombrement et sa consommation d'énergie supplémentaire
- ✓ Soupape de décharge. : Elle ne lutte que contre les surpressions, elle est munie d'un ressort qui avec le temps devient raide et n'accomplit pas son rôle. La protection des installations contre les surpressions est accompagnée par des pertes considérables d'eau pendant le fonctionnement.
- ✓ Réservoir d'air : Il protège les installations aussi bien contre les surpressions que contre les dépressions, il est le meilleur remède contre le coup de bélier.

Dans notre projet, on propose comme moyen de protection des installations, le réservoir d'air pour les avantages qu'il présente :

- Il est utilisé comme protection contre la dépression et la surpression ;
- Il est simple à installer et facile à contrôler ;
- Bon fonctionnement ;
- Bonne sécurité ;
- Pas de pertes d'eau.

➤ Les réservoirs d'air :

- ✓ Principe de fonctionnement : Le réservoir d'air contient de l'eau et de l'air, en marche normale, la pression de cet air équilibre la pression dans la conduite au point considéré. La disjonction du groupe électrique, le clapet se ferme. Puisque la pompe ne fournit plus de pression, une partie de l'eau de la cloche est chassée dans la conduite. En effet, à ce moment, la pression de l'air de la cloche est encore supérieure à celle qui s'exerce à l'autre extrémité de la conduite, au réservoir. L'eau de la conduite revient en arrière après l'annulation de sa vitesse et remonte dans la cloche, il en résulte donc une succession de surpressions et de dépressions jusqu'à l'amortissement du phénomène. La dissipation de l'énergie de l'eau peut être obtenue par le passage de celle-ci au travers d'un organe d'étranglement disposé à la base de la cloche.
- ✓ Calcul des réservoirs d'air : Le calcul du réservoir d'air permet de déterminer les valeurs de la surpression et de la dépression maximales dans les conduites de refoulement et le volume du réservoir d'air. Comme méthode de calcul, on distingue :
 - Méthode de Vibert : La méthode de Vibert donne de bons résultats pour les petites et moyennes installations et risque de donner des valeurs de réservoirs d'air, importantes dans le cas de grandes installations.
 - Méthode de Bergeron : La méthode de Bergeron est la plus répandue, elle donne de bons résultats que ce soit pour les petites ou pour les grandes installations.
 - Méthode de PUECH et MEUNIER.
- ✓ Dimensionnement de réservoir d'air par la méthode de Vibert : Les étapes à suivre pour déterminer le volume de réservoir d'air sont :

- Calcul de la célérité d'onde dans les conduites :

On calculera la célérité d'onde à l'aide de la formule améliorée par **Mr. SALAH Boualem** pour les conduites **enterrées** :

$$c = \sqrt{\frac{\frac{k}{\rho}}{1 + \frac{2 \cdot k \cdot a \cdot (1 - \nu_m^2) - (1 - \nu_s)}{(1 - \nu_m^2) \cdot a \cdot E_s + E_m \cdot e_m \cdot (1 - \nu_s)}}}} \quad \left(\frac{m}{s}\right) \quad (IV-29)$$

Avec :

k : Coefficient d'élasticité de l'eau. $K = 2,07 \times 10^9$ pascals.

ρ : Masse volumique de l'eau. $\rho = 1000$ Kg / m³.

E_m : Module de Young du matériau de la conduite. $E_m = 1 \times 10^{11}$ pascals pour la fonte ; et $E_m = 1200$ Mpa pour PEHD.

E_s : Module de Young du sol. $E_s = 2 \times 10^8$ pascals.

ν_m : Coefficient de Poisson du matériau. $\nu_m = 0,3$ (fonte) ; $\nu_m = 0,45$ (PEHD).

ν_s : Coefficient de Poisson du sol entourant la conduite. $\nu_s = 0,33$.

e_m : Epaisseur de la conduite (m).

a : rayon intérieur de la conduite (m).

- La valeur maximale de la surpression et de la dépression (ΔH_{max}) est donnée par :

$$\Delta H_{max} = \pm \frac{c \cdot V_0}{g} \quad (IV-30)$$

- Calcul de la charge (Z) tenant compte du coup de bélier :

$$Z = H_g + \Delta H_{max} \quad (IV-31)$$

V_0 : Vitesse moyenne de refoulement en (m/s).

g : L'accélération de la pesanteur (m/s²) ;

H_g : Hauteur géométrique (m).

- Calcul de la charge statique absolue (H_s) :

$$Z_0 = H_g + 10 \quad (IV-32)$$

Charge à la surpression :

$$H_s = H_g + \frac{c \cdot V_0}{g} \quad (IV-33)$$

Charge à la dépression :

$$H_s = H_g - \frac{c \cdot V_0}{g} \quad (IV-34)$$

- Calcul de la charge maximal absolue (Z_{\max}) :

$$Z_{\max} = Z_0 + \frac{c \cdot V_0}{g} \quad (\text{IV-35})$$

On a:

$$\frac{Z_{\max}}{Z_0} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{Abaque de Vibert} \Rightarrow \frac{U_0}{L \cdot S} \text{ et } \frac{Z_{\min}}{Z_0}$$

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2 \cdot g} \rightarrow \frac{h_0}{Z_0} \quad \int$$

A partir de $\frac{U_0}{L \cdot S}$, L et S, on tire U_0 , donc

$$U_0 \cdot Z_0 = U_{\max} \cdot Z_{\min} \Rightarrow U_{\max} = \frac{U_0}{\frac{Z_{\min}}{Z_0}} \quad (\text{IV-36})$$

U_{\max} : volume du réservoir d'air on le major de 30%.

- Application :

Les caractéristiques des adductions de refoulement sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau IV-30: Les caractéristiques de la conduite de refoulement.

Refoulement vers	Type de matériau	Q(m3/s)	L(m)	Dn(mm)	S(m2)	V(m/s)	Hg(m)
Oued El Bellah	PEHD	0.02223	3000	180	0.0210105	1.05804273	29.92
Hamidia	PEHD	0.0648626	2300	250	0.0405573	1.599283821	122.68
Sidi Yahia	Fonte	0.9405259	5000	800	0.5024	1.872065884	208.2
Sidi Boulahrouz:	Fonte	0.065681	1500	200	0.0314	2.091751592	4.1
Oued El Hammam Sud	PEHD	0.0245648	860	160	0.0165958	1.480183439	78.82

Tableau IV-31: Calcul de célérité d'onde de la conduite de refoulement.

Refoulement vers	K (Pa)	ρ (Kg/m3)	a(m)	v_m	v_s	Es (Pa)	Em (Pa)	em (m)	C (m/s)
Oued El Bellah	$2.07 \cdot 10^9$	1000	0.0818	0.45	0.33	$2 \cdot 10^8$	1200^6	0.0164	511.9525
Hamidia	$2.07 \cdot 10^9$	1000	0.11365	0.45	0.33	$2 \cdot 10^8$	1200^6	0.0227	511.5302
Sidi Yahia	$2.07 \cdot 10^9$	1000	0.4	0.3	0.33	$2 \cdot 10^8$	10^{11}	0.0117	974.7685
Sidi Boulahrouz:	$2.07 \cdot 10^9$	1000	0.1	0.3	0.33	$2 \cdot 10^8$	10^{11}	0.0227	1333.547
Oued El Hammam Sud	$2.07 \cdot 10^9$	1000	0.0727	0.45	0.33	$2 \cdot 10^8$	1200^6	0.0146	512.141

Tableau IV-32: Calcul les paramètres de l'abaque de Vibert

Refolement vers	Z0(m)	Zmax(m)	V0(m/s)	g(m/s ²)	h0(m)	h0/Z0	Zmax/Z0
Oued El Bellah	39.92	95.13587	1.058043	9.81	0.057057	0.001429	2.383163
Hamidia	132.68	216.0727	1.599284	9.81	0.130362	0.000983	1.628525
Sidi Yahia	218.2	404.2174	1.872066	9.81	0.178625	0.000819	1.852509
Sidi Boulahrouz	14.1	298.4475	2.091752	9.81	0.223008	0.015816	21.16649
Oued El Hammam Sud	88.82	166.0945	1.480183	9.81	0.111669	0.001257	1.870012

Tableau IV-33: Calcul de volume du réservoir d'air de l'adduction de refolement

Refolement vers	U0/L*S	Zmin/Z0	U0 (m3)	Umax (m3)	Umax+30% (m3)	Vnormalisé (m3)
Oued El Bellah	0.0065	0.55	0.4097046	0.7449175	0.968393	1
Hamidia	0.0095	0.655	0.886176	1.35294041	1.758823	1.8
Sidi Yahia	0.0056	0.602	14.0672	23.3674419	30.37767	31
Sidi Boulahrouz	/	/	/	/	/	/
Oued El Hammam Sud	0.0085	0.59	0.1213154	0.20561928	0.267305	0.3

Remarque :

Pour Sidi Boulahrouz, la valeur de Z_{max}/Z_0 dépasse les limites d'abaque de Vibert, mais on remarque que la hauteur géométrique est très petite, on peut installer un cheminés d'équilibre ou un volant d'inertie pour protection contre le coup de bélie.

Les réservoirs d'air sont installés à l'extérieur du chaque bâtiment de station de pompage pour la protection contre coup-bélier et réduire l'encombrement à l'intérieur de la salle des machines.

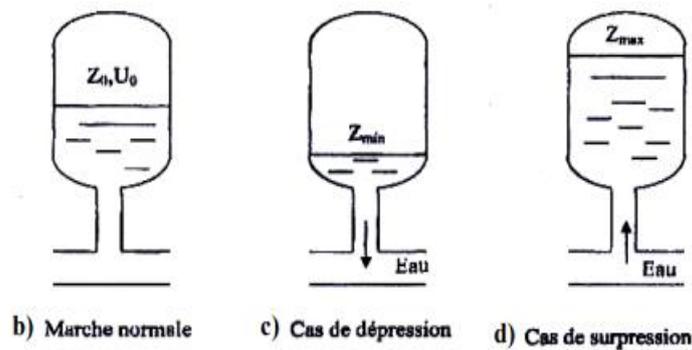


Figure IV-31 : Schéma d'installation du réservoir d'air

- Protection des conduites gravitaire contre le coup de bélier :

Tout comme les conduites en refoulement, les conduites gravitaires sont elles aussi menacées par les effets néfastes du coup de bélier et de la surpression qui est due au choc des particules liquides à la paroi du robinet vanne, donc pour la protection des conduites gravitaires contre cette phénomène, on se contentera de la détermination du temps de fermeture de la dernière vanne sur ces conduites gravitaires.

Après le calcul de la célérité de l'onde ; on détermine ensuite la durée du phénomène, c'est-à-dire le temps nécessaire par l'onde de surpression ou de dépression pour faire l'aller et le retour sur la totalité du tronçon, ce temps est calculé selon la formule suivante :

$$t_r = \frac{2L}{c} \quad (\text{IV-37})$$

Avec :

t_r : durée de l'aller et retour de l'onde (s).

L : longueur de la conduite (m).

c : la célérité (m/s).

On choisit la plus longue conduite gravitaire avec un grand débit entre le réservoir Tampon R2000 de Sidi Moussa et le bache d'eau de Oued El Bellah, la vanne est située à proximité de bache d'eau :

$$t_r = \frac{2 \cdot 8400}{974.7685} = 17.234 \text{ s}$$

Avec :

t_r : durée de l'aller et retour de l'onde (s).

L : longueur de la conduite (m).

C : la célérité (m/s).

La valeur de la surpression maximale est donnée par la formule de Michaud :

$$b = \frac{2 \cdot L \cdot V}{g \cdot t} \quad (\text{IV-38})$$

Avec :

L : Longueur de la conduite gravitaire (m).

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

t : le temps de fermeture du robinet vanne.

On vérifie la valeur de la surpression pour une durée de fermeture du robinet vanne de 0,25 h=900s, on trouve : $b = 3.69 \text{ m}$.

La charge à la surpression.

$$H_s = H_g + b = 144.39 + 3.69 = 148.08 \text{ m}$$

La pression maximale admissible de notre matériau (la fonte ductile) est 25 bars, donc les conduites gravitaires sont protégées contre l'effet du coup de bélier.

b) Protection des conduites contre la corrosion :

• Définition :

La corrosion est définie comme étant l'attaque du métal, due à des phénomènes extérieurs et intérieurs, qui sont en liaison soit avec la nature du sol soit avec les installations électriques, situées au voisinage du réseau soit aussi avec la nature de l'eau transportée.

• Facteurs de la corrosion :

La corrosion peut être causée par plusieurs facteurs parmi lesquels, nous avons :

- ✓ L'eau : n'a pas un caractère corrosif, par contre certains éléments qui peuvent lui conférer ont des effets importants sur la corrosion.
 - ✓ Le PH de l'eau : nous remarquons dans la pratique, si le PH de l'eau est inférieur à 6, l'eau a un effet corrosif vers l'acier. Donc pour diminuer la corrosion, on a intérêt à augmenter le PH de l'eau tout en veillant sur son oxydation.
 - ✓ La température : les fortes variations de température entraînent l'accélération de la corrosion.
 - ✓ La vitesse de l'eau : l'excès de vitesse de l'eau dans les conduites, peut contribuer à la destruction du précipité calcique protecteur, il provoque une détérioration des canalisations.
 - ✓ Hétérogénéité du terrain : la traversée des terrains de natures différentes par une conduite, peut être influencée sur la corrosion de cette dernière. Ceci induit à des différents électrolytes ; et la différence de potentiel du métal par rapport à cet électrolyte va varier. D'où la corrosion de la conduite va se déclencher.
 - ✓ Le métal : les conduites en acier enterrées dans un milieu de potentiel différent seraient constamment attaquées si une protection n'était pas envisagée.
 - ✓ L'homme : a sa part de responsabilité dans la détérioration des canalisations, en effet, il intervient :
 - Dans la qualité de la conduite et le choix du remblai ;
 - La mauvaise installation des joints qui perturbe la circulation de l'eau.
- Protection contre la corrosion des conduites de tuyaux en fonte ductile :
- ✓ Les principaux types de protection contre la corrosion extérieure sont les suivants :

- Couche de zinc avec revêtement ;
 - Couche de zinc-aluminium avec revêtement ;
 - Revêtement en mortier de ciment armé.
 - Revêtement en polyéthylène.
- ✓ Les principaux types de protection contre la corrosion intérieure sont les suivants :
- Revêtement intérieur au mortier de ciment ;
 - Revêtement intérieur en polyéthylène



Figure IV-32 : Protection de la conduite en fonte contre la corrosion extérieure avec revêtement en polyéthylène

IV.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a dimensionné et projeté neuf réservoirs d'eau pour satisfaire les besoins en eau de notre zone étude qui sont :

- R550 pour Oued El Bellah
- R750 pour le centre-ville
- R1000 pour Oued El Hammam nord
- R400 pour Oued El Hammam sud
- R1000 pour Hamidia
- R1300 pour Sidi Boulahrouz

- R150 pour Sidi Yahia
- Bâche d'eau de capacité 350m³ pour SP de Oued El Bellah
- Bâche d'eau de capacité 160m³ pour SP plateau Sud.

On a aussi parler sur les pompes qu'on adopter pour les 3 station de pompage de notre zone d'étude, grâce à KSB et CAPRARI, on a vérifié le point de fonctionnement de chaque pompe et s'il répondre à notre besoin de coté de Hmt ou bien le débit. Enfin, on a calculé la hauteur d'aspiration admissible pour protéger les pompes contre la cavitation.

Finalement, nous avons détaillé les différents types de pose de conduites en fonction de lieu et des obstacles qui peuvent survenir, nous avons également présenté les moyens de protection contre le régime transitoire et la corrosion, pour les conduites gravitaires et de refoulements. Nous avons choisi le réservoir d'air pour la protection contre le coup bélier pour les conduites de refoulements qu'est placé à la sortie de chaque station de pompage. Pour les conduite gravitaire la pression admissible de la fonte peut résister les effets de coup bélier. Pour la corrosion, nous avons adopté une manche en polyéthylène ou une couche de goudron assurant la protection des conduites en fonte ductile.

Chapitre V :
**Estimation quantitative et
financière du système de transfert
d'eau :**

Chapitre V : Estimation quantitative et financière du système de transfert d'eau :

V.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons estimer le coût de ce projet. Mais avant tout, pour un projet soit exécuté dans les meilleures conditions possibles, il est nécessaire de bien préparer l'environnement de travail, en termes de progrès, de calcul de volume de travail pour réduire le coût de réalisation... cette opération s'appelle 'Organisation de chantier'.

V.2 Organisation de chantier :

V.2.1 Travaux concernant l'adduction :

Les étapes des différents travaux sur des chantiers de réalisation pour une adduction d'AEP sont :

a) Excavation des tranchées :

Cette opération se divise en deux étapes :

- Enlèvement de la couche végétale :

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

- Le déblai :

Selon les caractéristiques du terrain ; le déblai sera réalisé mécaniquement. La profondeur minimale de la tranchée à excaver doit atteindre 1 m pour les raisons suivantes :

- ✓ Pour garder la fraîcheur de l'eau pendant les grandes chaleurs.
- ✓ Pour protéger la canalisation contre le gel.

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

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

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

- ✓ La profondeur de la tranchée « Htr ».
- ✓ La largeur de la tranchée « b ».

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

- ✓ La profondeur de la tranchée : La profondeur de la tranchée dépend du diamètre de la conduite. Elle est donnée par la relation suivante :

$$H_{tr}=D+h+h_1 \quad (\text{V-1})$$

Avec :

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

D : diamètre de la conduite (m).

h : hauteur de la génératrice supérieure de la conduite à la surface du sol. On prend h = 1 m.

h₁ : épaisseur du lit de pose ,h₁ = 0,2m .

Donc :

$$H_{tr}=1.2+D \quad (\text{V-2})$$

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

$$b=D+0.6 \quad (\text{V-3})$$

Avec :

b : largeur de la tranchée (m).

D : Diamètre de la conduite (m).

- ✓ Volume à excaver :

$$V_d=S_d*L=(b*H_{tr})*L \quad (\text{V-4})$$

Avec :

V_d : volume du déblai (m³).

S_d : la section de la tranchée (m²).

L : la longueur du tranché (m).

b : la largeur de la tranché (m).

H_{tr} : la hauteur du tranché.

Tableau V-1: Calcul du volume du déblai de l'adduction

D(mm)	L(mm)	b(m)	Htr (m)	Sd (m2)	Vd(m3)
800	8400	1.4	2	2.8	23520
450	1670	1.05	1.65	1.7325	2893.275
450	1370	1.05	1.65	1.7325	2373.525
450	1632	1.05	1.65	1.7325	2827.44
300	300	0.9	1.5	1.35	405
200	1361	0.8	1.4	1.12	1524.32
180	3000	0.78	1.38	1.0764	3229.2
250	2300	0.85	1.45	1.2325	2834.75
800	5000	1.4	2	2.8	14000
200	1500	0.8	1.4	1.12	1680
160	860	0.76	1.36	1.0336	888.896
Volume Total					56176.406

D'après ce tableau, le volume total du déblai est 56177 m3.

- Lit de sable :

Le long de l'adduction, la conduite doit être posée sur un lit de sable de 20cm d'épaisseur.

$$V_s = S_s * L = (b * e) * L \quad (\text{V-5})$$

Avec:

Vs : volume du lit de sable (m3).

Ss : Surface du lit de sable (m2).

b : la largeur de lit de sable (m) qu'égal la largeur de la tranchée.

e: épaisseur du lit de sable, e = 20 cm.

Tableau V-2 : Calcul du volume du lit de sable

D(mm)	L(mm)	b(m)	Ss(m2)	Vs(m3)
800	8400	1.4	0.28	2352
450	1670	1.05	0.21	350.7
450	1370	1.05	0.21	287.7
450	1632	1.05	0.21	342.72
300	300	0.9	0.18	54
200	1361	0.8	0.16	217.76
180	3000	0.78	0.156	468
250	2300	0.85	0.17	391

800	5000	1.4	0.28	1400
200	1500	0.8	0.16	240
160	860	0.76	0.152	130.72
Volume total				6234.6

D'après ce tableau, le volume total du lit de sable est de 6235 m³.

- Le volume des remblais :

Le volume des remblais est :

$$V_R = S_R * L \quad (\text{V-6})$$

La surface de remblai est :

$$S_R = S_d - S_c - S_s \quad (\text{V-7})$$

Avec:

S_d : Surface du déblai (m²).

S_c : Surface de la conduite (m²).

S_s : Surface du lit de sable (m²).

Tableau V-3 : Calcul du volume du remblai

D(mm)	L(mm)	S _d (m ²)	S _s (m ²)	S _c (m ²)	S _R (m ²)	V _R (m ³)
800	8400	2.8	0.28	0.5024	2.0176	16947.84
450	1670	1.7325	0.21	0.158963	1.363538	2277.108
450	1370	1.7325	0.21	0.158963	1.363538	1868.046
450	1632	1.7325	0.21	0.158963	1.363538	2225.293
300	300	1.35	0.18	0.07065	1.09935	329.805
200	1361	1.12	0.16	0.0314	0.9286	1263.825
180	3000	1.0764	0.156	0.025434	0.894966	2684.898
250	2300	1.2325	0.17	0.049063	1.013438	2330.906
800	5000	2.8	0.28	0.5024	2.0176	10088
200	1500	1.12	0.16	0.0314	0.9286	1392.9
160	860	1.0336	0.152	0.020096	0.861504	740.8934
Volume total						42149.51

D'après ce tableau le volume total du remblai est de 41630m³.

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

- Le compactage :

Le compactage ou tassement des sols est l'augmentation de leur densité apparente résultant de l'application d'une charge sur ces derniers. Pour cette opération, on utilise un compacteur à rouleau lisse.

V.2.2 Travaux concernant les réservoirs :

Les réservoirs de notre système d'adduction sont au nombre de neuf, dont sept réservoirs de stockage de capacité 550m³,750m³,1000m³,400m³,1000m³,1300m³,150m³.et deux bâches d'eau de capacité 350m³ et 50m³.

- La profondeur d'excavation est de 2m.
- Le diamètre d'excavation doit être supérieur à celui du réservoir de 2 m (1m de part et d'autre) ;
- L'épaisseur du lit de tout venant est de : 0,3 m.
- L'épaisseur du béton de propreté est de : 0,15 m.
- L'épaisseur du radier du réservoir est de : 0,45 m.
- L'épaisseur du voile du réservoir est de : 0,3 m.
- L'épaisseur de la coupole est de 0,1 m.
- L'acrotère à 0,3 m de hauteur et 0,1 m d'épaisseur.
- Le lanterneau est de 1.1m hauteur et 0.1m d'épaisseur.

- Calcul du volume des déblais :

Le volume total des déblais est la somme des déblais des réservoirs et des chambres de manœuvres :

$$V_d = \left[\left(\frac{\pi * D_{ext}^2}{4} \right) + (L * l) \right] * h_{ext} \quad (V-8)$$

V_d : Volume total des Déblais (m³).

D_{exc} : Diamètre d'excavation (m), D_{exc} = D_{ext} + 2.

D_{ext} : Diamètre extérieur du radier du réservoir (m), D_{ext} = D_{int} + (2 × 0,3).

D_{int} : Diamètre intérieur du réservoir (m).

L : longueur de la chambre de manœuvre (m).

l : largeur de la chambre de manœuvre (m).

h_{exc} : profondeur d'excavation (m), h_{exc} = 1 m.

Tableau V-4 : Calcul des volumes des déblais pour les réservoirs

Réservoir	Dint (m)	Dext(m)	Dexc(m)	L(m)	l(m)	Vd(m ³)
Centre-ville	15.45	16.05	18.05	5	4	275.755
Oued El Hammam Nord	15.96	16.56	18.56	5	4	290.4118
Oued El Hammam Sud	13.03	13.63	15.63	5	4	211.7731
Hamidia	15.96	16.56	18.56	5	4	290.4118

Oued El Bellah	14.14	14.74	16.74	5	4	239.9787
Plateau sud et Sidi Boulahrouz	18.19	18.79	20.79	5	4	359.2959
Réservoir tampon de Sidi Yahia	7.98	8.58	10.58	5	4	107.8701
Bâche d'eau de Oued El Bellah	12.19	12.79	14.79	0	0	171.7141
Bache d'eau de plateau Sud	10.09	10.69	12.69	0	0	126.4133
Total						2073.624

- Calcul du volume du tout-venant :

Le volume du tout-venant sera calculé par la formule suivante :

$$V_{tv} = \frac{\pi * D_{exc}^2}{4} * e_{tv} \quad (\text{V-9})$$

V_{tv} : Volume du tout-venant (m³).

e_{tv} : Epaisseur de la couche du tout-venant (m), e_{tv} = 0,3 m.

Tableau V-5 : Calcul des volumes du tout-venant

Réservoir	D _{exc} (m)	V _{tv} (m ³)
Centre-ville	18.05	76.72649
Oued El Hammam Nord	18.56	81.12353
Oued El Hammam Sud	15.63	57.53192
Hamidia	18.56	81.12353
Oued El Bellah	16.74	65.9936
Plateau sud et Sidi Boulahrouz	20.79	101.7888
Réservoir tampon de Sidi Yahia	10.58	26.36102
Bâche d'eau de Oued El Bellah	14.79	51.51424
Bache d'eau de plateau Sud	12.69	37.924
Total		580.0871

- Calcul du volume de béton de propreté :

La pose du béton de propreté sera étendue de 0,6 m des parois extérieures du réservoir. Le volume du béton de propreté sera calculé par la formule suivante :

$$V_{bp} = \frac{\pi * D_{bp}^2}{4} * e_{bp} \quad (\text{V-10})$$

V_{bp} : Volume du béton de propreté (m³).

D_{bp} : Diamètre de la couche du béton de propreté (m), D_{bp} = D_{ext} + 1,2.

e_{bp} : Epaisseur de la couche du béton de propreté (m), e_{bp} = 0,15 m.

Tableau V-6 : Calcul des volumes du béton de propreté.

Réservoir	Dbp(m)	Vbp	
Centre-ville	17.25	35.03798	
Oued El Hammam Nord	17.76	37.14042	
Oued El Hammam Sud	14.83	25.89663	
Hamidia	17.76	37.14042	
Oued El Bellah	15.94	29.91834	
Plateau sud et Sidi Boulahrouz	19.99	47.05291	
Réservoir tampon de Sidi Yahia	9.78	11.2626	
Bâche d'eau de Oued El Bellah	13.99	23.04604	
Bache d'eau de plateau Sud	11.89	16.64656	
Total		263.1419	

• Calcul du volume du béton armé :

Les éléments des réservoirs dont le béton armé est le matériau de construction sont :

- Lanterneau.
- Ceinture.
- Acrotère.
- Voile.
- Radier.
- La coupole.

Les éléments du réservoir, ayant des formes circulaires, sont estimés moyennant la formule :

$$V_{ba} = S \cdot H \quad \text{(V-11)}$$

Avec:

S : section de l'élément.

H : Hauteur de l'élément.

Tableau V-7: Calcul du volume du béton armé

Réservoir	Eléments	S(m2)	H(m)	V(m)
Centre-ville	Lanterneau	0.13	1.1	0.143
	Ceinture	17.2543	0.4	6.90172
	Acrotère	9.9538	0.3	2.98614
	Voile	14.8365	4	59.346
	Radier	215.0135	0.45	96.75606
Oued El Hammam Nord	Lanterneau	0.13	1.1	0.143
	Ceinture	17.81479	0.4	7.125916
	Acrotère	10.27408	0.3	3.082224
	Voile	15.31692	5	76.5846
	Radier	228.4692	0.45	102.8112
Oued El Hammam Sud	Lanterneau	0.13	1.1	0.143

	Ceinture	14.59472	0.4	5.837888
	Acrotère	8.43404	0.3	2.530212
	Voile	12.55686	3	37.67058
	Radier	156.7307	0.45	70.5288
Hamidia	Lanterneau	0.13	1.1	0.143
	Ceinture	17.81479	0.4	7.125916
	Acrotère	10.27408	0.3	3.082224
	Voile	15.31692	5	76.5846
	Radier	228.4692	0.45	102.8112
Oued El Bellah	Lanterneau	0.13	1.1	0.143
	Ceinture	15.81461	0.4	6.325844
	Acrotère	9.13112	0.3	2.739336
	Voile	13.60248	3.5	47.60868
	Radier	182.3222	0.45	82.045
Plateau sud et Sidi Boulahrouz	Lanterneau	0.13	1.1	0.143
	Ceinture	20.26556	0.4	8.106224
	Acrotère	14.5539	0.3	4.36617
	Voile	17.41758	5	87.0879
	Radier	292.1017	0.45	131.4458
Réservoir tampon de Sidi Yahia	Lanterneau	0.13	1.1	0.143
	Ceinture	9.04477	0.4	3.617908
	Acrotère	5.26264	0.3	1.578792
	Voile	7.79976	3	23.39928
	Radier	64.72042	0.45	29.12419
Bâche d'eau de Oued El Bellah	Lanterneau	0.13	1.1	0.143
	Ceinture	13.67156	0.4	5.468624
	Acrotère	7.90652	0.3	2.371956
	Voile	11.76558	3	35.29674
	Radier	138.6499	0.45	62.39246
Bâche d'eau de plateau Sud	Lanterneau	0.13	1.1	0.143
	Ceinture	11.36366	0.4	4.545464
	Acrotère	6.58772	0.3	1.976316
	Voile	9.78738	2	19.57476
	Radier	98.29464	0.45	44.23259
Total				1266.356

La coupole est une sphérique de rayon :

$$R = \frac{f^2 * \left(\frac{D}{2}\right)^2}{2 * f} \quad (\text{V-12})$$

R : Rayon de la coupole (m).

D : Diamètre du réservoir (m).

f : flèche de la coupole (m), f = 1,5 m.

Et de volume :

$$V_c = 2 * \pi * R * f * e_c \quad (\text{V-13})$$

V_c : Volume du béton armé de la coupole (m²).

e_c : Epaisseur de la coupole (m), e_c = 0,1 m.

Tableau V-8 : Calcul du volume du béton armé pour les coupoles

Réservoir	Dint (m)	R(m)	V(m3)
Centre-ville	15.45	20.64188	19.44465
Oued El Hammam Nord	15.96	21.9768	20.70215
Oued El Hammam Sud	13.03	14.89841	14.0343
Hamidia	15.96	21.9768	20.70215
Oued El Bellah	14.14	17.41163	16.40176
Plateau sud et Sidi Boulahrouz	18.19	28.32301	26.68027
Réservoir tampon de Sidi Yahia	7.98	6.0567	5.705411
Bâche d'eau de Oued El Bellah	12.19	13.13301	12.37129
Bache d'eau de plateau Sud	10.09	9.234008	8.698436
Total			144.7404

Le volume total du béton armé du réservoir est tel que 1266.356 + 144.7404 soit 1411.0964m³.

- Calcul du volume du remblai compacté :

Le volume du remblai compacté est égal au vide restant, après coulage du béton armé des voiles, entre ces derniers et les limites d'excavation.

$$V_R = \frac{\pi(D_{exc}^2 - D_{ext}^2)}{4} * h \quad (\text{V-14})$$

V_r : Volume du remblai compacté (m³).

D_{ext} : Diamètre extérieur du réservoir (m).

h : Profondeur d'excavation (m), h = 1 m.

Tableau V-9: Calcul du volume du remblai compacté

Réservoir	Dexc(m)	Dext(m)	Vr(m3)
centre-ville	18.05	16.05	53.537
Oued El Hammam Nord	18.56	16.56	55.1384
Oued El Hammam Sud	15.63	13.63	45.9382
Hamidia	18.56	16.56	55.1384
Oued El Bellah	16.74	14.74	49.4236
Plateau sud et Sidi Boulahrouz	20.79	18.79	62.1406
Réservoir tampon de Sidi Yahia	10.58	8.58	30.0812
Bâche d'eau de Oued El Bellah	14.79	12.79	43.3006
Bache d'eau de plateau Sud	12.69	10.69	36.7066
Total			431.4046

V.3 Calcul des coûts des travaux :

Les coûts des travaux de l'adduction et les différents réservoirs sont mentionnés dans les tableaux suivant :

Tableau V-10: Coût des travaux de l'adduction

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblais	m3	55507.573	300	16652271.9
Lit de sable	m3	6172.58	800	4938064
conduite 800	m	8400	31722.86	266472024
conduite 450	m	1670	15982.11	26690123.7
conduite 450	m	1370	15982.12	21895504.4
conduite 450	m	1632	15982.13	26082836.16
conduite 300	m	300	12336.05	3700815
conduite 200	m	1361	10323.1	14049739.1
conduite 180	m	3000	5429.29	16287870
conduite250	m	2300	10430.62	23990426
conduite 800	m	5000	31722.86	158614300
conduite 200	m	1500	6698.75	10048125
conduite 160	m	860	4296.2	3694732
Remblai compacté	m3	41629.56	400	16651824
Total				609768655.3

Le coût des travaux de l'adduction est de Six cent neuf millions sept cent soixante-huit mille six cent cinquante-cinq Dinars Algériens (609,768,655.3 DA).

Tableau V-11 : Coût des travaux des réservoirs

Description des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblais	m3	2073.624	300	622087.2
Tout venant	m4	580.0871	600	348052.3
Béton de propreté	m5	263.1419	8000	2105135
Béton armé	m6	1411.0964	25000	35277410
Remblais compacté	m7	431.4046	400	172561.8
Total				38525247

Le coût des travaux des réservoirs est de quatre-vingt-trois millions cinq cent vingt-cinq deux cent quarante-sept Dinars Algériens (38,525,247DA).

Pour le coût total, on fait la somme de deux coûts, en ajoutant la TVA qui est de l'ordre 19%, on trouve :

Tableau V-12 : le coût total de projet

Coût de l'adduction	609768655.3
Coût des réservoirs	38525247
TVA=19%	123175841.4
Total	771469743.7

L'estimation de coût de ce projet est de Sept cent soixante et onze millions quatre cent soixante-neuf mille sept cent quarante-quatre Dinars Algériens (771,469,744DA).

V.4 Les Engins :

Le matériel utilisé pour les chantiers est le matériel classique des chantiers de travaux publics. L'utilisation de gros engins mécaniques a réduit considérablement le prix et le temps des terrassements dont l'incidence, dans la construction des chantiers, se trouve ainsi sensiblement diminuée. Les engins que nous allons utiliser sont :

V.4.1 Pelle hydraulique :

Les pelles sont des engins de terrassement qui conviennent à tous les types de terrains. Ce sont des engins dont le rôle est l'exécution des déblais et leur chargement. Ces engins sont très répandus et utilisés à grande échelle grâce à leur bon rendement et à la qualité du travail qu'ils peuvent fournir. Pour une pelle équipée en rétro ou pelle hydraulique le godet est porté par un bras simplement articulé et actionner par des vérins hydrauliques.

V.4.2 Bulldozer :

On utilise le bulldozer Pour le décapage de la terre végétale ou couche supérieur du sol qui contient des débris végétaux, l'outil de terrassement est une lame profilée portée par deux bras articulés qu'un mécanisme hydraulique permet d'abaisser ou de lever.

V.4.3 Chargeur :

C'est un tracteur à pneus muni de godet de chargement et de déchargement à l'avant, on l'utilisera pour le remblayer les fouilles, les casiers et la tranchée après pose de la conduite.

V.4.4 Compacteur (vibrateur de sol) :

C'est un engin peu encombrant, composé de deux petits cylindres d'environ 30 cm de diamètre. Cet engin sert au compactage des remblais des surfaces étroites telles que les fouilles des semelles, les casiers entre ceinture inférieurs du bâtiment et les tranchées.

V.5 Conclusion :

L'organisation de chantier est une tâche importante dans la réalisation des projets hydrauliques, elle nous aide à estimer les coûts des travaux avant de choisir les entreprises de réalisation. Dans notre travail nous avons fait un devis quantitatif et estimatif des différents travaux de notre projet, et nous avons déterminé les engins adaptés pour chaque tâche. Finalement, nous estimons un coût de Sept cent soixante et onze millions quatre cent soixante-neuf mille sept cent quarante-quatre Dinars Algériens (771,469,744DA) pour la réalisation de ce projet.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

A travers de ce mémoire, nous avons traité une étude de renforcement de la Ville de Cherchell en eau potable à partir de Barrage de Boukerdan.

En premier lieu, nous avons fait une brève description de la ville, et collecté les données nécessaires, qui nous ont permis de mener à bien notre projet. Cette étude du renforcement est faite pour l'horizon de 2051, dont la population de toute la zone d'étude atteindra 121715 habitants. Avec un total de consommation journalière de 92566.55m³ et un déficit de 76952.1m³/j.

Après, nous avons passé au dimensionnement des conduites d'adduction. Pour l'adduction gravitaire on a choisi la fonte ductile avec des diamètres économiques ayant des vitesses adéquates. Pour les adductions par refoulement, on a utilisé le PEHD pour le refoulement vers Oued El Bellah, Hamidia et Oued El Hammam sud, et la fonte pour le refoulement vers Sidi Yahia et Plateau sud.

Le calcul des capacités des réservoirs montre la nécessité de projeter sept réservoirs et deux bâches d'eaux. Ensuite, à l'aide du catalogue numérique des pompes CAPRARI et KSB, nous avons réalisé le choix des pompes adéquates au refoulement, pour les quatre stations de pompes. Finalement, nous avons vérifié le risque d'apparition du phénomène du coup de bélier. On a constaté que les valeurs de surpressions sont très importantes, la protection a été faite par les réservoirs d'air pour les conduites de refoulement et qui sont quatre réservoirs d'air placé juste à la sortie des stations de pompage. Pour le refoulement vers plateau sud on a choisi un volant d'inertie ou bien un chemin d'équilibre. La protection contre la corrosion des conduites va être assurée, par une manche polyéthylène. Le long du réseau d'adduction, on place des ventouses à chaque point haut pour évacuer les bulles d'air qui peuvent survenir à l'intérieur de la conduite, et des vidanges au niveau des points bas.

Enfin, on a calculé le devis quantitatif et devis estimatif de notre projet. Nous tenons à signaler qu'il est indispensable que les gestionnaires et les exploitants accordent une importance à la maintenance et à l'entretien de l'adduction, des réservoirs et des équipements afin de garantir la pérennité du projet.

Ce projet nous a permis de mettre en pratique toutes les connaissances acquises dans le domaine d'hydraulique durant notre cycle de formation et nous comptons avoir répondu à l'objectif du projet et nous espérons que ce modeste travail servira pour les étudiants comme référence.

Référence bibliographique

Référence bibliographique :

- [1] : **Abdelhadi Ammari et Boualem Remini** « L'EAU DANS LES VILLES ROMAINES - QUELQUES CAS ALGERIENS ». Article,2019.
- [2] : **D. ZOUNGARANA** « Cours d'approvisionnement en eau potable ». Édition Eler, Novembre 2003.
- [3] : **B. SALAH** « polycopie d'alimentation en eau potable ». ENSH.
- [4] : **Michel A.Morel** « Exercices de mécanique des fluides ».Tome II. Edition Chihab ,1994.
- [5] : **Dr. Benzannache Naziha** « Polycopie du cours ALIMENTATION EN EAU POTABLE » Université 8 Mai 1945 de Guelma,2020.
- [6] : **DIPRA association de recherche sur les tuyaux en fonte ductile** « HYDRAULIQUE Analyse hydraulique des tuyaux en fonte ductile » Canada,2017.
- [7] : **Ahmed Chetti** « cour de Pompes et stations de pompage » Année universitaire 2019 – 2020.
- [8] : **Mr Ali BERREKSI** « Cour Hydraulique 3 ». Université Abderrahmane Mira de Bejaia.
- [9] : **Achour B., Bedjaoui A., Bouziane Mohamed tewfik** « Nouvelle Approche Pour Le Calcul Du Diamètre Economique Dans Les Conduites De Refoulement » article, Université Mohamed Khider-Biskra,2005

Catalogues :

- [1] : **Canda pipe (CP)** « Tuyaux en Fonte Ductile ».
- [2] : **RYB** « catalogue ». Edition 2016/2017.
- [3] : **Groupe CHIALI** « TUBES en POLYÉTHYLÈNE PE ».

ANNEXES

ANNEXES :

ANNEXE I: prix des conduites en fonte ductile et PEHD d'après le site

« <http://www.algerie.prix-construction.info> »

Générateur de Prix.Espaces urbains, Algérie © CYPE Ingenieros, S.A. Software pour l'Architecture, l'Ingénierie et la Construction

XD Distribution d'eau

XDPE Eau potable

m Tube en fonte ductile
 U Pièce pour tube en fonte ductile
 m **Tube en polyéthylène**
 U Accessoire mécanique pour tube en polyéthylène
 U Accessoire de soudure pour tube en polyéthylène
 m Tube en PVC
 U Pièce pour tube en PVC
 XDA Arrosage
 XA Evacuation de l'eau
 M Mobilier urbain
 L Espaces verts
 D Gestion de déchets
 S Sécurité et santé
 Fabricants
 Suggestions

Type: PE 40 PE 80 PE 100

Pression nominale (atm): 6 10 16 25

Diamètre nominal (mm):
 O20 O25 O32 O40 O50 O63 O75 O90
 O110 O125 O140 O160 O180 O200 O225 O250
 O280 O315 O355 O400 O450 O500 O560 O630

XDP030 m Tube en polyéthylène.
 Tube en polyéthylène PE 100, de couleur noire avec des bandes de couleur bleue, de 20 mm de diamètre extérieur et 2 mm d'épaisseur, SDR11, PN=16 atm. Le prix comprend les équipements, la machinerie et les matériels nécessaires pour le déplacement et la disposition des éléments sur chantier.

Code interne	Désignation	Quantité	Unité	Prix unitaire	Prix total
mt37pa020ca0	Tube en polyéthylène PE 100, de couleur noire avec des bandes de couleur bleue, de 20 mm de diamètre extérieur et 2 mm d'épaisseur, SDR11, PN=16 atm, selon NF EN 12201-2.	1,000	m	77,10	77,10

ANNEXE II: Sélection de la pompe par KSB

KSB EasySelect® Version 16.1

User-ID ANONYMOUS (ANONYMOUS) | 5736981 | IYA | V

Unités de mesure: Français

Sélection de produit

Exécution technique: Accessoires

Utilisation: Adduction d'eau Station de pompage Transport d'eau

Fluide: Eau, Eau pure

Température de service: 20,0 °C

Point de fonctionnement: Débit Q: 80,04 m³/h, Hauteur manométrique H: 40,05 m

Conditions de fonctionnement: Hauteur géométrique H geo: 29,92 m, Pression d'alim. mini: 1,00 barr, Pression d'alim. maxi: 1,00 barr

Exécution: Pompe simple 1 x 100 %

Recherche hydraulique

- AU-AU Monobloc
- B-Pumps
- Etachrom L / B
- Etaline / EtalineZ
- Etaline R
- Etanorm (SKD)
- Etanorm / Etabloc
- Etanorm R
- Etaprime L / B
- ILN / ILNC
- KSB Delta
- Magnochem / Magnochem-Bloc
- MegaCPK
- Movitec / Movitec VCI
- NCCP L / B
- Omega Shanghai
- Surpresseur
- UPA / UPachrom

Solutions possibles

Alternatives: Courbe caractéristique, Liste de résultats rejetés

gamme	Taille	Sélecté	Rendement	Puissance absorbée	Vitesse de rotation	Section de passage	NPSH requis	Puissance max. courbe	Rapport Q / Qopt	Diamètre effectif	Diamètre de rose non réduit	Débit massique
1	Etanorm/Etabl 080-085-200	<input checked="" type="checkbox"/>	74,58 %	11,89 kW	2914 rpm	13 mm	2,92 m	13,88 kW	86,55 %	179 mm	219,0 mm	22,19 kg/s
2	Etanorm/Etabl 100-080-200	<input type="checkbox"/>	65,99 %	13,20 kW	2915 rpm	15 mm	4,27 m	20,91 kW	51,89 %	173 mm	219,0 mm	22,19 kg/s
3	Etanorm/Etabl 100-080-400	<input type="checkbox"/>	67,52 %	12,80 kW	1460 rpm	14 mm	1,59 m	18,51 kW	71,05 %	341 mm	398,0 mm	22,17 kg/s
4	Etanorm/Etabl 085-050-200	<input type="checkbox"/>	70,44 %	12,38 kW	2914 rpm	12 mm	3,28 m	13,87 kW	118,27 %	190 mm	219,0 mm	22,20 kg/s
5	Etanorm/Etabl 125-100-315	<input type="checkbox"/>	66,57 %	13,10 kW	1460 rpm	20 mm	1,57 m	25,03 kW	40,39 %	333 mm	334,0 mm	22,19 kg/s
6	Etanorm/Etabl 125-100-180	<input type="checkbox"/>	41,16 %	21,11 kW	2922 rpm	19 mm	5,16 m	32,41 kW	27,49 %	184 mm	185,0 mm	22,14 kg/s
7	Etanorm/Etabl 125-100-200	<input type="checkbox"/>	45,30 %	19,22 kW	2921 rpm	18 mm	6,50 m	28,83 kW	31,76 %	174 mm	219,0 mm	22,19 kg/s
8	Etanorm/Etabl 150-125-315	<input type="checkbox"/>	52,35 %	16,84 kW	1460 rpm	23 mm	1,54 m	35,24 kW	28,03 %	333 mm	334,0 mm	22,20 kg/s
9	Etanorm/Etabl 125-100-400	<input type="checkbox"/>	60,24 %	14,31 kW	1460 rpm	17 mm	1,79 m	27,38 kW	47,86 %	340 mm	401,0 mm	22,13 kg/s
10	Etanorm/Etabl 150-125-400	<input type="checkbox"/>	54,63 %	15,93 kW	1460 rpm	21 mm	1,59 m	33,97 kW	31,57 %	334 mm	419,0 mm	22,20 kg/s

Information produit Courbe caractéristique

Caractéristiques hydrauliques

Graphique: Hauteur manométrique totale [m] vs Débit [m³/h].

ANNEXE III: Sélection de la pompe par CAPRARI

FR 50Hz

Home > Recherche > Options de recherche

PRÉCÉDENT | SUIVANT

CATALOGUE

DOMAINE D'UTILISATION

CAPTAGE ET DISTRIBUTION DES EAUX SOUTERRAINES

RELEVAGE ET TRAITEMENT DES EAUX USEES

SUPPRESSION ET DISTRIBUTION DES EAUX CLAIRES DE SURFACE

SERIE HMU

SERIE MEC-A

SERIE NC

SERIE PM

POINT DE TRAVAIL

Débit: m³/h

Hauteur manométrique: m [calculer](#)

MOTEUR ELECTRIQUE

Fréquence:

2 pôles

4 pôles

6 pôles

8 pôles

MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

[Réinitialiser](#)

CARACTÉRISTIQUES INSTALLATION

Type d'installation:

Nombre de pompes:

Pompe secours appoint

Pompe en réserve de secours

Aucune pompe de secours

FR 50Hz

Home > Recherche > Options de recherche > Résultats > Diagramme

PRÉCÉDENT | AJOUTER

DIAGRAMME

DIMENSIONS

MATÉRIAUX

ACCESSOIRES

VISUALISATION FICHE TECHNIQUE

VISUALISATION PERFORMANCES

OPTIONS GRAPHIQUE

	*	RÉFÉRENCE	CODE	VITESSE [1/min]	FRÉQUENCE [Hz]	DNm [mm]	RENDEMENT [%]	P2 MAX [kW]	M.E.I.
X	0	PML150H/3B	801393	2900	50	150	77,1	443,4	

MODIFIER COURBE
CONFIGURER

POMPE

Vitesse:

Nombre d'étages:

Réduction roue:

Pression Refoulement:

Garniture:

Installation:

VARIANTES

ANNEXE IV: Les engins



Pelle hydraulique



Chargeur



Photo non contractuelle

Compacteur



Bulldozer

