



Faculté de Technologie
Département d'Hydraulique

Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

M^{lle} DABOUZ Cylia

M^{lle} OUADDAR Malha

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

Filière : **Hydraulique**

Spécialité : **Hydraulique Urbaine**

INTITULÉ :

**ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA
ZONE DES POS U26 ET U19, COMMUNE DE
BOUIRA**

Soutenu le **30 /06 /2025** devant le jury composé de :

- Président : **M. KADJI B.**
- Promoteur : **M. LAHOUARI F.**
- Examineur : **M. AMIROUCHE M.**

Populaire et Démocratique Algérienne République
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Déclaration sur l'honneur
Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans
l'élaboration d'un travail de recherche

Arrêté ministériel n° 1082 du 27 décembre 2020 (*)
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat

Je soussigné,

Nom : OUADDAR
Prénom : Malha
Matricule : 202033017838
Spécialité et/ou Option : Hydraulique urbaine
Département : Hydraulique
Faculté : Science et Technologie
Année universitaire : 2024/2025

et chargé de préparer un mémoire de (Licence, Master, Autres à préciser) :

Intitulé : Alimentation en eau potable de la zone
des P.O.S U26 et U19, Commune de Bouina.

déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le
09./07./2025

Signature de l'intéressé

(*) Lu et approuvé

(*) Arrêté ministériel disponible sur le site www.univ-bejaia.dz/formation (rubrique textes réglementaires)

Populaire et Démocratique Algérienne République
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Déclaration sur l'honneur
Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans
l'élaboration d'un travail de recherche

Arrêté ministériel n° 1082 du 27 décembre 2020 (*)
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat

Je soussigné,

Nom : D.ABOUZ

Prénom : cylia

Matricule : 202033024341

Spécialité et/ou Option : Hydraulique urbaine

Département : Hydraulique

Faculté : Science et technologie

Année universitaire : 2024/2025

et chargé de préparer un mémoire de (Licence, Master, Autres à préciser) :

Intitulé : Alimentation en eau potable de la zone
des POS U26 et U19, Commune de Bouira

déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques,
et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans
l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le
08/07/2025

Signature de l'intéressé

(*) Lu et approuvé

(*) Arrêté ministériel disponible sur le site www.univ-béjaia.dz/formation (rubrique textes règlementaires)

A decorative border with floral and leaf motifs in black and white, framing the text.

Remerciement

Avant tout, nous rendons grâce à Dieu qui nous a donné la santé, la tranquillité d'esprit, le courage et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement nos mères, qui ont été à nos côtés à chaque étape de notre parcours, nous offrant leur soutien inconditionnel, leur amour et leurs encouragements sans faille.

Il nous est agréable d'exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à Monsieur F. LAHOUARI de nous avoir encadrées, guidées et accompagnées dans ce travail, ainsi que pour sa compréhension, ses précieux conseils, et surtout sa patience.

Nous remercions également Monsieur D. ALOUACHE et Monsieur M. DAAS, du bureau d'études URBAB, de nous avoir bien accueillies et fourni les moyens nécessaires pour la réalisation de ce présent travail.

Nos remerciements sont aussi destinés aux membres du jury, Monsieur B. KADJI ainsi que Monsieur M. AMIROUCHE, de nous avoir fait l'honneur d'examiner notre travail. De plus, nous remercions tous les enseignants du département d'hydraulique.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire avant tout à ma mère, une femme exceptionnelle, dont la force, le courage et la sagesse m'inspirent chaque jour. Maman, tu as été mon repère dans les moments d'incertitude, mon refuge dans les moments de doute, et mon plus grand soutien à chaque étape de ce parcours. Grâce à ton amour inconditionnel, à tes sacrifices silencieux, à ta patience infinie et à tes encouragements constants, j'ai pu avancer, persévérer et croire en moi. Rien de tout cela n'aurait été possible sans ta présence aimante et ton regard toujours bienveillant. Tu es un exemple de dévouement, de générosité et de tendresse. Ce travail t'appartient autant qu'à moi.

À ma grand-mère, Ton amour, ta tendresse et ta sagesse ont toujours été une source de réconfort et d'inspiration. Ce travail te rend hommage, avec tout mon cœur.

Je pense également à ma sœur NASSIMA et à mes frères MALEK et FAROUK, qui ont toujours su trouver les mots justes pour m'encourager et m'apporter leur soutien, chacun à sa manière. Votre présence et votre fierté ont été pour moi une motivation précieuse.

À mes tantes NACERA, DJAMILA, EMMA, LEILA et à ma cousine AMEL dont l'affection, les conseils et la douceur m'ont souvent réconfortée, je vous remercie du fond du cœur. Vous avez toujours su me rappeler l'importance de la famille, du partage et de la bienveillance.

À mes oncles LAID, MOUSSA et RACHID, Votre présence dans ma vie a toujours été synonyme de force et de sagesse. Merci pour votre soutien et votre affection constants.

À mon petit ami MALEK, qui a été à mes côtés à chaque étape de ce parcours, m'offrant son soutien inconditionnel, sa patience et sa présence rassurante, je te remercie du fond du cœur. Ta confiance en moi et ton amour m'ont portée dans les moments les plus difficiles.

À mes petits anges ZAKARIA, WISSAM, AMEL, NORSSINE, CYDRA et SERINE.

À tous mes amis (es) sans exception.

En un mot, À tout ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

CYLIA



Dédicaces

Je dédie ce travail, fruit de plusieurs années d'efforts, à mes parents, le secret de mon bonheur.

À Ma très chère maman, la couronne de ma tête, battement de mon cœur et source de tendresse dans ma vie. Pour votre amour inconditionnel, vos conseils, vos prières silencieuses, votre patience et votre soutien constant. Que dieu vous protège, vous accorde la santé et vous comble de bonheur tout au long de votre vie.

À Mon cher papa, mon héros, mon pilier et mon modèle. Pour votre amour silencieux, votre confiance, vos mots d'encouragement, vos conseils, et vos sacrifices. Vous avez travaillé dur, sans jamais vous plaindre, pour nous offrir une vie digne et paisible. Que dieu vous récompense pour chaque pas, chaque effort, chaque prière, chaque douleur que vous avez endurée pour nous.

À mes merveilleuses sœurs SEKOURA, SONIA et HALA, les morceaux de mon cœur. Pour votre amour, votre soutien, votre encouragement.

À mon cher frère GHANI, mon complice de toujours. Toi qui as toujours su me faire rire, même dans les moments les plus stressants. Pour ta présence, à ta manière, unique et sincère.

Aux petits anges MAHMOUD, ILYANE et AYLIN, remplis d'innocence et de vie.

À mes tantes OUIZA, ZAKIA, YAMINA, FATIHA et HAMMAMA.

À mes oncles RACHID, KADER, MOURAD et FARID.

À mes cousins GHILES, MOUHAMED, MERYEM et MALHA

Et à tous mes amis et amies, sans exception, qui ont croisé mon chemin et marqué mon cœur.

En un mot, À tout ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

MALHA



Table des matières

Liste des symboles	XI
Liste des abréviations.....	XIV
Liste des tableaux.....	XV
Liste des figures	XVII
INTRODUCTION GÉNÉRALE	2

Chapitre I : Présentation du site d'étude

I.1-Introduction	4
I.2-Situation Géographique	4
I.3-Situatin topographique	5
I.4-Situation climatique	6
I.4.1-Les précipitations	6
I.4.2-La température	7
I.4.3-Les vents	8
I.4.4-La neige et la grêle	9
I.4.5-La gelée blanche	10
I.5-Les inondations	10
I.6-Sols, érosions des sols et végétation	10
I.6.1-Les sols	10
I.6.2-L'érosion des sols	10
I.6.3-La végétation	10
I.7-Situation géologique.....	11
I.7.1-Les alluvions et sables	11
I.8-La sismicité	11
I.9-Situation démographique ..	11
I.10-Situation hydraulique	11
I.11-Conclusion	12

Chapitre II : Diagnostique physique

II.1-Introduction	14
II.2-Système d'alimentation en eau potable de la zone d'étude	14
II.2.1-Ressource en eau	14
II.2.2-Système d'adduction	16
II.2.2.1-Moyen de production	16

II.2.2.2-Moyen de transport	17
II.2.3-Système de stockage	17
II.2.3.1-Les réservoirs de stockage existants au niveau de la commune de Bouira	17
II.2.3.2-Le réservoir de capacité 500 m ³	19
II.2.3.3-Le réservoir de capacité 100 m ³ d'Ouled Bouchia	22
II.2.4-Système de distribution	22
II.3-Les réhabilitations à prévoir	22
II.3.1-Les adductions	22
II.3.2-Les réservoirs de Stockage	22
II.4-Conclusion	22

Chapitre III : Estimation des besoins en eau

III-Estimation des besoins en eau	24
III.1-Introduction	24
III.2-Estimation de la population future	24
III.3-Choix de la norme unitaire de consommation	25
III.4-Estimation des besoins en eau	25
III.4.1-Besoins domestique	25
III.4.2-Besoins des équipements actuels	25
III.4.2.1-Besoins sanitaires	25
III.4.2.2-Besoins scolaires	26
III.4.2.3-Besoins administratifs	26
III.4.2.4-Besoins socioculturels	26
III.4.2.5-Besoins d'arrosage	27
III.4.2.6-Besoins de nettoyage	27
III.4.2.7-Besoins du bétail	27
III.4.3-Besoins des équipements futurs	28
III.4.4-Besoins totaux en eau	28
III.5-Caractéristique de la consommation en eau	29
III.5.1-Majoration de la consommation moyenne journalière	29
III.5.2-Coefficient d'irrégularité	29
III.5.2.1-Coefficient d'irrégularité maximale ($K_{max,j}$).....	29
III.5.2.2-Coefficient d'irrégularité minimale ($K_{min,j}$).....	29
III.5.2.3-Coefficient d'irrégularité maximale horaire ($K_{max,h}$)	29

III.5.3-Détermination des débits journaliers	30
III.5.3.1-Consommation maximale journalière ($Q_{\max,j}$)	30
III.5.3.2-Consommation minimale journalière ($Q_{\min,j}$)	31
III.5.4-Détermination des débits horaires	31
III.5.4.1-Débit moyen horaire ($Q_{\text{moy},h}$)	31
III.5.4.2-Débit maximum horaire ($Q_{\max,h}$)	31
III.6- Bilan ressources disponibles-besoins en eau	31
III.7-Evaluation de la consommation horaire	32
III.8-Conclusion	33

Chapitre IV : Les réservoirs

IV.1-Introduction	35
IV.2-Rôle des réservoirs	35
IV.3-Fonction générale des réservoirs	35
IV.3.1-Fonction technique	35
IV.3.2-Fonction économique	35
IV.4-Classification des réservoirs	35
IV.5-Choix du type de réservoir	36
IV.6-Emplacement des réservoirs	36
IV.7-Qualité de l'eau dans les réservoirs	36
IV.8-Les équipements de réservoir	36
IV.8.1-Conduite d'adduction	36
IV.8.2-Conduite de distribution	37
IV.8.3-Conduite de trop-plein	37
IV.8.4-Conduite de vidange	37
IV.8.5-Conduite de BY-PASS	38
IV.8.6-Matérialisation de la réserve incendie	38
IV.9-Capacité d'un réservoir	39
IV.9.1-Méthode analytique	39
IV.9.2-Méthode graphique	40
IV.10-Calcul du diamètre du réservoir	40
IV.11-Calcul de la hauteur d'incendie dans le réservoir	40
IV.12-Dimensionnement des réservoirs	40
IV.12.1-Vérification de dimensionnement de la station de reprise	40

IV.12.2-Vérification de dimensionnement du réservoir existant d'Ouled Bellil	41
IV.12.3-Vérification de dimensionnement du réservoir existant d'Ouled Bouchia	43
IV.13-Conclusion	45

Chapitre V : Adduction

V.1-Introduction	47
V.2-Choix du tracé	47
V.2.1-Conditions techniques	47
V.2.2-Conditions économiques	47
V.3-Type d'adduction	47
V.3.1-Adduction gravitaire	47
V.3.2-Adduction par refoulement	47
V.3.3-Adduction mixte gravitaire-refoulement	47
V.4-Choix du type des conduites	47
V.5-Description du chemin du réseau d'adduction	48
V.6-Les équipements d'adduction	48
V.6.1-Les vannes de sectionnement	48
a).Les vannes à opercule	48
b).Les vannes à papillon	48
V.6.2-Les clapets anti-retour	49
V.6.3-Vidange	49
V.6.4-Ventouse	49
V.7-Profil en long d'une adduction	49
V.8-Calcul hydraulique	50
V.8.1-Calcul de diamètre économique	50
V.8.2-Calcul de vitesse	50
V.8.3-Calcul des pertes de charges	50
V.8.3.1-Les pertes de charge linéaires	50
V.8.3.2-Les pertes de charge singulières	51
V.8.4-Calcul de la hauteur manométrique totale (HMT)	52
V.8.5-Puissance absorbée par la pompe	52
V.8.6-Energie consommée par la pompe	52
V.8.7-Frais d'exploitation	52
V.8.8-Frais d'amortissement	53

V.8.9-Bilan des frais	53
V.8.10-Charge résiduelle	53
V.9-Dimensionnement des tronçons de l'adduction	54
V.9.1-Tronçon SR d'Ouled Bellil - R500 m ³ (Adduction par refoulement)	54
V.9.1.1-Calcul du diamètre	54
V.9.1.2-Calcul de la HMT.....	54
V.9.1.3-Calcul des frais d'exploitation	54
V.9.1.4-Calcul des frais d'amortissement	55
V.9.1.5-Calcul du bilan	55
V.9.2-Tronçon R500 m ³ - R100 m ³ (Adduction gravitaire)	55
V.9.2.1-Calcul du diamètre	55
V.9.2.2-Calcul des pertes de charge totales	56
V.10-Conclusion	56

Chapitre VI : Choix de pompes

VI.1-Introduction	58
VI.2-Classification des pompes	58
VI.2.1-Les pompes volumétriques	58
VI.2.2-Les pompes turbo-pompes	58
VI.2.2.1- Classification des turbo-pompes	58
VI.3-Choix des pompes.....	60
VI.3.1-La construction d'une pompe centrifuge	60
VI.3.2-Le principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge	61
VI.3.3-Les caractéristiques d'une pompe centrifuge	61
VI.3.3.1-Le débit	61
VI.3.3.2-HMT	61
VI.3.3.3-La vitesse de rotation	62
VI.3.3.4-La puissance	62
VI.3.3.5-Le rendement	63
VI.4-Les courbes caractéristiques.....	63
VI.4.1-La courbes débit-hauteur " $H = f(Q)$ "	63
VI.4.2-La courbe débit-puissance " $P_a = f(Q)$ "	63
VI.4.3-La courbe de rendement " $\eta = f(Q)$ "	64
VI.5-Le point de fonctionnement d'une pompe	64

VI.5.1-Recherche de la réalisation du point de fonctionnement.....	65
VI.5.1.1-Modification de temps de pompage	65
VI.5.1.2-Vannage ou création des pertes de charge	66
VI.5.1.3-Rognage de la roue	66
VI.5.1.4-Variation de la vitesse de rotation	66
VI.6-Couplage des pompes	67
VI.6.1-Couplage en série	67
VI.6.2-Couplage en parallèle	67
VI.7-Etude de cavitation	67
VI.8-Choix des pompes du projet	68
VI.8.1- Le tronçon (SR - R500)	68
VI.8.1.1-Les caractéristiques de la conduite	68
VI.8.1.2-Les caractéristiques de la pompe	68
Chapitre VII : Protection anti-bélier	
VII.1-Introduction	71
VII.2-Phénomène de coup de bélier	71
VII.2.1-Définition de coup de bélier	71
VII.2.2-Cause de coup de bélier	71
VII.2.3-Risque dus au phénomène de coup de bélier	71
VII.2.3.1-Cas de surpression	71
VII.2.3.2-Cas de dépression	71
VII.2.3.3-Cas de fatigue	72
VII.2.4-Moyens de protection contre le coup de bélier	72
VII.2.4.1-Volant d'inertie	72
VII.2.4.2-Soupape de décharge	72
VII.2.4.3-Cheminée d'équilibre	72
VII.2.4.4-Réservoir d'air	73
VII.2.4.5-Ventouse	73
VII.3-Etude de coup de bélier	73
VII.3.1-Calcul de la célérité d'onde	73
VII.3.2-Valeur numérique du coup de bélier	74
VII.3.2.1-1 ^{er} cas : fermeture brusque	74
VII.3.2.2-2 ^{ème} cas : fermeture lente	74

VII.4-Calcul du coup de bélier pour les différents tronçons	75
VII.4.1-Protection contre le coup de bélier	75
VII.4.2-Calcul le volume de réservoir d'air pour la conduite SR-R500	75
VII.5-Conclusion	77

Chapitre VIII : Distribution

VIII.1-Introduction.....	79
VIII.2-Classification des réseaux de distribution	79
VIII.2.1-Le réseau ramifié	79
VIII.2.2-Le réseau maillé	79
VIII.2.3-Le réseau mixte	80
VIII.3-Choix du trace.....	80
VIII.4-Choix du type de matériaux	80
VIII.5-Calcul hydraulique du réseau de distribution	81
VIII.5.1-Détermination des débits	81
VIII.5.1.1-Débit de pointe	81
VIII.5.1.2-Débit spécifique	81
VIII.5.1.3-Débit en route	82
VIII.5.1.4-Débits aux nœuds	82
VIII.6-Le calcul des débits en route et les débits aux nœuds	82
VIII-7- Modélisation et simulation du réseau	83
VIII.7.1- Présentation de logiciel WaterGEMS	83
VIII.7.2-Fonctionnement de WaterGEMS	84
VIII.7.3- Avantages de WaterGEMS	84
VIII.8-Résultats de la simulation du réseau avec WaterGEMS	84
VIII.8-Conclusion	87
CONCLUSION GÉNÉRALE	89

Bibliographie

Annexes

Liste des symboles

Symboles	Définitions	Unités
A	Amortissement annuel.	/
a	Célérité de l'onde.	m/s
B	Valeur du coup de bélier.	m
B_L	Bilan des frais.	DA
C_a	Côte du plan d'aspiration.	m
D	Diamètre de la conduite.	m
D_{int}	Diamètre intérieur de la conduite	mm
D_{max}	Diamètre maximale de la conduite.	m
D_{min}	Diamètre minimale de la conduite.	m
DN	Diamètre nominalisé.	mm
D_R	Diamètre de réservoir.	m
D₁	Diamètre de la roue avant rognage.	m
D₂	Diamètre de la roue après rognage.	m
E	Energie consommée par la pompe.	Kwh
E	L'épaisseur de la conduite.	m
F_{amr}	Frais d'amortissement.	DA
F_{exp}	Frais d'exploitation.	DA
g	Accélération de la pesanteur.	m/s ²
H_a	Hauteur d'aspiration.	m
H_d	Valeur maximale de la pression-dépression.	m
H_g	Hauteur géométrique.	m
H_{inc}	Hauteur d'incendie.	m
H_L	Perte de charge linéaire.	m
H_m	Charge motrice.	m
H_r	Charge résiduelle.	m
H_S	Pertes de charge singulières.	m
H_T	Pertes de charge totales.	m
H_s	Valeur maximale de la pression-surpression.	m
H_v	Tension de vapeur.	m
H₀	La pression absolue au point le plus haut de la conduite.	m
H₁	La hauteur manométrique totale du point désiré.	m
H'	Distance entre le point désiré et l'intersection de la verticale passant par le même point avec la caractéristique de la pompe.	m
h	Perte de charge engendrée par le vannage.	m
i	Taux d'annuité.	/
J_{asp}	Pertes de charge à l'aspiration.	m
K	Coefficient de rugosité de la conduite.	/
K_c	Coefficient dépendant du matériau constituant la canalisation.	/
K_{max,j}	Coefficient d'irrégularité maximale journalier.	/
K_{max,h}	Coefficient d'irrégularité maximale horaire.	/
K_{min,j}	Coefficient d'irrégularité minimale journalier.	/
L	Longueur de la conduite.	ml
L_i	Longueur du tronçon concerné.	ml
m	Coefficient de rognage.	/

Liste des symboles

N	Ancienne nouvelle de vitesse.	tr/min
N_i	Nombre de consommateurs.	/
NPSH_d	Charge nette d'aspiration disponible.	m
NPSH_r	Charge nette d'aspiration requise.	m
N'	Nouvelle vitesse de rotation.	tr/min
n	Intervalle d'années.	/
n_i	Nombre d'années d'amortissement.	/
P_a	Puissance absorbée par la pompe.	Kw
P_{max}	Résidu maximale dans le réservoir.	%
P_n	Population future pour l'horizon considéré dans n années.	/
P_r	Prix de l'unité de l'énergie.	Kwh
P_u	Prix du mètre linéaire de la conduite.	DA
P_{ut}	Puissance utile.	Kw
P₀	Population de l'année de référence.	/
Q	Débit véhicule par la conduite.	m ³ /s
Q_{fuites}	Débit des fuites.	m ³ /j
Q_i	Dotation.	l/j/hab
Q_{maj,j}	Débit majeure journalier.	m ³ /j
Q_{max,j}	Débit maximale journalier.	m ³ /j
Q_{max,h}	Débit maximale horaire.	m ³ /h
Q_{min,j}	Débit minimale journalier.	m ³ /j
Q_{moy,j}	Débit moyen journalier.	m ³ /j
Q_{moy,h}	Débit moyen horaire.	m ³ /h
Q_n	Débit nodal de nœud concerné.	l/s
Q_p	Débit de pointe.	m ³ /h
Q_r	Débit en route.	l/s
Q_s	Débit spécifique.	l/s/ml
Q₁	Débit au niveau de point désiré.	l/s
Q₂	Débit au niveau de point de fonctionnement effectif.	l/s
Re	Nombre de Reynolds.	/
R_{max+}	Résidu maximum positif (le surplus).	%
R_{max-}	Résidu maximum négatif (le déficit).	%
T	Taux d'accroissement annuel de la population.	%
T_p	Temps de pompage.	h
T₁	Ancien temps de pompage.	h
T₂	Nouveau temps de pompage.	h
t	Temps de fermeture des vannes.	h
t°	Température de l'eau.	C°
U_{max}	Volume maximal d'air en régime transitoire.	m ³
U_r	Volume total du réservoir d'air.	m ³
V	Vitesse moyenne de l'écoulement.	m/s
V_{inc}	Volume d'incendie.	m ³
V_{max}	Vitesse maximale de l'écoulement.	m/s
V_{min}	Vitesse minimale de l'écoulement.	m/s
V_{utile}	Volume utile de stockage.	m ³
V_{SR}	Volume de la station de reprise.	m ³
V_t	Volume total du réservoir.	m ³
α_m	Coefficient de confort il varie entre [1.2-1.3].	/
β_{max}	Coefficient qui dépend du nombre d'habitants.	/
η	Rendement de la pompe.	%

Liste des symboles

λ	Coefficient de frottement.	/
ρ	Masse volumique.	Kg/m ³
ν	Viscosité cinématique de l'eau.	m ² /s
ΔH_{Asp}	Pertes de charge à l'aspiration.	m
ΔH_{Ref}	Pertes de charge au refoulement.	m

Liste des abréviations

AEP : Alimentation en eau potable.

APC : Assemblée Populaire Communale.

CRAAG : Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique.

F : Forage.

G.C : Génie civil.

GEPH : Groupe Électropompes à axe Horizontal.

GEPV : Groupe Électropompes à axe Vertical.

HMT : Hauteur Manométrique Totale.

MATE : Ministère de l'Aménagement de Territoire et de l'Environnement.

PEHD : Polyéthylène Haute Densité.

POS : Plan d'Occupation des Sols.

PVC : PolyVinyle Chloride.

R : Réservoir.

SIG : Système d'information géographique.

SCADA : Supervisory Control And Data Acquisition.

SR : Station de Reprise.

WaterGEMS: Water Global Engineering Modeling System.

Liste des tableaux

Tableau (I-1) : Températures et précipitations de l'année 2020.....	6
Tableau (II-1) : Forage Ouled Bellil	14
Tableau (II-2) : L'état des équipements hydromécaniques du forage Ouled Bellil	15
Tableau (II-3) : L'état de G.C de la station de reprise SR d'Ouled Bellil	16
Tableau (II-4) : Les réservoirs de stockage de la commune de Bouira.....	18
Tableau (II-5) : L'état de G.C du réservoir R500 m ³ d'Ouled Bellil.....	19
Tableau (II-6) : L'état des équipements hydromécaniques du réservoir R500 m ³ Ouled Bellil.....	20
Tableau (III-1) : Taux d'accroissement en %	24
Tableau (III-2) : Nombre d'habitants pour les différents horizons.....	24
Tableau (III-3) : Norme de consommation par habitant	25
Tableau (III-4) : Evaluation des besoins domestiques	25
Tableau (III-5) : Evaluation des besoins sanitaires.....	26
Tableau (III-6) : Evaluation des besoins scolaires.....	26
Tableau (III-7) : Evaluation des besoins administratifs	26
Tableau (III-8) : Evaluation des besoins socioculturels	27
Tableau (III-9) : Evaluation des besoins d'arrosage	27
Tableau (III-10) : Evaluation des besoins de nettoyage.....	27
Tableau (III-11) : Evaluation des besoins du bétail.....	27
Tableau (III-12) : Evaluation des besoins des équipements actuels	28
Tableau (III-13) : Récapitulation des besoins en eau de la zone d'étude	28
Tableau (III-14) : β_{max} en fonction du nombre d'habitants	30
Tableau (III-15) : La consommation maximale journalière	30
Tableau (III-16) : La consommation minimale journalière.....	31
Tableau (III-17) : Bilan ressources-besoins	31
Tableau (III-18) : Variation des débits horaires	32
Tableau (IV-1) : Détermination du Résidu maximum dans le réservoir existant d'Ouled Bellil.....	41
Tableau (IV-2) : Détermination du Résidu maximum dans le réservoir existant d'Ouled Bouchia	43
Tableau (V-1) : Calcul de la HMT.....	54
Tableau (V-2) : Calcul des frais d'exploitation	54
Tableau (V-3) : Calcul des frais d'amortissement	55
Tableau (V-4) : Calcul du bilan.....	55

Liste des tableaux

Tableau (V-5) : Calcul des pertes de charge totales	56
Tableau (VI-1) : Tension de vapeur d'eau pompée en fonction de la température	68
Tableau (VII-1) : Calcul la valeur du coup de bélier pour les différents tronçons.....	75
Tableau (VIII-1) : Débits aux nœuds de POS U19.....	82
Tableau (VIII-2) : Détermination des diamètres du réseau de POS U19.....	84
Tableau (VIII-3) : Détermination des pressions et des charges au niveau des nœuds.....	86

Liste des figures :

Figure (I-1) : Commune limitrophes de la commune de Bouira	4
Figure (I-2) : Vue satellitaire de la zone d'étude	5
Figure (I-3) : Carte topographique de Ouled Bouchia, altitude et relief	5
Figure (I-4) : Diagramme de précipitation en (mm)	7
Figure (I-5) : Diagramme de température en (C°)	7
Figure (I-6) : Diagramme ombrothermique.....	8
Figure (I-7) : Diagramme de vitesse de vent	9
Figure (I-8) : La rose des vents de la wilaya de Bouira	9
Figure (I-9): L'érosion a Ouled Bouchia	10
Figure (I-10) : La sismicité du nord algérien	11
Figure (II-1) : Forage Ouled Bellil.....	4
Figure (II-2) : L'état des équipements hydromécaniques du forage Ouled Bellil	15
Figure (II-3) : Station de reprise SR d'Ouled Bellil	16
Figure (II-4) : L'état des équipements de la station de reprise SR d'Ouled Bellil	17
Figure (II-5) : Réservoir R500 m ³ d'Ouled Bellil	19
Figure (II-6) : L'état de G.C et des équipements du réservoir R500 m ³ Ouled Bellil	21
Figure (II-7) : Réservoir R100 m ³ d'Ouled Bouchia	22
Figure(III-1) : Histogramme de la consommation journalière	33
Figure(III-2) : Histogramme de la consommation journalière cumulée	33
Figure (IV-1) : Conduite d'adduction et de distribution	37
Figure (IV-2) : Conduite trop-plein et vidange	38
Figure (IV-3): Conduite BY-PASS.....	38
Figure (IV-4) : Réserve d'incendie	39
Figure (IV-5) : Matérialisation de la réserve d'incendie « Système à siphon »	39
Figure (V-1) : Vanne à opercule	48
Figure (V-2) : Vanne à papillon.....	48
Figure (V-3) : Clapet anti-retour.....	49
Figure (V-4) : Ventouse	49
Figure (VI-1) : Pompe centrifuge	59
Figure (VI-2) : Pompe axiale.....	59
Figure (VI-3) : Eléments de la pompe centrifuge	61
Figure (VI-4) : Courbe caractéristique Débit-Hauteur.....	63

Listes des figures

Figure (VI-5) : Courbe caractéristique Débit-Puissance.....	64
Figure (VI-6) : Courbe caractéristique Débit-rendement.....	64
Figure (VI-7) : Point de fonctionnement.....	65
Figure (VI-8) : Courbes caractéristiques de la pompe.....	69
Figure (VII-1) : Schéma d'une cheminée d'équilibre.....	72
Figure (VII-2) : Variations des volumes d'air dans un réservoir anti béliet	73
Figure (VII-3) : Variation de la pression absolue en fonction du temps.....	76
Figure (VII-4) : Epure de BERGERON pour le tronçon SR – R500	76
Figure (VII-5) : Variation de la pression absolue en fonction du temps Variation de la pression absolue en fonction du temps de tronçon SR – R500	77
Figure (VIII-1) : Réseau ramifié.....	79
Figure (VIII-2) : Réseau maillé	80
Figure (VIII-3) : Réseau de distribution de POS U19	87

Introduction générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'alimentation en eau potable est primordiale pour le développement durable et la qualité de vie des communautés. Ce travail abordera cette problématique en effectuant une étude complète d'un système AEP, depuis le diagnostic initial jusqu'à la conception du réseau de distribution.

La zone objet d'étude comprend deux POS (plan d'occupation des sols) U26 et U19 au niveau de la commune de Bouira, wilaya de Bouira, quoique ladite zone est approvisionnée partiellement par un réseau d'alimentation en eau potable vétuste, nonobstant notre objectif est de le réhabiliter mais aussi de faire l'extension aux encoignures non alimentées par ce réseau.

Ce travail s'organisera en huit chapitres qui se complètent de manière mutuelle. Le premier chapitre sera consacré à la présentation du site d'étude.

Le chapitre deux fournira un diagnostic physique des infrastructures existantes, ce qui permettra d'identifier les points faibles du système actuel.

Au troisième chapitre, nous allons estimer les besoins en eau en tenant compte de la croissance démographique et des normes de consommation.

Le chapitre quatre portera sur les réservoirs subséquemment, analyser si la capacité des réservoirs actuels sera toujours appropriée pour répondre aux exigences futures.

Le cinquième chapitre prendra en compte l'adduction et inclura une évaluation technico-économique des conduites qui assurent l'acheminement de l'eau depuis la source jusqu'aux zones de stockage.

Le choix de pompes et l'analyse de leurs caractéristiques fait objet de sixième chapitre, tout en se basant notamment sur les données provenant des catalogues numériques du constructeur CAPRARI.

Le septième chapitre comprendra une analyse du phénomène du coup de bélier dans le but de repérer les sections sensibles et d'installer des systèmes de défense adéquats pour les conduites.

L'ultime chapitre en l'occurrence le huitième se concentrera sur la conception du réseau de distribution, qui sera effectué en utilisant le logiciel WaterGEMS. Ce dernier facilitera la simulation des pressions et des vitesses dans les conduites, garantissant ainsi l'efficacité globale du réseau.

En dernier lieu, nous terminâmes par une conclusion générale, se présentant comme une synthèse de nos résultats et, qui résume succinctement les différentes parties évoquées ci-avant.

C

hapitre I

Présentation du site d'étude

I-Présentation du site d'étude :**I.1-Introduction :**

Chaque zone d'étude présente ses propres caractéristiques, ce chapitre vise à présenter en détail les spécificités de cette dernière.

I.2-Situation Géographique :

Le chef-lieu de la wilaya de Bouira est situé à environ 80 km au Sud-Est d'Alger, est au sud de la chaîne du Djurdjura dans l'Atlas tellien dans la région de Kabylie, son altitude est de 525 mètres.



Figure (I-1) : Commune limitrophes de la commune de Bouira.

Le site d'étude (POS U26 et POS U19) est situé à l'agglomération Ouled Bouchia qui occupe la partie Sud-Est de la commune de Bouira, est une zone rurale qui s'étend sur une superficie d'environ 70 Ha. Ledit site est à environ de 2,8 km de chef-lieu, de la commune et de la wilaya, il est limité :

- Au nord par le quartier d'Al-Thawra ;
- À l'est par le lotissement 166 ;
- Au sud par le quartier de 212 logements ;
- À l'ouest par l'agglomération d'Ouled Bellil.

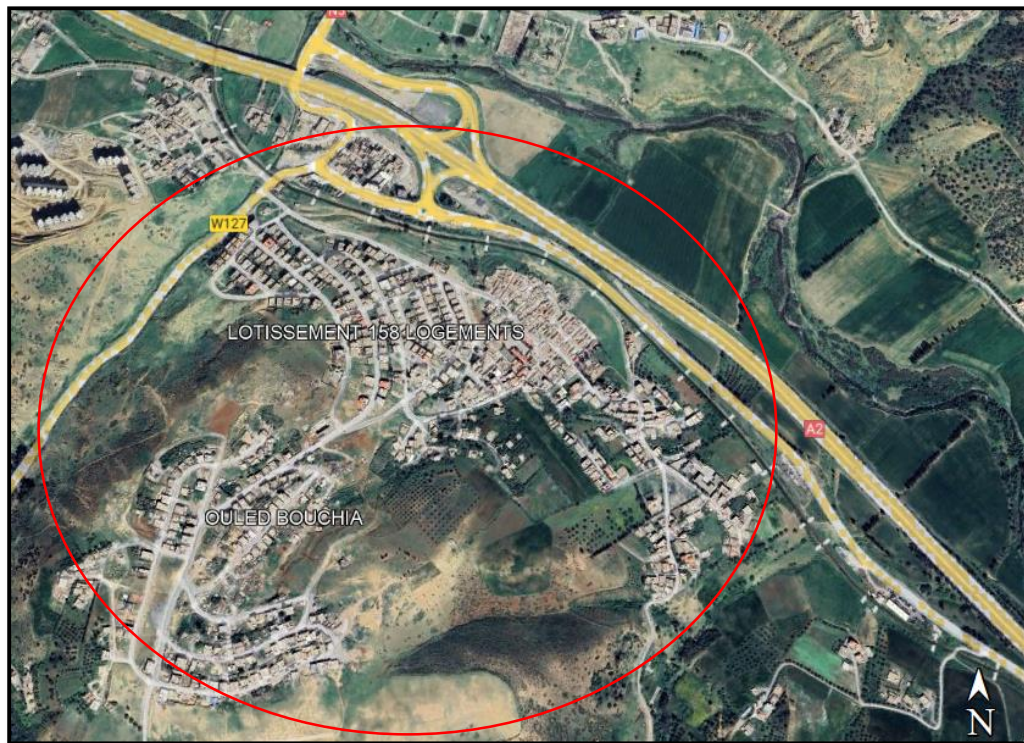


Figure (I-2) : Vue satellitaire de la zone d'étude (Source : Google earth).

I.3-Situatin topographique :

La zone d'étude contient 3 types de pentes, et cela suivants le relief du site. Les différentes valeurs de la pente (I) sont reparties comme suit :

- $I < 5\%$ pour le sud et le nord ;
- $5\% < I < 13\%$ pour une partie du nord ;
- $13\% < I < 20\%$ pour le centre du site.

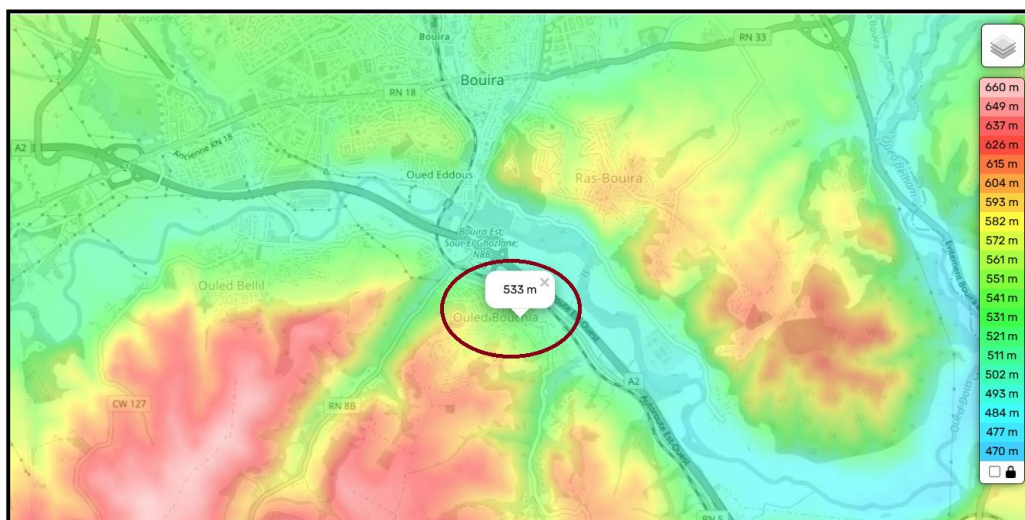


Figure (I-3) : Carte topographique de Ouled Bouchia, altitude et relief (S. topographic-map).

I.4-Situation climatique :

Le tableau ci-après représente les valeurs de températures et de précipitations de la wilaya :

Tableau (I-1) : Températures et précipitations de l'année 2020(Source : météociel).

Mois	Précipitation en (mm)	Nombre de jour de pluie	Température en (C°)
Janvier	13,5	5	11,9
Février	25,4	3	13,3
Mars	54,3	16	11,9
Avril	90,5	12	15,7
Mai	16,2	6	21,7
Juin	0,6	2	26,7
Juillet	0,9	3	29,3
Août	3	1	28,5
Septembre	39,1	6	26,05
Octobre	28	6	22,6
Novembre	52,1	9	16,8
Décembre	13,8	8	14,4
Moyenne Annuelle	337,4	77	19,9

I.4.1-Les précipitations :

La wilaya de Bouira se caractérise par une pluviométrie favorable notamment dans sa partie nord (Atlas Blidéen et versant sud du Djurdjura). Sur les sommets du Djurdjura, les précipitations peuvent dépasser les 2000 mm/an, tandis que dans la dépression centrale, les précipitations varient entre 400 et 600 mm/an. [1]

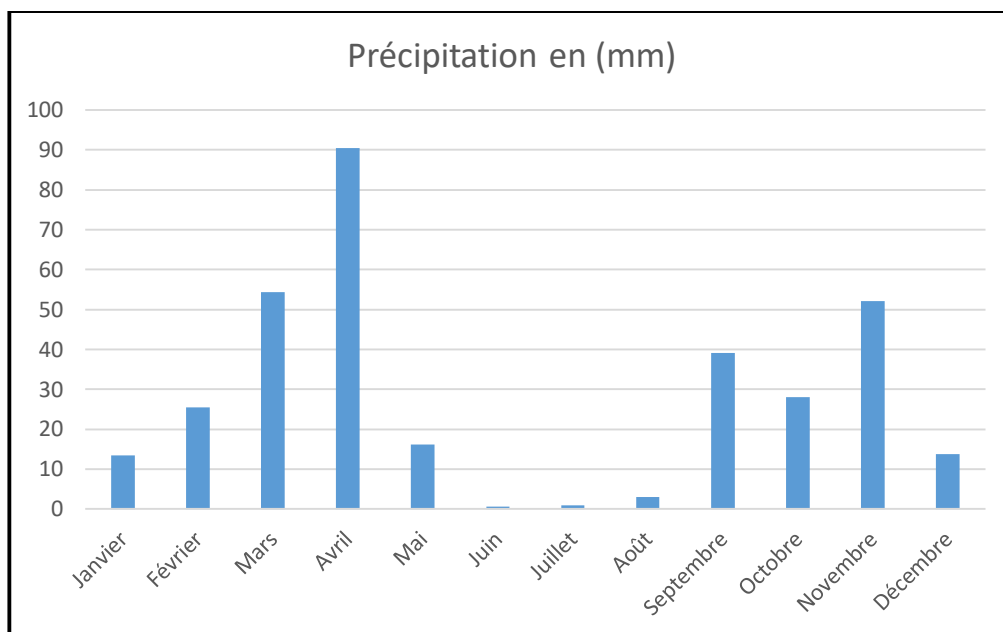


Figure (I-4) : Diagramme de précipitation en (mm).

I.4.2-La température :

La wilaya présente un hiver rigoureux et un été chaud, avec des amplitudes annuelles fortes, atteignant respectivement 2° et 45°. [2]

Les températures moyennes mensuelles relevées au titre de l'année 2008, par la station de la commune variée de 8,4°C à 27°C. [1]

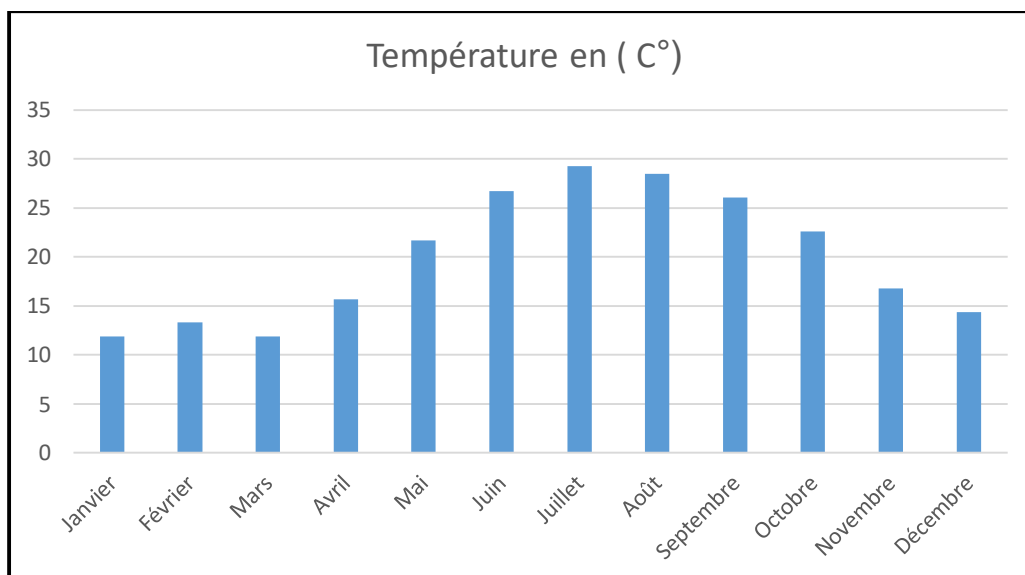


Figure (I-5) : Diagramme de température en (C°).

• **Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) :**

Le diagramme Ombrothermique permet la détermination de la période sèche, d'où les informations suivantes :

- Sur l'axe horizontal, les mois de l'année sont indiqués ;
- Sur l'axe vertical, on trouve d'une part les précipitations mensuelles et d'autre part, à une échelle doublée de celle des précipitations, les températures moyennes mensuelles.

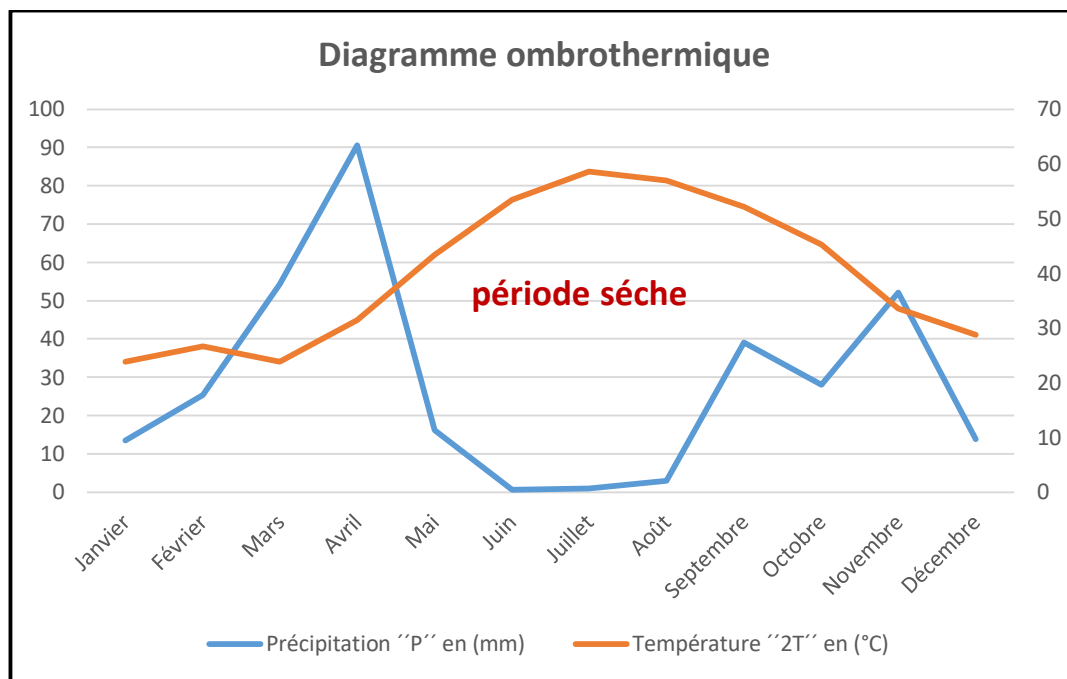


Figure (I-6) : Diagramme ombrothermique.

I.4.3-Les vents :

Les vents d'est et d'ouest prédominent et présentent des vitesses peu importantes. Les vitesses moyennes annuelles enregistrées aux stations de Bouira et Ain-Bessem sont respectivement de 5,0 m/s et 3,2 m/s. Concernant le Siroco, il souffle en moyenne de 25 jours par an (surtout en Juillet et Août). [1]

Ce diagramme illustre les jours dans chaque mois où le vent atteint une certaine vélocité à la wilaya de Bouira.

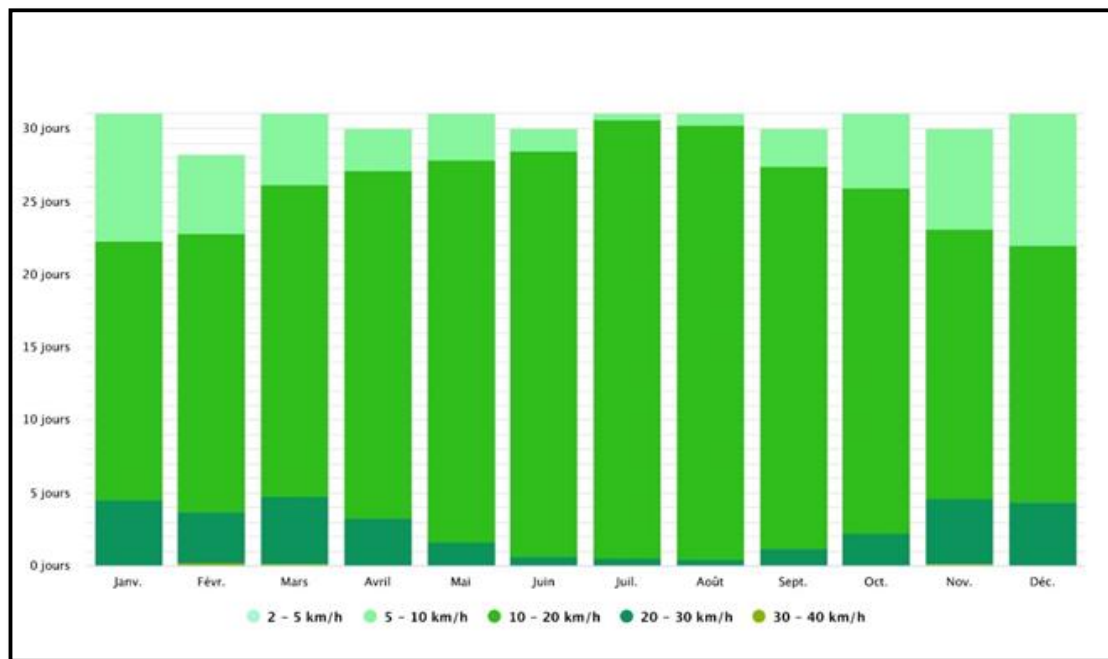


Figure (I-7) : Diagramme de vitesse de vent (S. Météobléu).

La Rose des vents pour la wilaya de Bouira indique le nombre d'heures par an que le vent souffle dans la direction représentée :

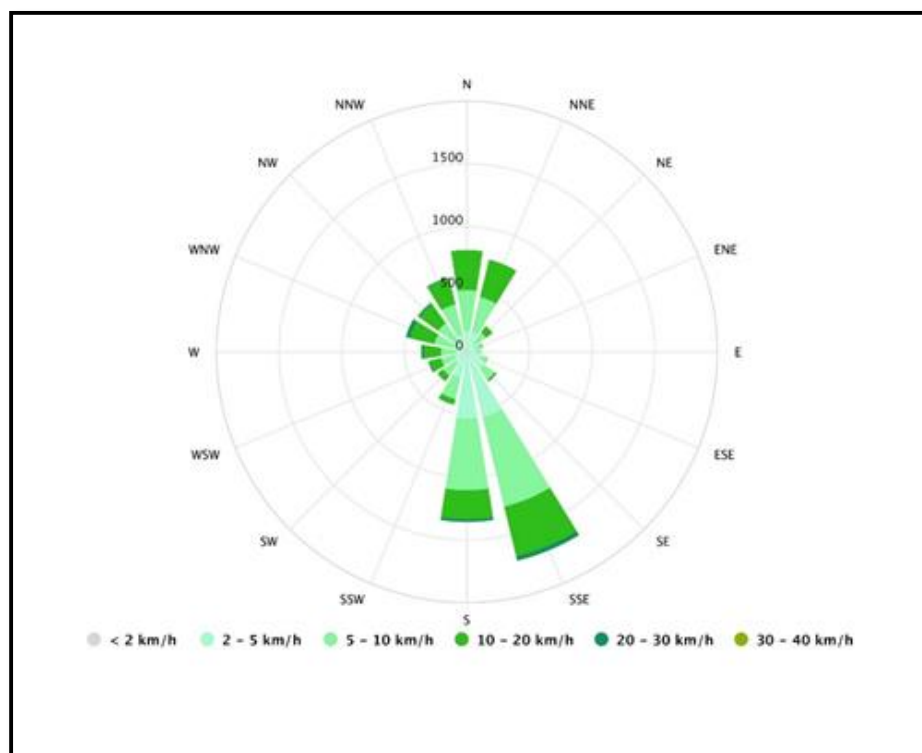


Figure (I-8) : La rose des vents de la wilaya de Bouira (S. Météobléu).

I.4.4-La neige et la grêle :

La neige est très abondante en hiver, tandis que la grêle atteint son maximum dans les périodes allant de Décembre à Mars, la moyenne annuelle du nombre de jours de grêle est de 3,5 jours au niveau de Lakhdaria. [1]

I.4.5-La gelée blanche :

La moyenne annuelle des gelées est de 19,6 jours/an, les gelées blanches sont fréquentées durant les périodes allant de Novembre à Avril. [1]

I.5-Les inondations :

La wilaya de Bouira, malgré un relief très chahuté, l'intensité des pluies en période hivernale et la densité du réseau hydrographique, la menace des inondations sur les populations reste faible, comme indiqué par les services de la direction de protection civile locale. Par ailleurs, l'existence de plusieurs barrages dans la wilaya, exige la mise en place d'une cellule chargée du suivi de l'état et de la surveillance de ces ouvrages. [1]

I.6-Sols, érosions des sols et végétation :

I.6.1-Les sols :

Les sols sont à prédominance alluvionnaire, ainsi que de bonnes terres de texture moyenne. La structure géographique indique une région de formation récente où les séismes sont possibles. [1]

I.6.2-L'érosion des sols :

L'érosion est fortement marquée dans la partie sud de la zone d'étude, elle se manifeste par des décapements du sol et la dégradation des terres cultivées sur les reliefs. La protection des sols et la lutte contre l'érosion impliquent des actions en rapport avec la nature et l'intensité de l'érosion, la vocation naturelle de la zone et aussi la présence d'ouvrages hydrauliques,...etc.



Figure (I-9) : L'érosion a Ouled Bouchia. [1]

I.6.3-La végétation :

En fonction du relief et du climat, la végétation est à prédominance céréalière et fruitière au niveau de la zone d'étude et ses environs. [1]

I.7-Situation géologique :

I.7.1-Les alluvions et sables :

Les formations, d'apport alluvial, résultent de dépôts provenant des écoulements superficiels et des épandages de crues ; elles se trouvent essentiellement de part et d'autre d'Oued Ed hous qui est limitrophe de la zone d'étude. Ces formations sont moyennement sensibles à l'érosion et constituent des terres à très haut potentiel agricole. [1]

I.8-La sismicité :

Bien que ne disposant pas d'études propres au territoire de la wilaya, nous pouvons avancer sur la base de la carte du zonage sismique de l'Algérie et de la carte de sismicité historiques (séismes déjà produits) réalisées par le MATE (Ministère de l'Aménagement de Territoire et de l'Environnement), que la wilaya de Bouira fait partie de la catégorie des territoires à risque sismique, mais d'intensité moyenne. [1]

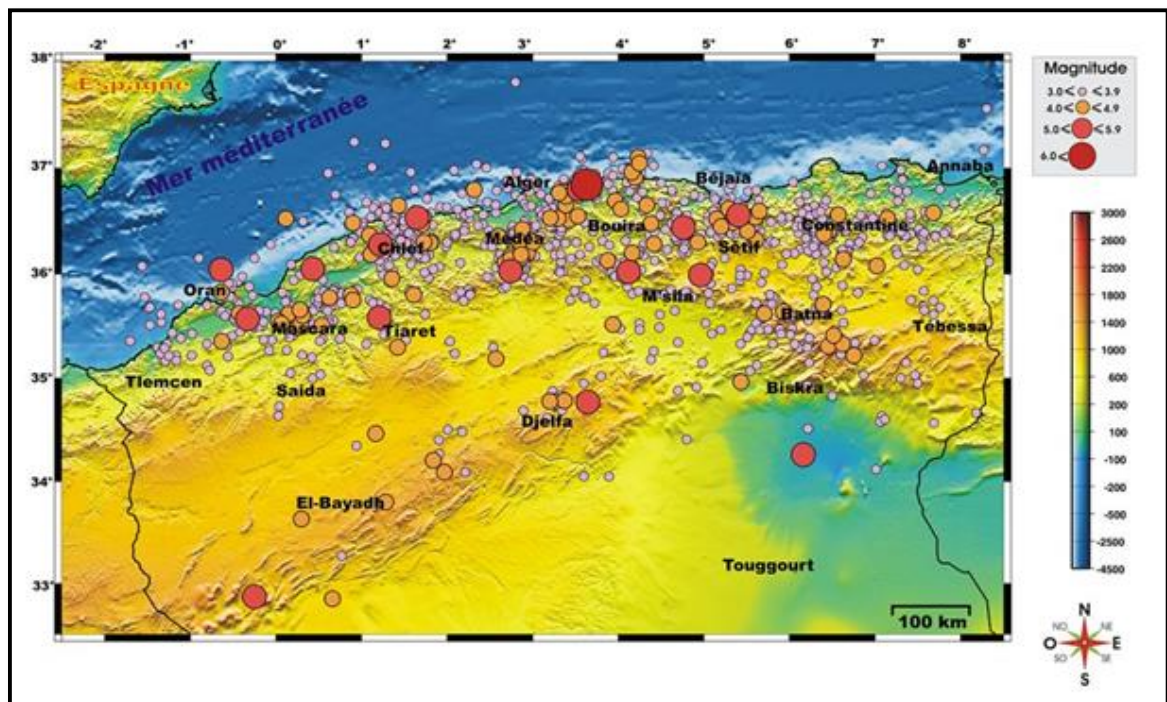


Figure (I-10) : La sismicité du nord algérien. [3]

I.9-Situation démographique :

Selon les services techniques de l'APC de Bouira (assemblée populaire communale), la population de la zone d'étude est estimée de 3836 habitants en 2022, avec un taux d'accroissement annuel de 2%.

I.10-Situation hydraulique :

Le forage d'Ouled Bellil alimente la zone d'étude qui est composée de deux POS (Plan d'occupation du sol) :

- ❖ POS U19 est alimenté par le réservoir de 100 m³ qui est lui-même alimenté par le réservoir de 500 m³ ;
- ❖ POS U26 est alimenté par le réservoir de 500 m³.

I.11-Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les caractéristiques générales de la zone d'étude de point de vue géographique, topographique, climatique, géologique, sismique, démographique et hydraulique.

Chapitre II

Diagnostic physique

II-Diagnostic physique :

II.1-Introduction :

Ce chapitre a pour objectif de présenter la situation et l'état actuel du fonctionnement du système d'alimentation en eau potable de la zone d'étude, afin de déterminer s'il est nécessaire de proposer un réseau d'approvisionnement en eau potable répondant aux besoins de la population jusqu'en 2050. Ce diagnostic concernera : la ressource en eau, le système d'adduction, le système de stockage et le système de distribution.

II.2-Système d'alimentation en eau potable de la zone d'étude :

II.2.1-Ressource en eau :

La source d'approvisionnement pour l'alimentation en eau potable de la zone d'étude se fait par un forage fournissant un débit total de 67 m³/h. Ce forage situé à la zone éparsse à Ouled Bellil alimente la station de reprise SR Draa El bordj et la station de reprise SR Ouled Bellil de l'agglomération Ouled Bellil de la commune de Bouira.

Tableau (II-1) : Forage Ouled Bellil.

Forage	Destination	Débit d'exploitation	Observation	Localisation
F Ouled Bellil	AEP alimente SR Draa El bordj et SR Ouled Bellil	67 m ³ /h	C'est le débit d'exploitation actuellement	Ouled Bellil



Figure (II-1) : Forage Ouled Bellil. [4]

Les équipements hydromécaniques du forage et leurs états sont listés dans le tableau ci-après.

Tableau (II-2) : L'état des équipements hydromécaniques du forage Ouled Bellil. [4]

Désignation	Quantité	DN (mm)	PN (bars)	État
Réservoir Anti-bélier	0	-	-	-
Débitmètre	0	-	-	-
Compteur d'eau	1	100	16	À l'arrêt
Vanne	1	100	16	En service
Manomètre	1	-	25	À l'arrêt
Ventouse	0	-	-	-
Clapet anti-retour	1	100	16	En service
Télégestion	Non	-		-

**Figure (II-2) : L'état des équipements hydromécaniques du forage Ouled Bellil. [4]****• Observations et recommandations :**

- L'installation de système de la télégestion pour améliorer et facilité la gestion de l'ouvrage ;
- Le remplacement de tout corps en états secondaire ;
- L'application d'une couche de peinture sur les murs intérieurs et extérieurs ;
- Le remplacement des vannes manuelles par des vannes motorisées ;
- L'installation du système d'alarme pour améliorer la sécurité de l'ouvrage.

II.2.2-Système d'adduction :**II.2.2.1-Moyen de production :**

En dehors de forage, il existe une station de reprise assure l'alimentation en eau de la zone d'étude. Cette station située à Ouled Bellil au voisinage du forage, elle dispose d'une bache de stockage de 100 m³ est alimenté à partir de forage F Ouled Bellil. Cette dernière refoule vers le réservoir R500 m³ Ouled Bellil.



Figure (II-3) : Station de reprise SR d'Ouled Bellil. [4]

L'état de G.C (génie civil) et des équipements hydromécaniques de cette station de reprise sont listés dans le tableau ci-après :

Tableau (II-3) : L'état de G.C de la station de reprise SR d'Ouled Bellil. [4]

Désignation	État	Désignation	État
portail d'accès	Moyen	Peinture intérieure	Moyen
Clôture permanente	Moyen (une partie en grillage)	Peinture extérieure	Moyen
La bache de reprise	Dégradé	Ensemble pour ventilation	Non
Salle des pompes	Moyen	Gard de corps	Oui
Salle de commande	Non	Tampon pour la bache	Dégradé
Les portes	Moyen	Les descentes des eaux pluviales	Moyen
Loge de garde	Moyen	Etanchéité toiture terrasse	Dégradé
G.C des parois	Moyen	Peinture sur le béton en contact d'eau	Non
Escalier	Moyen	Eclairage intérieur	Oui
Les échelles d'accès	Moyen	Eclairage extérieur	Non
Les fenêtres	Moyen	Chemin d'accès	Moyen



Figure (II-4) : L'état des équipements de la station de reprise SR d'Ouled Bellil. [4]

• **Observations et recommandations :**

- Application d'une couche de peinture sur les murs intérieur et extérieur ;
- Réparation ou remplacement de tous les équipements qui sont à l'arrêt ;
- Remplacement des vannes manuelles par des vannes motorisées ;
- L'installation des lampadaires pour l'extérieur du site ;
- Améliorer le niveau de sécurité par l'installation de système d'alarme ;
- L'installation de la télégestion pour faciliter la gestion et le contrôle de l'ouvrage.

II.2.2.2-Moyen de transport :

L'adduction par refoulement est constituée de :

- Conduite de refoulement de diamètre de 200 mm et de longueur de 2674 m en fonte ;
- Station de reprise avec un réservoir de 100 m³ situé à une altitude de 515 m ;
- Un réservoir de stockage de 500 m³ situé à une altitude de 655 m.

II.2.3-Système de stockage :

II.2.3.1-Les réservoirs de stockage existants au niveau de la commune de Bouira :

Les réservoirs de stockage existants au niveau de la commune de Bouira sont donnés par le tableau ci-après :

Tableau (II-4) : Les réservoirs de stockage de la commune de Bouira. [4]

Localité	Capacité (m ³)	Altitude (m)	Cote radier	Cote trop- plein (m)	Observation
			(m)		
Erriche	(2*1000)	569	568	572	En service
Erriche	(2*1000)	617	616	619	En service
Draa Elbordj	1500	-	-	-	En service
Kifane Ammamera	1500	563	562	567	En service
Kifane Ammamera	300	560	-	-	En service
Ouled Bellil	1500	655	-	-	En service
Ouled Bellil	1000	655	654	658	En service
Ouled Bellil	500	655	654	658	En service
Ouled Bouchia	500	641	640	644	En service
Ouled Bouchia	100	641	640	644	À l'arrêt
Menni	80	578	-	-	En service
Ben Abd Allah	500	614	613	617	En service
Ben Abd Allah	2000	616	615	619	En service
Draa Khemis	(2*1000)	611	609	614	En service
Draa Khemis	2500	616	615	619	En service
Thamer	100	-	-	-	En service
Said Abid	100	584	583	587	En service
Said Abid	200	584	583	587	En service
Said Abid	500	584	583	587	En service

II.2.3.2-Le réservoir de capacité 500 m³ :

Ce réservoir est de forme circulaire situé à la localité d'Ouled Bellil, à une altitude de 655 m, se trouve dans un état dégradé. L'ouvrage est en service. Son alimentation est assurée à partir de la station de reprise d'Ouled Bellil.



Figure (II-5) : Réservoir R500 m³ d'Ouled Bellil. [4]

L'état de G.C (génie civil) et des équipements hydromécaniques du réservoir R500 Ouled Bellil sont listés dans les tableaux ci-après :

Tableau (II-5) : L'état de G.C du réservoir R500 m³ d'Ouled Bellil. [4]

Désignation	État	Désignation	État
Portail d'accès	Non	Peinture intérieure	Dégradé
La cuve	Dégradé	Peinture extérieure	Dégradé
Clôture permanente	Moyen	Système de drainage	Non
Poste de javellisation	Non	Gard de corps	Non
Cheminée d'aération	Moyen	Les trappes d'accès	Dégradé
Loge de garde	Dégradé	Les descentes des eaux pluviales	Moyen
G.C des parois	Dégradé	Étanchéité toiture terrasse	Dégradé
Escalier	Non	Peinture sur le béton en contact d'eau	Non
Les échelles d'accès	Dégradé	Éclairage intérieur	Non
Chemin d'accès	Dégradé (présence	Éclairage extérieur	Non
	des déblais)		

Tableau (II-6) : L'état des équipements hydromécaniques du réservoir R500 m³ Ouled Bellil. [4]

Désignation	Quantité	DN (mm)	PN (bars)	État
Vannes	02	200	16	Dégradé
	01	150	16	Dégradé
	01	100	16	Dégradé
Joint de démontage	00	-	-	-
Conduite d'arrivée	01	200	-	Dégradé
Conduite de départ	01	200	-	Dégradé
Débitmètre	00	-	-	-
Compteur	02	100 et 200	16	À l'arrêt
Manomètre	00	-	-	-
Ventouse	00	-	-	-
Clapet anti-retour	00	-	-	-
Équipement de mesure de niveau	00	-		
Télégestion	00	-		



Figure (II-6) : L'état de G.C et des équipements du réservoir R500 m³ Ouled Bellil. [4]

• Observations et recommandations :

- Remplacement des équipements dégradés ;
- Pose d'un portail d'accès à l'ouvrage ;
- Le remplacement de tout le système hydraulique de distribution ;
- L'installation des équipements de mesure et de contrôle ;
- Remplacement des vannes manuelles par des vannes motorisées ;
- Réhabilitation de l'étanchéité de la coupole ;
- Peinture des parois intérieures et extérieures de la chambre des vannes ;
- Remplacement de tout corps d'état secondaire de l'ouvrage ;
- L'alimentation du réservoir en électricité ;
- L'installation d'un système d'éclairage intérieur et des lampadaires pour l'extérieur du site ;
- Améliorer le niveau de sécurité par l'installation de système d'alarme ;
- L'installation de la télégestion pour faciliter la gestion et le contrôle de l'ouvrage ;
- Changement des échelles.

II.2.3.3-Le réservoir de capacité 100 m³ d'Ouled Bouchia :

Ce réservoir est de forme circulaire situé à la localité d'Ouled Bouchia à une altitude de 641 m, il est alimenté par une conduite de diamètre de 200 mm à partir du réservoir R500 m³ d'Ouled Bellil, se trouve dans un état dégradé. L'ouvrage est à l'arrêt (abandonné).



Figure (II-7) : Réservoir R100 m³ d'Ouled Bouchia. [4]

II.2.4-Système de distribution :

Le réseau de distribution est de type ramifié ou l'ensemble des conduites en acier galvanisé, qui ont été rénovées en PEHD avec un redimensionnement effectué selon les projections et le développement de la population.

II.3-Les réhabilitations à prévoir :

Suite au diagnostic physique du système d'alimentation en eau potable de la zone d'étude, et afin de répondre aux besoins en eau des populations futures, il est recommandé d'adopter les mesures suivantes :

II.3.1-Les adductions :

Rénovation des équipements hydromécaniques et réhabilitation de la partie génie civil, de la station de reprise SR d'Ouled Bellil et de réservoir R500 m³.

II.3.2-Les réservoirs de Stockage :

Mettre en service le réservoir de distribution R100 m³ d'Ouled Bouchia.

II.4-Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté l'état du réseau d'eau potable de la zone d'étude ainsi que quelques observations et recommandations permettant le diagnostic de ce réseau. Quant au diagnostic de l'environnement des conduites, il ne pourra pas se faire à cause du manque généralisé des données structurées.

Chapitre III

Estimation des besoins en eau

III-Estimation des besoins en eau :

III.1-Introduction :

L'estimation des besoins en eau est très importante pour assurer une gestion efficace des ressources hydriques, elle contribue à l'évaluation des volumes d'eau nécessaire pour la satisfaction des besoins des communautés, du secteur industriel ainsi que l'agricole tout en facilitant la prise de décision sensée pour garantir la pérennité de cette ressource précieuse.

III.2-Estimation de la population future :

En Algérie, le développement démographique suit le principe des accroissements exponentiels défini par la formule des intérêts composés, prenant en compte les naissances, l'immigration et le taux de mortalité, à savoir :

$$P_n = P_0 (1+T)^n \quad (\text{III.1})$$

- P_n : Population future pour l'horizon considéré dans n années ;
- P_0 : Population de l'année de référence ;
- T : Taux d'accroissement annuel de la population (2%) ;
- n : Intervalle d'années séparant l'année P_n et P_0 .

Le taux d'accroissement annuel de la population :

Tableau (III-1) : Taux d'accroissement en %.

Wilaya	Année	Taux d'accroissement (%)
Bouira	2022	2

La durée théorique de projection pour un projet de ce type est de 25 ans. Selon la loi précédente, le tableau (III-2) ci-après présente l'évolution et la distribution de la population de la zone d'étude :

Tableau (III-2) : Nombre d'habitants pour les différents horizons.

Localité	Nombre d'habitants pour l'année de référence (2022)	Nombre d'habitants pour l'année actuelle (2025)	Nombre d'habitants pour le court terme (2030)	Nombre d'habitants pour le moyen terme (2040)	Nombre d'habitants pour le long terme (2050)
La zone d'étude	3836	4071	4494	5479	6679

III.3-Choix de la norme unitaire de consommation :**Tableau (III-3) :** Norme de consommation par habitant.

Nombre d'habitant	Norme de consommation (l/hab/j)
Inférieure à 20 000	150 à 200
de 20000 à 100000	200 à 300
Supérieur à 100000	300 à 400

La zone d'étude est de nature urbaine, donc la norme de consommation unitaire quotidienne est approximativement de 150 l/j/hab pour les différentes perspectives (court, moyen et long terme).

III.4-Estimation des besoins en eau :**III.4.1-Besoins domestique :**

La consommation journalière moyenne se calcule en multipliant la dotation journalière exprimée en litre par jour (150 l/j), par le nombre de consommateurs divisé par mille.

$$Q_{\text{moy},j} = \frac{Q_i \times N_i}{1000} \quad (\text{III.2})$$

Avec :

- $Q_{\text{moy},j}$: consommation moyenne journalière en m³/j ;
- Q_i : dotation en l/j/hab ;
- N_i : nombre de consommateurs.

Tableau (III-4) : Evaluation des besoins domestiques.

Horizon	Population	Dotation (l/j/hab)	$Q_{\text{moy},j}$ (m ³ /j)
2022	3836	150	575,4
2025	4071	150	610,65
2050	6679	150	1001,85

III.4.2-Besoins des équipements actuels :**III.4.2.1-Besoins sanitaires :**

Le tableau ci-après présente une récapitulation des besoins sanitaire identifiés dans la zone d'étude.

Tableau (III-5) : Evaluation des besoins sanitaires.

Équipement	Unité	Nombre d'unité	Dotation (l/j/unité)	Q _{moy} (m ³ /j)
Centre de santé	m ²	400	05	02
Salle de soin	m ²	200	05	01

III.4.2.2-Besoins scolaires :

Le tableau ci-après illustre les besoins scolaire fixés dans la région d'étude.

Tableau (III-6) : Evaluation des besoins scolaires.

Équipement	Unité	Nombre d'unité	Dotation (l/j/unité)	Q _{moy} (m ³ /j)
Écoles primaires (2)	Elève	350	15	5,25
C.E.M	Elève	700	20	14
Lycée	Elève	500	25	12,5

III.4.2.3-Besoins administratifs :

Les différents besoins administratifs de la zone d'étude sont réunis dans le tableau ci-après :

Tableau (III-7) : Evaluation des besoins administratifs.

Équipement	Unité	Nombre d'unité	Dotation (l/j/unité)	Q _{moy} (m ³ /j)
A.P.C	Employé	15	10	0.15
Algérie poste	Employé	10	10	0.1

III.4.2.4-Besoins socioculturels :

Les besoins socioculturels dans la zone d'étude se résume à ceux d'une mosquée (seule installation) comme suit :

Tableau (III-8) : Evaluation des besoins socioculturels.

Equipement	Unité	Nombre d'unité	Dotation (l/j/unité)	Q _{moy} (m ³ /j)
Mosquée	Fidèle	900	10	9

III.4.2.5-Besoins d'arrosage :

Dans le tableau ci-après on trouve les besoins en eau des espaces verts dans la zone d'étude.

Tableau (III-9) : Evaluation des besoins d'arrosage.

Espace vert	Unité de mesure	Nombre d'unité	Dotation (l/j/unité)	Q _{moy} (m ³ /j)
U19	m ²	8090	5	40,45
U26	m ²	35895	5	179,475

III.4.2.6-Besoins de nettoyage :

Le débit de nettoyage a une relation avec le nombre d'habitants et la dotation de 30 l/j/m².

Tableau (III-10) : Évaluation des besoins de nettoyage.

Horizon	Population	Dotation (l/j/hab)	Q _{moy} (m ³ /j)
2025	4071	30	122,13

III.4.2.7-Besoins du bétail :

La zone d'étude est une région semi-rurale où plusieurs activités agricoles jouent un rôle essentiel. Le tableau ci-après présente les différents chiffres, dotations et besoins.

Tableau (III-11) : Evaluation des besoins du bétail.

Catégorie	Unité	Nombre	Dotation	Q _{moy} (m ³ /j)
		d'unité	(l/j/unité)	
Caprins	Tête	800	15	12
Bovins	Tête	140	70	9,8
Ovins	Tête	1000	15	15

Un récapitulatif des besoins des équipements actuels est illustre dans le tableau ci-après :

Tableau (III-12) : Evaluation des besoins des équipements actuels.

Besoin	Consommation Q (m ³ /j)
Sanitaire	03
Scolaire	31,75
Administratif	0,25
Socioculturel	09
Arrosage	219,925
Nettoyage	122,13
Bétail	36,8
Total	422,855

III.4.3-Besoins des équipements futurs :

Pour trouver les besoins en eau futurs des équipements, on utilise la relation suivante :

$$\frac{Q_{\text{équipements Actuel}}}{Q_{\text{domestique Actuel}}} = \frac{Q_{\text{équipements Futur}}}{Q_{\text{domestique futur}}} \quad (\text{III.3})$$

Donc :

$$Q_{\text{équipements Futur}} = \left(\frac{Q_{\text{équipements Actuel}}}{Q_{\text{domestique Actuel}}} \right) \times Q_{\text{domestique futur}}$$

$$Q_{\text{équipements Futur}} = 693,75 \text{ m}^3/\text{j}.$$

III.4.4-Besoins totaux en eau :

Les consommations moyennes journalières actuelles et futures sont récapitulées dans le tableau ci-après :

Tableau (III-13) : Récapitulation des besoins en eau de la zone d'étude.

Type de besoins	Besoins en eau moyen journalier m ³ /j	
	Actuel (2025)	Futur (2050)
Domestique	610,65	1001,85
Équipements	422,855	693,75
Total	1033,505	1695,60

III.5- Caractéristique de la consommation en eau :

III.5.1- Majoration de la consommation moyenne journalière :

Pour éviter toute insuffisance dans la consommation journalière, on prévoit une majoration de 20% des besoins totaux journaliers afin de combler les fuites.

$$Q_{maj,j} = Q_{moy,j} + Q_{fuites} \quad (III.4)$$

$$Q_{fuite} = Q_{moy,j} \times \left(\frac{20}{100}\right)$$

$$Q_{maj,j} = 1,2 Q_{moy,j}$$

Avec :

- $Q_{maj,j}$: Débit majeure journalier (m^3/j) ;
- $Q_{moy,j}$: Débit moyen journalier (m^3/j) ;
- Q_{fuites} : Débit des fuites (m^3/j).

Donc :

$$Q_{maj,j} = 1695,60 \times 1,2 = \mathbf{2034,72 \text{ m}^3/j}$$

III.5.2- Coefficient d'irrégularité :

Durant l'année, la consommation connaît des changements. Cette variation illustre, au fil du temps, les actions humaines. Elle se distingue par deux coefficients, appelés coefficients d'irrégularité journalière maximale ou minimale.

III.5.2.1- Coefficient d'irrégularité maximale : ($K_{max,j}$)

$$K_{max,j} = \frac{Q_{max,j}}{Q_{maj,j}} \quad (III.5)$$

Avec :

- $Q_{max,j}$: consommation maximale journalière ;
- $Q_{maj,j}$: consommation majorée journalière.

La valeur de $K_{max,j}$ varie entre 1,1 et 1,3. Et pour notre cas on prend $K_{max,j} = 1,2$

III.5.2.2- Coefficient d'irrégularité minimale : ($K_{min,j}$)

$$K_{min,j} = \frac{Q_{min,j}}{Q_{maj,j}} \quad (III.6)$$

Avec :

- $Q_{min,j}$: consommation minimale journalière ;
- $Q_{maj,j}$: consommation majorée journalière.

Ce coefficient sert à définir le minimum de consommation journalière possible.

$K_{min,j}$ varie de 0,7 à 0,9, et On prend $K_{min,j} = 0,8$.

III.5.2.3- Coefficient d'irrégularité maximale horaire : ($K_{max,h}$)

Il nous donne la variation du débit journalier pour chaque heure de la journée, il est donné par la formule suivante :

$$K_{max,h} = \alpha_{max} \times \beta_{max} \quad (III.7)$$

Avec :

- α_m : coefficient de confort il varie entre [1.2-1.3] et on prend $\alpha_{max}=1.25$
- β_{max} : Coefficient qui dépend du nombre d'habitants.

Tableau (III-14) : β_{max} en fonction du nombre d'habitants.

Nombre d'habitants	1000	1500	2500	4000	6000	10000
β_{max}	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3

Pour ce cas le nombre d'habitants de la zone d'étude est 6679 hab, qui correspond à un coefficient $\beta_{max} = 1,383$

Interpolation :

$$\text{On a } 4000 \begin{cases} 6000 \rightarrow 1,4 \\ 10000 \rightarrow 1,3 \end{cases}$$

$$4000 \rightarrow 0,1 (1,4 - 1,3)$$

$$679 (6679 - 6000) \rightarrow X$$

$$X = \frac{679 \times 0,1}{4000} = 0,016975$$

$$\beta_{max} = 1,4 - 0,016975 = 1,383$$

Donc :

$$K_{max.h} = 1,25 \times 1,383 = 1,729 = 1,7$$

III.5.3-Détermination des débits journaliers :

III.5.3.1-Consommation maximale journalière : ($Q_{max,j}$)

Ce débit, correspondant au jour de consommation maximale durant l'année, est utilisé comme référence dans les calculs pour la taille du réseau de distribution et d'adduction. Il nous permet aussi de déterminer la capacité du réservoir et de la station de pompage.

$$Q_{max,j} = Q_{maj,j} \times K_{max,j} \quad (III.8)$$

Avec :

- $Q_{max,j}$: débit maximum journalier en (m^3/j) ;
- $Q_{maj,j}$: débit majoré journalier en (m^3/j) ;
- $K_{max,j}$: coefficient d'irrégularité maximale journalière.

Tableau (III-15) : la consommation maximale journalière.

$Q_{maj,j} (m^3/j)$	$K_{max,j}$	$Q_{max,j} (m^3/j)$
2034,72	1,2	2441,66

$$Q_{max,j} = 2441,66 m^3/j$$

III.5.3.2-Consommation minimale journalière : ($Q_{\min,j}$)

C'est le débit de jour de faible consommation pendant l'année. Et on le donne par la formule suivante :

$$Q_{\min,j} = Q_{\text{maj},j} \times K_{\min,j} \quad (\text{III.9})$$

Avec :

- $Q_{\min,j}$: débit minimum journalier en (m^3/j) ;
- $Q_{\text{maj},j}$: débit moyen journalier en (m^3/j) ;
- $K_{\min,j}$: coefficient d'irrégularité minimale journalière.

Tableau (III-16) : la consommation minimale journalière.

$Q_{\text{maj},j} (\text{m}^3/\text{j})$	$K_{\min,j}$	$Q_{\min,j} (\text{m}^3/\text{j})$
2034,72	0,8	1627,78

$$Q_{\min,j} = 1627,78 \text{ m}^3/\text{j}$$

III.5.4-Détermination des débits horaires :**III.5.4.1-Débit moyen horaire : ($Q_{\text{moy},h}$)**

Le débit moyen horaire est donné par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy},h} = \frac{Q_{\text{max},j}}{24} \quad (\text{III.10})$$

$$Q_{\text{moy},h} = \frac{2441,66}{24}$$

$$Q_{\text{moy},h} = 101,74 \text{ m}^3/\text{h}$$

III.5.4.2-Débit maximum horaire : ($Q_{\text{max},h}$)

Ce débit est déterminé par :

$$Q_{\text{max},h} = Q_{\text{moy},h} \times K_{\text{max},h} \quad (\text{III.11})$$

Avec :

- $Q_{\text{moy},h}$: Débit moyen horaire en (m^3/h) ;
- $K_{\text{max},h}$: Coefficient d'irrégularité maximale horaire.

$$Q_{\text{max},h} = 101,74 \times 1,7$$

$$Q_{\text{max},h} = 172,96 \text{ m}^3/\text{h}$$

III.6- Bilan ressources disponibles-besoins en eau :

Le bilan hydrique est une confrontation entre les ressources disponibles et les besoins en eau :

Tableau (III-17) : Bilan ressources-besoins.

Horizon	Ressource disponible (Forage) (l/s)	Besoin en eau (l/s)	Bilan (l/s)
2050	18,61	28,26	-9,65

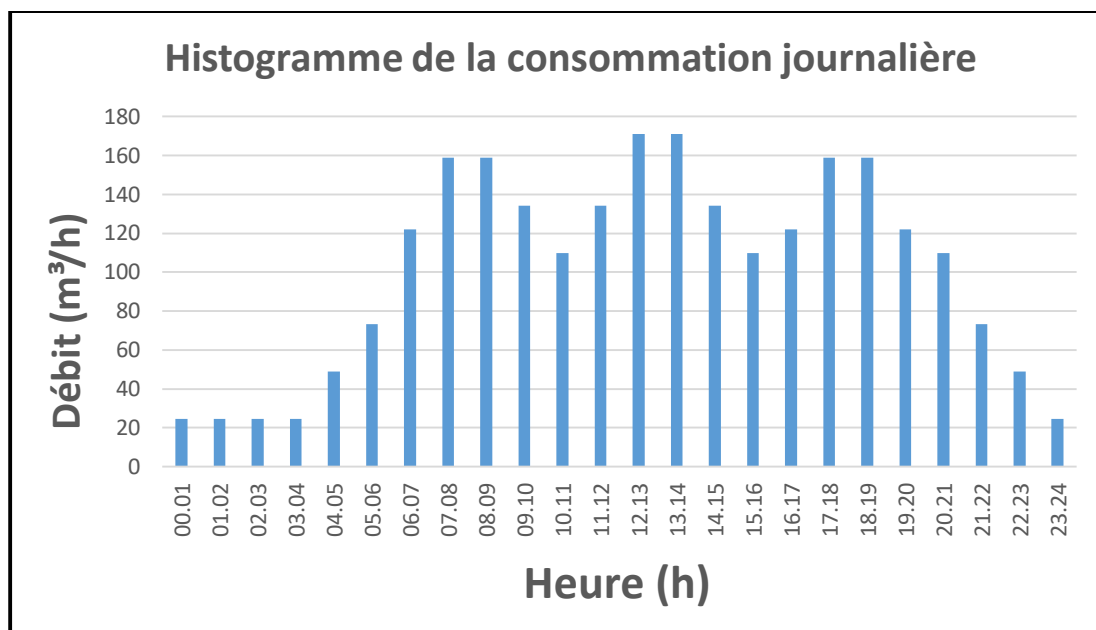
D'après ce bilan, on constate que les ressources disponibles (actuel) présentent un déficit de (9,65 l/s) pour le long terme.

III.7-Evaluation de la consommation horaire :

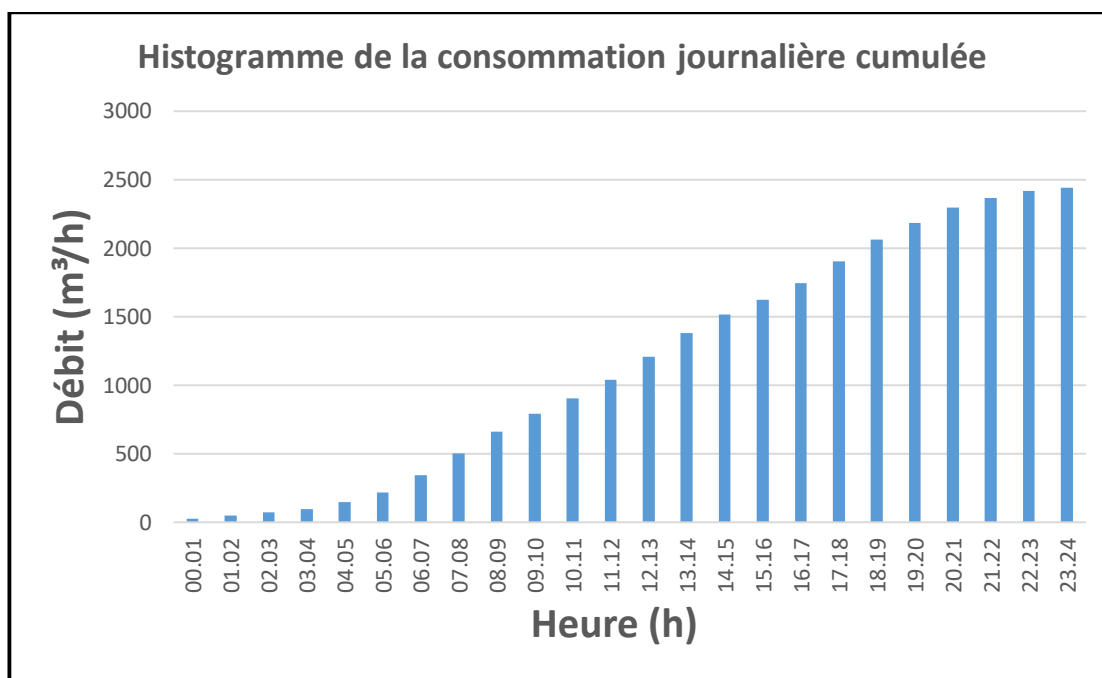
La variation précédente est exprimée en (%) du débit maximal journalier de l'agglomération. Pour ce cas, on a une agglomération de 6679 habitants, et un $K_{\max,h} = 1,7$ (voir annexe (01)).

Tableau (III-18) : Variation des débits horaires.

Heures	Consommation totale ($Q_{\max,j}$)		Courbe de consommation cumulée	
	%	m ³ /h	%	m ³ /h
00.01	1	24,4166	1	24,4166
01.02	1	24,4166	2	48,8332
02.03	1	24,4166	3	73,2498
03.04	1	24,4166	4	97,6664
04.05	2	48,8332	6	146,4996
05.06	3	73,2498	9	219,7494
06.07	5	122,083	14	341,8324
07.08	6,5	158,7079	20,5	500,5403
08.09	6,5	158,7079	27	659,2482
09.10	5,5	134,2913	32,5	793,5395
10.11	4,5	109,8747	37	903,4142
11.12	5,5	134,2913	42,5	1037,7055
12.13	7	170,9162	49,5	1208,6217
13.14	7	170,9162	56,5	1379,5379
14.15	5,5	134,2913	62	1513,8292
15.16	4,5	109,8747	66,5	1623,7039
16.17	5	122,083	71,5	1745,7869
17.18	6,5	158,7079	78	1904,4948
18.19	6,5	158,7079	84,5	2063,2027
19.20	5	122,083	89,5	2185,2857
20.21	4,5	109,8747	94	2295,1604
21.22	3	73,2498	97	2368,4102
22.23	2	48,8332	99	2417,2434
23.24	1	24,4166	100	2441,66



Figure(III-1) : Histogramme de la consommation journalière.



Figure(III-2) : Histogramme de la consommation journalière cumulée.

III.8-Conclusion :

Dans ce chapitre on a déterminé la population future ainsi que ces besoins en eau, par la suite le débit maximum journalier qui est égale à 2441,66 m³/j qu'on va utiliser entre autre dans le dimensionnement des réservoirs.

Chapitre IV

Les réservoirs

IV-Les réservoirs :**IV.1-Introduction :**

Les réservoirs sont des ouvrages très importants dans un réseau d'alimentation en eau potable, placés généralement en hauteur sur un sommet géographique. Ce sont des ouvrages hydrauliques de stockage de l'eau, assure la liaison entre le réseau d'adduction qui achemine l'eau depuis la source et le réseau de distribution qui la délivre aux usagers. Ces structures ont une longue durée de vie et sont essentielles pour assurer une alimentation en eau potable fiable et continue dans les zones urbaines.

IV.2-Rôle des réservoirs :

Parmi les fonctions des réservoirs on trouve :

- Contrôleur du débit entre le mode d'adduction et le mode de distribution ;
- Évaluation d'un réseau maillé en termes de volume et de pression. Il sert effectivement d'indicateur précis, constamment et sans interruption, de l'état du réseau (pression) et de l'appréciation de la demande effective (fluctuations de niveau) ;
- Contrôleur de pression à chaque point du réseau. Sans tenir compte de la consommation ;
- Mesure de sécurité face aux dangers d'incendie, à la demande exceptionnelle en eau ou à l'interruption temporaire de l'approvisionnement (défaillance dans la station de pompage, rupture de la conduite d'alimentation, arrêt de la station de traitement) ;
- Permet une certaine modification du processus de pompage afin d'optimiser l'ensemble « adduction + réservoirs » (réduction de la consommation d'énergie électrique pendant les heures de pointe, pompes produisant un débit constant correspondant à la performance maximale). [5]

IV.3-Fonction générale des réservoirs : [6]**IV.3.1-Fonction technique :**

- Régulation des débits (demande et distribution) ;
- Contrôle de la pression ;
- Simplification de l'utilisation ;
- La distribution d'eau vers les abonnés ;
- La sécurité d'approvisionnement ;
- Réacteur impliqué dans le traitement.

IV.3.2-Fonction économique :

- Diminution des placements financiers dans le réseau de distribution ;
- Diminution des dépenses énergétiques ;
- Diminution des investissements dans les équipements de production (les ouvrages).

IV.4-Classification des réservoirs :

D'après la nature des matériaux, on distingue :

- Les réservoirs métalliques ;
- Les réservoirs en maçonnerie ;

- Les réservoirs en béton arme, ordinaire ou précontraint.

D'après la situation des lieux, ils peuvent être :

- Enterrés ;
- Semi-enterrés ;
- Surélevés, sur tour. [7]

IV.5-Choix du type de réservoir :

Il est préférable d'avoir recours au réservoir enterré, semi-enterré.

Ces types de réservoirs présentent les avantages suivants :

- Economie sur les frais de construction ;
- Etude architecturale très simplifiée et moins sujette à critiques ;
- Etanchéité plus facile à réaliser ;
- Conservation à une température constante de l'eau ainsi emmagasinée. [7]

IV.6-Emplacement des réservoirs :

Le choix du site du réservoir est essentiellement influencé par la topographie et la nature du sol, leur emplacement doit assurer les aspects suivants :

- L'alimentation du réseau doit se faire par gravité pour des raisons d'économie ;
- Il doit être placés à un niveau supérieur à celui de l'agglomération ;
- Assurer une pression suffisante aux abonnés ;
- La cote du radier doit être supérieure à la plus haute cote piézométrique exigée dans le réseau. [9]

IV.7-Qualité de l'eau dans les réservoirs :

Pour éviter la dégradation de la qualité de l'eau lors de la traversée d'un réservoir, il convient :

- De garantir une étanchéité parfaite de l'ouvrage : terrasse, radier et parois pour les réservoirs au sol ou semi- enterrés ;
- D'assurer que les ouvertures d'aération (ventilations, trop-pleins,...etc.) soient bien protégées contre les entrées de poussière, d'insectes et d'animaux ;
- D'effectuer un nettoyage au moins annuel du réservoir ;
- De réduire l'éclairage naturel de l'intérieur du réservoir. [9]

IV.8-Les équipements de réservoir :

Les réservoirs d'eau potable doivent être équipé par :

IV.8.1-Conduite d'adduction :

La conduite d'adduction à son débouché dans le réservoir, doit pouvoir s'obturer quand l'eau atteint dans la cuve son niveau maximal :

- Obturation par robinet flotteur si l'adduction est gravitaire ;
 - Un dispositif permettant l'arrêt du moteur si l'adduction s'effectue par refoulement.
- [7]

IV.8.2-Conduite de distribution :

Le départ de la conduite de distribution s'effectue à 0,15 ou 0,20 m au-dessus du radier en vue d'éviter d'introduire dans la distribution des boues ou des sables qui éventuellement, pourraient se décanter dans la cuve. Pour faciliter le brassage de l'eau, le départ est prévu à l'opposé de l'adduction. Un robinet-vanne doit être ménagé sur le départ de la conduite. [7]

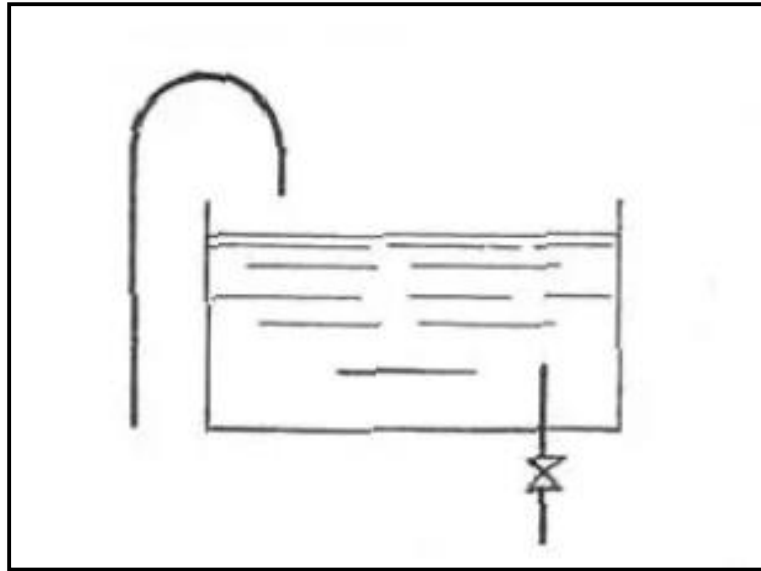


Figure (IV-1) : Conduite d'adduction et de distribution [7].

IV.8.3-Conduite de trop-plein :

Chaque réservoir doit avoir une conduite de trop-plein, cette conduite a pour but d'évacuer le débit d'adduction arrivant au réservoir lorsque le niveau d'eau dans celui-ci atteint sa limite maximale, elle ne doit pas comporter de robinet. Pour éviter la pollution ou l'introduction d'un corps nocifs on ménage un joint hydraulique constitué par un siphon qui maintient en eau un tronçon de trop-plein. [9]

IV.8.4-Conduite de vidange :

Elle part du point bas du réservoir et se raccorde sur la canalisation de trop plein. Elle comporte un robinet-vanne.

Les conduites d'adduction, de distribution, de trop-plein et de vidange doivent être prévues dans tous les réservoirs. S'il y a de risque de gel, l'adduction et la distribution doivent être calorifugées. [7]

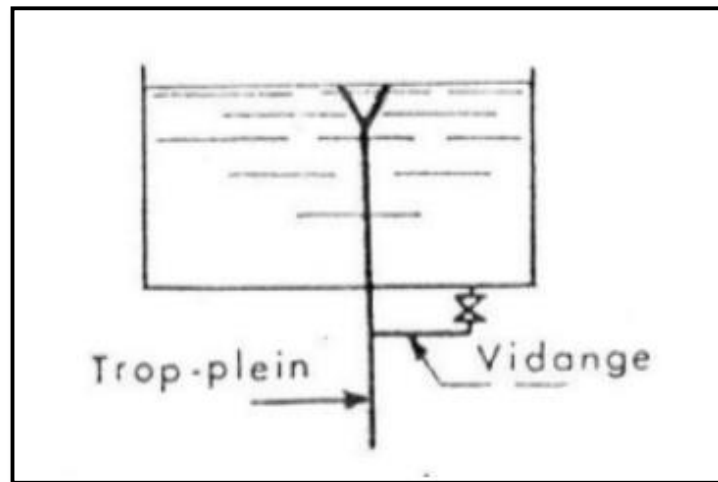


Figure (IV-2) : Conduite trop-plein et vidange [7].

IV.8.5-Conduite de BY-PASS :

La conduite de BY-PASS relie entre la conduite d'adduction et la conduite de distribution, elle assure la distribution pendant le nettoyage. Elle s'effectue selon le schéma de la figure (IV-3) :

- En fonctionnement normal : les vannes 1 et 3 sont ouvertes, la vanne 2 est fermée ;
- En BY-PASS : les vannes 1 et 3 sont fermées, la vanne 2 est ouverte.

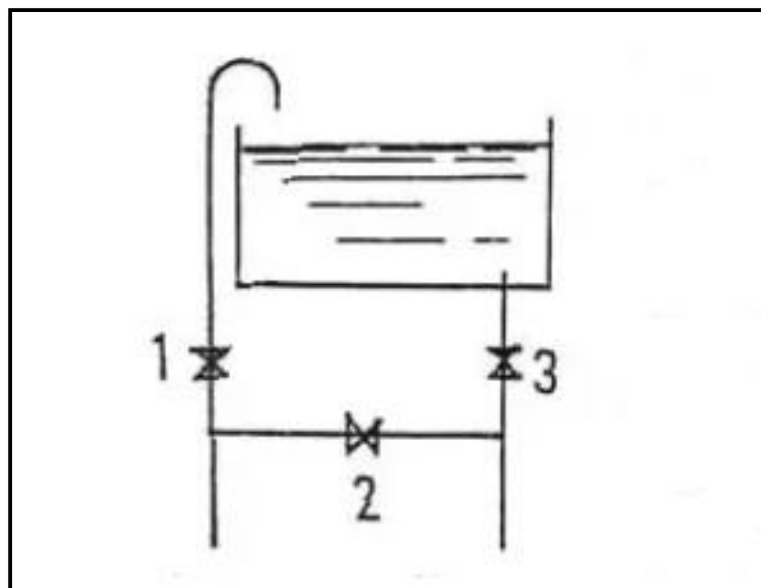


Figure (IV-3): Conduite BY-PASS [7].

IV.8.6-Matérialisation de la réserve incendie :

Quand la surveillance du plan d'eau dans le réservoir ne peut être assurée par du personnel à demeure, ce qui est le cas pour les installations moyennes automatiques, il importe que des dispositions soient prises en vue d'éviter dans le cas d'un soutirage intensif, que la réserve d'incendie ne puisse passer dans la distribution.

Une première disposition est celle indiquée sur la figure (IV-4) où en temps normal, 1 est fermé et 2 ouvert. En cas de sinistre, il suffit d'ouvrir 1. Mais il existe ainsi une tranche d'eau morte, ce qu'il faut éviter.

Aussi, le dispositif le plus souvent adopté est constitué par un siphon figure (IV-5) qui se désamorce quand le niveau de la réserve est atteint :

- En service normal : 1 est ouvert et 2 fermé. Si le niveau dans le réservoir devait descendre en N, le siphon se désamorcerait grâce à l'évent ouvert à l'air libre et la réserve ne serait pas entamée.
- En cas de sinistre, il suffit d'ouvrir 2. Tout en restant imprenable, la tranche d'eau constituant la réserve se trouve ainsi constamment renouvelée. [7]

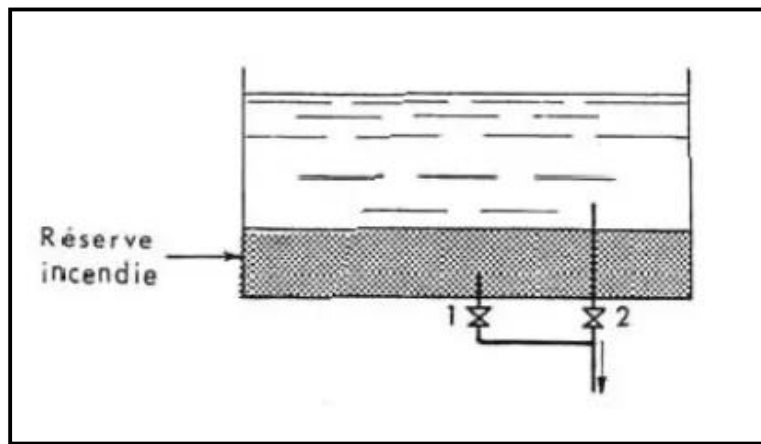


Figure (IV-4) : Réserve d'incendie [7].

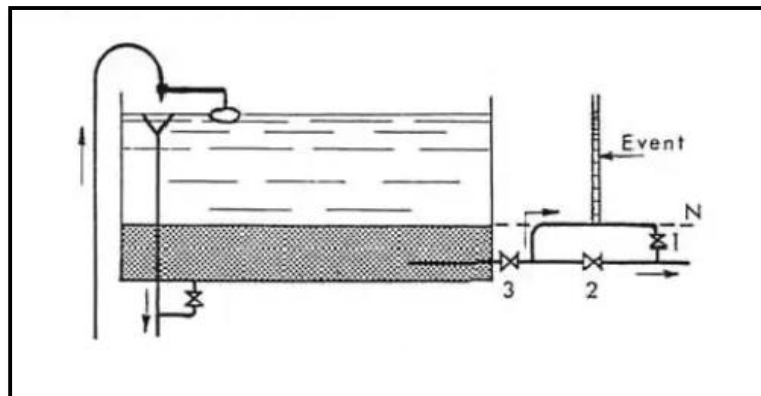


Figure (IV-5) : Matérialisation de la réserve d'incendie « Système à siphon » [7].

Schéma global d'un réservoir d'eau potable est en annexe (02) (S. siaep.faye.free.fr).

IV.9-Capacité d'un réservoir :

Le calcul de la capacité d'un réservoir peut se faire par deux méthodes :

- ✓ Méthode analytique ;
- ✓ Méthode graphique.

IV.9.1-Méthode analytique :

Pour calculer le volume total d'un réservoir on utilise la méthode analytique. [9]

$$V_t = V_{\text{utile}} + V_{\text{inc}} \quad (\text{IV.1})$$

Avec :

- V_t : Volume total du réservoir en (m^3) ;
- V_{inc} : Volume d'incendie ($V_{\text{inc}} = 120 \text{ m}^3$) ;
- V_{utile} : Volume utile de stockage en m^3 détermine par la formule suivante :

$$V_{\text{utile}} = P_{\text{max}} (\%) \times \frac{Q_{\text{max.j}}}{100} \quad (\text{IV.2})$$

Avec :

- $Q_{\text{max.j}}$: Consommation maximale journalière en (m^3);
- P_{max} : Résidu maximum dans le réservoir en (%), détermine par :

$$P_{\text{max}} = |R_{\text{max}+}| + |R_{\text{max}-}| \quad (\text{IV.3})$$

Avec :

- $R_{\text{max}+}$: Résidu maximum positif (le surplus) en (%) ;
- $R_{\text{max}-}$: Résidu maximum négatif (le déficit) en (%).

IV.9.2-Méthode graphique :

La méthode graphique c'est le traçage des courbes de la consommation maximale journalière, les heures sur l'axe des abscisses et le résidu cumulé sur l'axe des ordonnées. En additionnant en valeur absolue les écarts des deux extrêmes de la courbe de consommation par rapport à celle d'apport, on obtient le résidu maximal journalier. [9]

IV.10-Calcul du diamètre du réservoir :

La hauteur de réservoir est variée entre 4 m et 5 m.

On prend $H = 4 \text{ m}$.

$$V = S \times H \quad (\text{IV.4})$$

Avec :

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (\text{IV.5})$$

Donc :

$$D_R = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times H}} \quad (\text{IV.6})$$

IV.11-Calcul de la hauteur d'incendie dans le réservoir :

La hauteur d'incendie est donnée comme suit :

$$H_{\text{inc}} = \frac{4 \times V_{\text{inc}}}{\pi \times D^2} \quad (\text{IV.7})$$

Avec $V_{\text{inc}} = 120 \text{ m}^3$.

IV.12-Dimensionnement des réservoirs :

IV.12.1-Vérification de dimensionnement de la station de reprise :

La station de reprise du site d'étude se situe à une altitude de 515 m, est un ouvrage composé d'un réservoir et une station de pompage.

Cette station reçoit un débit de $Q_{\max,j} = 2441,66 \text{ m}^3/\text{j}$ par refoulement à partir de forage situé à Ouled Bellil pendant 20 h.

Le dimensionnement de la station de reprise est déterminé par la formule suivante :

$$V_{SR} = \frac{Q_{\max,j} \times t}{T} \quad (\text{IV.8})$$

Avec :

- V_{SR} : Volume de la station de reprise en (m^3) ;
- $Q_{\max,j}$: Débit maximum journalier entant a la station ;
- t : Temps de fermeture des vannes, on prend (1/4) h ;
- T : Temps de pompage (20).

Donc :

$$V_{SR} = \frac{2441,66 \times 0,25}{20}$$

$$V_{SR} = 30,52 \text{ m}^3$$

La station de reprise de la zone d'étude est de capacité de 100 m^3 , est suffisante (sachant qu'une autre zone est alimentée aussi par cette station).

IV.12.2-Vérification de dimensionnement du réservoir existant d'Ouled Bellil :

Le réservoir d'Ouled Bellil assure une distribution pour le POS U26 (40% soit $976,66 \text{ m}^3/\text{j}$), ainsi qu'alimente le réservoir d'Ouled Bouchia par le système gravitaire (60% soit $1465 \text{ m}^3/\text{j}$).

On prend 20h de fonctionnement.

Tableau (IV-1) : Détermination du Résidu maximum dans le réservoir existant d'Ouled Bellil...

Heure	K_{\max} (1,7)	Apport		Distribution			Stockage	Résidu
H	%	m^3/h	%	R100 (m^3/h)	U26 (m^3/h)	%	%	%
00.01	1	0	0	14,65	9,7666	1	-1	-1
01.02	1	0	0	14,65	9,7666	1	-1	-2
02.03	1	122,083	5	14,65	9,7666	1	4	2
03.04	1	122,083	5	14,65	9,7666	1	4	6
04.05	2	122,083	5	29,3	19,5332	2	3	9
05.06	3	122,083	5	43,95	29,2998	3	2	11
06.07	5	122,083	5	73,25	48,833	5	0	11
07.08	6,5	122,083	5	95,225	63,4829	6,5	-1,5	9,5

Tableau (IV-1) : Détermination du Résidu maximum dans le réservoir existant d'Ouled Bellil (suite et fin).

Heure	K_{\max} (1,7)	Apport		Distribution			Stockage	Résidu
H	%	m ³ /h	%	R100 (m ³ /h)	U26(m ³ /h)	%	%	%
08.09	6,5	122,083	5	95,225	63,4829	6,5	-1,5	8
09.10	5,5	122,083	5	80,575	53,7163	5,5	-0,5	7,5
10.11	4,5	122,083	5	65,925	43,9497	4,5	0,5	8
11.12	5,5	122,083	5	80,575	53,7163	5,5	-0,5	7,5
12.13	7	122,083	5	102,55	68,3662	7	-2	5,5
13.14	7	122,083	5	102,55	68,3662	7	-2	3,5
14.15	5,5	122,083	5	80,575	53,7163	5,5	-0,5	3
15.16	4,5	122,083	5	65,925	43,9497	4,5	0,5	3,5
16.17	5	122,083	5	73,25	48,833	5	0	3,5
17.18	6,5	122,083	5	95,225	63,4829	6,5	-1,5	2
18.19	6,5	122,083	5	95,225	63,4829	6,5	-1,5	0,5
19.20	5	122,083	5	73,25	48,833	5	0	0,5
20.21	4,5	122,083	5	65,925	43,9497	4,5	0,5	1
21.22	3	122,083	5	43,95	29,2998	3	2	3
22.23	2	0	0	29,3	19,5332	2	-2	1
23.24	1	0	0	14,65	9,7666	1	-1	0
Total	100	2441,66	100	1465	976,66	100	0	-

$$P_{\max} = |11| + |-2| = 13\%$$

$$V_{\text{utile R1}} = 13 \times \frac{2441,66}{100}$$

$$V_{\text{utile R1}} = 317,42 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{t R1}} = 317,42 + 120$$

$$V_{\text{t R1}} = \mathbf{437,41 \text{ m}^3}.$$

La capacité de stockage du réservoir existant d'Ouled Bellil est de 500m³, s'avère largement suffisante pour répondre aux besoins futurs de la zone d'étude.

IV.12.3-Vérification de dimensionnement du réservoir existant d'Ouled Bouchia :

Le réservoir d'Ouled Bouchia alimente le POS U19 qui est une grande partie de l'agglomération de la zone d'étude.

Pour ce réservoir on prend seulement 60% du débit maximum journalier total.

$$Q_{\max,j(U19)} = 2441,66 \times \frac{60}{100}$$

$$Q_{\max,j(U19)} = 1464,996 \text{ m}^3/\text{j} = 1465 \text{ m}^3/\text{j}.$$

❖ Calcul de $K_{\max,h}(U19)$:

On se base de (Tableau III.14), on tire deux cases suivant le nombre d'habitants (4000 et 6000), on trouve : $\beta_{\max 2} = 1,4996$

Donc :

$$K_{\max,h}(U19) = 1,25 \times 1,4996 = 1,9.$$

Tableau (IV-2) : Détermination du Résidu maximum dans le réservoir existant d'Ouled Bouchia...

Heure	K_{\max} (1,9)	Apport		Distribution		Stockage	résidu
H	%	m ³ /h	%	m ³ /h	%	%	%
00.01	0,85	61,042	4,167	12,4525	0,85	3,317	3,317
01.02	0,85	61,042	4,167	12,4525	0,85	3,317	6,634
02.03	0,85	61,042	4,167	12,4525	0,85	3,317	9,951
03.04	1	61,042	4,167	14,65	1	3,167	13,118
04.05	2,7	61,042	4,167	39,555	2,7	1,467	14,585
05.06	4,7	61,042	4,167	68,855	4,7	-0,533	14,052
06.07	5,35	61,042	4,167	78,3775	5,35	-1,183	12,869
07.08	5,85	61,042	4,167	85,7025	5,85	-1,683	11,186
08.09	4,5	61,042	4,167	65,925	4,5	-0,333	10,853
09.10	4,2	61,042	4,167	61,53	4,2	-0,033	10,82
10.11	5,5	61,042	4,167	80,575	5,5	-1,333	9,487
11.12	7,5	61,042	4,167	109,875	7,5	-3,333	6,154
12.13	7,9	61,042	4,167	115,735	7,9	-3,733	2,421

Tableau (IV-2) : Détermination du Résidu maximum dans le réservoir existant d'Ouled Bouchia (Suie et fin).

Heure	K_{\max} (1,9)	Apport		Distribution		Stockage	résidu
H	%	m ³ /h	%	m ³ /h	%	H	%
13.14	6,35	61,042	4,167	93,0275	6,35	-2,183	0,238
14.15	5,2	61,042	4,167	76,18	5,2	-1,033	-0,795
15.16	4,8	61,042	4,167	70,32	4,8	-0,633	-1,428
16.17	4	61,042	4,167	58,6	4	0,167	-1,261
17.18	4,5	61,042	4,167	65,925	4,5	-0,333	-1,594
18.19	6,2	61,042	4,167	90,83	6,2	-2,033	-3,627
19.20	5,7	61,042	4,167	83,505	5,7	-1,533	-5,16
20.21	5,5	61,042	4,167	80,575	5,5	-1,333	-6,493
21.22	3	61,042	4,167	43,95	3	1,167	-5,326
22.23	2	61,042	4,167	29,3	2	2,167	-3,159
23.24	1	61,042	4,167	14,65	1	3,167	0,008
Total	100	1465	100	1465	100	-	-

$$P_{\max} = |14,585| + |-6,493| = 21,1 \%$$

$$V_{\text{utile R2}} = 21,1 \times \frac{1465}{100}$$

$$V_{\text{utile R2}} = 309,115 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{t R2}} = 309,115 + 120$$

$$V_{\text{t R2}} = \mathbf{429,115 \text{ m}^3}.$$

La capacité de stockage de ce réservoir existant est de 100 m³, n'est pas suffisante pour répondre aux besoins futurs en AEP d'où la nécessité de projeté un réservoir de 350 m³ adjacent à celui-là.

Pour la hauteur de 4 m, le diamètre du réservoir projeté est :

$$D_R = \sqrt{\frac{4 \times 350}{4 \times \pi}}$$

$$D_R = \mathbf{10,55 \text{ m}}, \text{ on prend } \mathbf{D = 11 \text{ m}}.$$

La hauteur d'incendie est :

$$\text{On a } V_{\text{inc}} = 120 \text{ m}^3$$

$$H_{\text{inc}} = \frac{4 \times 120}{\pi \times 11^2}$$

$$H_{\text{inc}} = \mathbf{1,26 \text{ m}}.$$

IV.13-Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons vérifié la capacité des réservoirs Ouled Bellil (500 m³) et Ouled Bouchia (100 m³), et déterminé la capacité de réservoir de stockage projeté qui est de 350 m³ et d'un diamètre de 11 m. Ce dernier est nécessaire pour satisfaire les besoins à l'horizon 2050. Sera implanté au même endroit du réservoir existant de 100 m³.

Chapitre **V**

Adduction

V-Adduction**V.1-Introduction :**

N'importe quel réseau d'alimentation en eau potable doit avoir une adduction qui permet de transporter l'eau depuis sa source (forage, barrage,...etc.) jusqu'aux réservoirs de stockage ou distribution à travers un réseau de conduites ou d'ouvrages hydraulique.

V.2-Choix du tracé :

Le choix du tracé d'une adduction doit tenir compte de certaines conditions techniques et économiques.

V.2.1-Conditions techniques :

- Avoir un profil en long très régulier, avec une pente toujours orientée vers le réservoir de stockage ;
- Evitez les dénivelés qui lors de l'exploitation, peuvent provoquer des zones d'air plus ou moins difficiles à éliminer ;
- Pour les conduites de grandes longueurs (plusieurs kilomètres), il serait judicieux d'installer certaines vannes de sectionnement afin de faciliter les répartitions éventuelles ;
- Il est généralement préférable de le planifier le long des routes ou des voies pour simplifier l'installation des tuyaux et son utilisation. [9]

V.2.2-Conditions économiques :

- Evitez les forêts et les terrains marécageux ;
- Opter pour le parcours le plus court et constant afin de minimiser le coût de mise en œuvre des tuyauteries. [9]

V.3-Type d'adduction :**V.3.1-Adduction gravitaire :**

C'est là où l'eau s'écoule sous de fortes pressions, provoquées par la différence de niveaux hydrauliques : l'altitude de la source est supérieure à celle du point d'utilisation, et elle se déplace donc grâce à la force gravitationnelle. [9]

V.3.2-Adduction par refoulement :

C'est où la pression est exercée sur le réseau et le transport de l'eau est effectué par des pompes situées dans des stations de pompage. Dans cette situation, le point de collecte se trouve à un niveau plus bas que celui du réservoir. [9]

V.3.3-Adduction mixte gravitaire-refoulement :

On parle d'adduction mixte lorsqu'un réservoir intermédiaire reçoit d'abord de l'eau par refoulement, puis que cette eau est ensuite libérée par gravité vers un réservoir situé à une altitude inférieure. [9]

V.4-Choix du type des conduites :

Dans ce cas, on opte pour des conduites en PEHD (Polyéthylène à haute densité) vu les avantages qu'il présente :

- Peut supporter les contraintes saisonnières (chaleur et froid) ;
- Peut résister durant 50 ans ;

- Plus résistant au sel, au sable, à la poussière et aux matériaux corrosifs ;
- Connu pour sa flexibilité chimique et son rapport force.

V.5-Description du chemin du réseau d'adduction :

Le système est composé de deux tronçons, un tronçon par refoulement à partir de la station de reprise d'Ouled Bellil vers le réservoir R500 m³, et le deuxième gravitaire à partir de réservoir R500 m³ vers le réservoir R100 m³.

V.6-Les équipements d'adduction :

V.6.1-Les vannes de sectionnement :

a).Les vannes à opercule :

Ce sont des équipements de coupure à ouverture ou fermeture totale. Son mode de fonctionnement est aisé, consistant à faire descendre l'obturateur ou opercule à l'intérieur du corps de la vanne pour bloquer le passage du flux. Elles sont fréquemment positionnées sur les réseaux d'irrigation, de distribution et d'adduction d'eau,... etc. [9]



Figure (V-1) : vanne à opercule (S. Avk.fr).

b).Les vannes à papillon :

Ce sont des appareils pour régler le débit. L'élément principal est un disque nommé papillon qui tourne autour d'un axe perpendiculaire à celui du tube pour garantir son ouverture, sa fermeture ou une position intermédiaire. [9]



Figure (V-2) : Vanne à papillon (S. Avk.fr).

V.6.2-Les clapets anti-retour :

Ces dispositifs sont fabriqués pour empêcher le retour de l'eau contre le courant prévu. Ils sont principalement installés dans les stations de pompage qui fournissent une adduction et en points de captage. [9]



Figure (V-3) : Clapet anti-retour (S. Cph hydraulique).

V.6.3-Vidange :

On positionne ces matériaux aux endroits les plus bas pour simplifier le drainage (le vidange) de la canalisation si nécessaire. Une vidange inclut :

- Une vanne ;
- Une conduite de décharge ;
- Un regard de drainage où l'eau est évacuée vers le système d'assainissement des eaux pluviales. [9]

V.6.4-Ventouse :

On positionne ces matériaux aux endroits les plus hauts, elles facilitent le dégagement des bulles d'air qui s'y accumulent. [9]



Figure (V-4) : Ventouse (S. Avk.fr).

V.7-Profil en long d'une adduction :

Le profil en long d'une adduction est une information essentielle pour comprendre le fonctionnement de l'adduction. Il peut être élaboré sur la base d'un relevé de terrain.

V.8-Calcul hydraulique :

V.8.1-Calcul de diamètre économique :

➤ Dimensionnement de la conduite :

L'étude du dimensionnement de la conduite vise à déterminer le diamètre idéal en tenant compte des coûts d'exploitation et d'amortissement de la conduite, qui s'accroissent avec l'augmentation du diamètre.

➤ Méthode de calcul :

En réalité, le diamètre idéal est défini en fonction d'une plage de vitesses [0.5 m/s - 1.5 m/s] à respecter. Ce diamètre est estimé de façon approximative à l'aide des équations de BONNIN et BRESS. [7]

- La formule de BONNIN :

$$D = \sqrt{Q} \quad (V.1)$$

- La formule de BRESS :

$$D = 1,5 \times \sqrt{Q} \quad (V.2)$$

Avec :

- **D** : Diamètre de la conduite en (m) ;
- **Q** : Débit véhiculé en (m³/s).

V.8.2-Calcul de vitesse :

On calcul la vitesse d'écoulement avec la formule ci-après :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \quad (V.3)$$

Avec :

- **V** : Vitesse d'écoulement en (m/s) ;
- **Q** : Débit véhiculé par la conduite en (m³/s) ;
- **D** : Diamètre de la conduite en (m).

V.8.3-Calcul des pertes de charges :

Elles se présentent sous deux formes :

- Les pertes de charge linéaires ;
- Les pertes de charge singulières.

V.8.3.1-Les pertes de charge linéaires :

Elles sont données par la formule de Darcy-Weisbach :

$$H_L = \frac{\lambda L V^2}{2 g D} \quad (V.4)$$

Avec :

- **H_L** : Perte de charge linéaire en (m) ;
- **L** : Longueur de la conduite en (ml) ;

- **V** : La vitesse moyenne de l'écoulement en (m/s) ;
- **g** : Accélération de la pesanteur (9,81 m/s²) ;
- **D** : Diamètre de la conduite en (m) ;
- **λ** : Coefficient de frottement, qui dépend de la rugosité de la conduite et du régime d'écoulement, calculé par les formules ci-après :

➤ **Régime turbulent rugueux :**

Formule de Nikuradzi :

$$\lambda = [1,14 - 0,86 \times \ln (\frac{K}{D})]^{-2} \quad (\text{V.5})$$

➤ **Régime de transition :**

Formule de Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \times \log \left(\frac{K}{3,71 \times D} + \frac{2,51}{R_e \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{V.6})$$

Avec :

- **K** : Coefficient de rugosité de la conduite en (mm).

Pour les tubes en PEHD :

$$K = 0,01 \text{ si } D \leq 200 \text{ mm ;}$$

$$K = 0,02 \text{ si } D > 200 \text{ mm.}$$

- **R_e** : Nombre de Reynolds, donné par la formule ci-après :

$$R_e = \frac{V \times D}{\nu} \quad (\text{V.7})$$

Avec :

- **V** : Vitesse d'eau en (m/s) ;
- **ν** : Viscosité cinématique de l'eau, elle est donnée par la formule de stocks :

$$\nu = \frac{0,0178}{(1 + 0,0337 \times t + 0,000221 \times t^2)} \quad (\text{V.8})$$

- **t** : Température de l'eau. Sa valeur est de 10⁻⁶ m²/s pour une température de 20°C.

V.8.3.2-Les pertes de charge singulières :

Elles sont générées par les singularités comme les coudes, les vannes, les clapets,... etc. Elles sont estimées à :

- 10% des pertes de charge linéaires pour le PEHD :

$$H_S = 0,1 \times H_L \quad (\text{V.9})$$

- 15% des pertes de charge linéaires pour la fonte :

$$H_S = 0,15 \times H_L \quad (\text{V.10})$$

Avec :

- **H_S** : Les pertes de charge singulières en (m) ;

- H_L : Les pertes de charge linéaires en (m).

V.8.3.3-Les pertes de charge totales :

Pour le PEHD :

$$H_T = 1,1 \times H_L \quad (V.11)$$

Pour la fonte :

$$H_T = 1,15 \times H_L \quad (V.12)$$

Avec :

- H_T : Les pertes de charge totales en (m).

V.8.4-Calcul de la hauteur manométrique totale (HMT) :

Elle représente la hauteur d'élévation fictive qui résulte de la somme de la hauteur géométrique et les pertes de charge résultantes de l'aspiration et du refoulement :

$$HMT = H_g + H_T \quad (V.13)$$

Avec :

- HMT : La hauteur manométrique totale en (m) ;
- H_g : La hauteur géométrique en (m) ;
- H_T : Les pertes de charge totale en (m).

V.8.5-Puissance absorbée par la pompe :

C'est la puissance mécanique absorbée au niveau de l'arbre de la pompe, elle est calculée par la formule ci-après :

$$P_a = \frac{g \times Q \times HMT}{\eta} \quad (V.14)$$

Avec :

- P_a : Puissance absorbée par la pompe en (Kw) ;
- HMT : La hauteur manométrique totale en (m) ;
- Q : Le débit refoulé en en (m³/s) ;
- g : Accélération de la pesanteur (9,81 m/s²) ;
- η : Le rendement de la pompe en (%), on prend $\eta = 75 \%$.

V.8.6-Energie consommée par la pompe :

Elle est calculée par la formule ci-après :

$$E = P_a \times t \times 365 \quad (V.15)$$

Avec :

- E : Energie consommée par la pompe en (Kwh) ;
- P_a : Puissance absorbée par la pompe en (Kw) ;
- t : Temps de pompage par jour en (heure).

V.8.7-Frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation se calculent comme suit :

$$F_{\text{exp}} = E \times P_r \quad (\text{V.16})$$

Avec :

- F_{exp} : Frais d'exploitation en (DA) ;
- E : Énergie consommée par la pompe en (KWh) ;
- P_r : Prix de l'unité de l'énergie, $P_r = 7,26$ (Da/KWh).

V.8.8-Frais d'amortissement :

Ils sont donnés par la formule ci-après :

$$F_{\text{am}} = P_u \times L \times A \quad (\text{V.17})$$

Avec :

- F_{am} : Frais d'amortissement en (DA) ;
- P_u : Prix du mètre linéaire de la conduite en (DA) ;
- L : Longueur de la conduite en (ml) ;
- A : Amortissement annuel qui est donné comme suit :

$$A = \frac{i}{[(i+1)^n - 1]} + i \quad (\text{V.18})$$

Avec :

- i : Taux d'annuité (8%) en Algérie ;
- n : Nombre d'années d'amortissement, $n = 25$ ans.

V.8.9-Bilan des frais :

Le bilan est calculé par la formule ci-après :

$$B_L = F_{\text{exp}} + F_{\text{am}} \quad (\text{V.19})$$

Avec :

- B_L : Bilan des frais en (DA) ;
- F_{exp} : Frais d'exploitation en (DA) ;
- F_{am} : Frais d'amortissement en (DA).

V.8.10-Charge résiduelle :

C'est la différence entre la charge motrice (H_m) et la somme des pertes de charge linéaires et singulières (H_T) pour chaque conduite :

$$H_r = H_m - H_T \quad (\text{V.20})$$

Avec :

- H_r : Charge résiduelle en (m) ;
- H_m : La charge motrice en (m) ;
- H_T : Les pertes de charge totales en (m).

V.9-Dimensionnement des tronçons de l'adduction :**V.9.1-Tronçon SR d'Ouled Bellil - R500 m³ (Adduction par refoulement) :**

Données :

- Débit : $2441,66 \text{ m}^3/\text{j} = 0,0283 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Longueur de la conduite : 2674 m ;
- CTP (R500) : 658 m ;
- CR (SR) : 514 m ;
- Hauteur géométrique (H_g) : 144 m.

V.9.1.1-Calcul du diamètre :

D'après la formule de BONIN le diamètre est :

$$D = \sqrt{0,0283} = 0,168 \text{ m.}$$

D'autre part la formule de BRESS nous donne un diamètre de :

$$D = 1,5 \times \sqrt{0,0283} = 0,252 \text{ m.}$$

Des gammes de diamètres normalisés de 200 mm, 250 mm et 315 mm pour les conduites en PEHD ont été choisies.

V.9.1.2-Calcul de la HMT :

Les valeurs des pertes de charge totales et les hauteurs manométriques totales du tronçon SR d'Ouled Bellil - R500 m³, sont données dans le tableau ci-après :

Tableau (V-1) : Calcul de la HMT.

DN (mm)	D _{int} (mm)	V (m/s)	Re	λ	H _L (m)	H _s (m)	H _T (m)	HMT (m)
200	163,6	1,347	220360,36	0,0159	24,031	2,403	26,434	170,43
250	204,6	0,861	176202,13	0,0169	8,349	0,835	9,184	153,18
315	257,8	0,542	139840,79	0,0174	2,707	0,271	2,977	146,98

V.9.1.3-Calcul des frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation du tronçon SR d'Ouled Bellil - R500 m³ sont donnés dans le tableau ci-après :

Tableau (V-2) : Calcul des frais d'exploitation.

DN (mm)	P _a (Kw)	E (Kwh)	F _{exp} (DA)
200	63,09	460547,3	3343573,6
250	56,70	413934,3	3005162,67
315	54,41	397161,7	2883393,67

V.9.1.4-Calcul des frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement du tronçon SR d'Ouled Bellil - R500 m³ sont donnés dans le tableau ci-après :

Tableau (V-3) : Calcul des frais d'amortissement.

DN (mm)	Prix (DA/ml)	L (m)	A	F _{am} (DA)
200	4339,5	2674	0,0937	1087278,22
250	6720	2674	0,0937	1683721,54
315	10699,5	2674	0,0937	2680800,38

V.9.1.5-Calcul du bilan :

Les frais globaux du tronçon SR d'Ouled Bellil - R500 m³ sont donnés dans le tableau ci-après :

Tableau (V-4) : Calcul du bilan.

DN (mm)	F _{exp} (DA)	F _{am} (DA)	Bilan (DA)
200	3343573,6	1087278,2	4430854.81
250	3005162,67	1683721,5	4688884.20
315	2883393,67	2680800,4	5564194.05

D'après le tableau (V-4), de point de vue technico-économique, on constate que le diamètre convenable de cette adduction est le DN 200 mm, avec une vitesse raisonnable de 1,347 m/s et HMT de 170,43 m.

V.9.2-Tronçon R500 m³ - R100 m³ (Adduction gravitaire) :

Données :

- Débit : 1465 m³/j = 0,017 m³/s ;
- Longueur de la conduite : 1110 m ;
- CR (R500) : 654 m ;
- CTP (R100) : 644 m ;
- Charge motrice (Hm) : 10 m.

V.9.2.1-Calcul du diamètre :

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{\max}}} \quad (\text{V.21})$$

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{\min}}} \quad (\text{V.22})$$

Avec :

- V_{\max} : 1,5 m/s ;
- V_{\min} : 0,5 m/s.

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times 0,017}{3,14 \times 1,5}} = 0,120 \text{ m} ;$$

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 \times 0,017}{3,14 \times 0,5}} = 0,208 \text{ m}.$$

On prend les diamètres : 160 mm, 200 mm, 250 mm et 315 mm.

V.9.2.2-Calcul des pertes de charge totales :

Tableau (V-5) : Calcul des pertes de charge totales.

DN (mm)	D _{int} (mm)	V (m/s)	R _e	λ	H _L (m)	H _S (m)	H _T (m)	H _r
160	130,8	1,266	165566,14	0,0169	11,712	1,171	12,883	-2,883
200	163,6	0,809	132371,95	0,0174	3,939	0,394	4,333	5,667
250	204,6	0,517	105845,8	0,0184	1,362	0,136	1,498	8,502
315	257,8	0,326	84003,301	0,0191	0,445	0,045	0,49	9,51

On adopte le diamètre de 200 mm avec une perte de charge H_T (m) = 4,333 m qui est inférieure à $H_m = 10$ m ($H_T \leq H_m$), avec une vitesse acceptable de 0,809 m/s. La charge résiduelle (H_r) pour maintenir le même débit est de 5,667 m.

V.10-Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons déterminé les différents paramètres hydrauliques (le diamètre, la vitesse, les pertes de charge et l'énergie consommée) ainsi que les frais d'exploitation et d'amortissement des tronçons. On a opté un diamètre de DN 200 mm (PEHD PN 16) pour le tronçon SR d'Ouled Bellil - R500 m³ avec une vitesse de 1,347 m/s et, pour le tronçon R500 m³ - R100 m³ avec une vitesse de 0,809 m/s.

Chapitre VI

Choix de pompes

VI-Choix de pompes :**VI.1-Introduction :**

Au sein des réseaux de distribution d'eau et des systèmes hydrauliques, les stations de pompage ainsi que les pompes occupent une importance essentielle en garantissant le mouvement des fluides d'un endroit à un autre, généralement contre la gravité ou pour équilibrer les pertes de charge causées par le frottement, Ces équipements mécaniques garantissent la continuité du débit et de la pression requis pour une opération optimale des installations.

VI.2-Classification des pompes :

Une pompe est un appareil actionné par un moteur (généralement électrique) dont la fonction est d'élever ou de faire circuler l'eau d'un endroit bas vers un endroit supérieur. On l'utilise fréquemment pour extraire de l'eau si on l'a obtenue d'un puits, pour nettoyer une cave inondée ou pour faire fonctionner un système d'irrigation.

Il existe deux types des pompes :

- Pompe volumétrique ;
- Pompe turbo-pompes. [10]

VI.2.1-Les pompes volumétriques :

Une pompe volumétrique est une pompe qui expulse un liquide (eau) en prenant un volume fixe de celui-ci, ensuite en le transportant mécaniquement vers la sortie. La pompe centrifuge diffère d'elle quant à son principe, en ce sens que son fonctionnement est lié à la vitesse du fluide, et non au volume déplacé par cycle. [10]

VI.2.2-Les pompes turbo-pompes :

Une turbo-pompe est un appareil qui combine une pompe et une turbine sur un même axe : la turbine, alimentée par un fluide (eau), entraîne la pompe qui aspire et refoule le liquide à grande vitesse et sous haute pression. [11]

VI.2.2.1- Classification des turbo-pompes : [10]

- **Le nombre d'étages :**

On différencie deux types :

- Pompes à cellule unique (une seule roue) : utilisées pour des pressions moyennes (de 15 à 100 m d'eau) ;
- Pompes à multiples cellules (plusieurs roues) : utilisées pour des hautes pressions atteignant plusieurs centaines de mètres.

- **La disposition de l'axe de la pompe :**

On identifie deux catégories de groupes électropompes :

- Groupe électropompe à axe horizontal (GEPH) ;
- Groupe électropompe à axe vertical (GEPV).

Dans le domaine d'AEP, les pompes centrifuges sont privilégiées en raison des avantages qu'elles présentent :

- Elles refoulent d'importants volumes à des altitudes élevées ;

- Des groupes légers, économiques, offrant une performance satisfaisante et peu encombrants.

- **Le type de roue :**

Suivant le chemin du liquide à l'intérieur de la pompe, on peut distinguer trois types de roues :

a). Les pompes centrifuges (roue radiale) : C'est une catégorie de pompe hydraulique qui utilise la puissance centrifuge produite par une roue en rotation pour aspirer puis refouler un fluide.



Figure (VI-1) : Pompe centrifuge (Source : Ebara europe).

b). Les pompes axiales (roue hélico) : C'est une pompe hydraulique où le fluide est transporté en parallèle à l'axe de rotation grâce à une roue hélicoïdale.



Figure (VI-2) : Pompe axiale (S. Directindustry.fr).

c). Les pompes hélico-centrifuges (roue semi-radial) : C'est un type de pompe qui fusionne les principes de la pompe axiale et de la pompe centrifuge. Elle assure le déplacement du fluide tant en direction axiale (le long de l'axe de rotation) que radiale (vers l'extérieur), par le mécanisme d'une roue mixte dont les roues sont positionnées de manière intermédiaire.

- **Selon la nature du fluide véhiculé :**

On a deux types des fluides :

- Fluide compressible ;
- Fluide incompressible.

- **Selon l'importance de la pression produite :**

On trouve :

- Basse pression ;
- Moyenne pression ;
- Haute pression.

VI.3-Choix des pompes :

Les paramètres influençant la sélection des pompes incluent :

- Le débit à refouler ;
- La hauteur manométrique totale ;
- Le délai nécessaire à la pompe pour soulever une quantité spécifique d'eau ;
- Le rendement optimal qui permettrait d'obtenir un coût raisonnable pour l'eau à refouler ;
- La fiabilité ;
- L'absence de cavitation ;
- La vitesse de rotation doit être significative. [10]

VI.3.1-La construction d'une pompe centrifuge : [10]

➤ **Corps de pompe (également appelé Carter ou Volute) :**

Il contient le fluide que la pompe refoule et l'envoie vers le refoulement. Il est généralement enroulé pour recueillir la pression en énergie cinétique du fluide.

➤ **Roue (nous l'appelons aussi l'Impulser) :**

C'est une pièce mobile qui donne l'énergie au fluide (en le mettant en mouvement), on en distingue 3 types : fermée, semi-ouverte ou ouverte (selon le type de fluide et les performances).

➤ **Arbre (on dit aussi l'arbre de transmission) :**

Il fait tourner la roue grâce à la rotation du moteur. Il doit être bien droit et tourné dans des paliers.

➤ **Moteur d'entraînement :**

Il fournit l'énergie pour que la roue tourne. Il peut être électrique, thermique ou hydraulique.

➤ **Paliers (ou roulements) :**

Ces éléments appuient l'arbre, favorisent une rotation stable et aisée et diminuent les frictions et l'érosion.

➤ **Garniture mécanique (ou presse-étoupe) :**

Il Garantit l'étanchéité entre le rotor et le boîtier de la pompe pour prévenir les fuites. On distingue deux types : la garniture mécanique ou tresse (presse-étoupe).

➤ **Tuyau d'aspiration :**

C'est la conduite qui dirige le fluide vers l'entrée de la pompe. Il doit être correctement dimensionné pour prévenir la cavitation.

➤ **Tuyau de refoulement :**

C'est la conduite qui transporte le fluide vers le point d'usage ou de stockage.

➤ **Clapet anti-retour (souvent associé à une crépine) :**

Il empêche le liquide de remonter dans le tuyau d'aspiration lorsqu'il est à l'arrêt.

➤ **Orifice de purge et de vidange :**

C'est pour effectuer le vide d'air (amorçage) ou pour purger la pompe lors de l'entretien.

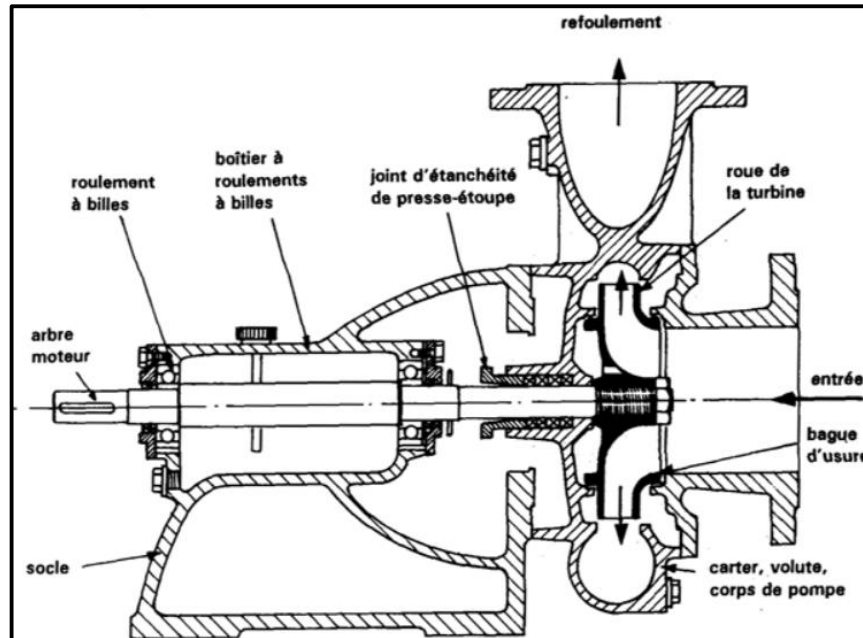


Figure (VI-3) : Eléments de la pompe centrifuge.

VI.3.2-Le principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge :

Une pompe centrifuge, pour faire simple, fonctionne grâce à la conversion de l'énergie mécanique en énergie cinétique appliquée au fluide. Le fluide se déplace de façon continue vers le diffuseur ou la volute grâce à la force centrifuge due à la rotation rapide ou aux pulsations de la roue. Ensuite, il sera acheminé dans le tuyau de refoulement. [11]

VI.3.3-Les caractéristiques d'une pompe centrifuge :

VI.3.3.1-Le débit :

Le débit de la pompe centrifuge, noté Q , correspond à la quantité de fluide fait circuler par unité de temps, qui peut être exprimé en mètres cubes par seconde (m^3/s) ou de façon plus courante en mètres cubes par heure (m^3/h). [10]

VI.3.3.2-HMT :

Elle s'agit de la hauteur manométrique totale calculée à partir de la somme de la hauteur géométrique et des pertes de pression jugulées à l'entrée et à la sortie. Elle est donnée par la formule suivante : [10]

$$HMT = H_g + \Delta H_{Asp} + \Delta H_{Ref} \quad (VI.1)$$

Avec :

- **HMT** : La hauteur manométrique totale en (m) ;
- **H_g** : La hauteur géométrique en (m) ;
- **ΔH_{Asp}** : Les pertes de charge à l'aspiration en (m) ;
- **ΔH_{Ref}** : Les pertes de charge au refoulement en (m).

a). La hauteur géométrique de refoulement (H_{gr}) :

Pour un groupe horizontal, elle est toujours positive, représentant la distance entre le point culminant à atteindre et l'axe horizontal de la pompe. Dans un groupe vertical, c'est la distance entre le point haut et le plan de la première roue. [10]

b). La hauteur géométrique d'aspiration (H_{ga}) :

Qui sera négatif pour une aspiration sous vide, positif pour une aspiration en charge. Pour un groupe horizontal cela représente la différence d'altitude entre l'axe de la pompe et le plan de pompage, alors que pour un groupe d'axes verticaux, il s'agit de la différence d'altitude entre le plan de la première roue (dans le cadre d'une pompe multicellulaire) et le plan de pompage. [10]

c). Les pertes de charges d'aspiration et de refoulement :

La pompe doit surmonter les pertes d'énergie dans les conduites (pour l'aspiration comme pour le refoulement) qui sont évaluées en hauteur (mètres). [10]

VI.3.3.3-La vitesse de rotation :

Elle représente le nombre de tours effectués par la pompe par unité de temps en (tr/min). [10]

VI.3.3.4-La puissance :

Il existe deux sortes de puissance : [10]

➤ La puissance absorbée par la pompe :

La puissance absorbée par la pompe est déterminée par la puissance mécanique produite au niveau de l'arbre de la pompe en kilowatts (Kw) :

$$P_a = \frac{HMT \times Q \times g}{\eta} \quad (VI.2)$$

Avec :

- P_a : La puissance absorbée en (Kw) ;
- HMT : La hauteur manométrique totale en (m) ;
- Q : Le débit refoulé par la pompe (m^3/s) ;
- g : L'accélérateur de la pesanteur ($9,81 m/s^2$) ;
- η : Le rendement global de l'installation.

➤ La puissance utile :

La puissance utile est la puissance perçue par le fluide, donnée par la formule ci-après :

$$P_u = HMT \times Q \times g \times \rho \quad (VI.3)$$

Avec :

- P_u : La puissance utile en (Kw) ;
- HMT : La hauteur manométrique totale en (m) ;
- Q : Le débit en (m^3/s) ;
- ρ : La masse volumique en (Kg/m^3).

VI.3.3.5-Le rendement :

Le rendement est le rapport entre la puissance utile et la puissance absorbée par la pompe, il est donné comme suit :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \quad (\text{VI.4})$$

Avec :

- η : Le rendement en (%) ;
- P_u : La puissance utile en (Kw) ;
- P_a : La puissance absorbée en (Kw).

VI.4-Les courbes caractéristiques :

Quand on connaît le débit et la vitesse de rotation d'une pompe, trois courbes essentielles caractérisent cette dernière.

VI.4.1-La courbes débit-hauteur : “ $H = f(Q)$ ”

Elle représente les variations des différentes hauteurs en fonction du débit.

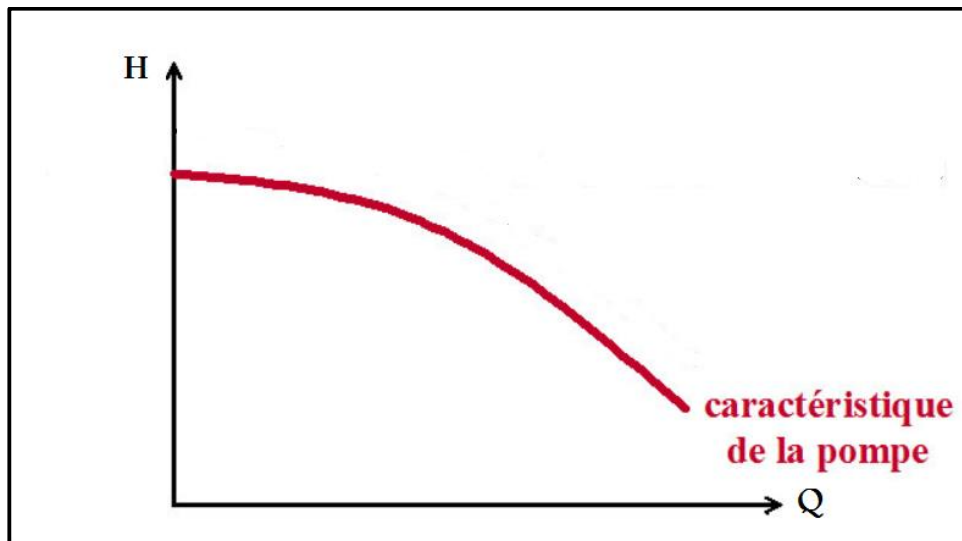


Figure (VI-4) : Courbe caractéristique Débit-Hauteur (S. gpip.cnam.fr).

VI.4.2-La courbe débit-puissance : “ $P_a = f(Q)$ ”

Elle représente les variations des différentes puissances absorbées en fonction du débit.

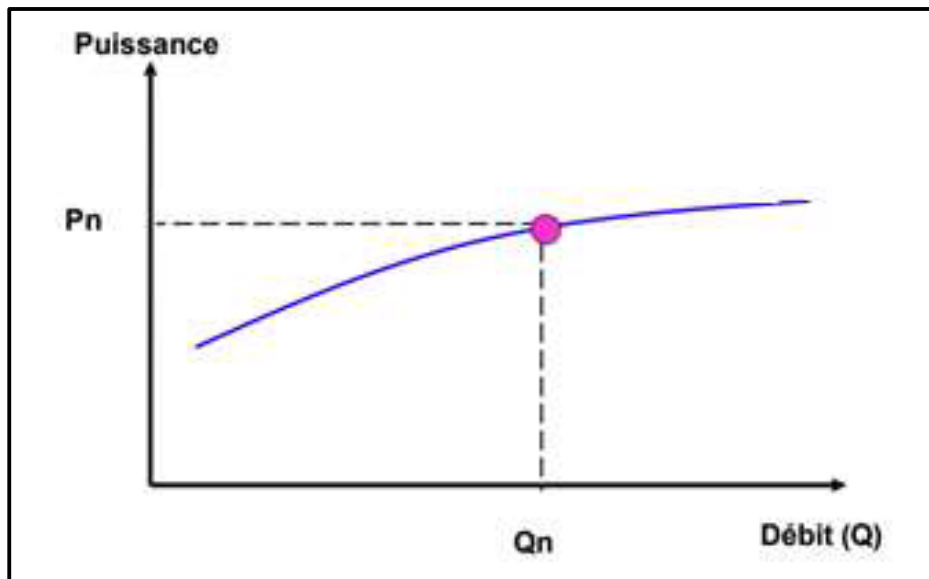


Figure (VI-5) : Courbe caractéristique Débit-Puissance (S. gpip.cnam.fr).

VI.4.3-La courbe de rendement : “ $\eta = f(Q)$ ”

Elle représente les variations des différents rendements en fonction du débit.

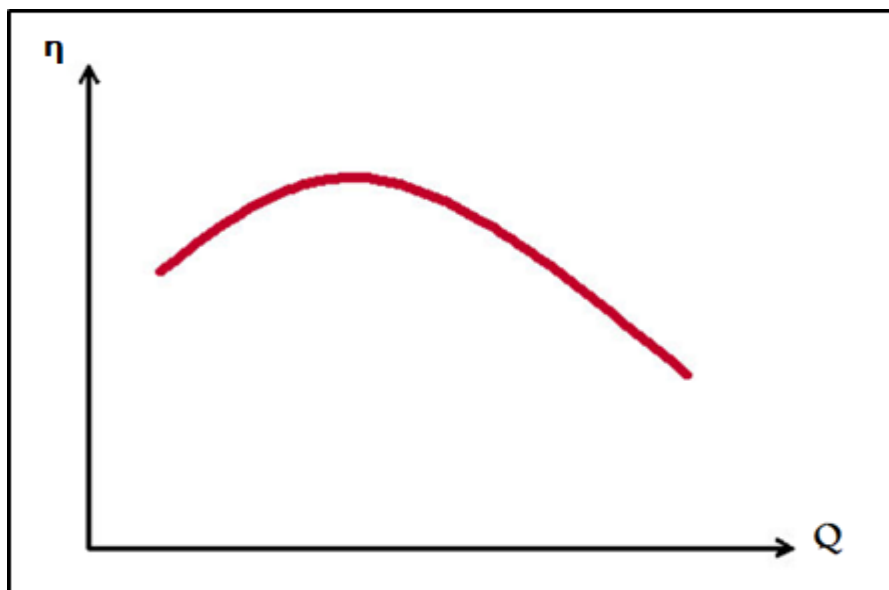


Figure (VI-6) : Courbe caractéristique Débit-rendement (S. gpip.cnam.fr).

VI.5-Le point de fonctionnement d'une pompe :

Le point de fonctionnement d'une pompe est l'intersection de la courbe caractéristique de la conduite $H_c = f(Q)$, et la courbe caractéristique de la pompe $H_p = f(Q)$.

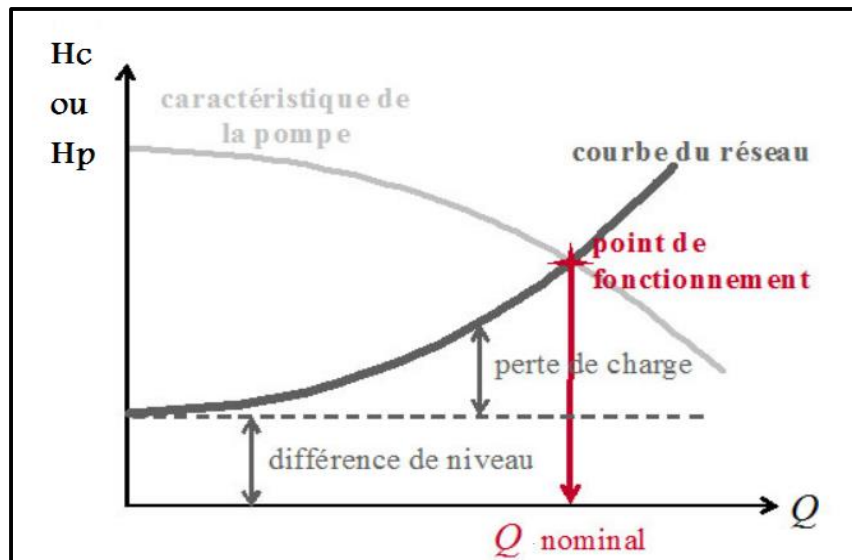


Figure (VI-7) : Point de fonctionnement (S. gpip.cnam.fr).

VI.5.1-Recherche de la réalisation du point de fonctionnement :

Il est rare ou l'on trouve que les caractéristiques de la pompe coïncident avec les caractéristiques hydrauliques du projet.

Lorsque le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré de coordonnées H et Q déterminés, donc on est obligé d'apporter certaines modifications pour adapter la pompe aux conditions de travail désirées. Ce point de fonctionnement peut être obtenu par la modification de l'un des paramètres de fonctionnement de la pompe, d'où l'importance pratique des lois de similitude. Pour cela, quatre cas peuvent se présenter : modification de temps de pompage, vannage ou création des pertes de charge, rognage de la roue et variation de la vitesse de rotation. [10]

VI.5.1.1-Modification de temps de pompage :

On garde la courbe $H = f(Q)$ telle qu'elle est, le débit Q sera plus grand que le débit désiré, il est nécessaire de réduire le temps de pompage tout en conservant le volume d'eau constant.

Le volume d'eau entrant dans le réservoir pendant un temps $T_1 = 20$ heures est de :

$$V \text{ (m}^3\text{)} = 20 \times Q_1 \quad (\text{VI.5})$$

Ce même volume sera obtenu par le refoulement d'un débit Q_2 pendant un temps T_2 . Donc on peut écrire :

$$V = T_2 \times Q_2 = 20 \times Q_1 \quad (\text{VI.6})$$

D'où :

$$T_2 = 20 \times \frac{Q_1}{Q_2} \quad (\text{VI.7})$$

Avec :

- T_1 : L'ancien temps de pompage en (heure) ;
- T_2 : Le nouveau temps de pompage en (heure) ;
- Q_1 : Le débit au niveau de point désiré en (l/s) ;
- Q_2 : Le débit au niveau de point de fonctionnement effectif en (l/s).

VI.5.1.2-Vannage ou création des pertes de charge :

Cette méthode consiste à vanner au refoulement pour créer une perte de charge afin d'obtenir le débit désiré Q_1 . La puissance absorbée sera :

$$P_1 = \frac{g Q_1 H'}{\eta} \quad (\text{VI.8})$$

Avec :

$$H' = H_1 + h \quad (\text{VI.9})$$

Où :

- h : Perte de charge engendrée par le vannage en (m) ;
- H' : La distance entre le point désiré et l'intersection de la verticale passant par le même point avec la caractéristique de la pompe (m) ;
- η : Le rendement ;
- H_1 : La hauteur manométrique totale du point désiré.

VI.5.1.3-Rognage de la roue :

Le rognage de la roue consiste à réduire son diamètre tout en gardant la même vitesse de rotation. Cette opération est difficile à réaliser car elle exige une grande précision, et cela dans le but de ramener le point de fonctionnement au point désiré.

Le coefficient de rognage est déterminé par la formule suivante :

$$m = \frac{D_1}{D_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{0,5} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{0,5} \quad (\text{VI.10})$$

Avec :

- m : Coefficient de rognage ;
- D_1 : Diamètre de la roue avant rognage ;
- D_2 : Diamètre de la roue après rognage.

Donc, le nouveau diamètre (D_2) sera :

$$D_2 = \frac{D_1}{m} \quad (\text{VI.11})$$

Par conséquent, le pourcentage de rognage (r) sera :

$$r = 1 - m \text{ (\%)} \quad (\text{VI.12})$$

VI.5.1.4-Variation de la vitesse de rotation :

Cette méthode consiste à faire varier la vitesse de rotation de la pompe, la diminution de celle-ci entraîne la diminution du débit et par la même occasion la diminution de la puissance absorbée. On cherche alors la vitesse N' , Pour cela, on trace une parabole d'équation $H = a \times Q^2$ passant par l'origine et par le point P_1 et coupe la courbe caractéristique de la pompe au point homologue P_3 (Q_3, H_3).

$$N' = N \times \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right) \text{ (tr/min)} \quad (\text{VI.13})$$

Avec :

- N' : La nouvelle vitesse de rotation en (tr/min) ;
- N : L'ancienne nouvelle de vitesse en (tr/min) ;
- Q_1 : Le débit au niveau de point désiré en (l/s) ;
- Q_2 : Le débit au niveau de point de fonctionnement effectif en (l/s).

VI.6-Couplage des pompes : [10]

Le couplage des pompes doit être fait de la manière la plus économique pratique, dans le respect des limites techniques. On détermine deux modes de couplage :

- Couplage en série ;
- Couplage en parallèle.

VI.6.1-Couplage en série :

C'est où on a le refoulement d'une pompe est l'aspiration de la suivante pompe, par conséquent, la pression augmente.

$$H_{\text{Total}} = H_1 + H_2 \quad (\text{débit constant}) \quad (\text{VI.14})$$

VI.6.2-Couplage en parallèle :

C'est quand on installe plusieurs pompes qui refoulent dans une même conduite, ce qui donne lieu à une augmentation du débit total.

$$Q_{\text{Total}} = Q_1 + Q_2 \quad (\text{pression constante}) \quad (\text{VI.15})$$

VI.7-Etude de cavitation :

Si la pression est trop faible dans la pompe, c'est-à-dire, en pratique, si elle est placée trop haut par rapport au niveau d'aspiration, il s'y forme des bulles et poches de vapeur d'eau et d'air ; c'est le phénomène de cavitation, qui altère les caractéristiques de la machine et risque de l'éroder rapidement ; il se signale par l'apparition de vibrations et de bruits typiques. [5]

Pour éviter ce phénomène dans le fonctionnement de la pompe, il faut vérifier la condition ci-après :

$$(\text{NPSH})_d > (\text{NPSH})_r \quad (\text{VI.16})$$

Avec :

- $(\text{NPSH})_d$: Charge nette d'aspiration disponible ;
- $(\text{NPSH})_r$: Charge nette d'aspiration requise.

Pour une alimentation en charge :

$$\text{NPSH}_d = \frac{p_0}{\varpi} + (H_a - J_{\text{asp}} - H_v) \quad (\text{VI.17})$$

Pour une alimentation en dépression :

$$\text{NPSH}_d = \frac{p_0}{\varpi} - (H_a + J_{\text{asp}} + H_v) \quad (\text{VI.18})$$

Avec :

- $\frac{p_0}{\varpi}$: Pression en mètre colonne d'eau (m.c.e) au point d'aspiration ;
- H_a : Hauteur d'aspiration en (m) ;

- J_{asp} : Pertes de charge à l'aspiration en (m) ;
- H_v : Tension de vapeur maximale que l'eau peut supporter à une température donnée dans le tableau (V-1) ci-après :

Tableau (VI-1) : Tension de vapeur d'eau pompée en fonction de la température.

T (°C)	0	4	10	20	30	40	50	60	70	80	100
H_v (m.c.e)	0,06	0,083	0,125	0,24	0,43	0,75	1,26	2,03	4,10	4,80	10,30

VI.8-Choix des pompes du projet :

Le système de pompage de ce projet est composé d'un seul tronçon (SR vers R500). Grâce au catalogue numérique du constructeur CAPRARI, le processus de sélection de groupes électropompes est automatisé. Le choix de la pompe est déterminé en fonction du type et de la dimension de la pompe qui présente les caractéristiques hydrauliques les plus proches possible du point d'intersection avec les caractéristiques de la conduite de refoulement correspondant aux conditions techniques et économiques du système.

VI.8.1- Le tronçon (SR - R500) :

VI.8.1.1-Les caractéristiques de la conduite :

Les données nécessaires pour le choix de la pompe sont :

$$Q = 28,26 \text{ l/s ;}$$

$$HMT = 170,43 \text{ m ;}$$

$$H_g = 144 \text{ m.}$$

VI.8.1.2-Les caractéristiques de la pompe :

D'après le catalogue de pompes CAPRARI, le type de pompe choisie est :

Nom : **PM 125** ;

Type : PM 125/9 D ;

Vitesse : 1450 tr/min ;

Rendement : 72,5% ;

NPSH : 1,58 m ;

Puissance nominale : 75 Kw.

Les courbes caractéristiques de la pompe sont représentées sur le graphe ci-après :

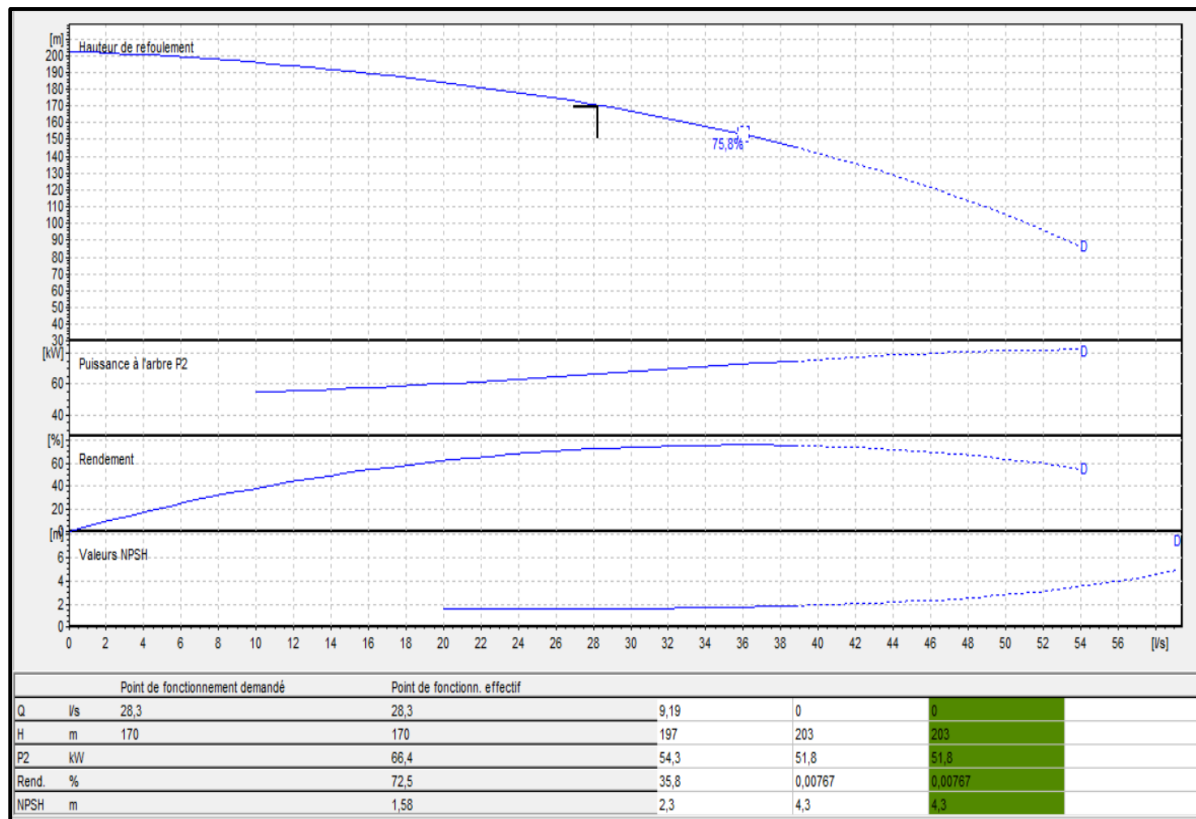


Figure (VI-8) : Courbes caractéristiques de la pompe.

On remarque que le point de fonctionnement effectif $P_{f.eff}$ (28,26 l/s ; 170,43 m) coïncide avec le point désiré $P_{f.cd}$ (28,26 l/s ; 170,43 m).

- **Etude de la cavitation :**

On a :

$$NPSH_r = 1,58 \text{ m};$$

$$H_a = 1 \text{ m};$$

$$C_a = 514 \text{ m (Côte du plan d'aspiration)};$$

$$\text{De la relation : (VI.17) } NPSH_d = \frac{p_0}{\varpi} + (H_a - J_{asp} - H_v)$$

$$\frac{p_0}{\varpi} = 10,33 - (0,0012 \times C_a) = 9,71 \text{ m.}$$

$$\text{Donc : } NPSH_d = 9,71 + 1 - 0 - 0,24 = 10,47 \text{ m.}$$

Donc la condition $NPSH_d > NPSH_r$ est vérifiée, alors la pompe ne cavite pas.

Pour plus d'information sur les caractéristiques de la pompe voir (annexe 4).

VI.9-Conclusion :

À l'aide de catalogue numérique du constructeur CAPRARI, nous avons déterminé le type de la pompe : multicellulaire de type « PM 125/9 D » et ses caractéristiques, qui garantiront le refoulement de l'eau. L'étude se termine par une vérification de l'absence de cavitation.

Afin de garantir la continuité de l'approvisionnement, il est recommandé de prévoir une pompe de secours en plus en cas de panne.

Chapitre VII

Protection anti-bélier

VII-Protection anti-bélier :**VII.1-Introduction :**

Les conduites sont des éléments fondamentaux dans un réseau d'alimentation en eau potable. Elles assurent le transport de l'eau depuis la source jusqu'aux lieux de distribution. Il est essentiel de bien sécuriser ces tuyaux afin d'assurer la longévité du réseau, la propreté de l'eau transportée et la fiabilité des livraisons. Dans ce chapitre, on présente les techniques de protection des conduites.

VII.2-Phénomène de coup de bélier :**VII.2.1-Définition de coup de bélier :**

Le coup de bélier est un phénomène temporaire en hydraulique qui résulte de l'onde de pression générée par une réduction soudaine de la vitesse d'un fluide dans une conduite à travers le réseau. Cette onde provient de la transformation partielle de l'énergie cinétique du fluide en énergie de pression. [12]

VII.2.2-Cause de coup de bélier :

On peut identifier plusieurs facteurs qui cause ce phénomène.

- L'action d'ouverture ou de fermeture des vannes aux canalisations à écoulement gravitaire sous pression ;
- L'interruption ou mise en route brusque de la pompe ;
- Le changement du niveau d'un réservoir à une extrémité du réseau ;
- Le remplissage ou l'évacuation d'un système d'AEP ;
- L'activation or désactivation de pompes dans des conduites sous pression par refoulement.

VII.2.3-Risque dus au phénomène de coup de bélier :

Le coup de bélier est un phénomène dévastateur, il peut causer de graves conséquences pour l'exploitation des réseaux et des dommages collatéraux aux canalisations, ceci dû aux alternances de surpression et dépression dans de grandes proportions. Les risques et avaries causés par le coup de bélier sont de plusieurs ordres, tels que [8] :

VII.2.3.1-Cas de surpression :

La fermeture immédiate ou rapide d'une vanne de sectionnement d'une conduite ou un autre dispositif de contrôle qui peut entraîner une pression significative. Si cette pression dépasse la limite maximale autorisée de la conduite, il existe un risque potentiel de rupture de celle-ci, ainsi que d'éclatement et de déboîtement des joints.

VII.2.3.2-Cas de dépression :

L'interruption soudaine d'un ensemble électropompe ou l'ouverture immédiate d'une vanne de sectionnement pourrait entraîner la création d'une pression manométrique négative, ce qui présenterait un risque d'aplatissement de la conduite et aspiration des joints. Ce cas de dépression peut également provoquer Un phénomène de cavitation (libération d'air dissous et vapeur d'eau) se produit si, à un certain endroit du conduite, la pression descend en dessous de zéro manométrique. De plus, lorsque la poche de vapeur se résorbe pendant une phase de surpression, cela peut entraîner une pression allant jusqu'à quatre fois la pression de service.

VII.2.3.3-Cas de fatigue :

Les variations rapides des surpressions et dépressions provoquent une fatigue pour le matériau de la conduite.

VII.2.4-Moyens de protection contre le coup de bélier :

Les appareils anti bélier devront avoir pour effet :

- Limiter la surpression ;
- Limiter la dépression. [13]

VII.2.4.1-Volant d'inertie :

On peut protéger une conduite contre l'arrêt intempestif de la pompe, en munissant celle-ci d'un volant d'inertie, qui lui permet en cas de panne de courant électrique (ou du moteur) de ralentir plus progressivement. Il faut que le temps de ralentissement soit largement supérieur à celui donné par la formule de MICHAUD. Cette solution n'est praticable que sur les installations de faible puissance ; consulter le constructeur de la pompe. [5]

VII.2.4.2-Soupape de décharge :

C'est un organe qui s'ouvre, et laisse passer un certain débit, lorsque la pression intérieure dépasse une valeur prédéterminée ; elle peut protéger efficacement contre les ondes de pression positives, à condition d'être bien entretenue. [5]

VII.2.4.3-Cheminée d'équilibre :

Une cheminée d'équilibre est constituée d'un réservoir cylindrique à l'air libre et à axe verticale. Elle joue le même rôle que les réservoirs d'air, elle ne peut l'établir économiquement que si la hauteur géométrique est faible. À cause de son encombrement, elle est déconseillée en AEP.

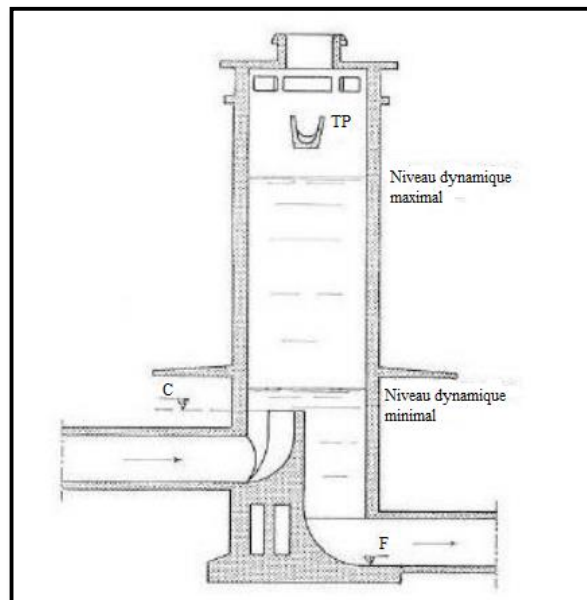


Figure (VII-1) : Schéma d'une cheminée d'équilibre. [5]

VII.2.4.4-Réservoir d'air :

Appelé aussi réservoir anti bélier. C'est un réservoir fermé placé sur la conduite de refoulement, sa partie supérieure est remplie d'air sous pression et sa partie inférieure a un certain volume d'eau. C'est le système anti bélier le plus répandu maintenant pour les adductions d'eau de petite et moyenne importance.

Les avantages de réservoir d'air :

- Il présente des dimensions réduites par rapport aux autres moyens ;
 - Son installation parallèle au sol pour une meilleure résistance au vent et au tremblement de terre ;
 - Il peut être facilement chauffé pour éviter les effets du gel dans les régions froides.
- [13]

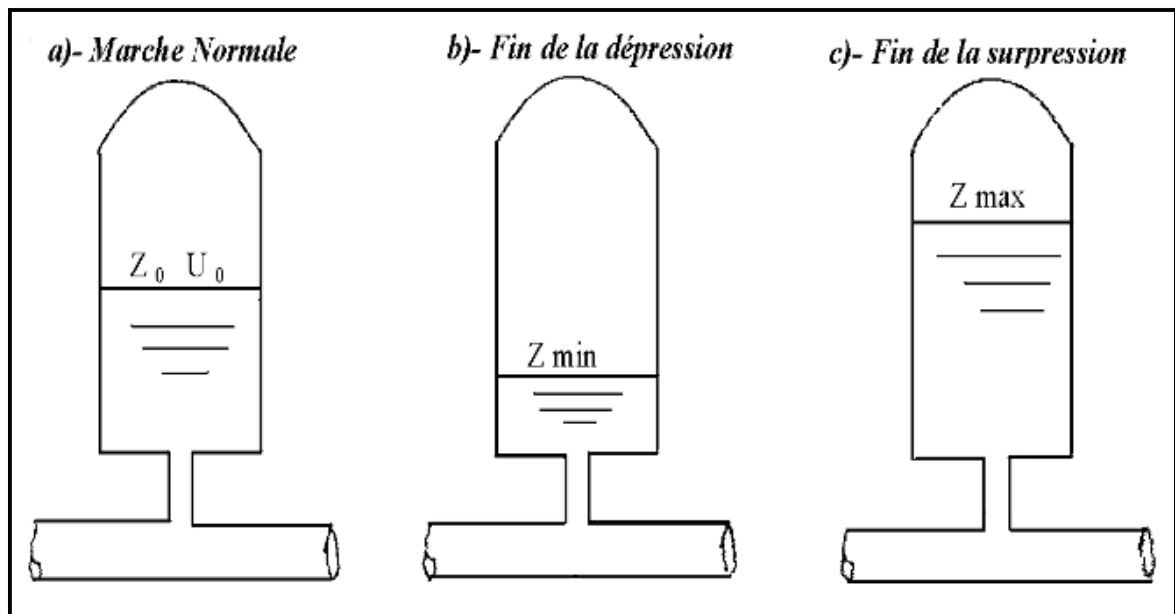


Figure (VII-2) : Variations des volumes d'air dans un réservoir anti bélier. [5]

VII.2.4.5-Ventouse :

Leur rôle principal est d'évacuer l'air contenu dans la conduite et de permettre son admission lorsque celle-ci est vidangée ou bien l'apparition de la cavitation en un point haut.

VII.3-Etude de coup de bélier :

L'étude a pour objectif de calculer les surpressions et les dépressions dans les différentes conduites de refoulement et vérifier que ces valeurs ne dépassent pas la valeur de la pression de service.

VII.3.1-Calcul de la célérité d'onde :

La célérité des ondes est la vitesse de propagation des ondes, elle est donnée par la formule d'ALLIEVI suivante :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + \frac{Kc \times D}{e}}} \quad (\text{VII.1})$$

Avec :

- **a** : La célérité de l'onde en (m/s) ;
- **D** : Le diamètre intérieur de la conduite en (m) ;
- **e** : L'épaisseur de la conduite en (m) ;
- **K_c** : Le coefficient dépendant du matériau constituant la canalisation.

VII.3.2-Valeur numérique du coup de bélier :

VII.3.2.1-1^{er} cas : fermeture brusque :

Le cas de fermeture brusque est caractérisé par un temps T :

$$T \leq \frac{2 \times L}{a} \quad (\text{VII.2})$$

La valeur maximale du coup de bélier est :

$$B = \frac{a \times V}{g} \quad (\text{VII.3})$$

Avec :

- **B** : Valeur du coup de bélier en (m) ;
- **a** : Célérité de l'onde en (m/s) ;
- **V** : Vitesse d'écoulement en régime permanent initial en (m/s) ;
- **g** : L'accélération de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

La valeur maximale de la pression-surpression est :

$$H_s = H_0 + B \quad (\text{VII.4})$$

La valeur maximale de la pression-dépression est :

$$H_d = H_0 - B \quad (\text{VII.5})$$

Avec :

- **H₀** : La pression absolue au point le plus haut de la conduite :

$$H_0 = H_g + 10 \quad (\text{VII.6})$$

- **H_g** : Hauteur géométrique ;
- **10** : Pression atmosphérique ;
- **H_s** : La valeur maximale de la pression-surpression ;
- **H_d** : La valeur maximale de la pression-dépression.

VII.3.2.2-2^{ème} cas : fermeture lente :

Le cas de fermeture lente est caractérisé par un temps T :

$$T > \frac{2 \times L}{a} \quad (\text{VII.7})$$

La valeur maximale du coup de bélier sera calculée par la formule de MICHAUD ci-après :

$$B = \frac{2 \times L \times V}{g \times T} \quad (\text{VII.8})$$

Remarque :

Le coup de bélier est plus important dans le cas d'une fermeture brusque qu'en fermeture lente, c'est pour ça que dans cette étude on considérera le cas le plus défavorable c'est-à-dire la fermeture brusque.

VII.4-Calcul du coup de bélier pour les différents tronçons :

L'étude consiste à calculer les surpressions et les dépressions dans les différents tronçons, et de vérifier que ces valeurs ne dépassent pas les valeurs de la pression de service en surpression et n'admettent pas des valeurs négatives en dépression.

Les valeurs numériques du coup de bélier dans les tronçons sont mentionnées dans le tableau ci-après :

Tableau (VII-1) : Calcul la valeur du coup de bélier pour les différents tronçons.

Tronçon	D (mm)	L (ml)	e (mm)	V (m/s)	Hg (m)	H ₀ (m)	a (m/s)	B (m)	H _s (m)	H _d (m)	PN (bar)
SR-R500	164	2674	18,2	1,35	144	154	351	48,2	202	106	16

❖ Interprétation des résultats :

D'après le tableau (VII-1), on constate que la valeur de surpression de tronçon SR-R500 dépasse la valeur de la pression nominale 16 bar, donc il y a de risque vis-à-vis de la surpression.

VII.4.1-Protection contre le coup de bélier :

- Pour le tronçon SR-R500 : un réservoir d'air ;

VII.4.2-Calcul le volume de réservoir d'air pour la conduite SR-R500 :

Le volume de réservoir d'air est donné avec la formule suivante :

$$U_r = 1,2 \times U_{\max} \quad (\text{VII.9})$$

Avec :

- U_r : volume total du réservoir d'air en (m³) ;
- U_{\max} : volume maximal d'air en régime transitoire en (m³).

Les résultats obtenus à partir du calcul numérique de la simulation du coup de bélier pour le tronçon SR - R500 sont données dans l'annexe (6).

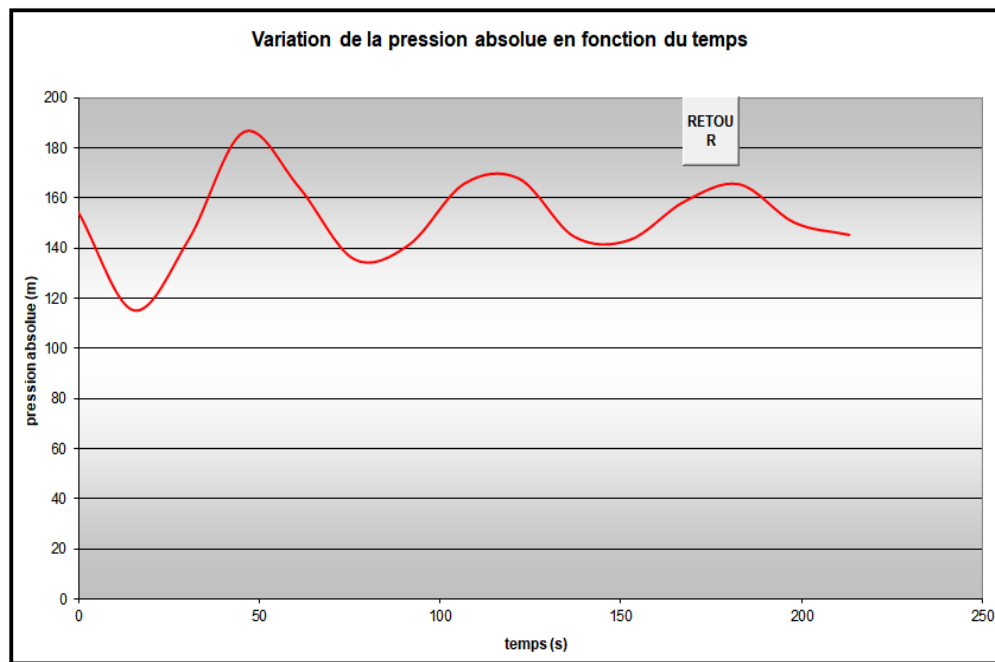


Figure (VII-3) : Variation de la pression absolue en fonction du temps.

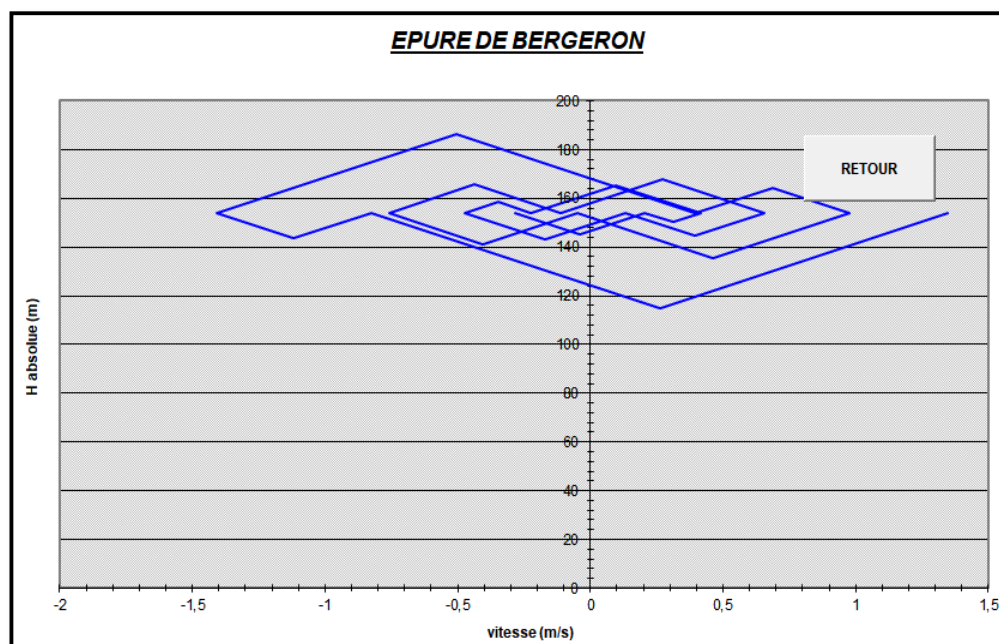


Figure (VII-4) : Epure de BERGERON pour le tronçon SR – R500.

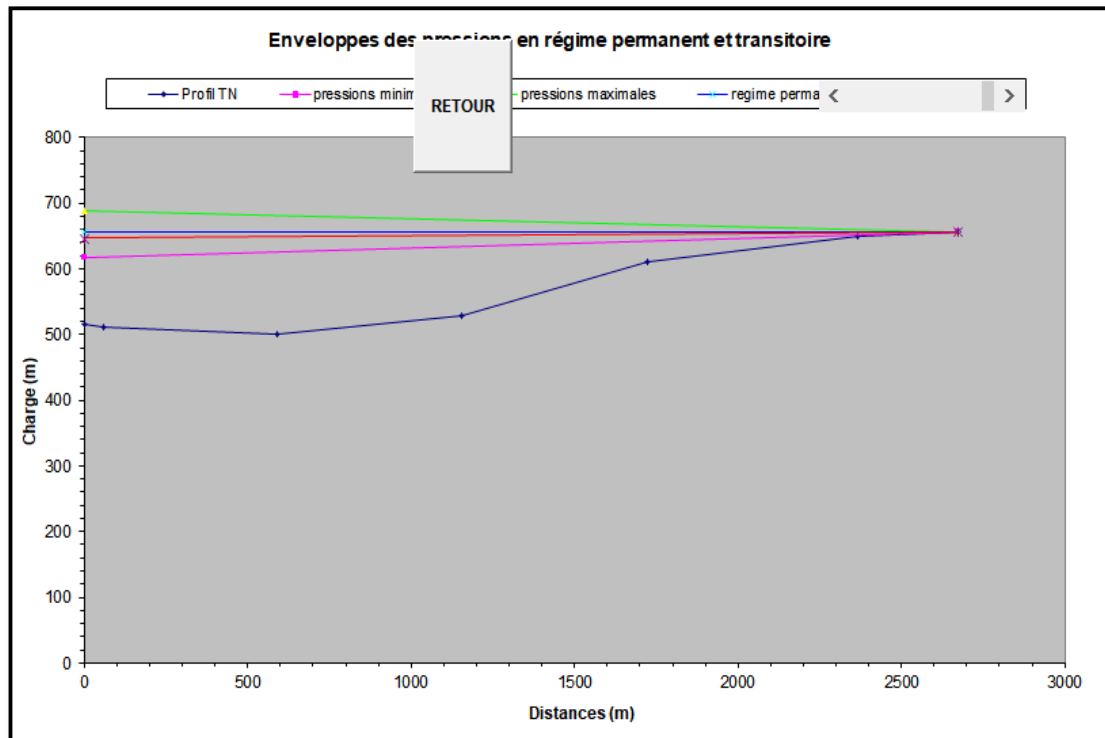


Figure (VII-5) : Variation de la pression absolue en fonction du temps Variation de la pression absolue en fonction du temps de tronçon SR – R500.

Le volume de réservoir d'air :

$$U_r = 1,2 \times 1,257$$

$$U_r = 1,808 \text{ m}^3.$$

VII.5-Conclusion :

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés au phénomène du coup de bélier. Les valeurs obtenues dans les différents tronçons du réseau constituent un risque pour la conduite d'adduction. Afin de limiter ses effets, une solution a été mise en œuvre, pour le tronçon SR - R500, un réservoir d'air d'un volume de 1,808 m³ a été suggéré.

C

hapitre VII

Distribution

VIII-Distribution :

VIII.1-Introduction :

La distribution est la dernière étape d'un projet d'alimentation en eau potable. Une fois les besoins en eau d'une agglomération quelle que soit est identifié, il est nécessaire de faire un choix judicieux du réseau pour distribuer l'eau vers les différentes catégories de consommateurs définis.

L'objectif de la mise en place de ce système est de satisfaire la demande des consommateurs en débit, en pression et une qualité de l'eau répondant aux normes de potabilité.

VIII.2-Classification des réseaux de distribution :

Il existe principalement deux (03) types de réseaux de distribution :

- Le réseau ramifié ;
- Le réseau maillé ;
- Le réseau mixte. [14]

VIII.2.1-Le réseau ramifié :

Le réseau ramifié ou réseau arborescent se caractérise par une distribution où les conduites sont disposées comme les branches d'un arbre. Chaque branche alimente directement une zone et n'est pas reliée aux autres branches, ses avantages incluent la conception simple et le coût réduit. [14]

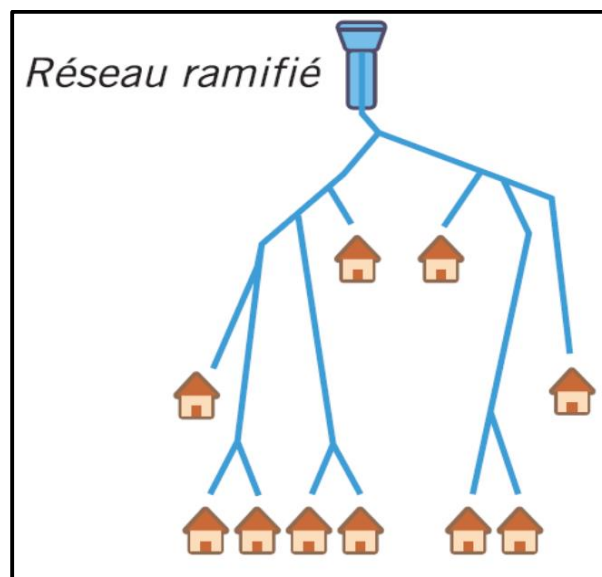


Figure (VIII-1) : Réseau ramifié (Source : ajbtp).

VIII.2.2-Le réseau maillé :

Le système maillé (ou en boucle) est un système où les conduites forment des boucles interconnectées. Chaque point du réseau peut être alimenté par divers itinéraires, et parmi ses bénéfices, l'alimentation assurée est notable, car l'eau peut passer par différentes voies en cas de défaillance ou d'intervention sur une zone. [14]

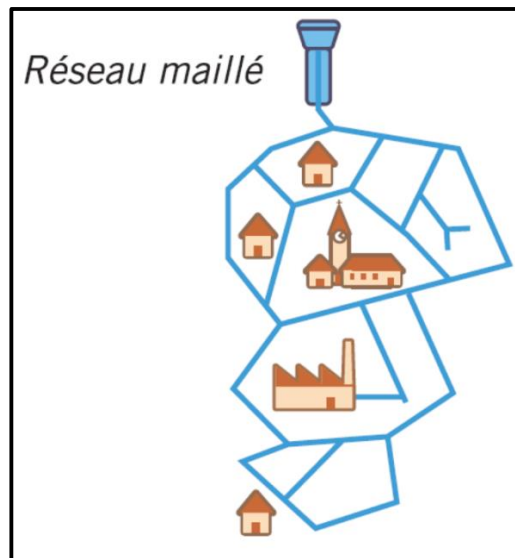


Figure (VIII-2) : Réseau maillé (S.ajbtp).

VIII.2.3-Le réseau mixte :

Le réseau mixte combine les deux types (ramifié et maillé).

Dans le centre-ville ou les zones extrêmement peuplées : un réseau maillé est mis en place pour assurer la sécurité et le maintien du service.

En milieu périphérique ou rural : un réseau ramifié pour minimiser les frais. [14]

VIII.3-Choix du tracé :

Pour établir le tracé final, il est essentiel de considérer les points suivants :

- Eviter les pentes excessivement raides ;
- Réfléchir aux questions liées à la propriété foncière et aux autorisations ;
- Réduire le nombre de passages ardues (traversées de routes, de ravines,...etc.) ;
- Favoriser les zones facilement accessibles, à proximité des routes existantes ;
- Eviter les zones rocheuses : une tranchée devra être creusée. [14]

VIII.4-Choix du type de matériaux :

La sélection du matériau pour les conduites dans un système de distribution d'eau est influencée par divers facteurs techniques, financiers et écologiques. Voici les éléments clés à prendre en compte :

-La qualité de l'eau transportée : l'eau nécessite des matériaux non toxique et résistants à la corrosion ;

-La pression de service : Plus la pression est forte, plus le matériau doit posséder une résistance mécanique importante ;

-Le diamètre de la conduite : L'utilisation de matériaux résistants tels que la fonte, l'acier ou le béton renforcé est généralement requise pour les diamètres importants. Les petits diamètres peuvent être fabriqués en PVC, PEHD ou polypropylène ;

-La nature du sol : Dans les régions exposées aux séismes ou présentant des mouvements de sol, on favorise les matériaux flexibles tels que le PEHD ;

-**La durabilité et la facilité de pose** : Certain des matériaux comme le PVC ou le PEHD sont tout simplement faciles d'installation, tandis que d'autres comme la fonte et le béton sont extrêmement durables, même si l'on ne peut pas les dire moins lourds ;

-**Le coût** : Il est essentiel de faire un bon rapport entre la mise en place et le coût des matériaux ainsi que leur durée de vie. Un matériau qui paraît moins cher lors de l'achat peut s'avérer plus coûteux à entretenir dans la durée ;

-**La réglementation locale** : Certaines lois ou normes peuvent rendre obligatoire ou interdire l'usage de certains matériaux en raison de problèmes de santé ou de sécurité.

Dans la zone d'étude du projet, on adopte pour les conduites en PEHD à cause de ses caractéristiques mécaniques et hydrauliques. [14]

VIII.5-Calcul hydraulique du réseau de distribution :

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

- On détermine la longueur de chaque tronçon du réseau maillé et celui ramifié ;
- On détermine le débit spécifique en considérant les débits en route ;
- On calcul les débits en route pendant l'heure de pointe ;
- Connaissant les débits en route et ceux concentrés, on détermine les débits supposé concentrés aux nœuds. [14]

VIII.5.1-Détermination des débits :

VIII.5.1.1-Débit de pointe :

Le débit de pointe (Q_p) réfère à la consommation maximale par heure déterminée à partir des résultats obtenus lors de l'établissement des consommations sur une base horaire, voir

(annexe (01)) ,il est donne par la formule ci-après :

$$Q_p = \frac{Q_{\max,j} \times P_{\max}}{100} \quad (\text{VIII.1})$$

Avec :

- Q_p : Débit de pointe en (m^3/h) ;
- P_{\max} : Pourcentage maximum horaire en (%) ;
- $Q_{\max,j}$: Consommation maximale journalière en (m^3/j).

❖ U19 :

On a $Q_{\max,j} = 1465 \text{ m}^3/\text{j}$

$P_{\max} = 7,90\%$

Donc : $Q_p (\text{U19}) = \frac{1465 \times 7,9}{100} = 115,73 \text{ m}^3/\text{h} = 32,15 \text{ l/s}$

VIII.5.1.2-Débit spécifique :

Le débit spécifique est caractérisé par le volume d'eau qui passe à travers un mètre de canal en une seconde. Il se détermine selon la formule ci-après :

$$Q_s = \frac{Q_p}{\sum L_i} \quad (\text{VIII.2})$$

Avec :

- Q_s : Débit spécifique en (l/s/ml) ;

- Q_p : Débit de pointe en (l/s) ;
- $\sum L_i$: Somme des longueurs du réseau en (ml).

❖ U19 :

$$\sum L_i = 2205 \text{ ml} ;$$

$$Q_s = \frac{32,15}{2205} = 0,0146 \text{ (l/s/ml)}.$$

VIII.5.1.3-Débit en route :

Le débit en route de chaque tronçon est le produit de sa longueur par le débit spécifique, il est donné par la formule ci-après :

$$Q_r = Q_s \times L_i \quad (\text{VIII.3})$$

Avec :

- Q_r : Débit en route en (l/s) ;
- Q_s : Débit spécifique en (l/s/ml) ;
- L_i : Longueur du tronçon concerné en (ml).

VIII.5.1.4-Débits aux nœuds :

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

$$Q_n = 0,5 \times \sum Q_r + \sum Q_c \quad (\text{VIII.4})$$

Avec :

- Q_n : Débit nodal de nœud concerné en (l/s) ;
- $\sum Q_r$: Somme des débits en route des tronçons qui entourent le nœud (i) en (l/s) ;
- $\sum Q_c$: Débit concentré au nœud (i) en (l/s).

Dans la zone d'étude le débit concentré au nœud (i) est $Q_c = 0$, car U19 est une zone d'agglomération.

VIII.6-Le calcul des débits en route et les débits aux nœuds :

Le réseau de distribution du POS U19 est d'un linéaire total de 2205 ml. Les débits aux nœuds sont illustrés dans le tableau (VIII-1) ci-après :

Tableau (VIII-1) : Débits aux nœuds de POS U19...

N° Nœud	Tronçon	L (ml)	Q_r (l/s)	Q_n (l/s)
1	R1--1	308	4,50	4,12
	2--1	38	0,55	
	3--1	218	3,18	

Tableau (VIII-1) : Débits aux nœuds de POS U19 (Suite et fin).

N° Nœud	Tronçon	L (ml)	Q _r (l/s)	Q _n (l/s)
2	1--2	38	0,55	0,81
	4--2	73	1,07	
4	2--4	73	1,07	0,93
	5--4	55	0,8	
8	9--8	214	3,12	6,14
	10--8	247	3,61	
	6--8	380	5,55	
11	12--11	22	0,32	0,77
	13--11	22	0,32	
	7--11	62	0,91	
7	11--7	62	0,91	0,77
	6--7	43	0,63	
6	7--6	43	0,63	3,25
	8--6	380	5,55	
	5--6	22	0,32	
5	6--5	22	0,32	0,61
	4--5	55	0,8	
	14--5	61	0,89	
14	15--14	45	0,66	1,3
	16--14	57	0,83	
	5--14	61	0,89	
	17--14	15	0,22	
17	18--17	79	1,15	0,99
	14--17	15	0,22	
	19--17	42	0,61	
19	17--19	42	0,61	1,78
	20--19	71	1,04	
	21--19	131	1,91	
21	19--21	131	1,91	0,96

VIII-7- Modélisation et simulation du réseau :

VIII.7.1- Présentation de logiciel WaterGEMS :

WaterGEMS (Water Global Engineering Modeling System) est un logiciel de simulation hydraulique avancé destiné à la modélisation, l'analyse, la conception et l'optimisation des réseaux de distribution d'eau potable.

Développé par 'Bentley System', il est utilisé à l'échelle mondiale par les ingénieurs, consultants, services publics et collectivités locales pour comprendre, prévoir, améliorer et gérer les systèmes d'eau. [15]

VIII.7.2-Fonctionnement de WaterGEMS :

Voici les étapes de fonctionnement de logiciel :

- Création du réseau : Par la mise en place des nœuds (jonctions, réservoirs, stations de pompage), des conduites (tuyauterie, vannes, pompes) et des demandes en eau liés aux points nodaux. (Le réseau peut être importé depuis des logiciels SIG comme **ArcGIS** ou **AutoCAD**) ;
- Définition des données : Chaque élément du réseau doit avoir des caractéristiques (diamètre, rugosité, longueur des conduites,...etc) ;
- Simulation hydraulique : Il simule l'écoulement de l'eau dans le réseau selon la méthode de Hardy-Cross ou d'autres algorithmes hydrauliques. Il calcule : la pression aux nœuds, la vitesse et le débit dans les conduites, le fonctionnement des pompes et la répartition des demandes.
- Optimisation : Il propose des outils d'aide à la décision pour : optimise les diamètres des conduites, réduire les pertes d'eau, planifier les extensions du réseau et Gérer les pompes pour économiser de l'énergie.
- Résultats et rapports : Les résultats peuvent être : affichés en cartes thématiques ou exportés sous forme de rapports, graphiques ou tableaux. [15]

VIII.7.3- Avantages de WaterGEMS :

- Très complet et fiable ;
- Visualisation intuitive ;
- Capacité à gérer de grands réseaux ;
- Intégration SIG / SCADA ;
- Prise en compte des paramètres économiques et environnementaux. [15]

VIII.8-Résultats de la simulation du réseau avec WaterGEMS :

Une fois que les débits et les altitudes de chaque nœud, ainsi que la longueur de chaque branchement ont été précisés, on démarre la simulation du réseau. Après plusieurs essais concernant les diamètres des conduites, et dans le but d'obtenir des vitesses pour chaque conduite variant entre [0.5 - 1.5], tout en respectant la contrainte de ne pas dépasser 60 m.c.e (6 bars) au niveau des nœuds, nous avons opté pour des conduites en PEHD PN16.

Pour réduire les pressions dans quelques tronçons, on a placé un réducteur de pression (PRV) entre les deux nœuds : N14 et N17.

L'annexe (3) fournit les diamètres nominalisés des conduites en PEHD PN 16.

Les tableaux (VIII-2), (VIII-3) ci-après présentent les résultats de la simulation.

Tableau (VIII-2) : Détermination des diamètres du réseau de POS U19...

Tronçon	DN (mm)	D _{int} (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)
11--12	20	16	0,16	0,8
11--13	20	16	0,16	0,8

Tableau (VIII-2) : Détermination des diamètres du réseau de POS U19 (suite et fin).

Tronçon	DN (mm)	D _{int} (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)
1--3	50	40,8	1,59	1,22
R100--1	200	163,6	29,67	1,41
6--7	50	40,8	1,86	1,42
7--11	40	32,6	1,09	1,31
6--8	110	90	9,5	1,49
14--15	25	20,4	0,45	1,38
14--16	25	20,4	0,42	1,28
5--14	110	90	7	1,1
19--20	32	26	0,52	0,98
17--19	75	61,4	3,26	1,1
17--18	32	26	0,58	1,09
PRV--17	90	73,6	4,83	1,14
8--9	50	40,8	1,56	1,19
8--10	50	40,8	1,8	1,38
4--5	200	163,6	22,22	1,06
5--6	160	130,8	14,61	1,09
19--21	40	32,6	0,96	1,15
1--2	200	163,6	23,96	1,14
2--4	200	163,6	23,15	1,1
14--PRV	90	73,6	4,83	1,14

Tableau (VIII-3) : Détermination des pressions et des charges au niveau des nœuds.

Nœud	Altitude (m)	Débit (l/s)	Charge (m)	Pression (m.c.e)
N11	575,8	0,77	630,34	54
N12	573,5	0,16	629,14	56
N1	595,5	4,12	637,74	42
N7	577,8	0,77	634,1	56
N6	581,8	3,25	636,45	55
N14	580,8	1,3	635,81	55
N15	573	0,45	630,64	58
N16	573,2	0,42	630,06	57
N13	573,5	0,16	629,11	56
N19	561,5	1,78	587	25
N20	557,8	0,52	583,73	26
N17	570	0,99	587,89	18
N18	566,5	0,58	583,43	17
N8	574	6,14	627,45	53
N9	571	1,56	619,05	48
N5	584	0,61	636,63	53
N3	584	1,59	628,88	45
N21	554,8	0,96	580,73	26
N10	570,9	1,8	614,78	44
N2	584,9	0,81	637,47	52
N4	580,5	0,93	636,98	56

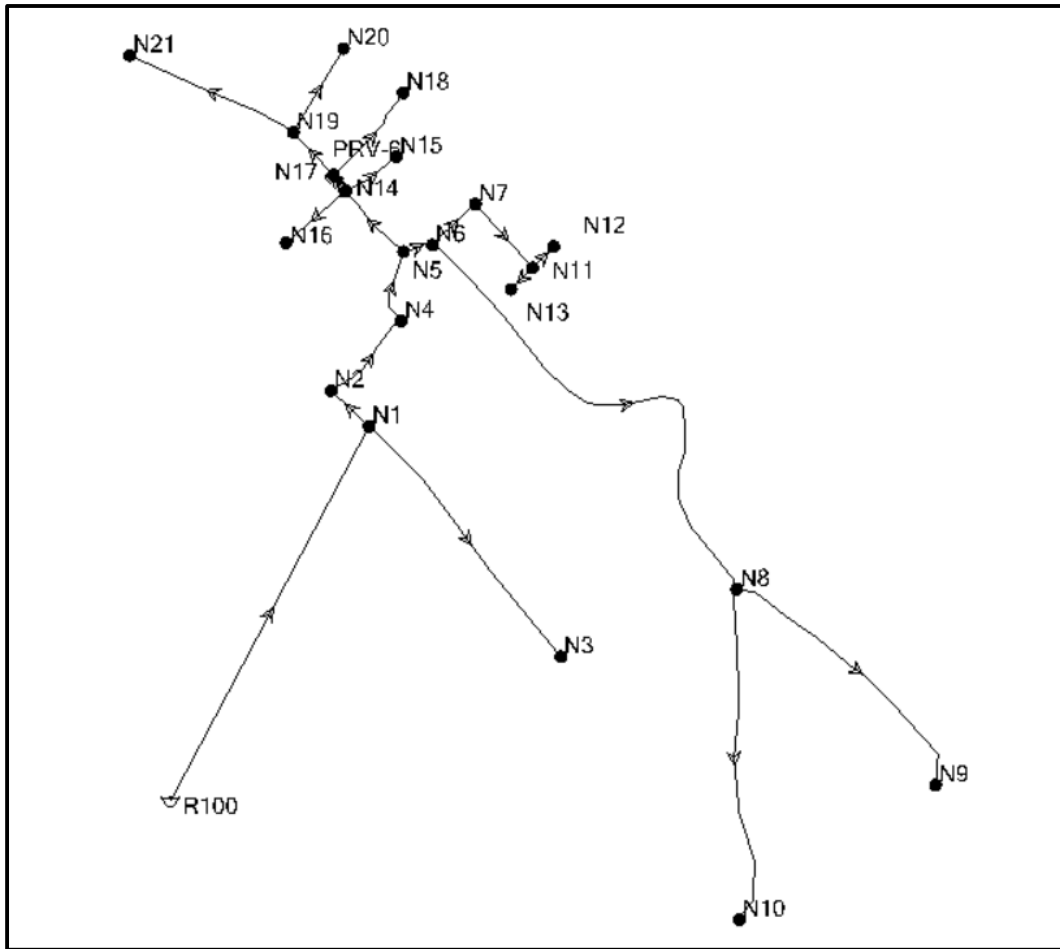


Figure (VIII-3) : Réseau de distribution de POS U19.

VIII.8-Conclusion :

L'analyse du réseau de distribution d'eau potable à l'aide du logiciel WaterGEMS a permis de simuler efficacement le comportement hydraulique du système. Les résultats collectés indiquent des vitesses d'écoulement allant de 0,5 à 1,5 m/s, en accord avec les règles spécifiées, assurant ainsi un rendement hydraulique optimal et une minimisation des pertes de charge. De plus, les pressions constatées varient entre 1 et 6 bars, grâce à la mise en place stratégique de réducteurs de pression dans le réseau. Cette optimisation assure la sécurité, la durabilité et l'efficacité du système de distribution.

Conclusion générale

CONCLUSION GÉNÉRALE

Au cours de ce modeste travail, nous avons essayé d'examiner de près la problématique de l'alimentation en eau potable des POS U26 et U19 de la commune de Bouira, par l'eau de forage pour satisfaire les besoins de la population.

Après avoir dénombré la population prévue à l'horizon de 2050, qui va atteindre 6679 habitants. Sachant que le site dispose d'un forage débitant 18,61 l/s et, étant donné que la consommation à l'horizon fixé est de 2441,66 m³/j, on constate dès lors que le rajout d'une autre ressource s'impose pour combler en perspective les besoins futurs de la zone d'étude.

Selon l'exploration des ouvrages de stockages, on remarque que le réservoir existant de capacité 100 m³ ne répond pas aux attentes de façon drastique, pour remédier à cela nous avons acquiescé un nouveau réservoir de capacité de 350 m³.

Concernant le dimensionnement des conduites d'adduction, nous avons deux adduction, la prime par refoulement se fait à partir de la station de reprise SR d'Ouled Bellil vers le réservoir 500 m³ avec un diamètre DN 200 mm et une vitesse de 1,347 m/s, la seconde par gravité à partir de réservoir 500 m³ vers le réservoir 100 m³ avec un diamètre DN 200 mm et une vitesse de 0,809 m/s. Ces tronçons sont en PEHD PN 16.

Postérieurement, à l'aide de catalogue numérique du constructeur CAPRARI on en a choisi la pompe multicellulaire du type « PM 125/9 D », adéquate pour la station de reprise.

L'étude du phénomène de coup de bélier a mis en évidence un risque pour les tronçons d'adduction par refoulement. En conséquence nous avons opté pour le choix de réservoir d'air comme solution.

Nonobstant la distribution a concerné que le POS U19, l'environnement du site et la disposition des habitats ont contribué dans le choix de type de réseau qui est en pareille occurrence ramifié. Nous avons dimensionné ledit réseau à l'aide de logiciel WaterGEMS avec des conduites en PEHD PN16 et des diamètres nominaux cernés entre 20 mm et 200 mm. On distingue que les vitesses sont comprises entre 0,5 m/s et 1,5 m/s et les pressions entre 10 m et 60 m.

A la lumière de ce modeste travail, nous escomptons avoir répondu à l'objectif fixé au départ, qui est l'étude de l'alimentation en eau potable des POS U26 et U19 de la commune de Bouira, tout en ambitionnant qu'il sera utile à bien des égards et, servir de guide pour les futures promotions.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] : **PDAU** (Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme) de la commune de Bouira 2007.
- [2] : **URBAB** unité de Bouira (Centre d'étude Urbanisme).
- [3] : **CRAAG** (Centre de recherche en astronomie, astrophysique et géophysique).
- [4] : Schéma directeur d'alimentation en eau potable de la wilaya de Bouira 2023.
- [5] : **BONNIN, J.** "Aide-mémoire d'Hydraulique Urbaine " Collection de la direction des études et de la recherche d'électricité de France, Édition EYROLLES 1982.
- [6] : **DEGREMONT** : Mémento du gestionnaire de l'AEP et de l'assainissement : tome 1, Éditions Eyrolles, Paris 1978.
- [7] : **DUPONT, A.** " Hydraulique urbaine ". Tome II : Ouvrage de transport, élévation et distribution des eaux, Édition Eyrolles, 1979.
- [8] : **AMARA, L., BERREKSI, A., AMIRECHE, M.** " Simulation numérique du Phénomène transitoire du coup de bélier -Application à des cas pratiques ", Éditions Universitaires Européennes (EUE), 2016.
- [9] : **CHRISTIAN BOUTIN** " Hydraulique urbaine – Réseaux d'eau potable et d'assainissement ", Éditions Eyrolles Paris 2002.
- [10] : **HENRI KIEFFER** " Pompes et réseaux de pompage – Principes et applications ", Éditions Techniques de l'Ingénieur 2010.
- [11] : **CLAUDE CLANET, MICHEL LEDOUX** " Mécanique des fluides appliquée ", Édition Dunod 2014.
- [12] : **CHAIEB.A** " Hydraulique générale - Tome 2 : Écoulements en charge et réseaux ", Éditions Ellipses 2011.
- [13] : **LENCASTRE.A** " Hydraulique Générale - Volume 2 : Écoulements en charge", Éditions Eyrolles 2003.
- [14] : **BAUBION.C, LOUBIER.S** " Réseaux d'eau potable – Conception et dimensionnement ", Éditions du Moniteur 2002.
- [15] : **BENTLEY SYSTEMS** " WaterGEMS CONNECT Edition User Guide. Bentley Systems Inc " 2023.

Sites web :

www.Topographic-map.com.

www.Météoociel.com.

www.Météobleu.com.

www.Avk.fr.com.

[www.Cph hydraulique](http://www.Cph-hydraulique).

www.Ebara-europe.com.

www.Directindustry.fr.com.

www.gpip.cnam.fr.com.

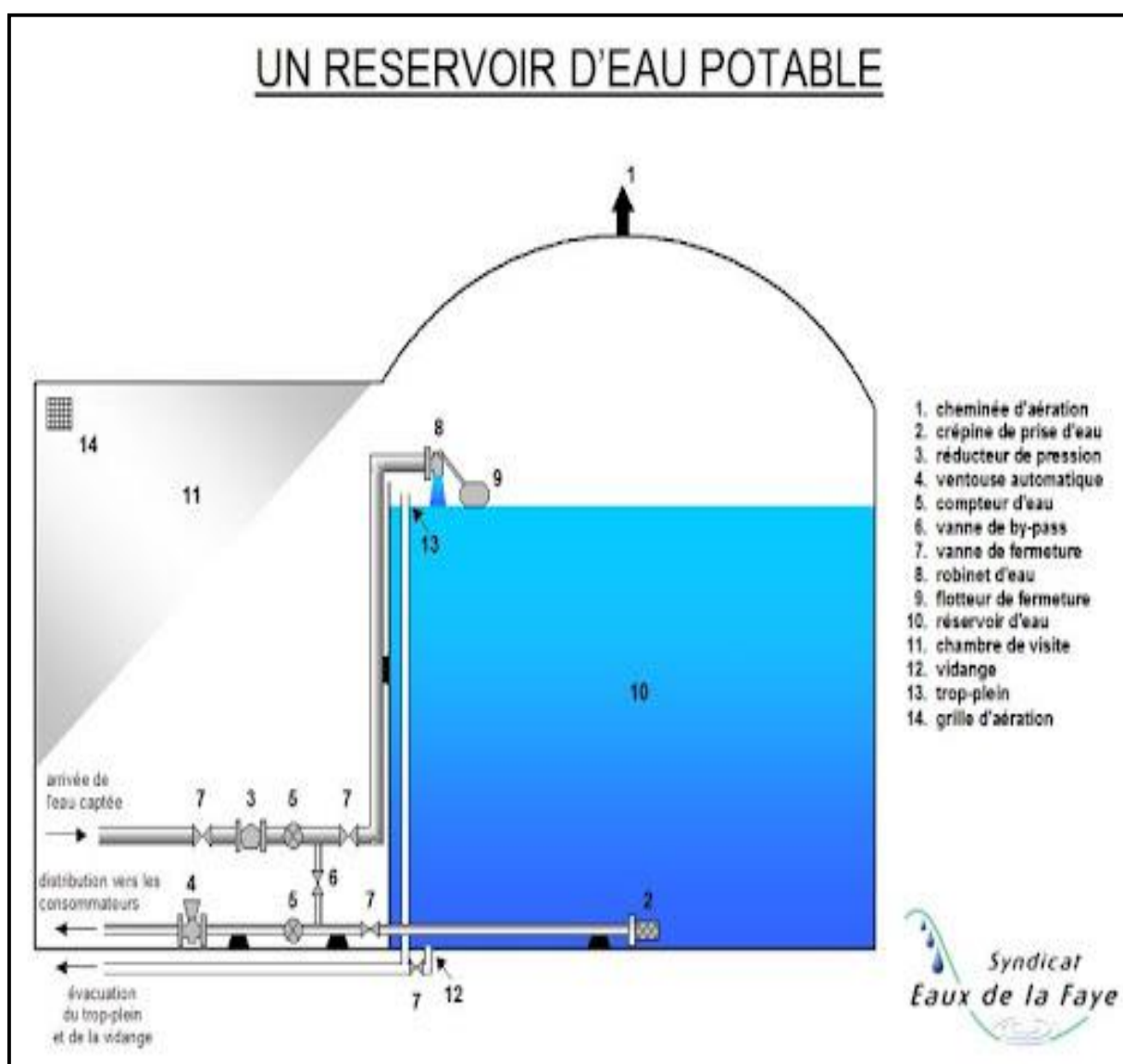
www.ajbtp.com.

Annexes

Annexe (01) : Régime de la consommation des agglomérations.

Heure	Régime de la consommation des agglomérations											
	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,7	1,8	1,9	2	2,5
00.01	3.50	3.35	3.20	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.90	0.85	0.75	2.50
01.02	3.45	3.25	3.25	3.20	2.65	2.10	1.50	1.00	0.90	0.85	0.75	0.60
02.03	3.45	3.30	2.90	2.50	2.20	1.85	1.50	1.00	0.90	0.85	1.00	0.60
03.04	3.40	3.20	2.90	2.60	2.25	1.90	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20
04.05	3.40	3.25	3.35	3.50	3.20	2.85	2.50	2.00	1.35	2.70	3.00	2.00
05.06	3.55	3.40	3.75	4.10	3.90	3.70	3.50	3.00	3.85	4.70	5.50	3.50
06.07	4.00	3.85	4.15	4.50	4.50	4.50	4.50	5.00	5.20	5.35	5.50	3.50
07.08	4.40	4.45	4.65	4.90	5.10	5.30	5.50	6.50	6.20	5.85	5.50	4.50
08.09	5.00	5.20	5.05	4.90	5.35	5.80	6.25	6.50	5.50	4.50	3.50	10.20
09.10	4.80	5.05	5.40	5.60	5.85	6.05	6.25	5.50	5.85	4.20	3.50	8.80
10.11	4.70	4.85	4.85	4.90	5.35	5.80	6.25	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
11.12	4.55	4.60	4.60	4.70	5.25	5.70	6.25	5.50	6.50	7.50	8.50	4.10
12.13	4.55	4.60	4.50	4.40	4.60	4.80	5.00	7.00	7.50	7.90	8.50	4.10
13.14	4.45	4.55	4.30	4.10	4.40	4.70	5.00	7.00	6.70	6.35	6.00	3.50
14.15	4.60	4.75	4.40	4.10	4.60	5.05	5.50	5.50	5.35	5.20	5.00	3.50
15.16	4.60	4.70	4.55	4.40	4.60	5.30	6.00	4.50	4.65	4.80	5.00	4.70
16.17	4.60	4.65	4.50	4.30	4.90	5.45	6.00	5.00	4.50	4.00	3.50	6.20
17.18	4.30	4.35	4.25	4.10	4.60	5.05	5.50	6.50	5.50	4.50	3.50	10.40
18.19	4.35	4.40	4.45	4.50	4.70	4.85	5.00	6.50	6.30	6.20	6.00	9.40
19.20	4.25	4.30	4.40	4.50	4.50	4.50	4.50	5.00	5.35	5.70	6.00	7.30
20.21	4.25	4.30	4.40	4.50	4.40	4.20	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	1.60
21.22	4.15	4.20	4.50	4.80	4.20	3.60	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.60
22.23	3.90	3.75	4.20	4.60	3.70	2.85	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00
23.24	3.80	3.70	3.50	3.30	2.70	2.10	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60

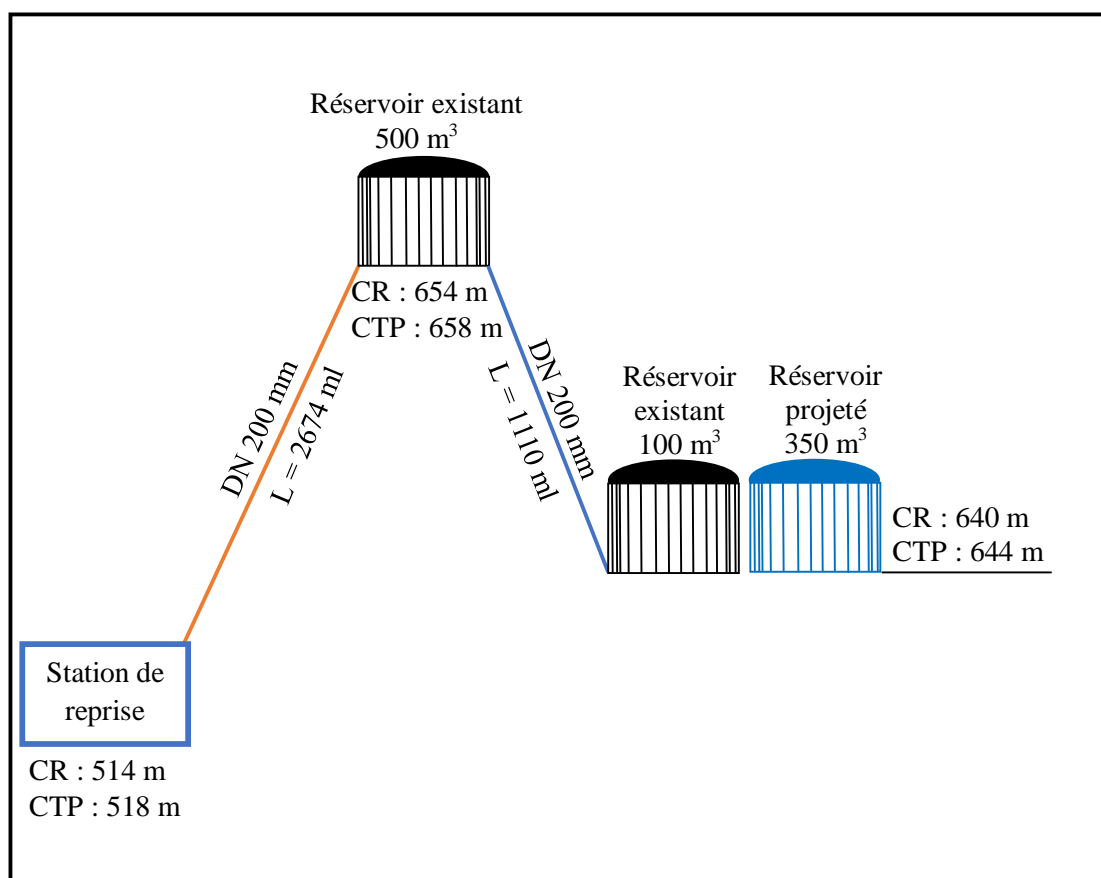
Annexe (02) : Schéma global d'un réservoir d'eau potable.



Annexe (03) : Diamètres nominalisés des conduites en PEHD (PN 16).

Diamètre extérieur (mm)	Epaisseur (mm)	Diamètre intérieur (mm)
20	2,0	16
25	2,3	20,4
32	3,0	26
40	3,7	32,6
50	4,6	40,8
63	5,8	51,4
75	6,8	61,4
90	8,2	73,6
110	10,0	90
125	11,4	102,2
160	14,6	130,8
200	18,2	163,6
250	22,7	204,6
315	28,6	257,8
400	36,3	327,4
500	45,4	409,2
630	57,2	515,6

Annexe (4) : Schéma synoptique.



Annexe (5) : Les caractéristiques de la pompe PM 125.

PM 125/ 9 D	
Caractéristiques requises	
Débit	28,3 l/s
Hauteur de refoulement	170 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	28,3 l/s
Hauteur de refoulement	170 m
Puissance absorbée	66,4 kW
Rendement	72,5 %
Hauteur manométrique H(Q=0)	203 m
Orif. de refoulement	125 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	75 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s

Annexe (6) : Le coefficient K_c des différents matériaux.

Matériaux	Valeur de K_c
Acier	0,5
Fonte ductile	0,6
Fonte grise	1
PEHD	83
Plomb et le béton	5
PVC	33
Amiante ciment	4

Annexe (7) : Calcul le volume de réservoir d'air pour la conduite SR-R500.

Simulation	Epure de BERGERON	Oscillogramme	Profil des pressions	Quitter							
<div>Données de l'Adduction</div> <div> Diametre 0,1636 m Débit 0,0283 m³/s H géomet 144 m Long. Cond. 2674 m coef. K 83 Epaisseur e 0,0182 m C Haz Will 7874 </div> <div> Résultats des variations du volume d'air Umax 1,25733285 m³ Umin 0,86048446 m³ </div>											
<div>Résultats</div> <div> Vitesse 1,34694599 m/s Section 0,02101049 m² Célérité a 351,252061 m/s B 48,228089 m Hmax 192,228089 m Hmin 95,771911 m periode θ 15,2255334 s H0 154 m PDC δ 0,01590282 m a/g 35,8055108 s </div>											
<div>Données du Réservoir d'air</div> <div> Volume U0 1 m³ K PDC entr 7,31 Vf² K PDC sort 27,53 Vf² Exposant 1,2 </div> <div> Pression de l'air pres. air Z 154,015903 /U^Λ </div> <div> Résultats des pressions Surpression 32,3269856 m Dépression 38,8778213 m </div>											
temps	ΔU	U	Z	Δh1 ; Δh2	Z-Δh ; Z+Δh	δ	Z -> Δh -> δ	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	1	154,015903	0	154,015903	0,01590282	154	1,34694599	0	0	
15,2255334	0,25733285	1,25733285	117,010612	1,8884331	115,122179	0,00076617	115,121413	0,26111907	0,80442667	0,26190736	-0,00078829
30,4510669	-0,13693196	1,12040089	134,374677	9,13711498	143,511792	0,01126262	143,523054	-1,11731493	-0,42805154	-1,11801043	0,00069551
45,6766003	-0,25991643	0,86048446	184,447991	1,87899495	186,326986	0,00260367	186,329589	-0,50699984	-0,81250297	-0,50699552	-4,3236E-06
60,9021338	0,02863679	0,88912125	177,342316	12,9567802	164,385536	0,00455858	164,380977	0,68584912	0,08951908	0,68603368	-0,00018456
76,1276672	0,18376977	1,07289103	141,546401	5,8990523	135,647348	0,00219989	135,645149	0,46314948	0,57446729	0,46290089	0,00024859
91,3532007	0,00931845	1,08220948	140,085107	1,19690175	141,282009	0,0017148	141,283724	-0,40462553	0,02912963	-0,40464163	1,6099E-05
106,578734	-0,13433148	0,947878	164,233835	1,38452688	165,618362	0,00196234	165,620324	-0,43523401	-0,41992238	-0,43520313	-3,0882E-05
121,804268	-0,02589441	0,92198359	169,78438	2,05645272	167,727928	0,0008291	167,727099	0,27268559	-0,08094633	0,27331046	-0,00062487
137,029801	0,10669273	1,02867632	148,878188	4,26792069	144,610267	0,00163019	144,608637	0,39377688	0,3335232	0,39373595	4,0933E-05
152,255334	0,035532	1,06420833	142,933353	0,21522601	143,148579	0,0003501	143,148929	-0,17156722	0,11107362	-0,1715887	2,1487E-05
167,480868	-0,08327393	0,9809344	157,615023	0,89058281	158,505606	0,00130415	158,50691	-0,34875113	-0,26031566	-0,34904262	0,0002915
182,706401	-0,04020557	0,94072883	165,732707	0,26265325	165,470054	0,00012331	165,46993	0,09746065	-0,12568327	0,09767609	-0,00021544
197,931935	0,06547243	1,00620125	152,87756	2,67403663	150,203523	0,00105734	150,202466	0,31174041	0,20466787	0,31165964	8,0768E-05
213,157468	0,04376475	1,049966	145,263091	0,01057843	145,273669	2,1505E-05	145,273691	-0,03803378	0,13680932	-0,03804099	7,2178E-06

Résumé :

Dans ce mémoire, nous avons réalisé une étude technique pour l'approvisionnement en eau potable des POS U26 et U19 de la commune de Bouira, wilaya de Bouira. L'étude a commencé par une présentation du site d'études, ensuite on a procédé à un diagnostic physique pour le réseau, subséquemment une estimation des besoins en eau de la population à l'horizon de 2050, ce qui a permis de vérifier la capacité des ouvrages de stockage, suivi par un dimensionnement des conduites d'adduction du point de vue technico-économique. Ultérieurement on a procédé à la vérification de l'apparition du phénomène du coup de bélier qui est précédé par le choix de la pompe adéquate à l'aide de catalogue numérique du constructeur CAPRARI. Enfin, nous avons dimensionné le réseau de distribution du POS U19 en utilisant le logiciel WaterGEMS.

Mot clés : diagnostic, ouvrages de stockage, adduction, coup de bélier, pompe, distribution.

Abstract :

In this thesis, we carried out a technical study for the drinking water supply of POS U26 and U19 of the commune of Bouira, wilaya of Bouira. The study began with a presentation of the study site, then a physical diagnosis was carried out for the network, subsequently an estimation of the water needs of the population by 2050, which made it possible to verify the capacity of the storage facilities, followed by a sizing of the supply pipes from the technical and economic point of view. Subsequently, the occurrence of the water hammer phenomenon was verified, which is preceded by the choice of the appropriate pump using the digital catalog of the manufacturer CAPRARI. Finally, we sized the distribution network of POS U19 using the WaterGEMS software.

Keywords : diagnosis, storage facilities, water supply, water hammer, pump, distribution.

Agzul :

Deg tesleđt-a, nexdem yiwet n tezrawt tatiknulujit i uselkem n waman n tissit n POS U26 d U19 n tyiwant n Tubiret, wilaya n Tubiret. Tebda tezrawt-a s uskasi n umkan n tezrawt, sakkin, tella-d tmuyli n tfekka i uzedđda, sakkin, tella-d tmuyli n tyawsiwin n waman n yimezdayen arma d 2050, dya d aya ay yessawđen ad d-yili ussefqed n tezmert n ttawilat n uhezzeb, sakkin, yettwađmen-d uskasi n yizeđwan n ussiweđ seg yidis atikniki d tdamsa. Sakkin, yettwasqerdec uskasi n tmuyli n tmezdiyin n waman, d tin ay d-yellan uqbel-nnes s ufran n tmezdiyin iwatan s useqdec n ukatalug anumidi n umsefrak CAPRARI. Deg taggara, nessemres azeđđda n usnefli n POS U19 s useqdec n usmel WaterGEMS.

Awal agejdan : asenqed, tiybula n uhezzeb, asenqes, ayerrabu n waman, tazegwa, tafreqt.

ملخص :

في هذه المذكرة، قمنا بإجراء دراسة تقنية من أجل تزويد موقعي POS U26 و U19 بالمياه الصالحة للشرب في بلدية البويرة، ولاية البويرة. بدأت الدراسة بتقديم موقع الدراسة، ثم تم القيام بتشخيص ميداني للشبكة، تلاه تقدير للاحتياجات المائية للسكان بحلول عام 2050، مما سمح بالتحقق من قدرة منشآت التخزين. بعد ذلك، تم القيام بعملية تصميم لقنوات الجر من الناحية التقنية والاقتصادية. كما قمنا بالتحقق من احتمال حدوث ظاهرة المطرقة المائية، وذلك بعد اختيار المضخة المناسبة بالاعتماد على كتالوج المصنع الرقمي CAPRARI. وفي الأخير، تم تصميم شبكة التوزيع الخاصة بموقع POS U19 باستخدام البرنامج WaterGEMS.

كلمات مفتاحية : التشخيص، الخزان، الإمداد، المطرقة المائية، المضخة، التوزيع.