



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : CONCEPTION DES SYSTEMES D'ALIMENTATION EN EAU  
POTABLE**

**THEME :**

**ETUDE DU RESEAU D'ADDUCTION DE LA PARTIE OUEST  
D'ALGER A PARTIR DE LA FUTURE STATION DE  
DESSALEMENT D'EAU DE MER 'FOUKA2' (W. ALGER)**

**Présenté par :**

**HABBICHE Wissem**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
SALAH Boualem	Professeur	Président
ALI SEGHIR Djamel	MCA	Examineur
BENCHIHEB Nedjoua	MCB	Examineur
MOKRANE Wahiba	MCB	Promoteur

Session septembre 2024

## Remerciements

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail. En premier lieu, mes remerciements les plus sincères vont à mes parents pour leur soutien inconditionnel, leur amour infini et leurs encouragements constants, qui ont été ma plus grande source de motivation. Un hommage particulier à ma défunte grand-mère, dont la présence bienveillante et les encouragements m'ont toujours accompagnée.*

*Je remercie également ma petite sœur Asma, ainsi que ma cousine Sarah, pour leur soutien et leurs encouragements tout au long de ce parcours. À toute ma famille, je vous suis reconnaissante pour votre présence et votre soutien.*

*Je souhaite aussi adresser un remerciement particulier à mes amis Nesrine, Sonia, Anfel, Anis, Serine, Melaak, Yousra, Nour et tant d'autres pour leur amitié sincère, leur soutien moral indéfectible, et leurs précieux conseils. Vous avez été une source de réconfort et de motivation tout au long de cette aventure.*

*Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à mon encadrante, Madame MOKRANE, pour son expertise, ses conseils avisés et sa patience tout au long de ce travail. Votre encadrement a été déterminant pour l'avancement de ce mémoire, et je vous remercie de m'avoir guidée avec autant de bienveillance.*

*Enfin, je remercie chaleureusement les services de la SEAAL pour leur collaboration et leur soutien précieux, sans lesquels la réalisation de ce projet n'aurait pas été possible.*

## ملخص

يهدف هذا العمل إلى تلبية احتياجات في المياه الصالحة للشرب لسبع بلديات في الجهة الغربية من ولاية الجزائر من خلال نقل 200,000 م<sup>3</sup> يومياً من المياه المحلاة من محطة تحلية مياه البحر المستقبلية

"فوكه 2". ينقسم المشروع إلى مرحلتين من النقل: المرحلة الأولى تتضمن نقل المياه من موقع التحلية إلى المجمع الهيدروليكي "الساحل"، بينما تضمن المرحلة الثانية وصول المياه الصالحة للشرب من هذا المجمع إلى البلديات المستهدفة.

الهدف هو ضمان تزويد مستمر ومثالي بالمياه الصالحة للشرب ما يلبي احتياجات السكان المستفيدين .

**كلمات مفتاحية :** فوكه، محطة التحلية، إمداد بالمياه الصالحة للشرب، نقل

## Résumé

Notre travail consiste à couvrir les besoins en eau potable de sept communes de l'Ouest de la Wilaya d'Alger en transférant 200 000 m<sup>3</sup>/j d'eau dessalée depuis la future station de dessalement d'eau de mer « Fouka2 ». Le projet se décompose en deux phases de transfert: la première phase consiste à acheminer l'eau du site de dessalement vers le Complexe Hydraulique SAHEL, tandis que la seconde phase assure l'arrivée de l'eau potable depuis ce même complexe vers les communes ciblées. L'objectif est de garantir un approvisionnement, en eau potable, continue et optimale, répondant aux exigences des populations desservies.

**Mots clés :** Fouka , Station de dessalement , alimentation en eau potable , adduction

## Abstract

Our project aims at supplying potable water to seven localities in the western part of the Wilaya of Algiers by transferring 200 000 m<sup>3</sup>/day from the upcoming Fouka2 seawater desalination plant. The project is structured into two transfer phases : the first phase involves transporting water from the desalination plant to the Sahel Hydraulic Complex, while the second phase ensures the distribution of potable water from this complex to the targeted localities. The goal is to guarantee a continuous and optimal supply of potable water that meets the needs of the served populations.

**Keywords :** Fouka, desalination plant, potable water supply, water conveyance

# TABLE DES MATIERES

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>I. Chapitre I : Présentation de la zone d'étude</b> .....	<b>2</b>
Introduction .....	3
I.1. Situation géographique : .....	3
I.2. Situation climatologique : .....	4
I.2.1. Climat : .....	4
I.2.2. Températures : .....	4
I.2.3. Pluviométrie : .....	4
I.3. Situation Géologique et Hydrogéologique .....	5
I.3.1. Situation Géologique : .....	5
I.3.2. Sismicité : .....	6
I.3.3. Aperçu Hydrogéologique [1]: .....	6
I.4. Topographie et relief : .....	7
I.5. Réseau hydrographique [1]: .....	7
I.6. Situation démographique : .....	8
I.7. Situation hydraulique actuelle : .....	9
I.8. Description de l'ancienne station de dessalement de Fouka : .....	11
I.8.1. Les différentes installations de l'usine de dessalement Fouka : .....	11
I.8.2. Qualité des eaux dessalées de la station de dessalement Fouka : .....	11
I.9. Description de la nouvelle station de dessalement FOUKA 2 .....	13
I.9.1. Les différentes installations de l'usine de dessalement FOUKA 2: .....	13
I.9.2. Principe de l'osmose inverse : .....	13
I.9.3. Avantages de l'osmose inverse : .....	14
I.9.4. Inconvénients de l'osmose inverse : .....	15
Conclusion : .....	15
<b>II. Chapitre II : Estimation des besoins en Eau</b> .....	<b>16</b>
Introduction .....	17
II.1. Estimation de la population à l'horizon d'étude : .....	17
II.2. Estimation des besoins : .....	19

II.2.1.	Estimation de la consommation moyenne journalière : .....	19
II.2.2.	Estimation de la consommation maximale et minimale journalière : .....	21
II.3.	Estimation de la consommation horaire : .....	22
	Conclusion .....	26
<b>III.</b>	<b>Chapitre III : Etude du stockage .....</b>	<b>27</b>
	Introduction : .....	28
III.1.	Définition d'un réservoir : .....	28
III.2.	Les rôles des réservoirs : [4] .....	28
III.3.	Classification des réservoirs : [6] .....	29
III.4.	Equipements des réservoirs [4]: .....	30
III.5.	Choix du type de réservoir [6]: .....	32
III.6.	Capacité des réservoirs : [4] .....	32
III.6.1.	Méthode graphique : .....	32
III.6.2.	Méthode analytique : .....	33
III.6.3.	Dimensionnement du réservoir de stockage d'eau traité du complexe SAHEL : 33	
III.6.4.	Détermination de la capacité des réservoirs d'alimentation : .....	36
III.6.5.	Dimensionnement des réservoirs d'alimentation projetés : .....	44
	Conclusion : .....	45
<b>IV.</b>	<b>Chapitre IV : Etude de l'adduction .....</b>	<b>46</b>
	Introduction .....	47
IV.1.	Choix du tracé : .....	47
IV.1.1.	Présentation des variantes du tracé : Tronçon SDEM Fouka 2 - Complexe SAHEL	47
IV.1.2.	Variante retenue : .....	48
IV.2.	Choix du matériau de canalisations .....	49
IV.3.	Types d'adductions : .....	50
IV.4.	Calculs Hydrauliques : .....	51
IV.4.1.	Dimensionnement des conduites de refoulement : .....	51
IV.4.2.	Dimensionnement des conduites gravitaire : .....	63
IV.4.3.	Simulation par logiciel EPANET : .....	65
	Conclusion .....	67
<b>V.</b>	<b>Chapitre V : Etude du Pompage .....</b>	<b>68</b>
	Introduction : .....	69
V.1.	Définition des pompes : .....	69
V.2.	Choix de l'emplacement de la station de pompage : .....	69

V.3.	Modes de couplages des pompes : .....	69
V.4.	Choix du nombre et type de pompes :.....	70
V.4.1.	Critères de choix du nombre et type de pompes .....	70
V.4.2.	Refoulement SP SDEM Fouka 2 – Complexe Sahel : .....	70
V.4.3.	Refoulement SP-SAHEL vers le système aval.....	73
V.5.	Etude du point de fonctionnement de la pompe :.....	75
V.5.1.	Les modes de réglage [8] : .....	75
V.5.2.	Etude du point de fonctionnement : Refoulement SP SDEM- Complexe Sahel 80	
V.5.3.	Etude du point de fonctionnement : Refoulement SP SAHEL – Adduction Aval 83	
V.6.	Etude de la cavitation : .....	86
V.6.1.	Refoulement SP SDEM – Complexe Sahel : .....	89
V.6.2.	Refoulement SP SAHEL – Rv Ouled Fayet :.....	90
V.7.	Choix du moteur électrique :.....	91
V.7.1.	Critères du choix d moteur électrique : .....	91
V.7.2.	La vitesse de rotation du moteur : .....	91
V.7.3.	La puissance fournie par le moteur : .....	91
V.8.	Calcul du volume de la bache d’aspiration : .....	92
V.9.	Dimensionnement du bâtiment de la station de pompage :.....	93
V.9.1.	Choix du type de bâtiment : .....	93
V.9.2.	Hauteur du bâtiment : .....	94
V.9.3.	Longueur du Bâtiment :.....	94
V.9.4.	Largeur du bâtiment : .....	94
	Conclusion :.....	96
<b>VI.</b>	<b>Chapitre VI : Protection et pose des canalisations.....</b>	<b>97</b>
	Introduction .....	98
VI.1.	Protection des conduites contre le coup de bélier : .....	98
VI.1.1.	Définition : .....	98
VI.1.2.	Causes du coup de bélier :.....	98
VI.1.3.	Les risques liés aux coups de bélier : .....	98
VI.1.4.	Dispositifs de protection contre les coups de bélier :.....	98
VI.1.5.	Calcul des réservoirs d’air .....	100
VI.2.	Protection des conduites contre la corrosion :.....	105
VI.2.1.	La Corrosion externe :.....	105
VI.2.2.	La corrosion interne : .....	105

VI.2.3.	Conséquences sur les conduites d'eau potable [10] :.....	105
VI.2.4.	Mesures de prévention contre la corrosion.....	106
VI.3.	Les équipements de la conduite d'adduction [7]:.....	108
VI.3.1.	Les robinets vannes :.....	108
VI.3.2.	Les clapets anti-retours : .....	110
VI.3.3.	Les ventouses : .....	111
VI.3.4.	Les régulateurs de pression : .....	111
VI.4.	Pose des canalisations : .....	112
VI.4.1.	Pose de canalisations dans un terrain ordinaire :.....	112
VI.4.2.	Pose de canalisations dans un terrain peu consistant : .....	112
VI.4.3.	Pose de canalisations dans un terrain marécageux :.....	112
VI.4.4.	Pose de canalisation en galerie :.....	113
VI.4.5.	Cas de traversée d'une rivière / Oued : .....	113
VI.4.6.	Pose de canalisation sans ouverture de tranchée :.....	113
VI.4.7.	Pose en pente :.....	114
VI.4.8.	Stabilisation des conduites : .....	115
	Conclusion.....	117
<b>VII.</b>	<b>Chapitre VII : Planification et organisation de chantier.....</b>	<b>118</b>
	Introduction .....	119
VII.1.	Organisation de chantier [12]:.....	119
VII.1.1.	Réalisation de l'implantation : .....	119
VII.1.2.	Les terrassements : .....	120
VII.1.3.	Paramètres d'organisation des travaux :.....	120
VII.1.4.	Matériel de terrassement et de transport .....	120
VII.1.5.	Matériel d'appui ou divers .....	121
VII.2.	La planification des travaux : .....	122
VII.2.1.	Définition : .....	122
VII.2.2.	Etapas de la planification : .....	122
VII.2.3.	Les techniques de planification [13]: .....	122
VII.3.	Travaux d'adduction :.....	123
VII.3.1.	Calcul des volumes des travaux d'adduction .....	126
VII.3.2.	Estimation du cout total des travaux d'adduction .....	127
VII.3.3.	Calcul du temps de réalisation des tranchées :.....	128
VII.3.4.	Planification des travaux d'adduction :.....	129
VII.4.	Travaux des réservoirs :.....	131

VII.4.1. Réservoir de stockage rectangulaire :.....	131
VII.4.2. Travaux des réservoirs d'alimentation circulaire :.....	131
VII.4.3. Planification des travaux pour les réservoirs d'alimentation :.....	134
VII.5. Travaux des stations de pompage :.....	135
VII.5.1. Travaux de terrassement :.....	135
VII.5.2. Maçonnerie.....	136
VII.5.3. Travaux de la bache d'aspiration pour SP SDEM Fouka2 :.....	137
VII.5.4. Planification des travaux des station de pompage :.....	140
Conclusion :.....	141
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>142</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>145</b>

## Liste des Tableaux

<b>Tableau N° I-1</b> : Températures moyennes mensuelles de la wilaya d'Alger .....	4
<b>Tableau N° I-2</b> : Moyennes mensuelles et total annuel des précipitations en mm (2012 - 2022.).....	5
<b>Tableau N° I-3</b> : Evolution démographique de la zone d'étude.....	8
<b>Tableau N° I-4</b> : Résultats d'analyses de l'eau dessalée par l'usine de dessalement Fouka ...	12
<b>Tableau N° II-1</b> : Evolution de la population dans les communes de la zone d'études.....	18
<b>Tableau N° II-2</b> : Projection de la population à l'horizon d'étude des communes intégrant la nouvelle ville de Sidi Abdellah (VNSA).....	18
<b>Tableau N° II-3</b> : Besoins journaliers moyens en eau potable.....	20
<b>Tableau N° II-4</b> : Tableau récapitulatif des consommations journalières .....	21
<b>Tableau N° II-5</b> : Bilan ressource / Besoin .....	22
<b>Tableau N° III-1</b> : Détermination de la capacité du réservoir de stockage d'eau traité .....	34
<b>Tableau N° III-2</b> : Inventaire des réservoirs d'alimentations existants(Source : SEAAL) ...	36
<b>Tableau N° III-3</b> : Détermination de la capacité du réservoir de Mahelma.....	37
<b>Tableau N° III-4</b> : Détermination de la capacité du réservoir de Sidi Abdellah.....	38
<b>Tableau N° III-5</b> : Détermination de la capacité du réservoir de Rahmania .....	39
<b>Tableau N° III-6</b> : Détermination de la capacité du réservoir de Souidania.....	40
<b>Tableau N° III-7</b> : Détermination de la capacité du réservoir de Baba Hassen.....	41
<b>Tableau N° III-8</b> : Détermination de la capacité du réservoir de Ouled Fayet.....	42
<b>Tableau N° III-9</b> : Détermination de la capacité du réservoir de Douera.....	43
<b>Tableau N° III-10</b> : Récapitulatif des dimensions des réservoirs projetés.....	45
<b>Tableau N° IV-1</b> : Coefficient M selon le type de matériau.....	53
<b>Tableau N° IV-2</b> : Valeurs des coefficients $\alpha$ , $m$ et $\beta$ selon le matériau .....	53
<b>Tableau N° IV-3</b> : Calcul de la HMT du tronçon :.....	57
<b>Tableau N° IV-4</b> : Calcul des frais d'exploitation :.....	58
<b>Tableau N° IV-5</b> : Calcul des frais d'investissement : .....	59
<b>Tableau N° IV-6</b> : Bilan des frais .....	60
<b>Tableau N° IV-7</b> : Diamètres des différents tronçons de refoulement .....	61
<b>Tableau N° IV-8</b> : Calcul des pertes de charge des tronçons de refoulement .....	62
<b>Tableau N° IV-9</b> : Coefficients $K'$ , $m$ , $\beta$ des différents matériaux.....	63
<b>Tableau N° IV-10</b> : Calcul de la charge disponible.....	64
<b>Tableau N° IV-11</b> : Calcul du diamètre avantageux.....	64
<b>Tableau N° IV-12</b> : Etat des nœuds du réseau d'adduction .....	65
<b>Tableau N° IV-13</b> : Etat des arcs du réseau d'adduction .....	66
<b>Tableau N° V-1</b> : Caractéristiques selon le nombre de pompe.....	71
<b>Tableau N° V-2</b> : Caractéristiques selon le nombre de pompe : .....	73
<b>Tableau N° V-3</b> : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement SP SDEM - Complexe Sahel.....	81
<b>Tableau N° V-4</b> : Calcul du coefficient de résistance des différents tronçons de la conduite de refoulement.....	83

<b>Tableau N° V-5 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement SP SAHEL - RV</b>	
Ouled Fayet .....	84
<b>Tableau N° V-6 : Caractéristiques des moteurs électriques .....</b>	92
<b>Tableau N° V-7 : Dimensions de la bache d'aspiration de SP SDEM Fouka2.....</b>	93
<b>Tableau N° V-8 : Dimensions des stations de pompes projetées.....</b>	96
<b>Tableau N° VI-1 : Caractéristiques des tronçons de refoulement.....</b>	102
<b>Tableau N° VI-2 : Calcul de la célérité d'onde dans les différents tronçons de refoulement</b>	
.....	102
<b>Tableau N° VI-3 : Résultats du calcul du coup de bélier .....</b>	103
<b>Tableau N° VI-4 : Profil en long de la conduite de refoulement .....</b>	103
<b>Tableau N° VII-1 : Volumes des travaux d'adduction.....</b>	126
<b>Tableau N° VII-2 : Devis quantitatif et estimatif des travaux d'adduction.....</b>	127
<b>Tableau N° VII-3 : Capacité du godet de la pelle mécanique.....</b>	128
<b>Tableau N° VII-4 : Coefficient de foisonnement pour différents types de sols.....</b>	128
<b>Tableau N° VII-5 : Temps de réalisations des travaux d'adduction.....</b>	129
<b>Tableau N° VII-6 : Planification des opérations des travaux d'adduction .....</b>	130
<b>Tableau N° VII-7 : Volumes des travaux des réservoirs d'alimentation .....</b>	133
<b>Tableau N° VII-8 : Devis quantitatif et estimatif des travaux des réservoirs .....</b>	133
<b>Tableau N° VII-9 : Temps de réalisation des travaux d'un réservoir .....</b>	134
<b>Tableau N° VII-10 : Planification des travaux d'un réservoir.....</b>	134
<b>Tableau N° VII-11 : Dimensions des stations de pompes.....</b>	135
<b>Tableau N° VII-12 : Devis quantitatif et estimatif des travaux de la bache d'aspiration.....</b>	137
<b>Tableau N° VII-13 : Devis quantitatif et estimatif des travaux pour la station de pompage de la SDEM Fouka2 :.....</b>	138
<b>Tableau N° VII-14 : Devis quantitatif et estimatif des travaux pour la station de pompage SAHEL .....</b>	139
<b>Tableau N° VII-15 : Temps de réalisation des travaux des stations de pompes .....</b>	140
<b>Tableau N° VII-16 : Planification des travaux de station de pompage.....</b>	140

## Liste des figures :

<b>Figure I-1</b> : Situation géographique de la zone d'étude.....	3
<b>Figure I-2</b> : Carte géologique de la zone d'étude.....	6
<b>Figure I-3</b> : Extrait de la carte de classification sismique de l'Algérie (CGS, 2003).....	6
<b>Figure I-4</b> : Topographie et reliefs de la zone d'étude (Logiciel Global Mapper).....	7
<b>Figure I-5</b> Réseau hydrographique de la zone d'étude [14].....	8
<b>Figure I-6</b> : Schéma des différentes installations dans la station de dessalement FOUKA 2 en cours de réalisation (source : CTH).....	13
<b>Figure I-7</b> : Représentation du procédé d'osmose inverse [3].....	14
<b>Figure II-1</b> : Graphique de consommation de la commune de Mahelma .....	23
<b>Figure II-2</b> : Graphique de consommation de la commune de Sidi Abdellah.....	23
<b>Figure II-3</b> : Graphique de consommation de la commune de Douera.....	24
<b>Figure II-4</b> : Graphique de consommation de la commune de Rahmania .....	24
<b>Figure II-5</b> : Graphique de consommation de la commune de Souidania .....	25
<b>Figure II-6</b> : Graphique de consommation de la commune de Baba Hassen.....	25
<b>Figure II-7</b> : Graphique de consommation de la commune de Ouled Fayet.....	26
<b>Figure III-1</b> : Schéma d'un système à contre réservoir [5] .....	28
<b>Figure III-2</b> : Réservoirs brise charge [5] .....	29
<b>Figure III-3</b> : Réservoir tampon [5] .....	29
<b>Figure III-4</b> : Illustration des équipements d'un réservoir [15].....	31
<b>Figure III-5</b> : Courbe de consommation [4].....	32
<b>Figure IV-1</b> : Variantes du tronçon SDEM Fouka 2-Complexe Sahel .....	48
<b>Figure IV-2</b> : Schéma d'une adduction gravitaire [7].....	50
<b>Figure IV-3</b> : Schéma d'une adduction par refoulement [17].....	50
<b>Figure IV-4</b> : Schéma d'adductions mixtes [19].....	51
<b>Figure IV-5</b> : Bilan des frais.....	60
<b>Figure IV-6</b> : Résultats de la simulation EPANET .....	65
<b>Figure V-1</b> : Pompe horizontale de type KSB CPKN .....	71
<b>Figure V-2</b> : Courbes caractéristiques de la pompe de SP SDEM Fouka2.....	72
<b>Figure V-3</b> : Courbes caractéristiques de la pompe de SP SAHEL.....	74
<b>Figure V-4</b> : Réglage du point de fonctionnement par rognage [8].....	76
<b>Figure V-5</b> : Réglage du point de fonctionnement par réduction de la vitesse [8].....	78
<b>Figure V-6</b> : Réglage du point de fonctionnement par augmentation de la vitesse [8] .....	78
<b>Figure V-7</b> : Réglage du point de fonctionnement par vannage [8] .....	79
<b>Figure V-8</b> : Point de fonctionnement de la pompe SP SDEM .....	81
<b>Figure V-9</b> : Adaptation du point de fonctionnement de la pompe SP SDEM.....	82
<b>Figure V-10</b> : Point de fonctionnement de la pompe SP SAHEL.....	84
<b>Figure V-11</b> : Adaptation du point de fonctionnement de la pompe SP Sahel .....	85
<b>Figure V-12</b> : Corrosion et érosion de roues de pompes centrifuges par cavitation [9].....	86
<b>Figure VI-1</b> : Réservoir anti-bélier [20] .....	99
<b>Figure VI-2</b> : Profil en long de la conduite de refoulement .....	104
<b>Figure VI-3</b> : Effets de la corrosion sur les conduites métalliques .....	106
<b>Figure VI-4</b> : Revêtement d'une conduite en fonte ductile [18].....	107
<b>Figure VI-5</b> : Protection cathodique [16] .....	108

<b>Figure VI-6</b> : Robinet vanne à opercule (PAM 2024).....	109
<b>Figure VI-7</b> : Robinet vanne papillons (PAM 2024).....	109
<b>Figure VI-8</b> : Schéma explicatif d'un clapet de non-retour [7].....	110
<b>Figure VI-9</b> : Ventouse (PAM 2024) .....	111
<b>Figure VI-10</b> : Pose de canalisation sur un terrain ordinaire (Catalogue technique, groupe CHIALI) .....	112
<b>Figure VI-11</b> : Pose en pente [7] .....	114
<b>Figure VI-12</b> : Conduite munie d'un coude [11] .....	115
<b>Figure VI-13</b> : Cas d'un Té [11] .....	116
<b>Figure VI-14</b> : Conduite munie d'un cône [11] .....	116
<b>Figure VII-1</b> : Fouille pour pose de canalisation [7].....	124
<b>Figure VII-2</b> : Réseau à nœud des travaux d'adduction .....	130
<b>Figure VII-3</b> : Réseau à nœud des réservoirs.....	134
<b>Figure VII-4</b> : Réseau à nœud des travaux de la station de pompage.....	141

## Les annexes :

ANNEXE N° 1 : Régime de consommation des agglomérations .....	146
ANNEXE N° 2 : Consommation horaire de la commune de Mahelma.....	147
ANNEXE N° 3 : Consommation horaire de la localité de Sidi Abdellah .....	148
ANNEXE N° 4 : Consommation horaire de la commune de Douera .....	149
ANNEXE N° 5 : Consommation horaire de la commune de Rahmania.....	150
ANNEXE N° 6 : Consommation horaire de la commune de Souidania.....	151
ANNEXE N° 7 : Consommation horaire de la commune de Baba Hassen .....	152
ANNEXE N° 8 : Consommation horaire de la commune de Ouled Fayet .....	153
ANNEXE N° 9 : Gamme de conduites en fonte ductile Pam Saint-Gobain.....	154
ANNEXE N° 10 : Prix des conduites en fonte ductile PAM SAINT-GOBAIN .....	155
ANNEXE N° 11 : Plan d'encombrement de pompe de type KSB CPKN.....	156
ANNEXE N° 12 : Dimensions de pompes KSB de type CPKN .....	156
ANNEXE N° 13 : Abaque de Puech et Meunier (K=0,1 ; A=1).....	157
ANNEXE N° 14 : Plan d'encombrement du réservoir anti-bélier de type CHARLATTE.....	158
ANNEXE N° 15 : Plan d'encombrement du moteur de type CANTONI .....	159
ANNEXE N° 16 : Plan d'encombrement du moteur SIMOTICS HV M 1RA6, 1RA7.....	160

## **Liste des planches :**

Planche N°01 : Plan de situation de l'adduction

Planche N°02 : Profil en long de l'adduction

Planche N°03 : Plan de la station de pompage

Planche N°04 : Plan du réservoir

# Introduction générale

## Introduction générale

L'eau est une ressource vitale et indispensable au développement économique et à la qualité de vie des populations. En Algérie, cette ressource, déjà précieuse, est confrontée à des défis majeurs en raison de facteurs climatiques et démographiques. Le pays fait face à un stress hydrique croissant, caractérisé par une pression accrue sur les ressources en eau disponibles, un déséquilibre entre les besoins croissants de la population et la disponibilité limitée des ressources en eau douce.

Pour remédier à cette situation, les autorités algériennes ont adopté une série de mesures stratégiques, notamment l'extension des capacités de dessalement de l'eau de mer. Le projet de la station de dessalement « Fouka 2 » qui aura une capacité de production de 300 000 m<sup>3</sup>/j, est un exemple clé de cette stratégie. Cette station conçue pour desservir les wilayas d'Alger et de Blida, représente une avancée significative dans la diversification des sources d'eau potable afin de répondre aux besoins croissants de ces régions.

Dans ce contexte, notre projet se concentre sur l'approvisionnement en eau de sept communes situées dans l'ouest de la Wilaya d'Alger. Nous visons à distribuer 200 000 m<sup>3</sup>/j d'eau potable depuis la future station de dessalement « Fouka 2 » à ces communes. Ce projet a pour objectif d'assurer un transport efficace et durable de l'eau, en réponse aux besoins croissants des populations locales. Le mémoire est structuré en plusieurs chapitres détaillant les différents aspects du projet :

**Présentation de la zone d'étude** : Ce chapitre décrit le contexte géographique, démographique et hydrique des communes ciblées dans l'ouest de la Wilaya d'Alger.

**Détermination des besoins en eau potable** : Ce chapitre analyse les besoins en eau des communes en tenant compte des facteurs de croissance démographique et des exigences en matière de consommation d'eau.

**Étude du stockage** : Ce chapitre évalue les besoins en infrastructures de stockage nécessaires pour garantir une distribution continue et fiable de l'eau.

**Étude et dimensionnement de l'adduction** : Ce chapitre aborde la conception et le dimensionnement des conduites pour le transport de l'eau depuis la station de dessalement jusqu'aux communes.

**Étude du pompage** : Ce chapitre examine les besoins en équipements de pompage pour assurer un transfert efficace de l'eau à travers le réseau.

**Étude de la protection et pose des conduites** : Ce chapitre analyse les mesures nécessaires pour protéger les conduites contre les risques de défaillance et garantir leur durabilité.

**Organisation et planification des travaux** : Ce chapitre propose une planification détaillée des travaux, incluant l'organisation des chantiers et la gestion des ressources nécessaires à la réalisation du projet.

## **Chapitre I : Présentation de la zone d'étude**

## Introduction

Le présent chapitre vise à présenter la zone d'étude sous divers aspects : géographique, topographique, climatique, démographique et hydraulique. Cette démarche constitue une étape essentielle pour la réalisation de tout projet notamment notre projet d'alimentation en eau potable pour la partie ouest de la wilaya d'Alger à partir de la nouvelle station de dessalement d'eau de mer FOUKA 2.

### I.1. Situation géographique :

La zone d'étude s'étale sur une superficie d'environ 90 km<sup>2</sup>. Elle est située au centre de l'Algérie, au nord du pays et se trouve dans la partie ouest de la capitale, Alger. Celle-ci est limitée par la wilaya de Tipaza à l'ouest, la wilaya de Boumerdes à l'est, la wilaya de Blida au sud, et la mer Méditerranée au nord. La zone étudiée s'étend depuis la future station de dessalement d'eau de mer « FOUKA 2 » située dans la commune de Fouka à environ 11 Km de la commune de Zeralda, à l'est de la wilaya de Tipaza. Elle inclut également les communes de : MAHELMA, RAHMANIA, SOUIDANIA, BABA HASSEN, DOUERA, OULED FAYET et la ville nouvelle SIDI ABDELLAH (VNSA).

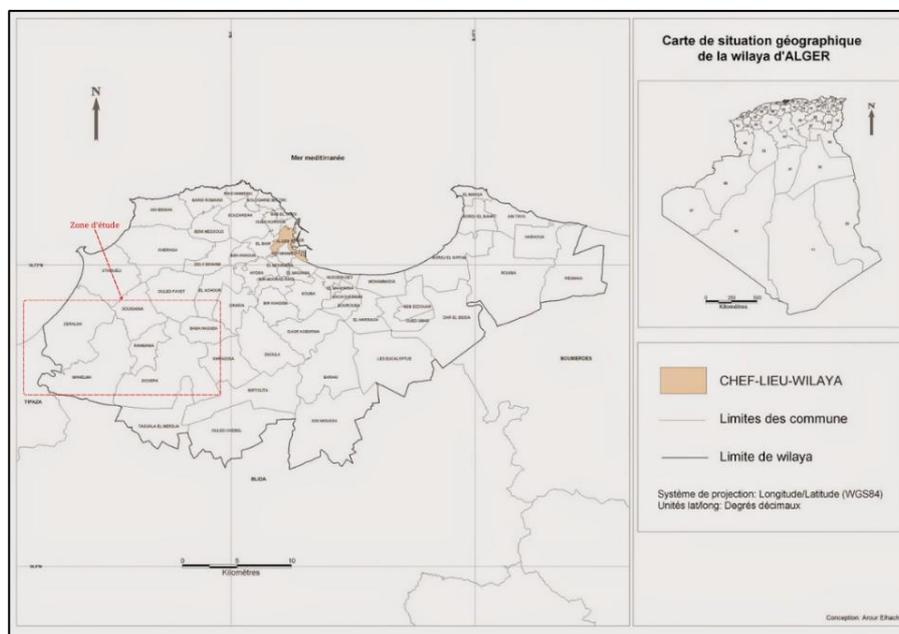


Figure I-1 : Situation géographique de la zone d'étude (Source : [decoupageadministratifalgerie.blogspot.com](http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com))

## I.2. Situation climatologique :

### I.2.1. Climat :

La région d'Alger-ouest bénéficie d'un climat méditerranéen tempéré, caractérisé par des étés longs et chauds avec des hivers doux et humides.

### I.2.2. Températures :

Les températures atteignent leur maximum de la mi-juillet à la mi-août, avec une valeur maximale de 32,6 °C observée au mois d'août et une valeur minimale de 11,8 °C observée au mois de février. Les données détaillées sont présentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau N° I-1 : Températures moyennes mensuelles de la wilaya d'Alger**

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
<b>Tmoy (°c)</b>	14,2	13,7	17,1	18,7	19,5	23,4	29,9	27,0	25,6	23,8	19,6	16,4	20,7
<b>Tmoy max (°c)</b>	16,6	15,7	19,8	21,2	21,2	25,4	32,6	29,2	27,5	26,0	22,2	18,7	23,0
<b>T moy min (°c)</b>	11,9	11,8	14,4	16,2	17,8	21,5	27,0	24,8	23,6	21,6	17,0	14,2	18,5

(Source : [www.infoclimat.fr](http://www.infoclimat.fr) )

### I.2.3. Pluviométrie :

Les saisons les plus pluvieuses sont l'automne et l'hiver, représentant ensemble environ 66% des précipitations annuelles. Pendant ces saisons, les précipitations sont plus abondantes et régulières. En revanche, le printemps et l'été présentent des niveaux de précipitations plus faibles, avec seulement 34% des précipitations annuelles. Les mois d'été enregistrent les précipitations les plus basses, avec une moyenne de seulement 9,1 mm sur la période de juin à août. Les précipitations annuelles moyennes s'élèvent à 541,9 mm, sur une période de dix années.

Les moyennes mensuelles et le total annuel des précipitations en millimètres (mm) sont donnés dans le tableau suivant :

- Secteur Kolea :

Code station : 021233

Nom station : KOLEA SECTEUR

Coordonnées de la station :

X : 653.3

Y : 382.9

Z : 825

**Tableau N° I-2 : Moyennes mensuelles et total annuel des précipitations en mm (2012 -2022.)**

	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Annuel
<b>PJ [mm]</b>	21,4	43,1	100,2	64,0	89,9	50,1	58,9	44,9	48,0	18,7	0,2	2,3	541,9
<b>%</b>	3,9	8,0	18,5	11,8	16,6	9,2	10,9	8,3	8,9	3,5	0,0	0,4	100,0

(Source : ANRH)

### I.3. Situation Géologique et Hydrogéologique

#### I.3.1. Situation Géologique :

La région d'étude fait partie d'un ensemble qui comprend une grande partie des collines tertiaires du Sahel et presque toute la région centrale de la plaine de la Mitidja. Le Sahel est partagé par la coupure du Mazafran en deux tronçons : le Sahel d'Alger à l'Est et le Sahel de Koléa à l'Ouest. Le Sahel de Koléa est un Bourrelet plus régulier, qui prolonge l'axe nord du Sahel d'Alger, avec une orientation parallèle au rivage. Au Nord, c'est un plateau incliné terminé par une corniche qui domine de 100 à 120 mètres le rivage distant en moyenne de 1Km. Les roches siliceuses, sables et grés, règnent presque exclusivement sur le plateau. Les marnes et calcaires dominant sur le versant de la plaine. Selon l'extrait de la carte géologique de la région le site d'étude et ses alentours sont constitués de terrains sédimentaires (Source: CTH) :

**Pléistocène** : composé des alluvions qui sont formées d'accumulation de gravier et de grés, ainsi que des faciès sous-jacents de grés de sable dunaire qui sont représentés par des bancs horizontaux de grés grossiers, mélangés à une argile.

**Astien** : Constitué essentiellement de grés et de sable.

**Plainsancien** : Constitué principalement par le substratum marneux.

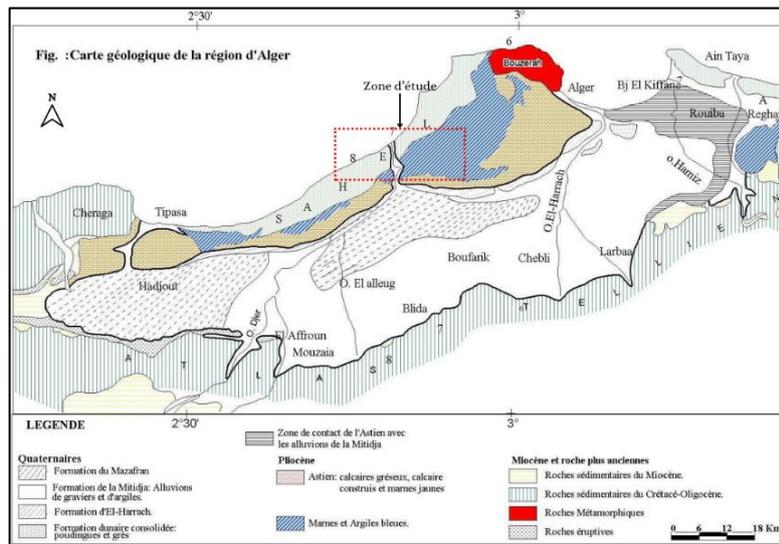


Figure I-2 : Carte géologique de la zone d'étude (Source : Carte géologique d'Alger Nord 1/500.000 dressée par M M. CORNET A. et Al , 1952)

### I.3.2. Sismicité :

Le Centre de Recherche Appliquée en Génie Parasismique (CGS) a établi en 2003 une nouvelle carte de zonage sismique. Selon cette dernière, les wilayas d'Alger et de Tipaza appartiennent à la zone III de forte sismicité.

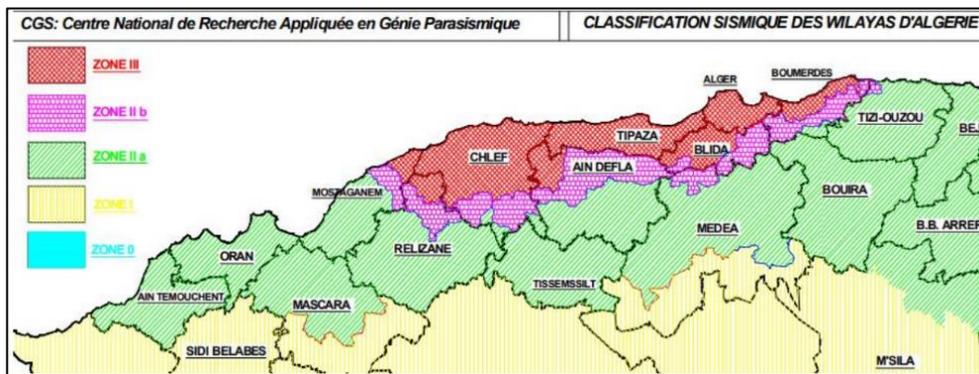


Figure I-3 : Extrait de la carte de classification sismique de l'Algérie (CGS, 2003)

### I.3.3. Aperçu Hydrogéologique [1]:

Au vu de la nature du sol essentiellement alluvionnaire, l'infiltration des eaux pluviales est favorisée, provoquant ainsi des circulations de ces eaux au sein de la formation alluvionnaire. Les formes alluvionnaires du quaternaire et les grès de l'Astien constituent deux nappes représentant le système aquifère de la Mitidja :

- Aquifère alluvial : dont l'épaisseur de la nappe varie en moyenne de 150 m (région El Harrach) à 100 m (Région de Mazafran)

- Aquifère de l'Astien : Il déborde largement sous l'aquifère sous-jacent en affleurant sur le bourrelet du SAHEL et s'étend sur la majeure partie du bassin algérois. L'épaisseur moyenne de l'aquifère est comprise entre 100 et 300 m.

#### I.4. Topographie et relief :

La région est caractérisée par un relief diversifié, englobant le Sahel Algérois et la plaine de la Mitidja. Les altitudes de la zone étudiée varient du point le plus bas qui avoisine le niveau de la mer vers une altitude d'environ 200 m.

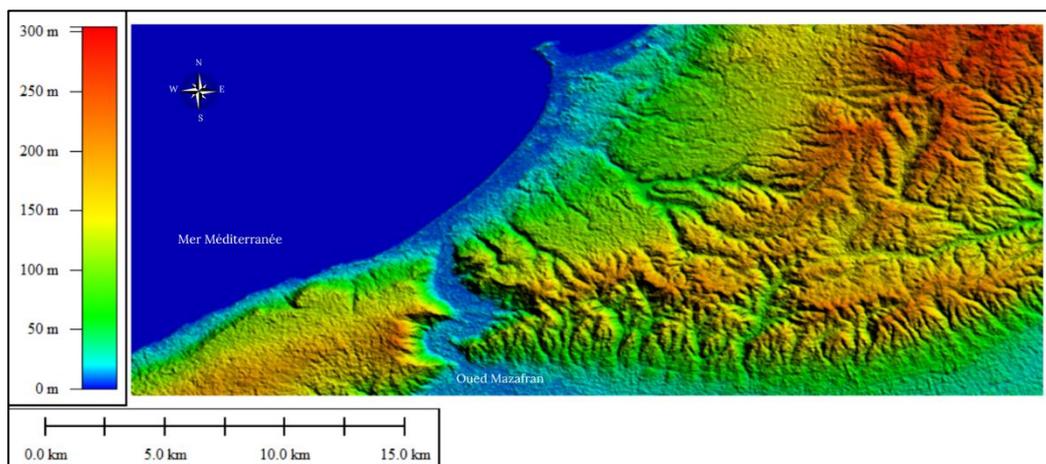


Figure I-4 : Topographie et reliefs de la zone d'étude (Logiciel Global Mapper)

#### I.5. Réseau hydrographique [1]:

La zone étudiée appartient à la région hydrographique de l'Algérois qui est essentiellement alimentée par l'une des plus grandes plaines du Nord d'Algérie ; la plaine de la Mitidja. Celle-ci est répartie entre les wilayas d'Alger, de Blida, de Tipasa et de Boumerdes et s'étend sur une superficie de 1450 Km<sup>2</sup>.

La plaine de la Mitidja est traversée par plusieurs Oueds qui s'écoulent vers le nord dont :

- Oued Djer
- Oued Bouroumi
- Oued Chiffa

Ces trois oueds forment en aval de la plaine, l'Oued Mazafran qui se déverse vers dans la mer Méditerranée.

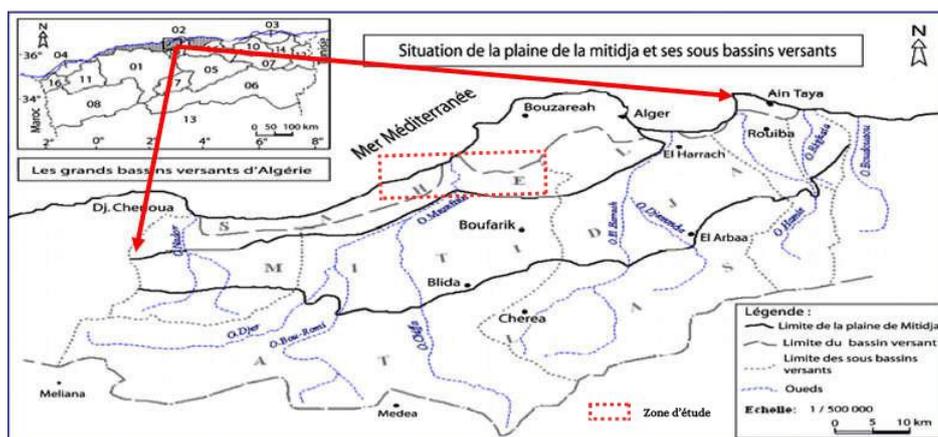


Figure I-5 Réseau hydrographique de la zone d'étude [14]

### I.6. Situation démographique :

Le complexe Sahel qui sera alimenté à partir de la nouvelle station de dessalement FOUKA 2, desservira en eau potable les habitants des communes constituant le lien entre la chaîne côtière et la chaîne des hauteurs de la wilaya d'Alger. Les communes desservies sont les suivantes : Mahelma, Rahmania, Ouled Fayet, Baba Hassen, Souidania, Douera et La ville nouvelle SIDI ABDELLAH (VNSA).

**NB :** La nouvelle ville Sidi Abdellah (VNSA) est répartie sur les communes suivantes :

Commune de Zeralda, commune de Mahelma ainsi que la commune de Rahmania.

Les services de la SEAAL ont établi une analyse démographique de la wilaya d'Alger à la suite de l'intégration des programmes de logements dans la wilaya en 2009.

Cette analyse a permis d'évaluer les taux d'accroissement liés à ces programmes de logement dans la zone d'étude et d'estimer la population à l'horizon future de la nouvelle ville de Sidi Abdellah et sa répartition sur les différentes communes.

Tableau N° I-3 : Evolution démographique de la zone d'étude

Communes-localités	Population en 2009 (Habitants)	Taux t'accroissement (%)
Douera	58 793	1,5
Ouled Fayet	29 287	2,5
Baba Hassen	25 077	1,5
Souidania	17 779	2,5
Mahelma	21 471	(+VNSA)
Rahmania	7 583	(+VNSA)

(Source : SEAAL)

## **I.7. Situation hydraulique actuelle :**

Les ressources en eau qui permettent l'alimentation en eau potable de la zone ouest d'ALGER, peuvent être citées, comme suit (source : SEAAL) :

### **A/ Station de traitement et centre de production SAA :**

Selon les services d'exploitation de la SEAAL, la capacité nominale de production de la station SAA est de 130 000 m<sup>3</sup>/j, mais ne peut atteindre pratiquement que 100 000 m<sup>3</sup>/j. Selon certaines conditions en amont, le centre de production SAA diminue la production pour n'atteindre que 40 000 m<sup>3</sup>/j.

### **B/ Le complexe SAHEL :**

Le complexe comprend :

- Deux réservoirs (2x30 000 m<sup>3</sup>) qui sont en service et sont alimentés actuellement par les eaux provenant de la station de dessalement Fouka Marine et le complexe SP3.
- Un réservoir de 5 000 m<sup>3</sup> en service, alimenté lui par la conduite de refoulement DN 900 mm à partir de SP3.

Le complexe du SAHEL assure actuellement l'alimentation en eau potable de la chaîne côtière (communes de : ZERALDA, STAOUALI et AIN BENIAN) et assurera dans un proche avenir la connexion entre les chaînes côtières et des hauteurs (communes de : MAHELMA, SIDI ABDELLAH, RAHMANIA, SOUIDANIA, BABA HASSEN, OULED FAYET, DOUERA), à partir des eaux provenant de la nouvelle station de dessalement FOUKA 2.

### **C/ Le centre de production SP3 :**

Le complexe SP3 est situé dans la commune de MAHELMA, à la cote de 60 m NGA. Il est alimenté par les champs de captage du MAZAFRAN I et II ainsi que par le système d'interconnexion des barrages de BOUROUMI et BOUKERDANE (conduite SAA) :

- Les champs captant MAZAFRAN I sont constitués de 29 forages situés à proximité de l'oued Mazafran au sud-ouest d'Alger, alimentent SP3 par une conduite de DN1250 mm en béton, d'un débit journalier de 30 000 m<sup>3</sup>/j.
- Les champs captant MAZAFRAN II sont constitués de 34 forages situés à proximité de la localité d'Oued Alleug, alimentent SP3 par une conduite de DN1200mm en fonte, d'un débit journalier de 47 000 m<sup>3</sup>/j.

- Station de traitement d'eau SAA (interconnexion des barrages de BOUROUMI et BOUKERDANE) par une conduite de DN 1200 mm en acier, d'un débit journalier de 40 000 m<sup>3</sup>/j.

Le débit total moyen journalier arrivant au complexe SP3 est de l'ordre de **140 000 m<sup>3</sup>/j**.

Le complexe SP3 est alimenté par d'autres ressources qui sont énumérées ci- après :

- Le transfert SPIK-GUE DE CONSTANTINE-SP3, avec un débit prévisionnel de 100 000 m<sup>3</sup>/j.
- Le transfert à partir du barrage DOUERA vers SP3, avec un débit prévisionnel de 60 000 m<sup>3</sup>/j.

Les deux stations de pompage du complexe SP3 refoulent l'eau vers les réservoirs du complexe SAHEL.

#### **D/ La station de dessalement FOUKA- marine :**

La station de dessalement d'eau de mer de FOUKA est conçue pour une production optimale de 120 000 m<sup>3</sup>/jour. La station de dessalement de FOUKA-MARINE produit actuellement, en moyenne 45 000 m<sup>3</sup>/jour pour le complexe Sahel destinée à l'alimentation des communes Ouest de la wilaya d'ALGER, et environ la même production destinée à la wilaya de TIPAZA est transférée au complexe Mouaz .

A la mise en service de la future station de dessalement FOUKA 2 (production prévue :

300 000 m<sup>3</sup>/j) qui est en cours de réalisation, celle-ci alimentera le complexe Sahel tant dis que l'ancienne SDEM FOUKA – marine alimentera exclusivement la wilaya de Tipaza .

Le débit d'eau dessalée prévisionnel pour la wilaya d'Alger est de 200 000 m<sup>3</sup>/j tant dis qu'un débit de 100 000 m<sup>3</sup>/j sera destiné à la wilaya de Blida.

#### **E/ Le complexe SP1 :**

Le débit total moyen journalier arrivant au complexe SP1 est estimé à 90 000 m<sup>3</sup>/j, il est alimenté à partir des sites suivants :

- Le complexe SP3 via deux conduites (DN 1000 Acier et DN 700 BPAT), d'un débit moyen estimé à 70 000 m<sup>3</sup>/j.
- Le transfert de SPIK à partir d'EL HARRACH via une conduite DN 1050 mm (42"), d'un débit moyen estimé à 20 000 m<sup>3</sup>/j.

Le complexe SP1 alimente en eau potable les communes de la chaîne des hauteurs en refoulant l'eau vers DOUERA, et par la suite, gravitairement vers SP2 DRARIA qui, à son tour, refoule l'eau vers le réservoir Stand ROSTOMIA (BOUZAREAH).

## **I.8. Description de l'ancienne station de dessalement de Fouka :**

### **I.8.1. Les différentes installations de l'usine de dessalement Fouka :**

La station de dessalement de Fouka marine est une usine de dessalement par osmose inverse mise en service en 2011 ayant une capacité de production de 120 000 m<sup>3</sup>/j.

Elle est dotée des installations suivantes [2]:

- Deux prises d'eau de mer ouverte avec têtes de prise.
- Une station de pompage d'eau de mer.
- Un procédé de prétraitement : injection de produits chimiques (hypochlorite de calcium, acide sulfurique, chlorure ferrique, poly électrolyte, inhibiteur).
- Un prétraitement de l'eau par filtration gravitaire et filtres à cartouches.
- Le dessalement par osmose inverse : Système d'osmose inverse, Pompes haute pression et Système de récupération d'énergie.
- Le post-traitement. La reminéralisations par l'ajout de produits alcalins (Chaux) et CO<sub>2</sub>
- Un réservoir d'eau traitée avec une station de pompage pour distribution.

### **I.8.2. Qualité des eaux dessalées de la station de dessalement Fouka :**

L'eau potable doit respecter les normes relatives aux paramètres physiques, bactériologiques et aux radionucléides. La qualité de l'eau dessalée produite par la station de dessalement de Fouka est présentée dans le tableau suivant :

Tableau N° I-4 : Résultats d'analyses de l'eau dessalée par l'usine de dessalement Fouka

Paramètres	Résultat Post-traitement	Unité	Normes
Température	20,6	°C	25
TAC	6,31	°f	50
TH	7,6	°f	20
PH	7,99	-	6.5 - 9
ChloreTotal	0,73	mg/l	5
Phosphore To	<0.4	mg/l	5
Manganèse	<0.002	mg/l	0,4
Turbidité	0,65	NTU	5
Fluorures	<0.1	mg/l	1.5
Sodium	129	mg/l	200
Fer	0,003	mg/l	0.3
Barium	<0.002	mg/l	0.7
Sélénium	<2	µg/l	10
Potassium	5	mg/l	12
Calcium	24	mg/l	200
Chrome	<2	µg/l	50
Bromates	<0.01	mg/l	10
Plomb	<2	µg/l	10
Sulfates	<20	mg/l	400
Hg	<2	µg/l	6
Ammonium	<0.03	mg/l	0.5
Bromates	<0.01	mg/l	10
Plomb	<2	µg/l	10
Sulfates	<20	mg/l	400
Nickel	<2	µg/l	70
Bore	0,83	mg/l	1,3
Magnésium	4	mg/l	50
Cuivre	<0.002	mg/l	2
Cadmium	<2	µg/l	3
Conductivité	892	µs	2800
Argent	<2	µg/l	100
Odeur	<4	seuil	4
Aluminium	<0.02	mg/l	0.2
Chlorite	<0.07	mg/l	0.07
Flaveur	<4	seuil	4
Arsenic	<2	µg/l	10
Nitrates	<2	mg/l	50

(Source : Laboratoire SEAL)

## I.9. Description de la nouvelle station de dessalement FOUKA 2

La future station de dessalement Fouka 2 produira un débit de 300 000 m<sup>3</sup>/j d'eau potable dont 200 000 m<sup>3</sup>/j sera destiné à l'alimentation en eau potable de la région ouest de la wilaya d'Alger. L'usine sera dotée d'un système de dessalement par osmose inverse (OI).

### I.9.1. Les différentes installations de l'usine de dessalement FOUKA 2:

- Une station de pompage d'eau de mer
- Un réservoir d'eau brute
- Un bâtiment de stockage des réactifs
- Un réservoir de rejets
- Un bâtiment de filtration
- Un bâtiment d'osmose inverse
- Le post-traitement.



**Figure I-6 :** Schéma des différentes installations dans la station de dessalement FOUKA 2 en cours de réalisation (source : CTH)

### I.9.2. Principe de l'osmose inverse :

L'osmose est le processus de transfert de solvant à travers une membrane sous l'influence d'un gradient de concentration. Dans un système composé de deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable contenant des solutions de concentrations différentes, l'osmose se manifeste par un flux d'eau allant de la solution la plus diluée vers la solution la plus concentrée. Lorsqu'une pression est appliquée sur la solution concentrée, le flux d'eau par osmose diminue. Si la pression exercée est suffisamment élevée, le flux d'eau s'annule.

Cette pression est appelée pression osmotique PPP (en supposant que la solution diluée soit de l'eau pure). Si la pression dépasse la pression osmotique, un flux d'eau inverse se produit : c'est le phénomène d'osmose inverse.

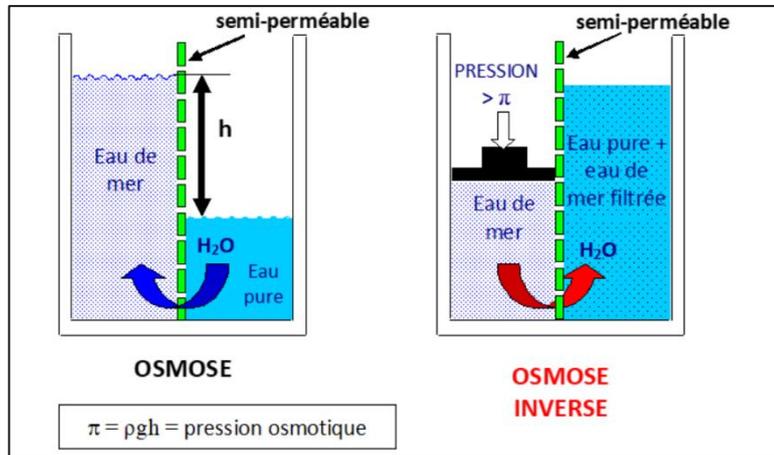


Figure I-7 : Représentation du procédé d'osmose inverse [3]

La pression osmotique d'une solution saline dépend de la nature des sels dissous et de leur concentration. Elle est donnée par la relation suivante [3] :

$$\Pi = i.C.R.T \quad (I-1)$$

Avec :

$i$  : est le nombre d'espèces d'ions constituant le soluté ;

$C$  : la concentration molaire du soluté (mol/m<sup>3</sup>) ;

$T$  : la température (K) ;

$R$  : la constante des gaz parfaits (8,31 J/mol.K) ;

$\Pi$  : est exprimée en pascals

### I.9.3. Avantages de l'osmose inverse :

- Faible consommation énergétique en comparaison avec les procédés de distillation.
- Le coût du dessalement par osmose inverse a chuté ces dernières décennies, notamment grâce aux récents progrès techniques.

**I.9.4. Inconvénients de l'osmose inverse :**

- Les membranes ont une durée de vie limitée (fragilité et perte de résistance mécanique).
- Le colmatage des membranes (dépôt de matières qui entraîne la formation d'une couche à la surface de la membrane) réduit le débit de filtration, provoque une baisse de la perméabilité, modifie la sélectivité et peut être responsable du vieillissement des membranes.

**Conclusion :**

Ce chapitre nous a permis d'acquérir les informations nécessaires concernant notre zone d'étude et cela en examinant l'aspect géographique, climatique, démographique et hydraulique de la région.

L'importance de ce chapitre consiste à la compréhension du contexte du projet d'alimentation en eau potable de la partie ouest de la wilaya d'Alger à partir de la nouvelle station de dessalement d'eau de mer FOUKA 2.

## **Chapitre II : Estimation des besoins en Eau**

## Introduction

D'ici 2050, la région d'Alger Ouest devrait connaître une augmentation significative de sa population, accompagnée d'une urbanisation croissante et d'une expansion des activités économiques. Cette croissance démographique et urbaine exercera une pression supplémentaire sur les ressources en eau, augmentant ainsi la demande globale en eau potable.

L'estimation des besoins en eau constitue une étape fondamentale dans la planification, la gestion et la durabilité des systèmes d'adduction d'eau potable. Dans ce chapitre, nous nous pencherons sur l'importance cruciale de déterminer avec précision les quantités d'eau nécessaires pour répondre aux demandes actuelles et futures des populations desservies.

### II.1. Estimation de la population à l'horizon d'étude :

Le projet d'adduction à partir de la nouvelle station de dessalement FOUKA 2 alimentera en eau potable les habitants de la ville nouvelle de Sidi Abdellah (VNSA) ainsi que les communes de Mahelma, Rahmania, Douera , Souidania , Baba Hassen et Ouled Fayet .

Afin d'estimer la population future de la zone étudiée, nous utilisons la méthode de série géométrique qui s'applique aux agglomérations en développement ayant des taux d'accroissement peu variés à long terme.

La formule utilisée est la suivante :

$$P_n = P_o (1+r)^n$$

Tel que :

$P_n$  : Population à l'horizon d'étude

$P_o$  : Population au moment du recensement

$r$  : taux d'accroissement

$N$  : nombre d'années

Les tableaux ci-dessous illustrent l'évolution de la population dans les communes constituant le lien entre la chaîne côtière et la chaîne des hauteurs de la wilaya d'Alger, au moyen et au long terme (horizon 2030 et 2050).

**Tableau N° II-1 : Evolution de la population dans les communes de la zone d'études**

Communes	Taux D'accroissement (%)	Population (habitants)		
		2009	2030	2050
<b>Souidania</b>	2,5	17 779	29 861	48 931
<b>Baba Hassen</b>	1,5	25 077	34 282	46 172
<b>Ouled Fayet</b>	2,5	29 287	49 190	80 603
<b>Douera</b>	1,5	58 793	80 373	108 251

**Tableau N° II-2 : Projection de la population à l'horizon d'étude des communes intégrant la nouvelle ville de Sidi Abdellah (VNSA)**

Communes - Localités	Population 2009 ( hab)	Population 2030 (hab)		Population 2050 ( hab)	
		VNSA	Total	VNSA	Total
<b>Mahelma</b>	21 471	104 099	125 570	109 423	130 894
<b>Rahmania</b>	7 583	55 594	63 177	58 437	66 020
<b>Sidi Abdellah</b>	-	146 098		153 570	

(Source : SEAAL)

## II.2. Estimation des besoins :

L'évaluation des besoins en eau potable est une étape cruciale pour tout projet d'approvisionnement en eau, car elle permet de déterminer par le calcul hydraulique [4]:

- Les dimensions de certains ouvrages et installations.
- Le nombre et la capacité des pompes
- La capacité des réservoirs
- Le dimensionnement des canalisations.

Cette évaluation se base sur plusieurs facteurs complexes tels que le développement en milieu urbains, l'amélioration du niveau de vie, le climat, la nature de la ville, le développement commercial et industriel, ainsi que les installations publiques.

### II.2.1. Estimation de la consommation moyenne journalière :

La consommation d'eau de la wilaya d'Alger est répartie en trois catégories de consommateurs :

- Consommation domestique.
- Consommation diffuse (commerciale, administrative et industrielle).
- Les gros consommateurs.

La consommation totale d'eau potable attribuée à la consommation diffuse et aux gros consommateurs représente 30% de la consommation domestique d'eau potable.

(Source : SEAAL)

Pour le calcul des besoins moyens journaliers, on utilise la formule suivante :

$$Q_{moy.j} = \frac{N_i * q_i}{1000} \quad (II-1)$$

Avec :

$Q_{moy.j}$  : débit moyen journalier  $m^3/j$

$q_i$  : dotation moyenne en (l/j/hab)

$N_i$ : nombre d'habitants

**Tableau N° II-3 : Besoins journaliers moyens en eau potable**

Communes	Population à l'horizon 2050 (Hab)	Dot (l/j/hab)	Besoins domestiques (m3/j)	Consommation diffuse et gros consommateurs		Q moy j (m3/j)	Débit de fuites (m3/j)		Total Q moy j (m3/j)
				%	Q (m3/j)		%	Qpertes (m3/j)	
<b>Mahelma</b>	130 894	150	19 634,10	30%	5 890,23	25 524,33	25%	6 381,08	31 905,41
<b>Rahmania</b>	66 020		9 903,00		2 970,90	12 873,90		3 218,48	16 092,38
<b>Sidi Abdellah</b>	153 570		23 035,50		6 910,65	29 946,15		7 486,54	37 432,69
<b>Souidania</b>	48 931		7 339,68		2 201,90	9 541,58		2 385,40	11 926,98
<b>Baba Hassen</b>	46 172		6 925,87		2 077,76	9 003,64		2 250,91	11 254,54
<b>Ouled Fayet</b>	80 603		12 090,51		3 627,15	15 717,66		3 929,42	19 647,08
<b>Douera</b>	108 251		16 237,70		4 871,31	21 109,01		5 277,25	26 386,27

### II.2.2. Estimation de la consommation maximale et minimale journalière :

Au cours d'une année, il existe une journée où la consommation d'eau est maximale, c'est le  $Q_{\max,J}$  ; de même, il existe une journée où la consommation est minimale  $Q_{\min,J}$ , et cela par rapport à la consommation journalière moyenne.

Le rapport entre le débit maximale journalier et le débit moyen journalier désigne le terme du coefficient d'irrégularité journalière maximum noté  $K_{\max,j}$ . De même  $K_{\min,j}$  représente le rapport entre  $Q_{\min,j}$  et  $Q_{\text{Moy},j}$  [4] :

$$Q_{\max,j} = K_{\max,j} \times Q_{\text{moy},j} \quad (\text{II-2})$$

$$Q_{\min,j} = K_{\min,j} \times Q_{\text{moy},j} \quad (\text{II-3})$$

Tel que  $K_{\max,j} \in [1,1 - 1,3]$

$K_{\min,j} \in [0,7 - 0,9]$

Ces coefficients garantissent la satisfaction intégrale des besoins en eau à chaque période de l'année et permettent de dimensionner un réseau d'adduction ou de distribution en fonction du débit maximum journalier qu'il est appelé à véhiculer. [4]

Dans le cadre de notre étude,  $K_{\max,j}$  a été estimé à 1,2 et  $K_{\min,j}$  à 0,8.

**Tableau N° II-4 :** Tableau récapitulatif des consommations journalières

Commune	Q moy j total ( m3/j)	K max j	Q max J	K min j	Q min J
Mahelma	31 905,41	1,2	38 286,50	0,8	25 524,33
Rahmania	16 092,38		19 310,85		12 873,90
Sidi Abdellah	37 432,69		44 919,23		29 946,15
Souidania	11 926,98		14 312,37		9 541,58
Baba Hassen	11 254,54		13 505,45		9 003,64
Ouled Fayet	19 647,08		23 576,49		15 717,66
Douera	26 386,27		31 663,52		21 109,01
Total	154 645,35		185 574,42		123 716,28

Le bilan ressource / besoin de la zone étudiée est illustré dans le tableau II-5 :

**Tableau N° II-5 : Bilan ressource / Besoin**

<b>Besoin en eau (m3/j)</b>	185 574,42
<b>Apport en eau dessalées à partir de la nouvelle SDEM (m3/j)</b>	200 000
<b>Bilan Apport / Besoin (m3/j)</b>	+ 14 425,58

Le débit excédentaire sera destiné à renforcer l'alimentation en eau potable des communes de la chaîne côtière.

### II.3. Estimation de la consommation horaire :

Cette méthode consiste à évaluer la variation horaire de la consommation totale en pourcentage par rapport au débit maximal journalier de l'agglomération, soit :

$$Q_{\max h} = C\% \times Q_{\max j}$$

Tel que C% sont des coefficients qui diffèrent selon la concentration démographique de la zone étudiée, et selon son activité (voir annexe).

Les graphiques ci-dessous démontrent le régime de consommation horaire des différentes communes étudiées :

➤ **Commune de de Mahelma :**

Population : 130 894 habitants (> à 100 000)

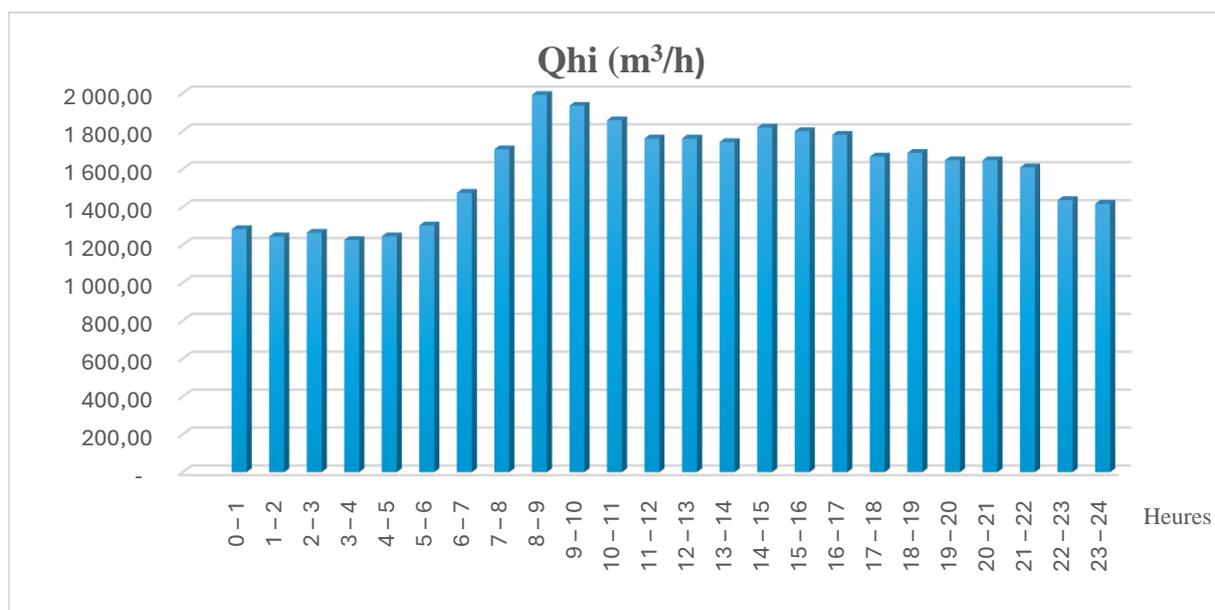


Figure II-1 : Graphique de consommation de la commune de Mahelma

Le débit maximal horaire de la commune de Mahelma est de :

$$Q_{\max h} = 1\,990,90 \text{ m}^3/\text{h} = 553,03 \text{ l/s}$$

➤ **Localité de Sidi Abdellah : Population : 153 570 habitants (> à 100 000)**

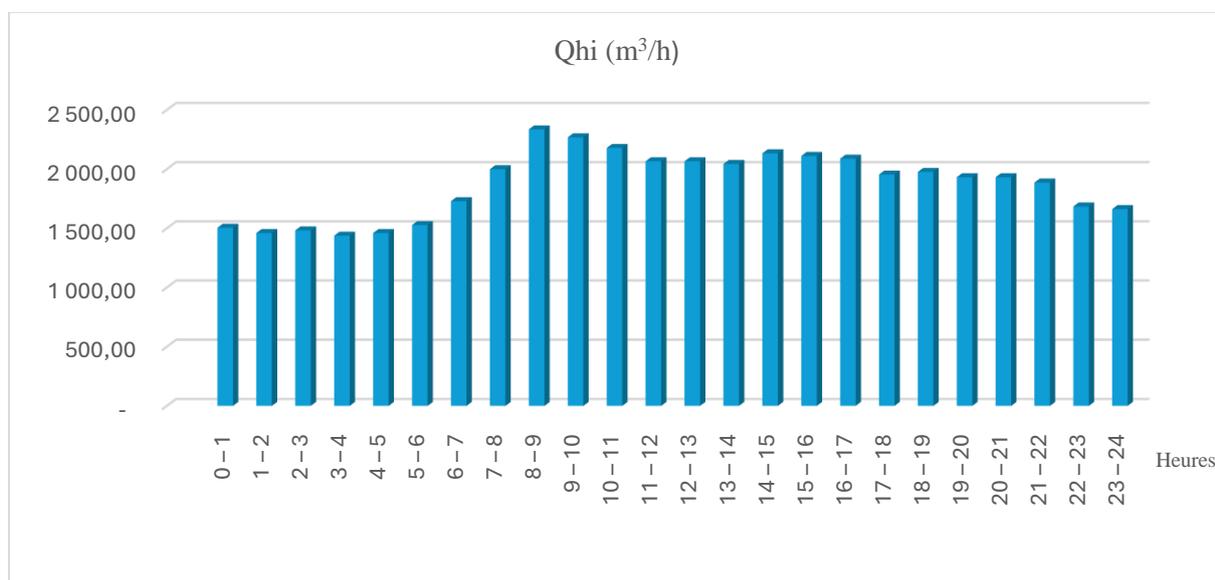


Figure II-2 : Graphique de consommation de la commune de Sidi Abdellah

Le débit maximal horaire est de :  $Q_{\max h} = 2\,335,80 \text{ m}^3/\text{h} = 648,83 \text{ l/s}$

➤ **Commune de Douera** : Population : 108 251 habitants (> à 100 000 )

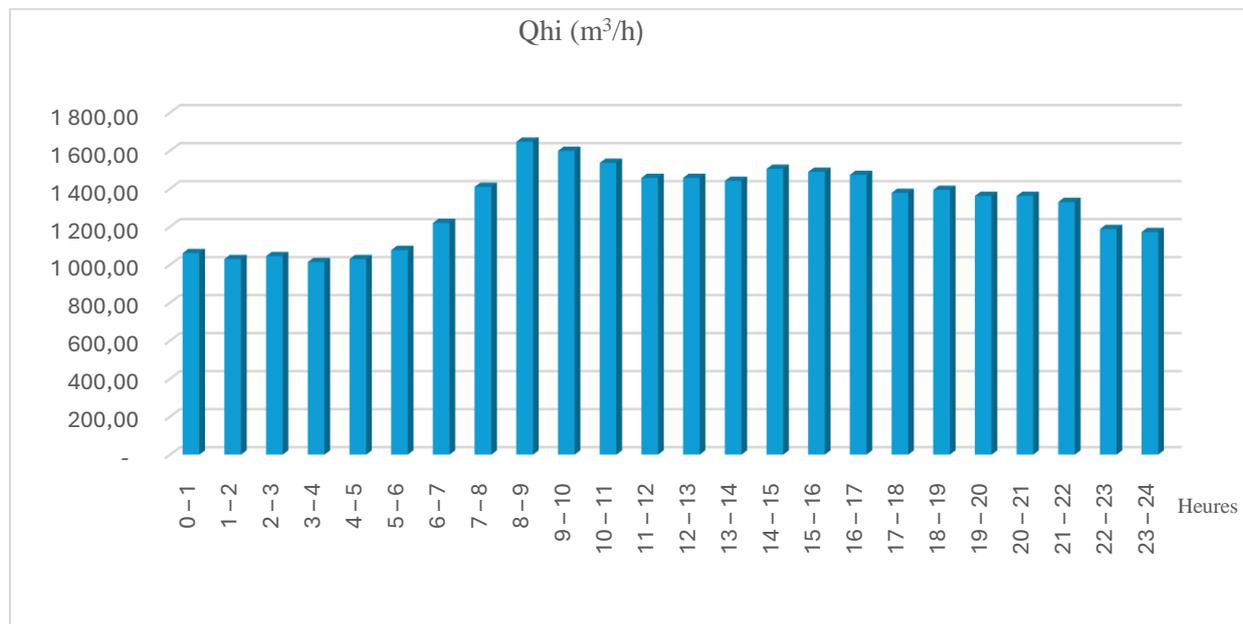


Figure II-3 : Graphique de consommation de la commune de Douera

Le débit maximal horaire est de :  $Q_{maxh} = 1\ 646,50\ m^3/h = 457,36\ l/s$

➤ **Commune de Rahmania** : Population : 66 020 habitants (de 50 001 à 100 000)

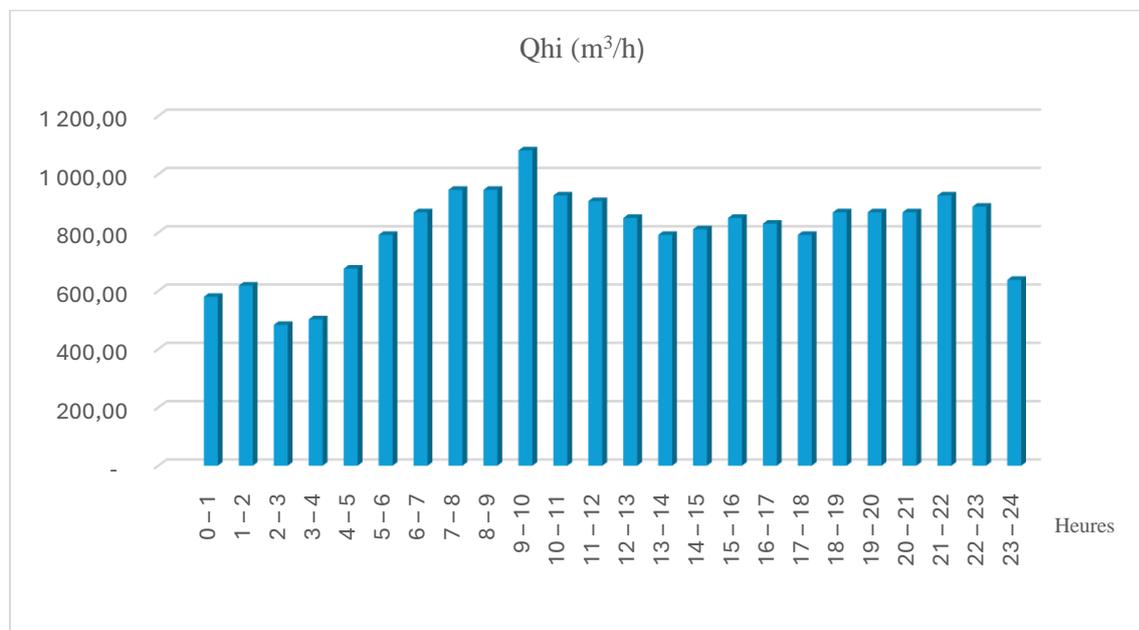


Figure II-4 : Graphique de consommation de la commune de Rahmania

Le débit maximal horaire est de :  $Q_{maxh} = 1\ 081,41\ m^3/h = 300,39\ l/s$

➤ **Commune de Souidania** : Population : 48 931 habitants ( de 10 001 à 50 000)

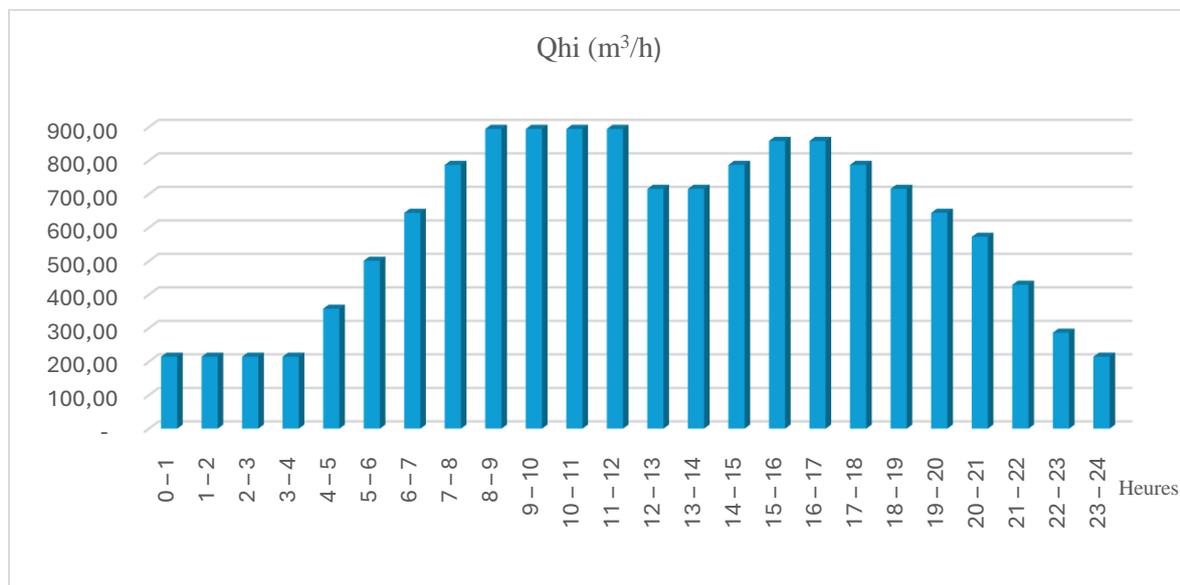


Figure II-5 : Graphique de consommation de la commune de Souidania

Le débit maximal horaire est de :  $Q_{\max h} = 894,52 \text{ m}^3/\text{h} = 248,48 \text{ l/s}$

➤ **Commune de Baba Hassen** : Population : 48 931 habitants (10 001 à 50 000)

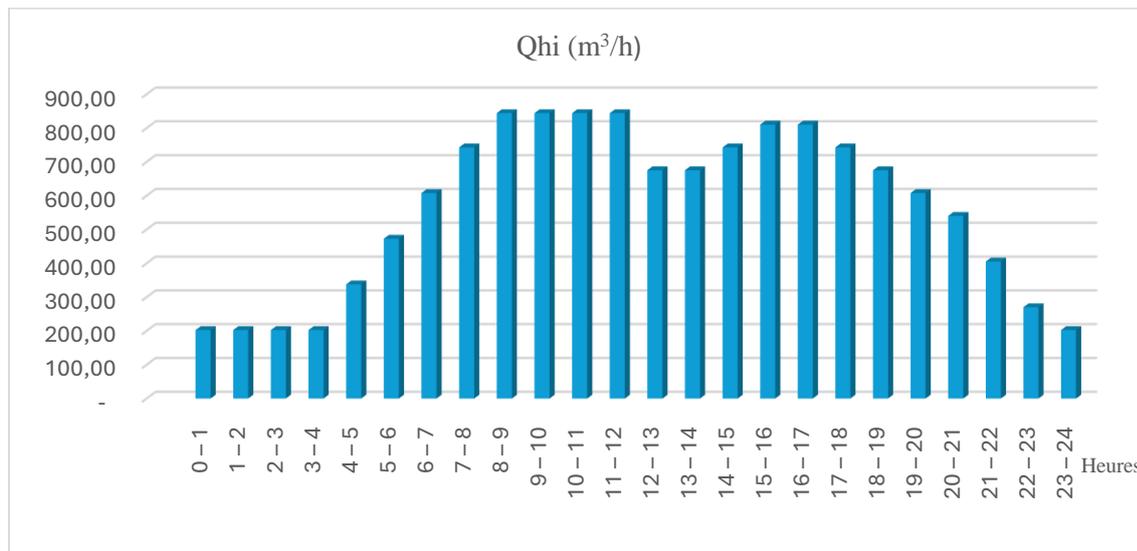


Figure II-6 : Graphique de consommation de la commune de Baba Hassen

Le débit maximal horaire est de :  $Q_{\max h} = 844,09 \text{ m}^3/\text{h} = 234,46 \text{ l/s}$

➤ **Commune de Ouled Fayet :**

Population : 80 603 habitants ( de 50 001 à 100 000)

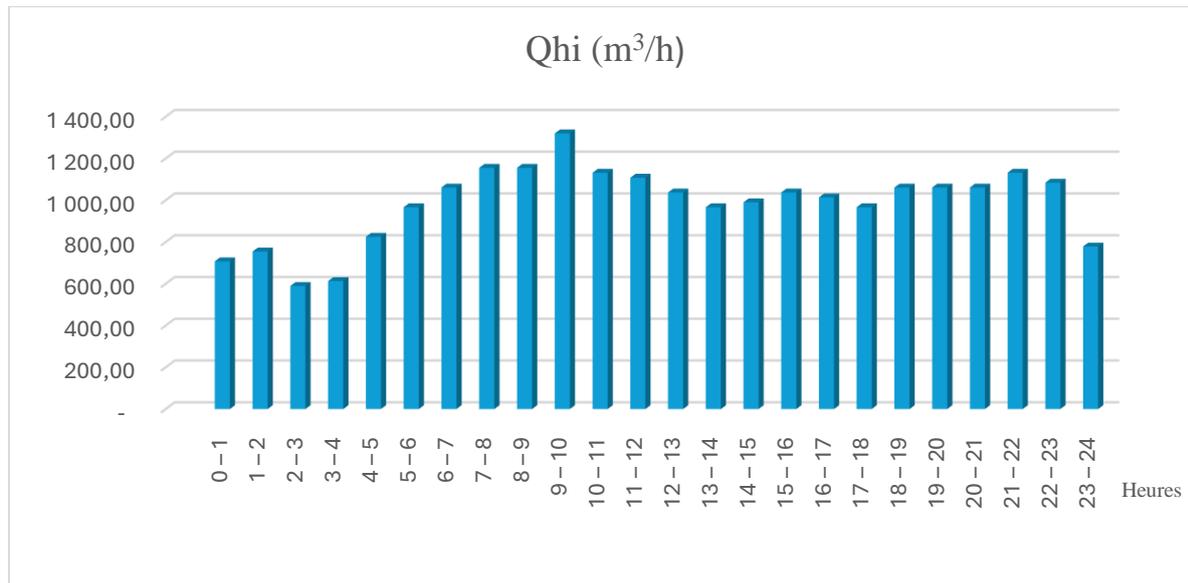


Figure II-7 : Graphique de consommation de la commune de Ouled Fayet

Le débit maximal horaire est de :  $Q_{\max h} = 1\,320,28 \text{ m}^3/\text{h} = 366,75 \text{ l/s}$

## Conclusion

Ce chapitre constitue une étape essentielle dans notre étude, nous permettant d'anticiper les besoins futurs en eau potable de la zone étudiée. A travers cette étape, nous avons pu évaluer une population, à l'horizon future, de 634 443 habitants, avec un besoin en quantité totale d'eau potable de 185 574,42 m<sup>3</sup>/j et une demande de pointe variant, selon la zone, de 894,52 m<sup>3</sup>/h pour la commune de Souidania à 2 335,8 m<sup>3</sup>/h pour la localité de Sidi Abdellah

Cette évaluation permet une gestion efficace de la ressource ainsi qu'un dimensionnement adéquat du projet d'adduction.

## **Chapitre III : Etude du stockage**

## Introduction :

Ce chapitre vise à déterminer les dimensions optimales des réservoirs. Étant des infrastructures hydrauliques fondamentales, ils nécessitent une étude technique approfondie pour garantir une capacité de stockage qui répond aux besoins croissants en eau de la population.

### III.1. Définition d'un réservoir :

Les réservoirs d'eau potable sont des structures essentielles qui régulent le débit et la pression, tout en permettant le stockage de l'eau pour ajuster la production en fonction de la consommation. Ces structures permettent de stocker le volume nécessaire pour répondre à la consommation journalière maximale du réseau d'eau potable.

### III.2. Les rôles des réservoirs : [4]

Les rôles principaux des réservoirs sont :

- **Le Stockage :** Rôle d'emmagasinement d'eau pendant les heures creuses de consommation et restitution de l'eau pendant les heures de consommation importante.
- **L'équilibre :** dans le cas d'un réseau étendu longitudinalement, les faibles pressions apparaissent aux points les plus éloignés du réservoir principal, un contre réservoir ou un réservoir d'extrémité est ainsi construit dans cette zone à une cote moins élevée que celle du réservoir principal afin de faciliter son remplissage gravitairement dans le cas où les deux réservoirs sont alimentés par la même source, pendant les heures de faible consommation

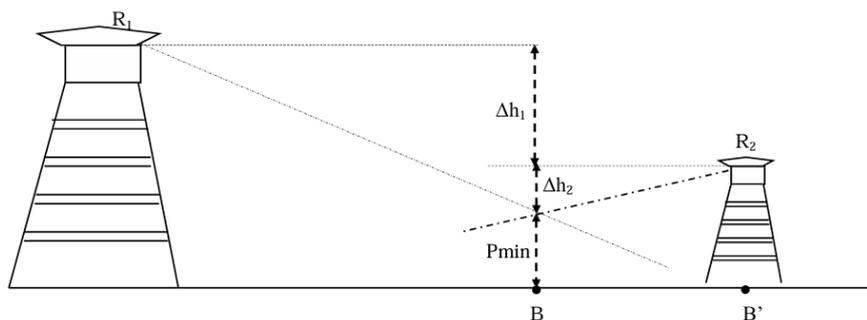


Figure III-1 : Schéma d'un système à contre réservoir [5]

- **La réserve d'incendie** : le réservoir a également pour rôle d'assurer un volume d'eau réservé aux situations d'incendies.
- **Brise charge** : les réservoirs peuvent jouer un rôle de brise-charge dans le cas d'une distribution étagée afin d'éviter les fortes pressions sur le réseau.

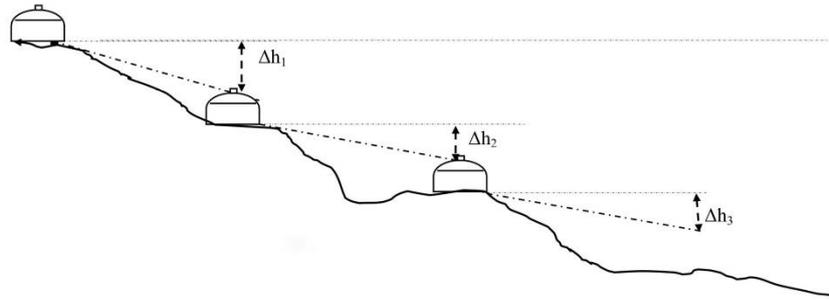


Figure III-2 : Réservoirs brise charge [5]

- **Relais** : les réservoirs dit tampons, peuvent servir de relais dans le réseau de distribution permettant de compenser les variations de pressions et de débit causées par les contraintes géographiques et topographique.

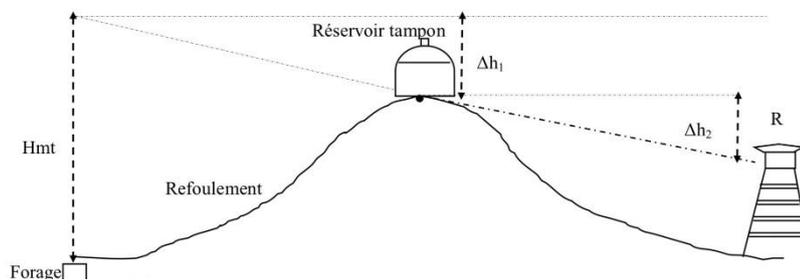


Figure III-3 : Réservoir tampon [5]

### III.3. Classification des réservoirs : [6]

La classification des réservoirs se fait selon différents critères :

D'après la nature des matériaux :

- Les réservoirs métalliques
- Le réservoir en maçonnerie
- Les réservoirs en béton armé, ordinaire ou précontraint.

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

- Enterrés
- Semi-enterrés
- Surélevés, sur tour.

#### **III.4. Equipements des réservoirs [4]:**

Un réservoir unique ou compartimenté doit être équipé de :

- **Une conduite d'arrivée ou d'alimentation :**

Cette conduite du type refoulement ou gravitaire, doit arriver de préférence dans la cuve en siphon noyé ou par le bas toujours à l'opposé de la conduite de départ afin de provoquer le brassage. Cette arrivée permet le renouvellement de l'eau par mélange en créant des perturbations et un écoulement par rouleaux.

- **Une conduite de départ ou de distribution :**

Elle doit être placée à l'opposé de la conduite d'arrivée à quelques cm au-dessus du radier (15 à 20 cm) afin d'éviter l'entrée des matières en suspension. L'extrémité est munie d'une crépine courbée pour éviter le phénomène de vortex. Cette conduite est équipée d'une vanne à survitesse permettant la fermeture rapide en cas de rupture au niveau de cette conduite.

- **Une conduite de trop-plein :**

Cette conduite permet d'évacuer l'excès d'eau arrivant au réservoir en cas de non arrêt de la pompe. Si le réservoir est compartimenté, chaque cuve doit avoir une conduite de trop-plein. Ces conduites doivent se réunir dans la chambre de manœuvre pour former un joint hydraulique évitant la pénétration de tout corps étranger. Dans certain cas, lorsque le débit d'apport est important, on a intérêt à transformer l'extrémité supérieure de cette conduite en forme d'entonnoir.

- **Une conduite de vidange :**

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

➤ **Un système de matérialisation de la réserve d'incendie :**

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

- Les systèmes d'incendie à deux prises
- Les systèmes d'incendie à syphon

➤ **Une conduite de by-pass :**

C'est un tronçon de conduite qui relie la conduite d'arrivée et la conduite de départ dans le cas d'un réservoir unique non compartimenté. Cette conduite fonctionne dans le cas de l'isolement du réservoir en temp d'entretien.

➤ **Équipements auxiliaires :**

Les réservoirs sont également dotés d'équipements auxiliaires tels que des ventouses automatiques, des vannes de fermeture, des flotteurs, des réducteurs de pression et des compteurs d'eau, essentiels pour une gestion optimale.

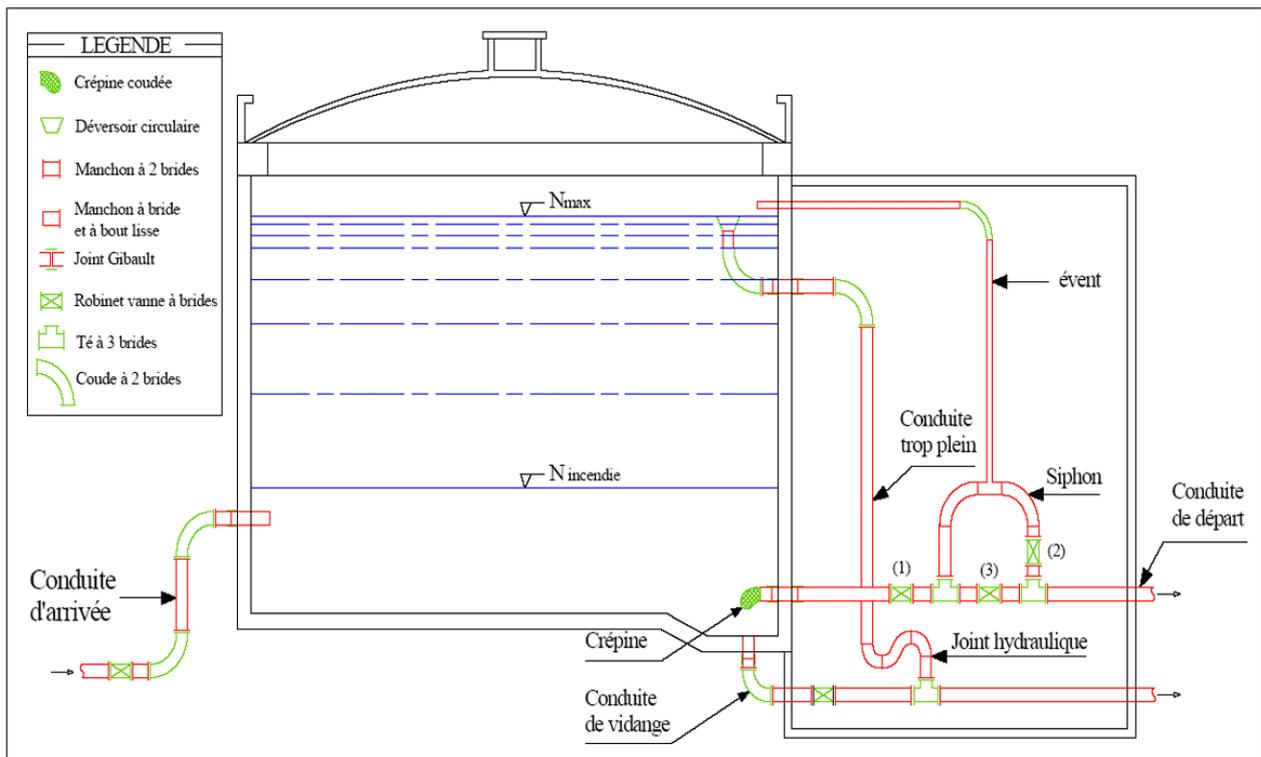


Figure III-4 : Illustration des équipements d'un réservoir

### III.5. Choix du type de réservoir [6]:

Le choix du type de réservoir se fait selon des critères techniques et économiques. Cependant, il est préférable dans la mesure du possible d'avoir recours aux réservoirs enterrés, semi-enterrés ou au plus, au sol avec radier légèrement enterré. Ces types de réservoirs présentent un nombre d'avantages comparés aux réservoirs sur tours :

- Economie sur les frais de construction
- Etude architecturale simplifiée
- Etanchéité plus simple à réaliser
- Conservation d'une température constante de l'eau emmagasinée

### III.6. Capacité des réservoirs : [4]

#### III.6.1. Méthode graphique :

La méthode graphique pour la détermination de la capacité du réservoir tient compte de :

- La courbe de consommation totale intégrale
- La courbe d'apport du débit pompé en fonction de la durée de pompage.
- Les extremums des cumuls de la consommation et des apports

La capacité  $V$  du réservoir est donnée par :

$$V = \Delta V_1 + \Delta V_2 \quad (m^3) \quad (III-1)$$

Avec :

$C, A$  : Consommation, Apport ( $m^3$ )

$V$  : Volume utile ( $m^3$ )

$\Delta V_1$  : Ecart inférieur entre l'apport et la consommation

$\Delta V_2$  : Ecart supérieur entre l'apport et la consommation

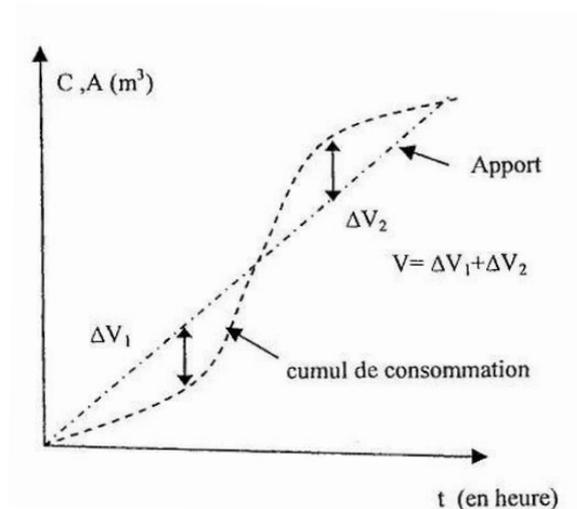


Figure III-5 : Courbe de consommation [4]

### III.6.2. Méthode analytique :

Cette méthode se base sur le calcul du volume résiduel, pour chaque heure de la journée, désigné par ' Vr ' ; le volume régularisé est exprimé par [4]:

$$Vr = \frac{\alpha(\%) \times Q_{maxj}}{100} \quad (m^3) \quad (III-2)$$

La capacité totale du réservoir est donnée par :

$$Vt = Vr + Vinc \quad (III-3)$$

Avec :

V inc : volume d'incendie estimé à 120 m3

$\alpha(\%)$ : Résidu maximal donné par :  $\alpha(\%) = |a+| + |a-|$

Tel que :

a+ : Représente la valeurs maximale des résidu

a- : Représente la valeur minimale des résidus

### III.6.3. Dimensionnement du réservoir de stockage d'eau traité du complexe SAHEL :

Le réservoir de stockage d'eau traitée est le réservoir alimenté directement par la station de pompage de la station de dessalement. Il refoule par ensuite l'eau vers les réservoirs d'alimentation des différentes communes desservies. Le dimensionnement de ce réservoir prend en compte le régime de travail de la station de pompage de l'usine de dessalement ainsi que le régime de la station de pompage qui refoule l'eau vers le système d'adduction aval.

#### III.6.3.1 Calcul de la capacité de stockage :

Pour ce faire, nous utilisons la méthode analytique, voir le tableau ci-après :

Tableau N° III-1 : Détermination de la capacité du réservoir de stockage d'eau traité

Heures	Apport (SP SDEM)	Refoulement (SP Sahel)	Arrivée au RV	Départ du RV	Stockage
0 – 1	5	4,17	0,83		3,33
1 – 2	5	4,17	0,83		4,17
2 – 3	5	4,17	0,83		5,00
3 – 4	5	4,17	0,83		5,83
4 – 5	5	4,17	0,83		6,67
5 – 6	5	4,17	0,83		7,50
6 – 7	5	4,17	0,83		8,33
7 – 8	5	4,17	0,83		9,17
8 – 9	5	4,17	0,83		10,00
9 – 10	5	4,17	0,83		10,83
10 – 11	5	4,17	0,83		11,67
11 – 12	5	4,17	0,83		12,50
12 – 13	5	4,17	0,83		13,33
13 – 14	5	4,17	0,83		14,17
14 – 15	5	4,17	0,83		15,00
15 – 16	5	4,17	0,83		15,83
16 – 17	5	4,17	0,83		16,67
17 – 18	0	4,17		4,17	12,50
18 – 19	0	4,17		4,17	8,33
19 – 20	0	4,17		4,17	4,17
20 – 21	0	4,17		4,17	0,00
21 – 22	5	4,17	0,83		0,83
22 – 23	5	4,17	0,83		1,67
23 – 24	5	4,17	0,83		2,50
Total	100	100			

Avec  $\alpha(\%) = 16,67$  , le volume résiduel  $V_r$  est égal à :

$$V_r = \frac{16,67 \times 200\,000 \text{ m}^3/\text{j}}{100} = 33\,333,33 \text{ m}^3$$

La capacité totale du réservoir sera de :  $V_t = V_r + V_{inc}$

Avec :

$V_{inc}$  : volume d'incendie estimé à 120 m<sup>3</sup>

Le nombre de communes à alimenter est de 7, par conséquent :

$$V_T = 33\,333,33 + 120 \times 7 = 34\,173,33 \text{ m}^3$$

**Volume normalisé : 40 000 m<sup>3</sup>**

### III.6.3.2 Dimensions du réservoir :

Au vu de la capacité importante du réservoir (> 10 000 m<sup>3</sup>) il est préférable d'implanter un réservoir semi-enterré rectangulaire compartimenté en deux cuves de 20 000 m<sup>3</sup>.

Les dimensions des cuves doivent correspondre au rapport suivant [6] :

$$\frac{L}{l} = \frac{4}{3} \quad (\text{III-4})$$

#### ➤ Hauteur du réservoir :

Au vu de l'importante capacité du réservoir la hauteur d'eau est prise égale à  $h=10$  m.

La hauteur totale du réservoir est donnée par :  $H = h + R$  (III-5)

Tel que  $R$  : hauteur du matelas d'air, prise égale à 0,5 m

D'où  $H = 10,5$  m

#### ➤ Section du réservoir :

$$S = L \times l = \frac{V}{H} = \frac{20\,000}{10,5} = 1904,8 \text{ m}^2$$

Selon le rapport (III-4) :

$$L = \frac{4l}{3} \quad \text{d'où} \quad S = \frac{4l}{3} \times l = \frac{4}{3} l^2$$

$$\text{Donc : } l = \sqrt{\frac{3}{4} \times S} = 37,8 \text{ m} ; L = \frac{S}{l} = \frac{4l}{3} = 50,4 \text{ m}$$

$$\Rightarrow H = 10,5 \text{ m} ; l = 37,8 \text{ m} ; L = 50,4 \text{ m} ; H_{inc} = 0,44$$

### III.6.4. Détermination de la capacité des réservoirs d'alimentation :

Dans le but d'étudier la capacité de stockage de la zone d'étude, nous présentons celle des réservoirs existants dans le tableau suivant :

**Tableau N° III-2 : Inventaire des réservoirs d'alimentations existants (Source : SEAAL)**

Réservoir	Communes Alimentées	Capacité (m3)	Source d'alimentation actuelle
<b>RV Douera</b>	Douera Rahmania	5 000 + 1 000	Complexe SP1
<b>Rv Ouled Fayet</b>	Ouled Fayet Souidania	3000 + 1000	Complexe SP1 – adduction chaine des hauteurs
<b>CE Mahelma</b>	Mahelma	1250	RV Zeralda adduction chaine côtière
<b>RV Rahmania</b>	Rahmania	1500	RV Douera
<b>RV VSA Plateau</b>	Sidi Abdellah	500	Complexe Sahel
<b>RV Baba Hassen</b>	Baba Hassen	2 000	Complexe SP1 – adduction chaine des hauteurs
<b>RV Souidania</b>	Souidania	1500	RV Ouled Fayet

Afin de déterminer la capacité de stockage des réservoirs d'alimentation du lien chaine côtière – chaine des hauteurs alimentés par refoulement à partir de la station de pompage située sur le site du complexe Sahel, nous considérons la quantité d'eau nécessaire pour compenser les heures d'arrêt de pompage ainsi que la restitution d'eau pendant les heures de pompage.

➤ **Détermination de la capacité du réservoir de Mahelma :**

La capacité du réservoir de Mahelma est déterminée moyennant la méthode analytique, voir le tableau ci-après :

**Tableau N° III-3 : Détermination de la capacité du réservoir de Mahelma**

Heures	Consommation %	Refoulement %	Arrivée au réservoir	Départ Du réservoir	Reste
0 – 1	3,35	4,17	0,82		0,98
1 – 2	3,25	4,17	0,92		1,90
2 – 3	3,3	4,17	0,87		2,77
3 – 4	3,2	4,17	0,97		3,73
4 – 5	3,25	4,17	0,92		4,65
5 – 6	3,4	4,17	0,77		5,42
6 – 7	3,85	4,17	0,32		5,73
7 – 8	4,45	4,17		0,28	5,45
8 – 9	5,2	4,17		1,03	4,42
9 – 10	5,05	4,17		0,88	3,53
10 – 11	4,85	4,17		0,68	2,85
11 – 12	4,6	4,17		0,43	2,42
12 – 13	4,6	4,17		0,43	1,98
13 – 14	4,55	4,17		0,38	1,60
14 – 15	4,75	4,17		0,58	1,02
15 – 16	4,7	4,17		0,53	0,48
16 – 17	4,65	4,17		0,48	0,00
17 – 18	4,35	4,17		0,18	-0,18
18 – 19	4,4	4,17		0,23	-0,42
19 – 20	4,3	4,17		0,13	-0,55
20 – 21	4,3	4,17		0,13	-0,68
21 – 22	4,2	4,17		0,03	-0,72
22 – 23	3,75	4,17	0,42		-0,30
23 – 24	3,7	4,17	0,47		0,17
<b>Total</b>	100	100			

▪ **Volume résiduel :**

$$V_r = \frac{(|5,73| + |-0,72|) \times 38386,5}{100} = 2\,469,5 \text{ m}^3$$

▪ **Volume total :**

$$V_t = 2469,5 + 120 = 2589,5 \text{ m}^3$$

▪ **Volume normalisé :** 2600 m<sup>3</sup>

▪ **Volume existant :** 1250 m<sup>3</sup>

On projette un réservoir de capacité 1400 m<sup>3</sup> afin de renforcer le stockage existant.

➤ **Détermination de la capacité du réservoir de Sidi Abdellah :**

La capacité du réservoir de Sidi Abdellah est déterminée moyennant la méthode analytique, voir le tableau ci-après :

**Tableau N° III-4 : Détermination de la capacité du réservoir de Sidi Abdellah**

Heures	Consommation %	Refoulement %	Arrivée au réservoir	Départ Du réservoir	Reste
0 – 1	3,35	4,17	0,82		0,98
1 – 2	3,25	4,17	0,92		1,90
2 – 3	3,3	4,17	0,87		2,77
3 – 4	3,2	4,17	0,97		3,73
4 – 5	3,25	4,17	0,92		4,65
5 – 6	3,4	4,17	0,77		5,42
6 – 7	3,85	4,17	0,32		5,73
7 – 8	4,45	4,17		0,28	5,45
8 – 9	5,2	4,17		1,03	4,42
9 – 10	5,05	4,17		0,88	3,53
10 – 11	4,85	4,17		0,68	2,85
11 – 12	4,6	4,17		0,43	2,42
12 – 13	4,6	4,17		0,43	1,98
13 – 14	4,55	4,17		0,38	1,60
14 – 15	4,75	4,17		0,58	1,02
15 – 16	4,7	4,17		0,53	0,48
16 – 17	4,65	4,17		0,48	0,00
17 – 18	4,35	4,17		0,18	-0,18
18 – 19	4,4	4,17		0,23	-0,42
19 – 20	4,3	4,17		0,13	-0,55
20 – 21	4,3	4,17		0,13	-0,68
21 – 22	4,2	4,17		0,03	-0,72
22 – 23	3,75	4,17	0,42		-0,30
23 – 24	3,7	4,17	0,47		0,17
<b>Total</b>	100	100			

▪ **Volume résiduel :**

$$V_r = \frac{(|5,73| + |-0,72|) \times 44\,919,225}{100} = 2897,3 \text{ m}^3$$

▪ **Volume total :**

$$V_t = 2897,3 + 120 = 3017 \text{ m}^3$$

▪ **Volume normalisé : 3100 m<sup>3</sup>**

▪ **Volume existant : 500 m<sup>3</sup>**

On projettera un réservoir de capacité 2600 m<sup>3</sup> .

➤ **Détermination de la capacité du réservoir de Rahmania :**

La capacité du réservoir de Rahmania est déterminée moyennant la méthode analytique, voir le tableau ci-après :

**Tableau N° III-5 : Détermination de la capacité du réservoir de Rahmania**

Heures	Consommation %	Refoulement %	Arrivée au réservoir	Départ Du réservoir	Reste
0 – 1	3	4,17	1,17		-0,30
1 – 2	3,2	4,17	0,97		0,67
2 – 3	2,5	4,17	1,67		2,33
3 – 4	2,6	4,17	1,57		3,90
4 – 5	3,5	4,17	0,67		4,57
5 – 6	4,1	4,17	0,07		4,63
6 – 7	4,5	4,17		0,33	4,30
7 – 8	4,9	4,17		0,73	3,57
8 – 9	4,9	4,17		0,73	2,83
9 – 10	5,6	4,17		1,43	1,40
10 – 11	4,8	4,17		0,63	0,77
11 – 12	4,7	4,17		0,53	0,23
12 – 13	4,4	4,17		0,23	0,00
13 – 14	4,1	4,17	0,07		0,07
14 – 15	4,2	4,17		0,03	0,03
15 – 16	4,4	4,17		0,23	-0,20
16 – 17	4,3	4,17		0,13	-0,33
17 – 18	4,1	4,17	0,07		-0,27
18 – 19	4,5	4,17		0,33	-0,60
19 – 20	4,5	4,17		0,33	-0,93
20 – 21	4,5	4,17		0,33	-1,27
21 – 22	4,8	4,17		0,63	-1,90
22 – 23	4,6	4,17		0,43	-2,33
23 – 24	3,3	4,17	0,87		-1,47
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0</b>		

▪ **Volume résiduel :**

$$V_r = \frac{(|4,63| + |-2,33|) \times 19310,85}{100} = 1345,32 \text{ m}^3$$

▪ **Volume total :**

$$V_t = 1345,32 + 120 = 1465,32 \text{ m}^3$$

▪ **Volume normalisé : 1500 m<sup>3</sup>**

▪ **Volume existant : 1500 m<sup>3</sup>**

Le stockage existant est suffisant.

➤ **Détermination de la capacité du réservoir de Souidania :**

La capacité du réservoir de Souidania est déterminée moyennant la méthode analytique, voir le tableau ci-après :

**Tableau N° III-6 :** Détermination de la capacité du réservoir de Souidania

Heures	Consommation %	Refoulement %	Arrivée au réservoir	Départ Du réservoir	Reste
0 – 1	1,5	4,17	2,67		8,83
1 – 2	1,5	4,17	2,67		11,50
2 – 3	1,5	4,17	2,67		14,17
3 – 4	1,5	4,17	2,67		16,83
4 – 5	2,5	4,17	1,67		18,50
5 – 6	3,5	4,17	0,67		19,17
6 – 7	4,5	4,17		0,33	18,83
7 – 8	5,5	4,17		1,33	17,50
8 – 9	6,25	4,17		2,08	15,42
9 – 10	6,25	4,17		2,08	13,33
10 – 11	6,25	4,17		2,08	11,25
11 – 12	6,25	4,17		2,08	9,17
12 – 13	5	4,17		0,83	8,33
13 – 14	5	4,17		0,83	7,50
14 – 15	5,5	4,17		1,33	6,17
15 – 16	6	4,17		1,83	4,33
16 – 17	6	4,17		1,83	2,50
17 – 18	5,5	4,17		1,33	1,17
18 – 19	5	4,17		0,83	0,33
19 – 20	4,5	4,17		0,33	0
20 – 21	4	4,17	0,17		0,17
21 – 22	3	4,17	1,17		1,33
22 – 23	2	4,17	2,17		3,50
23 – 24	1,5	4,17	2,67		6,17
<b>Total</b>	100	100	<b>0</b>		

▪ **Volume résiduel :**

$$V_r = \frac{(19,17) \times 14312,4}{100} = 2743,21 \text{ m}^3$$

▪ **Volume total :**

$$V_t = 2743,21 + 120 = 2863,21 \text{ m}^3$$

▪ **Volume normalisé :** 3000 m<sup>3</sup>

▪ **Stockage existant :** 1500 m<sup>3</sup>

Un réservoir de capacité 1500 m<sup>3</sup> sera projeté afin de renforcer le stockage existant.

➤ **Détermination de la capacité du réservoir de Baba Hassen :**

La capacité du réservoir de Baba Hassen est déterminée moyennant la méthode analytique, voir le tableau ci-après :

**Tableau N° III-7 : Détermination de la capacité du réservoir de Baba Hassen**

Heures	Consommation %	Refoulement %	Arrivée au réservoir	Départ Du réservoir	Reste
0 – 1	1,5	4,17	2,67		8,83
1 – 2	1,5	4,17	2,67		11,50
2 – 3	1,5	4,17	2,67		14,17
3 – 4	1,5	4,17	2,67		16,83
4 – 5	2,5	4,17	1,67		18,50
5 – 6	3,5	4,17	0,67		19,17
6 – 7	4,5	4,17		0,33	18,83
7 – 8	5,5	4,17		1,33	17,50
8 – 9	6,25	4,17		2,08	15,42
9 – 10	6,25	4,17		2,08	13,33
10 – 11	6,25	4,17		2,08	11,25
11 – 12	6,25	4,17		2,08	9,17
12 – 13	5	4,17		0,83	8,33
13 – 14	5	4,17		0,83	7,50
14 – 15	5,5	4,17		1,33	6,17
15 – 16	6	4,17		1,83	4,33
16 – 17	6	4,17		1,83	2,50
17 – 18	5,5	4,17		1,33	1,17
18 – 19	5	4,17		0,83	0,33
19 – 20	4,5	4,17		0,33	0
20 – 21	4	4,17	0,17		0,17
21 – 22	3	4,17	1,17		1,33
22 – 23	2	4,17	2,17		3,50
23 – 24	1,5	4,17	2,67		6,17
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0</b>		

▪ **Volume résiduel :**

$$V_r = \frac{(19,17) \times 13505,45}{100} = 2588,6 \text{ m}^3$$

▪ **Volume total :**

$$V_t = 2588,6 + 120 = 2708,6 \text{ m}^3$$

▪ **Volume normalisé : 3000 m<sup>3</sup>**

▪ **Stockage existant : 2000 m<sup>3</sup>**

Un réservoir de capacité 1000 m<sup>3</sup> sera projeté afin de renforcer le stockage existant.

➤ **Détermination de la capacité du réservoir de Ouled Fayet :**

La capacité du réservoir de Ouled Fayet est déterminée moyennant la méthode analytique, voir le tableau ci-après :

**Tableau N° III-8 : Détermination de la capacité du réservoir de Ouled Fayet**

Heures	Consommation %	Refoulement %	Arrivée au réservoir	Départ Du réservoir	Reste
0 – 1	3	4,17	1,17		-0,30
1 – 2	3,2	4,17	0,97		0,67
2 – 3	2,5	4,17	1,67		2,33
3 – 4	2,6	4,17	1,57		3,90
4 – 5	3,5	4,17	0,67		4,57
5 – 6	4,1	4,17	0,07		4,63
6 – 7	4,5	4,17		0,33	4,30
7 – 8	4,9	4,17		0,73	3,57
8 – 9	4,9	4,17		0,73	2,83
9 – 10	5,6	4,17		1,43	1,40
10 – 11	4,8	4,17		0,63	0,77
11 – 12	4,7	4,17		0,53	0,23
12 – 13	4,4	4,17		0,23	0,00
13 – 14	4,1	4,17	0,07		0,07
14 – 15	4,2	4,17		0,03	0,03
15 – 16	4,4	4,17		0,23	-0,20
16 – 17	4,3	4,17		0,13	-0,33
17 – 18	4,1	4,17	0,07		-0,27
18 – 19	4,5	4,17		0,33	-0,60
19 – 20	4,5	4,17		0,33	-0,93
20 – 21	4,5	4,17		0,33	-1,27
21 – 22	4,8	4,17		0,63	-1,90
22 – 23	4,6	4,17		0,43	-2,33
23 – 24	3,3	4,17	0,87		-1,47
<b>Total</b>	100	100	0		

▪ **Volume résiduel :**

$$V_r = \frac{(|4,63| + |-2,33|) \times 23576,5}{100} = 1641,7 \text{ m}^3$$

▪ **Volume total :**

$$V_t = 1641,7 + 120 = 1761,7 \text{ m}^3$$

▪ **Volume normalisé : 2 000 m<sup>3</sup>**

▪ **Stockage existant : 4 000 m<sup>3</sup>**

Le stockage existant est suffisant.

➤ **Détermination de la capacité du réservoir de Douera :**

La capacité du réservoir de Douera est déterminée moyennant la méthode analytique, voir le tableau ci-après :

**Tableau N° III-9 : Détermination de la capacité du réservoir de Douera**

Heures	Consommation %	Refoulement %	Arrivée au réservoir	Départ Du réservoir	Reste
0 – 1	3,35	4,17	0,82		0,98
1 – 2	3,25	4,17	0,92		1,90
2 – 3	3,3	4,17	0,87		2,77
3 – 4	3,2	4,17	0,97		3,73
4 – 5	3,25	4,17	0,92		4,65
5 – 6	3,4	4,17	0,77		5,42
6 – 7	3,85	4,17	0,32		5,73
7 – 8	4,45	4,17		0,28	5,45
8 – 9	5,2	4,17		1,03	4,42
9 – 10	5,05	4,17		0,88	3,53
10 – 11	4,85	4,17		0,68	2,85
11 – 12	4,6	4,17		0,43	2,42
12 – 13	4,6	4,17		0,43	1,98
13 – 14	4,55	4,17		0,38	1,60
14 – 15	4,75	4,17		0,58	1,02
15 – 16	4,7	4,17		0,53	0,48
16 – 17	4,65	4,17		0,48	0,00
17 – 18	4,35	4,17		0,18	-0,18
18 – 19	4,4	4,17		0,23	-0,42
19 – 20	4,3	4,17		0,13	-0,55
20 – 21	4,3	4,17		0,13	-0,68
21 – 22	4,2	4,17		0,03	-0,72
22 – 23	3,75	4,17	0,42		-0,30
23 – 24	3,7	4,17	0,47		0,17
<b>Total</b>	100	100			

▪ **Volume résiduel :**

$$V_r = \frac{(|5,73| + |-0,72|) \times 31663,52}{100} = 2042,3 \text{ m}^3$$

▪ **Volume total :**

$$V_t = 2042,3 + 120 = 2162,3 \text{ m}^3$$

▪ **Volume normalisé : 2200 m<sup>3</sup>**

▪ **Stockage existant : 6000 m<sup>3</sup>**

Le stockage existant est suffisant.

### III.6.5. Dimensionnement des réservoirs d'alimentation projetés :

Les réservoirs d'alimentation projetés seront de forme circulaire. La hauteur d'eau dans ces réservoirs se situe en 3 et 6 m et peut atteindre les 7m à 8m en cas de grands volumes.

➤ **Diamètre de la cuve :**

$$\text{On a : } s = \frac{V}{h} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$\text{D'où } D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \times h}}$$

S : Section du réservoir (m<sup>2</sup>)

V : Volume du réservoir (m<sup>3</sup>)

D : Diamètre de la cuve (m)

.h : hauteur optimale d'eau (m)      avec :  $\frac{h}{D} = 0,7$

➤ **Hauteur totale du réservoir :**

Au-dessus du plan d'eau, il est essentiel d'aménager un matelas d'air d'une hauteur variant de 0,25 à 1 m.

$$H = h + R$$

H : hauteur totale du réservoir (m)

R : hauteur du matelas d'air prise égale à 0,5 m

➤ **Hauteur de la réserve d'incendie :**

La hauteur de la réserve d'incendie est donnée par la formule :

$$h \text{ inc} = \frac{V \text{ inc}}{S}$$

Le volume d'incendie est fixé à V inc = 120 m<sup>3</sup>

➤ **Dimensions des réservoirs projetés :**

**Tableau N° III-10** : Récapitulatif des dimensions des réservoirs projetés

Réservoir	Capacité	h (m)	H (m)	D (m)	S ( m <sup>2</sup> )	h inc (m)
Complexe Mahelma	1400	4,93	5,44	19	283,5	0,4
Complexe sidi Abdellah	2600	4,9	5,4	26	531	0,2
Rv Baba Hassen	1000	5	5,5	16	201,06	0,6
RV Souidania	1500	4,8	5,3	20	314,2	0,4

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons déterminé la capacité ainsi que les dimensions des réservoirs de stockage, en prenant en compte les besoins croissants en eau et les exigences de durabilité. Nous projetons un réservoir rectangulaire pour le stockage des eaux traitées du complexe 'Sahel', avec quatre réservoirs circulaires pour combler le volume de stockage existant.

## **Chapitre IV : Etude de l'adduction**

## Introduction

Les systèmes d'adduction permettent d'acheminer l'eau du point de captage jusqu'au point de stockage, en vue d'être distribuée. En pratique, ces deux points peuvent être situés à des distances considérables, nécessitant ainsi des infrastructures diverses. Dans le présent chapitre, nous réaliserons une étude de ces infrastructures afin d'assurer leurs performances optimales.

### IV.1. Choix du tracé :

Dans le cadre d'une étude de transfert d'eau potable, le choix du tracé est une étape cruciale afin de mener à bien le projet.

Le tracé doit satisfaire les conditions suivantes :

- Privilégier le chemin le plus direct possible entre la source et le réservoir d'accumulation.
- Emprunter de préférence l'accotement des routes et chemins existants.
- Eviter autant que possible les propriétés privées afin de réduire les expropriations
- Réduire au maximum le nombre de traversées de routes, de rivières ou d'autres infrastructures.
- Minimiser les changements de directions
- Eviter les contre pentes
- Eviter les zones boisées et les zones densément urbanisées.

#### IV.1.1. Présentation des variantes du tracé : Tronçon SDEM Fouka 2 - Complexe SAHEL

##### ➤ Variante N°01 :

La première variante consiste à projeter une conduite vers l'Est vers le complexe Sahel suivant la route nationale N11 jusqu'à la traversée d'oued Mazafran, puis continue à travers une piste (à proximité de l'oued) . La conduite se poursuit à travers la forêt, arrivant au complexe SAHEL, sur un linéaire d'environ 9,8 km.

➤ **Variante N°02 :**

La deuxième variante consiste à projeter une conduite vers l'Est suivant le couloir de servitude de la conduite existante DN 900 de l'ancienne SDEM Fouka 1 vers le complexe Sahel. Après avoir suivi la route nationale N11 jusqu'à la traversée de la Rocade Tipaza, elle traverse une partie de la ville de Douaouda pour rejoindre la route nationale N69 (à proximité de l'oued). La conduite continue ensuite jusqu'à la traversée d'oued Mazafran, à proximité de la station d'épuration des eaux usées Zeralda, et continue à travers la forêt sur des pistes arrivant au complexe SAHEL sur un linéaire d'environ 10,1 km.

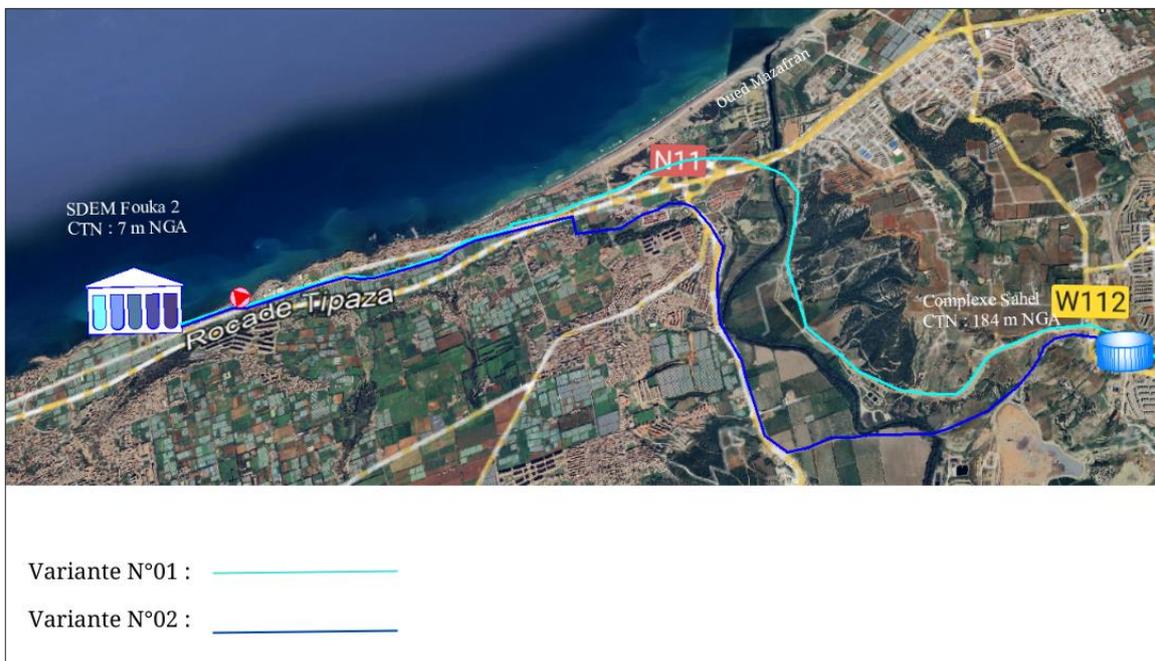


Figure IV-1 : Variantes du tronçon SDEM Fouka 2-Complexe Sahel

#### IV.1.2. Variante retenue :

La **variante N°01** est la variante retenue pour le projet d'adduction en raison de sa conformité aux critères essentiels de choix du tracé. Cette variante privilégie un chemin plus direct avec un linéaire de 9,8 Km. De plus, elle minimise les interactions avec les propriétés privées réduisant ainsi les besoins d'expropriation. Contrairement à la variante N°02, la première variante évite les zones densément urbanisées ce qui facilite la mise en œuvre et l'entretien.

## IV.2. Choix du matériau de canalisations

Le choix des matériaux pour canalisation tient compte d'un certain nombre de critères en l'occurrence :

- Contraintes extérieures/mécaniques,
  - Résistance des matériaux (résistance mécanique, rigidité annulaire),
  - Exigences (géométriques, hydrauliques, pression),
  - Durabilité du matériau,
  - Etanchéité (compatibilité inter matériaux),
  - Résistance à la corrosion (interne, externe),
  - Cout de fourniture et de pose de canalisation.
- **Analyse comparative des différents matériaux :**

Matériau	Avantages	Inconvénients
Acier	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Faibles exigences quant aux modes d'enrobage de la conduite grâce à son comportement rigide</li> <li>▪ Haute résistance aux UV</li> <li>▪ Résistance mécanique élevée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Risque d'Inertie chimique et électrique</li> <li>▪ Risque de corrosion au niveau des soudures</li> <li>▪ Risque de détérioration en milieu agressif</li> <li>▪ Nécessite une protection cathodique</li> </ul>
Fonte ductile	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bonne résistance à la corrosion.</li> <li>▪ Longue durée de vie</li> <li>▪ Résistance mécanique élevée</li> <li>▪ Assemblage par emboitement simple et maîtrisable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sensibilité à la surcharge</li> <li>▪ Rugosité élevée</li> </ul>
PE-HD	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bonne flexibilité et ductilité</li> <li>▪ Bonne résistance à la corrosion</li> <li>▪ Faible rugosité</li> <li>▪ Inerte chimiquement</li> <li>▪ Bonne étanchéité grâce au mode de soudage par électro-fusion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sensibilité aux UV</li> <li>▪ Point de fusion relativement bas</li> </ul>
PVC	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plus léger que les tubes en acier et fonte.</li> <li>▪ Faible cout</li> <li>▪ Résistance à la corrosion</li> <li>▪ Facilité de pose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Important risque de rupture.</li> <li>▪ Non utilisé pour les grands diamètres.</li> <li>▪ Tolérance thermique limitée</li> </ul>

Pour notre projet d'adduction des eaux dessalées, notre choix se porte sur des conduites en fonte ductile, en raison de leurs fortes résistances à la corrosion et leurs durabilités.

### IV.3. Types d'adductions :

Dans les systèmes d'adduction, on distingue deux types d'écoulements [7] :

- Les écoulements à surface libre (canaux d'amenée à ciel ouverts et aqueducs fermés)
- Les écoulements en charge.

En fonction de ces caractéristiques et selon les contraintes topographiques, les systèmes d'adductions sont classés de la manière suivante :

➤ **Adduction gravitaire [7] :**

La source d'eau se situe à une altitude supérieure à celle de l'ouvrage d'arrivée, permettant à l'eau de s'écouler par gravité. Cet écoulement peut se faire en charge ou à surface libre.

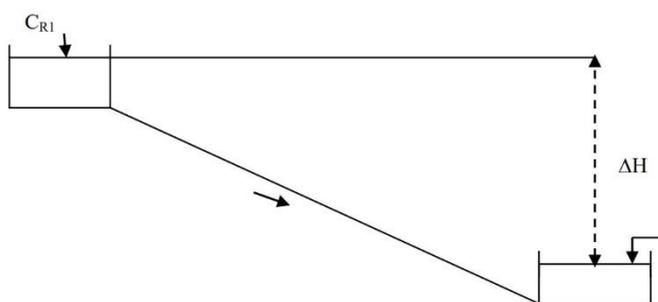


Figure IV-2 : Schéma d'une adduction gravitaire [7]

➤ **Adduction par refoulement [7]:**

La source est située à une altitude inférieure à celle de l'ouvrage de destination. Pour transporter l'eau, il est donc nécessaire d'installer un système de pompage.

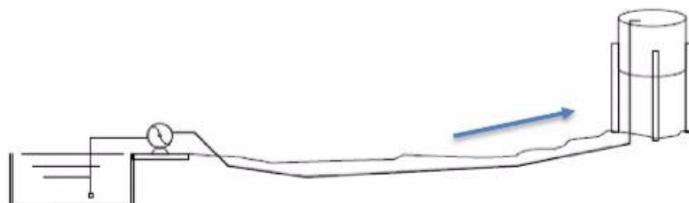


Figure IV-3 : Schéma d'une adduction par refoulement [17]

➤ **Adduction mixte [7]:**

Dans certains cas, les conditions topographiques nécessitent une adduction mixte, l'eau est d'abord acheminée par gravité ou par refoulement vers un ouvrage intermédiaire, puis sera ensuite refoulée ou envoyée gravitairement vers le réservoir principal.

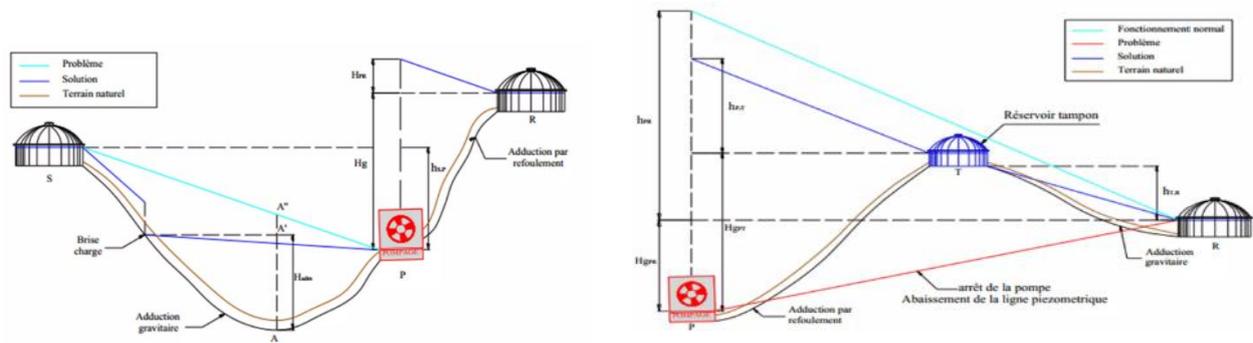


Figure IV-4 : Schéma d'adductions mixtes [18]

## IV.4. Calculs Hydrauliques :

### IV.4.1. Dimensionnement des conduites de refoulement :

Dans le cas d'une adduction par refoulement, il est plus judicieux de déterminer un diamètre optimal. En effet, pour un débit donné, plus le diamètre de la conduite de refoulement est petit, plus la perte de charge sera importante, plus la puissance de la pompe augmente et par conséquent l'énergie dépensée sera importante.

En contrepartie, plus le diamètre de la conduite est petit, plus les frais d'investissement de les conduites diminuent.

On doit donc calculer un diamètre économique résultant d'un compromis entre :

- Les frais d'investissement de la conduite

Et :

- Les frais d'exploitation de la station de pompage.

### IV.4.1.1. Calcul du diamètre économique :

Il existe un certain nombre de formules pour le calcul du diamètre économique [4]:

➤ **Formule de Bresse :**

$$D \text{ éc} = 1,5\sqrt{Q} \quad (\text{IV-1})$$

➤ **Formule de Bonin :**

$$D \text{ éc} = \sqrt{Q} \quad (\text{IV-2})$$

➤ **Formule de Vibert :**

$$D \text{ éc} = 1,547 \left(\frac{\sigma}{f}\right)^{0,154} \times Q^{0,46} \quad (\text{pompage continu}) \quad (\text{IV-3})$$

$$D \text{ éc} = 1,35 \left(\frac{\sigma}{f}\right)^{0,154} \times Q^{0,46} \quad (10 \text{ heures de pompage}) \quad (\text{IV-4})$$

Avec :

$f$ : Prix du Kg de fonte

$\sigma$  : Prix du Kwh

➤ **Formule de Munier :**

$$D \text{ éc} = (1 + 0,02n)\sqrt{Q} \quad (\text{IV-5})$$

Tel que :  $n$  - désigne le nombre d'heures de pompage.

➤ **Cas d'une conduite de refoulement avec plusieurs tronçons :**

Dans le cas d'une conduite de refoulement avec plusieurs tronçons le calcul du diamètre économique se fait par la formule suivante [4]:

$$D \text{ éc} = E^{\frac{1}{\alpha+m}} C_j^{\frac{\beta}{\alpha+m}} Q_j^{\frac{\beta+1}{\alpha+m}} \quad (\text{IV-6})$$

Tel que :

$C_j$  : coefficient exprimant le rapport du débit du tronçon considéré sur le débit du tronçon de tête : tel que :  $Q_j = C_j \times Q_1$

Avec :

$Q_j$  ; Débit du tronçon considéré

Q1 : Débit du tronçon de tête

E : désigne le facteur économique donné par la relation suivante :

$$E = 10M \sigma \gamma \quad (IV-7)$$

Avec :

$\sigma$  : Prix du Kwh

$\gamma$  : coefficient dépendant de l'irrégularité de la consommation et du régime de travail de la station de pompage donné par la relation suivante :

$$\gamma = \frac{1}{(K.K_j.K_h)} \quad (IV-8)$$

Tel que :

$K$  : Coefficient d'augmentation annuelle de la consommation d'eau variant de 1.03 à 1.04)

$K_j$  : Coefficient de variation journalière de la consommation variant de 1.1 à 1.3

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

$M$  : Facteur tenant compte du type de matériau de la canalisation

**Tableau N° IV-1** : Coefficient M selon le type de matériau

Matériau	Coefficient M
Acier	0.92
Fonte	0.43
Plastique	0.13

**Tableau N° IV-2** : Valeurs des coefficients  $\alpha$ ,  $m$  et  $\beta$  selon le matériau

Matériau	$\alpha$	$m$	$\beta$
Acier	1.4	5.1 ÷ 5.3	1.9 ÷ 2
Fonte	1.6	5.1 ÷ 5.3	1.9 ÷ 2
Plastique	1.95	4.774	1.77

#### IV.4.1.2. Etude technico-économique [4] :

Afin de déterminer le diamètre économique normalisé, il est nécessaire d'effectuer une étude technico-économique basée sur les paramètres suivants :

➤ **Hauteur manométrique totale :**

$$HMT = H_g + \sum \Delta H \quad (IV-9)$$

$H_g$  : Hauteur géométrique entre le niveau du plan d'aspiration et le plan de refoulement (m)

$\sum \Delta H$  : Somme des pertes de charge linéaires et singulières (m)

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

$$\sum \Delta H = 1,1 \Delta h_p^{lin} \quad (IV-10)$$

$\Delta h_p^{lin}$  : Pertes de charges linéaires (m)

$$\Delta h_p^{lin} = \frac{8\lambda L Q^\beta}{\pi^2 g D^m} \quad (\text{Formule de DARCY - WEISBACH}) \quad (IV-11)$$

$Q$  : Débit à refouler ( m<sup>3</sup>/s)

$\beta$  : Exposant tenant compte du régime d'écoulement

$m$  : Exposant tenant compte du type de matériau

$L$  : Longueur géométrique de la conduite

$\lambda$  : Coefficient de frottement dépendant de la rugosité de la paroi interne de la conduite et du régime d'écoulement :

$$\lambda = \left( 1.14 - 0.86 \ln \frac{\varepsilon}{D} \right)^{-2} \quad (\text{Formule de NIKURADZE}) \quad (IV-12)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7 D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{Formule de COLEBROOK}) \quad (IV-13)$$

Avec

$Re$  : Nombre de Reynolds donnée par :

$$Re = \frac{v D}{\nu} \quad (IV-14)$$

V : Vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s)

D : Diamètre de la conduite (m)

$\nu$  : Viscosité cinématique de l'eau ( $\nu = 1,29 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s)

$\varepsilon$  : Rugosité absolue de la conduite ( $\varepsilon = 0,1$  mm pour la fonte)

➤ **Puissance absorbée par la pompe :**

$$P = \frac{\rho g H_{mt} Q}{\eta} \quad (W) \quad (IV-15)$$

H<sub>mt</sub> : Hauteur manométrique totale (m)

Q : Débit à refouler (m<sup>3</sup>/s)

$\eta$  : Rendement de la station de pompage

g : pesanteur

➤ **Energie consommée par la pompe :**

$$E = P \times t \times 365 \quad (Kwh) \quad (IV-16)$$

E : energie consommée pendant une année ( Kwh)

P : Puissance absorbée de la pompe ( Kw)

T : temps de pompage par jour ( heure)

➤ **Frais d'exploitation :**

$$F_{exp} = E \times \sigma \quad (IV-17)$$

E : Energie consommée en une année (KWh)

$\sigma$ : Prix unitaire du Kwh imposé par SONELGAZ (DA)

Les tarifs considérés sont les tarifs heures pleine-pointe-nuit, réservés aux gros consommateurs professionnels :

Horaires	Nbr d'heures (h)	Prix du Kwh (DA/Kwh)
Heures pleines 6h-17h, 21h-22h30	12,5	2,16
Heures de pointes 17h-21h	4	8,11
Heures de nuit 22h30-6h	7,5	1,2

(Source : Commission de régulation de l'électricité et du gaz CREG)

➤ **Frais d'amortissement :**

Les frais d'amortissement de la conduite de refoulement sont déterminés par la relation suivante :

$$F_{am} = Pu \times L \times A \quad (\text{DA}) \quad (\text{IV-18})$$

Pu : Prix unitaire du mètre linéaire

L : Longueur de la conduite

A : Amortissement annuel, donné par la formule suivante :

$$A = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i \quad (\text{IV-19})$$

Avec

i : Taux d'annuité annuel ; i=8%

N : durée de l'amortissement n =30 ans

$$A = \frac{0.08}{(1 + 0.08)^{30} - 1} + 0.08 = 9\%$$

#### **IV.4.1.3. Dimensionnement du tronçon SDEM Fouka2 – Complexe Sahel :**

La conduite de refoulement du tronçon SDEM-Complexe Sahel consiste à refouler l'eau dessalée à partir de la station de pompage de la SDEM située à une altitude de 8,36 mNGA vers le réservoir de stockage 2x20 000 du complexe Sahel de cote de trop plein 188 mNGA .

Le temps de fonctionnement de la station de pompage de la SDEM est de t = 20heures.

Le prix du Kwh est donc déterminer par :

$$\sigma = \frac{12,5 \times 2,16 + 7,5 \times 1,2}{20h} = 1,8 \text{ DA/Kwh}$$

➤ **Calcul du diamètre économique :**

▪ **Frais d'exploitation :**

Commençons par évaluer la hauteur manométrique comme le montre le tableau suivant :

**Tableau N° IV-3 :** Calcul de la HMT du tronçon :

<b>DN (mm)</b>	<b>Vitesse (m/s)</b>	<b>Longueur (m)</b>	<b><math>\lambda</math></b>	<b><math>\Delta h_R^{lin}</math></b>	<b><math>\Delta Ht</math></b>	<b>Hg</b>	<b>HMT</b>
800	5,53	9766,62	0,03	596,09	655,70	179,64	835,34
900	4,37	9766,62	0,03	323,09	355,40	179,64	535,04
1000	3,54	9766,62	0,02	124,53	136,99	179,64	316,63
1200	2,46	9766,62	0,0125	30,16	33,18	179,64	212,82
1400	1,8	9766,62	0,0123	13,31	14,65	179,64	194,29
1500	1,57	9766,62	0,0123	9,3	10,23	179,64	189,87
1600	1,38	9766,62	0,0122	6,59	7,25	179,64	186,89
1800	1,09	9766,62	0,0122	3,57	3,93	179,64	183,57

Tableau N° IV-4 : Calcul des frais d'exploitation :

<b>DN (mm)</b>	<b>HMT (m)</b>	<b>P (KWH)</b>	<b>E = P x T</b>	<b>Prix du KWH [DA]</b>	<b>Frais d'exploitation (DA)</b>
800	835,34	32518,67	284863567	1,8	512 754 420,6 DA
900	535,04	20828,22	182455164,5	1,8	328 419 296,1 DA
1000	316,63	12325,88	107974744,3	1,8	194 354 539,7 DA
1200	212,82	8284,61	72573210,77	1,8	130 631 779,4 DA
1400	194,29	7563,24	66253996,82	1,8	119 257 194,27 DA
1500	189,87	7391,38	64748447,81	1,8	116 547 206,05 DA
1600	186,89	7275,52	63733589,86	1,8	114 720 461,75 DA
1800	183,57	7146,19	62600620,44	1,8	112 681 116,79 DA

▪ **Frais d'investissement**

Commençons par calculer les frais dus à l'amortissement comme le montre le tableau suivant :

**Tableau N° IV-5 : Calcul des frais d'investissement :**

<b>DN (mm)</b>	<b>Prix du ML ( DA)</b>	<b>Longueur (m)</b>	<b>A%</b>	<b>Frais d'amortissement (DA)</b>	<b>Frais d'investissement</b>
800	31 722,86 DA	9766,62	9%	27 884 260,70 DA	337 709 379,64 DA
900	35 668,40 DA	9766,62	9%	31 352 373,79 DA	379 712 082,60 DA
1000	39 613,94 DA	9766,62	9%	34 820 486,88 DA	421 714 785,56 DA
1200	47 498,50 DA	9766,62	9%	41 750 982,01 DA	505 650 782,08 DA
1400	55 388,50 DA	9766,62	9%	48 686 258,87 DA	589 644 690,74 DA
1500	59 344,82 DA	9766,62	9%	52 163 847,53 DA	631 762 153,44 DA
1600	63 716,16 DA	9766,62	9%	56 006 237,03 DA	678 297 759,61 DA
1800	71 930,68 DA	9766,62	9%	63 226 765,61 DA	765 746 383,51 DA

Tableau N° IV-6 : Bilan des frais

DN (mm)	Frais d'investissement (DA)	Frais d'exploitation (DA)	Total (DA)
800	337 709 379,64 DA	512 754 420,56 DA	850 463 800,19 DA
900	379 712 082,60 DA	328 419 296,15 DA	708 131 378,75 DA
1000	421 714 785,56 DA	194 354 539,71 DA	616 069 325,28 DA
1200	505 650 782,08 DA	130 631 779,39 DA	636 282 561,47 DA
1400	589 644 690,74	119 257 194,27	708 901 885,01 DA
1500	631 762 153,44	116 547 206,05	748 309 359,49 DA
1600	678 297 759,61	114 720 461,75	793 018 221,36 DA
1800	765 746 383,51	112 681 116,79	878 427 500,30 DA

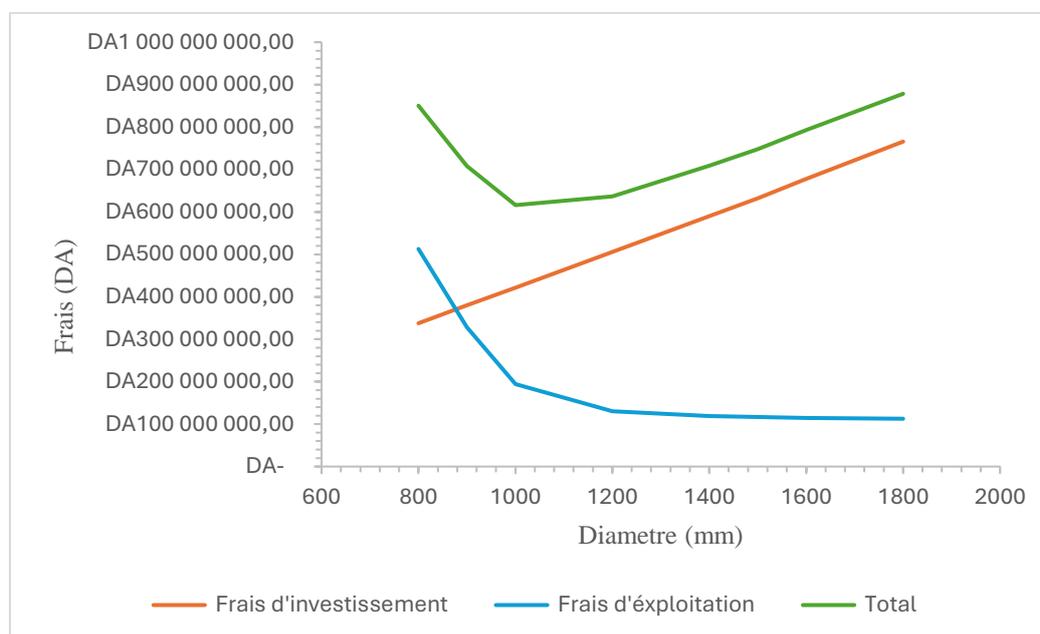


Figure IV-5 : Bilan des frais

Le Diamètre optimal pour le tronçon SP SDEM-Complexe SAHEL, répondant aux critères techniques et économiques est de **1400 mm** avec : une vitesse de **V= 1,8 m/s** , une **HMT = 194,29 m** et pour un cout total de **708 901 885,01 DA** .

#### IV.4.1.4. Dimensionnement de l'adduction aval (Complexe Sahel – Rv Ouled Fayet) :

La conduite de refoulement à partir de la station de pompage SP sahel vers le réservoir d'Ouled Fayet est une conduite à plusieurs tronçons, compte tenu des multiples piquages sur la conduite.

Le temps de fonctionnement de la station de pompage SP Sahel est de  $t = 24$  heures /24h

➤ **Calcul du diamètre économique de chaque tronçon :**

- Le prix du KWh est donc calculé par la formule :

$$\sigma = \frac{12,5 \times 2,16 + 4 \times 8,11 + 7,5 \times 1,2}{24h} = 2,85 \text{ DA/Kwh}$$

- Calcul du facteur économique E :

$$\gamma = \frac{1}{(1,04 \times 1,2 \times 1,6)} = 0,5$$

$$E = 10 \times 0,43 \times 2,85 \times 0,5 = 6,13$$

Pour des conduites en fonte on a les coefficients :  $\alpha = 1,6$  ;  $\beta = 2$  ;  $m = 5,2$

$$D'ou : \quad D \text{ éc} = 1,3 \text{ Cj}^{0,3} Q^{0,44}$$

**Tableau N° IV-7 : Diamètres des différents tronçons de refoulement**

Tronçon	Désignation	L (m)	Q Tronçon (m3/s)	DN (mm)	V (m/s)
1_2	SP Sahel – Piquage Mahelma	2543,7	2,15	1800	0,84
2_3	Piquage Mahelma – Piquage Sidi Abdellah	1324,2	1,7	1600	0,85
3_4	Piquage Sidi Abdellah – Piquage Rahmania	2501,3	1,18	1500	0,67
4_5	Piquage Rahmania – Piquage Douera	3015,2	0,96	1400	0,62
5_6	Piquage Douera – Piquage Souidania	663,0	0,59	1200	0,53
6_7	Piquage Souidania – Piquage Baba Hassen	1347,6	0,43	1000	0,55
7_8	Piquage Baba Hassen – Rv Ouled Fayet	2514,9	0,27	800	0,54

➤ **Calcul de la hauteur manométrique totale de la conduite de refoulement :**

**Tableau N° IV-8 :** Calcul des pertes de charge des tronçons de refoulement

Tronçon	L (m)	Q Tronçon (m <sup>3</sup> /s)	DN (mm)	V (m/s)	Re	$\lambda$	$\Delta H_t$ (m)
1_2	2543,7	2,15	1800	0,84	1177747,69	0,0125	0,62
2_3	1324,2	1,70	1600	0,85	1051607,83	0,0126	0,4
3_4	2501,3	1,18	1500	0,67	779619,29	0,0126	0,5
4_5	3015,2	0,96	1400	0,62	677734,02	0,0133	0,6
5_6	663,0	0,59	1200	0,53	489260,97	0,014	0,12
6_7	1347,6	0,43	1000	0,55	423612,94	0,014	0,32
7_8	2514,9	0,27	800	0,54	336663,41	0,015	0,81

On a :

$$HMT = H_g + \sum \Delta H$$

Tel que :

$$\sum \Delta H = 3,32$$

$H_g$  : La hauteur géométrique entre le Complexe Sahel (179mNGA) et le RV Ouled Fayet (265mNA) .

$$H_g = 86 \text{ m}$$

$$HMT = 86 + 3,32 = 89,32 \text{ m}$$

#### IV.4.2. Dimensionnement des conduites gravitaire :

Dans le cas des conduites gravitaire, on considère le diamètre le plus avantageux déterminé comme suit :

Selon le régime d'écoulement et le matériau de la canalisation, la perte de charge totale est donnée par la relation de Darcy Weisbach [4] :

$$\Delta H_T = \frac{K' L Q^\beta}{D^m} \quad (\text{IV-20})$$

$$D_{cal} = \sqrt[m]{\frac{K' L_{eq} Q^\beta}{\Delta H_T}} \quad (\text{IV-21})$$

Avec :

$L_{eq}$  : Longueur équivalente de la conduite gravitaire

Les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charges linéaires ;  $L_{eq} = 10\% L_g$

**Tableau N° IV-9 : Coefficients  $K'$ ,  $m$ ,  $\beta$  des différents matériaux**

Matériau	$K'$	$m$	$\beta$
Acier	0.00179 à 0.001735	5.1 ÷ 5.3	1.9 ÷ 2
Fonte	0.00179 à 0.001735	5.1 ÷ 5.3	1.9 ÷ 2
Plastique	0.001052	4.774	1.77

##### ➤ Dimensionnement des tronçons gravitaires :

Les conduites gravitaires représentent les tronçons reliant les piquages sur la conduite de refoulement aux réservoirs. Il est donc nécessaire de calculer la charge disponible entre le point de piquage et le réservoir afin de calculer le diamètre avantageux.

La charge disponible est calculée par la formule :

$$H_d = C_{p \text{ piquage}} - C_{TPRV} \quad (\text{IV-22})$$

$C_{TPRV}$  : Cote du trop-plein du réservoir

$C_{p \text{ piquage}}$  : Cote piézométrique au point de piquage tel que :

$$C_{p \text{ piquage}} = C_{p \text{ amont}} - \Delta H \quad (\text{IV-23})$$

Tableau N° IV-10 : Calcul de la charge disponible

Tronçon	Désignation	L (m)	Cp (m)	CTP (m)	H <sub>disp</sub> (m)
2 - 9	Piquage Mahelma – Rv Mahelma	213,5	272,7	207	65,7
3 - 10	Piquage Sidi Abdellah – Rv Sidi Abdellah	302,9	272,32	214	58,32
4 - 11	Piquage Rahmania – Rv Rahmania	273	271,83	203,5	68,33
5 - 12	Piquage Douera – Rv Douera	4479,56	271,25	232,5	38,75
6 -13	Piquage Souidania – Rv Souidania	1820,35	271,13	183	88,13
7_ - 14	Piquage Baba Hassen – Rv Baba Hassen	2688,82	270,82	220	50,81

Tableau N° IV-11 : Calcul du diamètre avantageux

Tronçon	Désignation	H <sub>disp</sub> (m)	Leq (m)	DN (m)	V (m/s) (m)
2 - 9	Piquage Mahelma – Rv Mahelma	65,7	234,9	600	1,57
3 - 10	Piquage Sidi Abdellah – Rv Sidi Abdellah	58,32	333,2	700	1,35
4 - 11	Piquage Rahmania – Rv Ramaania	68,33	300,3	500	1,14
5 - 12	Piquage Douera – Rv Douera	38,75	4927,5	600	1,3
6 -13	Piquage Souidania – Rv Souidania	88,13	2002,4	400	1,32
7- 14	Piquage Baba Hassen – Rv Baba Hassen	50,81	2957,7	400	1,24

### IV.4.3. Simulation par logiciel EPANET :

Les résultats après simulations sur le logiciel EPANET sont montrés sur la figure ci-dessous et à travers les tableaux suivants :

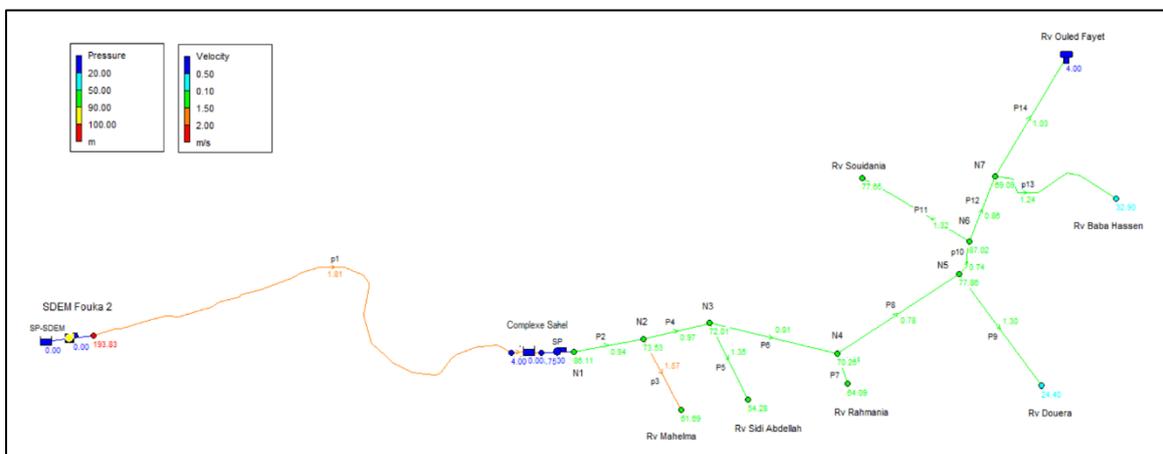


Figure IV-6 : Résultats de la simulation EPANET

Tableau N° IV-12 : Etat des nœuds du réseau d'adduction

Noeud	Elévation (m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
<b>SDEM Fouka2</b>	8.36	-2802.55	202.19	193.83
<b>RV Complexe Sahel</b>	188	397.39	188	0
<b>N1</b>	184	/	270.11	86.11
<b>N2</b>	195.81	/	269.34	73.53
<b>Rv Mahelma</b>	207	443.13	268.69	61.69
<b>N3</b>	196.83		268.85	72.01
<b>RV Sidi Abdellah</b>	214	519	268.28	54.3
<b>N4</b>	197.9	/	268.14	70.26
<b>Rv Rahmania</b>	203.5	223.51	267.59	64.09
<b>N5</b>	189.4	/	267.27	77.9
<b>Rv Douera</b>	233.5	366.48	257.9	24.4
<b>N6</b>	180.05	/	267.06	87.02
<b>RV Souidania</b>	183	165.65	260.65	77.65
<b>N7</b>	197.3	/	266.4	69.09
<b>RV Baba Hassen</b>	225	156.31	257.9	32.9
<b>Rv Ouled Fayet</b>	260	515.32	264	4

Tableau N° IV-13 : Etat des arcs du réseau d'adduction

ID Arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Rugosité (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	Pertes de charge unit (m/km)	Pertes de charge (m)
P1	9766,62	1400	0,1	2802.55	1,81	1,45	14,17
P2	2543,7	1 800	0,1	2393.12	0,94	0,3	0,76
P3	213,5	600	0,1	443.13	1,57	3,02	0,64
P4	1324,2	1 600	0,1	1950	0,97	0,37	0,5
P5	302,9	700,	0,1	519.9	1,35	1,88	0,57
P6	2501,3	1 500	0,1	1430.09	0,81	0,28	0,70
P7	273,0	500	0,1	223.51	1,14	2,03	0,55
P8	3015,2	1 400	0,1	1206.58	0,78	0,29	0,87
P9	4479,6	600	0,1	366.48	1,3	2,09	9,36
P10	663,0	1 200	0,1	840.1	0,74	0,31	0,21
P11	1820,4	400	0,1	165.55	1,32	3,52	6,41
P12	1347,6	1 000	0,1	674.45	0,86	0,52	0,70
P13	2688,8	400	0,1	156.31	1,24	3,15	8,47
P14	2514,9	800	0,1	518.14	1,03	0,95	2,39

## Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons proposé le tracé d'adduction le plus approprié pour notre projet. Ce dernier est composé d'une partie gravitaire et d'une autre de refoulement constitué de conduites, avec des diamètres allant de 800 à 1800mm en fonte et sur un linéaire de 23,7 km.

La partie gravitaire est constituée de conduites ayant des diamètres allant de 400 mm à 700 mm et sur un linéaire de 9,8 km, Après simulation du système d'adduction avec le logiciel EPANET, nous concluons que les vitesses dans les conduites sont majoritairement acceptables (entre 0,5 et 2 m/s). Les pressions au niveau des trop-pleins des réservoirs sont également satisfaisantes. Par conséquent, le dimensionnement du système répond aux besoins.

## **Chapitre V : Etude du Pompage**

## **Introduction :**

L'étude de pompage est une étape clé dans les projets d'adduction d'eau potable. Elle englobe le choix des pompes appropriées, le dimensionnement des stations de pompage et l'optimisation des performances, afin d'assurer une distribution efficace et économique de l'eau.

### **V.1. Définition des pompes :**

Les pompes et station de pompage sont des composants essentiels dans un projet d'alimentation en eau potable. Leur rôle principal est de refouler l'eau d'un endroit vers un autre. En effet, une pompe transforme l'énergie cinétique, générée par la rotation de la roue entraînée par le moteur électrique, en énergie de pression. Cette conversion permet de propulser l'eau vers des altitudes plus élevées que celle du point de pompage initial.

### **V.2. Choix de l'emplacement de la station de pompage :**

Le choix de l'emplacement de la station de pompage se fait selon les critères suivants :

- Le site doit être géologiquement stable.
- Eviter les propriétés privées et les stations balnéaires.
- La distance minimale entre un aéroport et la station de pompage doit être de 30 Km.
- Tenir compte du plan d'eau d'aspiration
- Réduire les travaux de terrassement
- Prévoir un système de drainage pour la station de pompage
- Prévoir une élévation de la plateforme à l'entrée de la station de pompage au-dessus de la chaussée.
- Prévoir au moins un réseau électrique.
- Eviter les zones inondables.

### **V.3. Modes de couplages des pompes :**

Les pompes peuvent être couplées de différentes manières en fonction de l'objectif recherché :

#### **Couplage en Série :**

Il est préférable d'utiliser des roues de pompes en série. Ce type de couplage est utilisé dans le but d'augmenter la hauteur d'élévation des pompes.

**En parallèle :**

- Chaque conduite de refoulement aboutit à un collecteur de refoulement commun
- Le débit total du collecteur commun est la somme des débits de chaque pompe

Ce type de couplage est utilisé dans le but d'augmenter le débit refoulé par les pompes

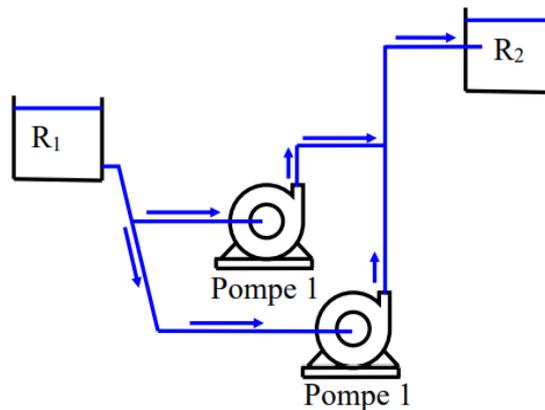


Figure V-1 : Couplage de pompes en parallèle [8]

#### V.4. Choix du nombre et type de pompes :

##### V.4.1. Critères de choix du nombre et type de pompes

Les critères de choix du nombre et type de pompes sont les suivants :

- Assurer l'élévation du débit appelé  $Q_{app}$  et la hauteur manométrique totale HMT
- Rendement maximal.
- Puissance absorbée minimale
- Vitesse de rotation  $N$  élevée
- Charge nette d'aspiration requise (NPSH)<sub>r</sub> minimale
- Encombrement réduit
- La pompe doit être fabriquée à la chaîne
- Nombre minimal de pompes

##### V.4.2. Refoulement SP SDEM Fouka 2 – Complexe Sahel :

La station de pompage située au niveau de la nouvelle station de dessalement Fouka 2 est destinée à refouler les eaux dessalées vers les Réservoirs 2x20 000 m<sup>3</sup> du Complexe Sahel.

La pompe choisie doit refouler pour un temps de pompage de 20h/24 un débit total

De 2777,78 l/s soit 10 000 m<sup>3</sup>/h sur une hauteur manométrique totale de **194,29 m**.

➤ **Choix des pompes :**

Selon le catalogue de pompes KSB, on trouve les résultats suivants :

**Tableau N° V-1:** Caractéristiques selon le nombre de pompe

N	Q <sub>app</sub> (m <sup>3</sup> /h)	HMT (m)	Type de pompe	Q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /h)	HMT	η (%)	NPSH <sub>r</sub> (m)	N (tr/min)	P abs (Kw)	Ø Roue (mm)
1	10000	194,29	-			-	-	-	-	-
2	5000	194,29	-			-	-	-	-	-
3	3333,3	194,29	<b>CPKN 400-710</b>	<b>3400</b>	<b>220</b>	<b>83,5 %</b>	<b>12</b>	<b>1750</b>	<b>2400</b>	<b>720</b>

**Avec :**

**N :** nombre de pompe ;

**Q<sub>app</sub> :** le débit de la pompe

**HMT :** hauteur manométrique totale de la pompe ;

**η :** rendement de la pompe ;

**P abs :** la puissance absorbée par la pompe ;

**(NPSH)<sub>r</sub> :** « Net Positive Section Head » ou « charge net d'aspiration requise ».

A partir du tableau (V-1) On déduit que la variante de 3 pompes est celle qui assure le débit et la hauteur d'élévation appelés avec un rendement de 83,5%.

On opte dans ce cas pour un nombre de pompe de trois en plus d'une pompe de secours. Les quatre pompes sont identiques de type **KSB CPKN 400-710 (Ø720)**. Les pompes de type CPKN de KSB sont des pompes horizontales à volute, à joint perpendiculaire à l'axe, avec roue radiale, monoflux, monocellulaire. Voir la figure ci-après :



**Figure V-1 :** Pompe horizontale de type KSB CPKN

➤ Courbes caractéristiques de la pompe CPKN 400-710 :

Baureihe-Größe Type-Size Modèle CPKN 400-710 - HPK	Tipo Serie Tipo	Nenn Drehzahl Nom. speed Vitesse nom.	Velocità di rotazione nom. Nominal toerental Revoluciones nom.	Laufrad-ø Impeller Dia. Diamètre de roue	ø Girante ø Waaijer ø Rodete	 KSB Aktiengesellschaft Postfach 1361 91253 Pegnitz Bahnhofplatz 1 91257 Pegnitz
Projekt Project Projet	Progetto Projekt Proyecto	Angebots-Nr. Project No. No. de l'offre	Offerta-No. Offerta-No. Offerta-No.	Pos.-Nr. Item No. No. de pos.	Pos.-Nr. Positierv. Pos.-Nr.	

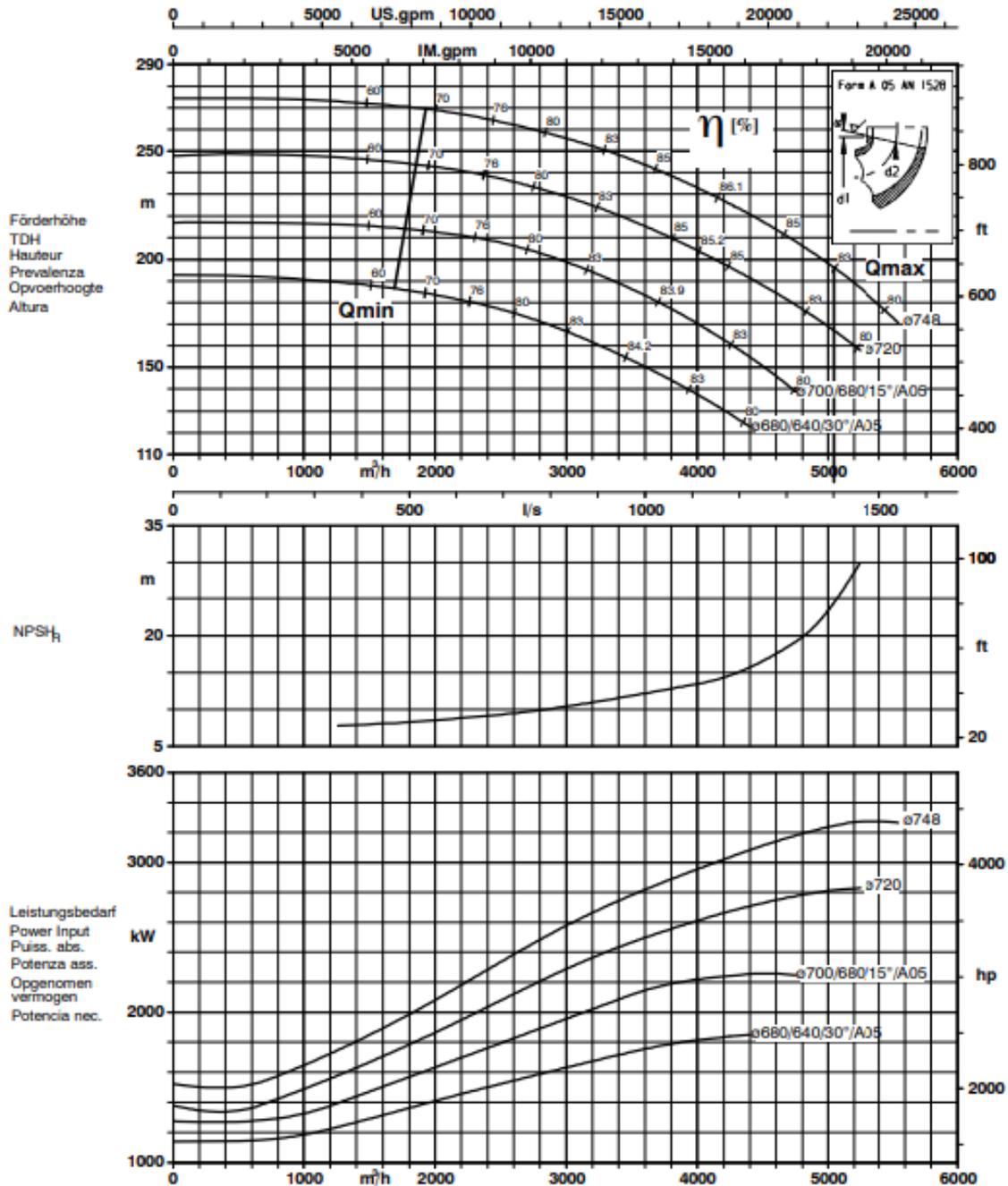


Figure V-2 : Courbes caractéristiques de la pompe de SP SDEM Fouka2

### V.4.3. Refoulement SP-SAHEL vers le système aval

La deuxième partie de l'adduction consiste à refouler l'eau à partir de la station de pompage du complexe Sahel jusqu'au réservoir Ouled Fayet. La pompe choisie doit refouler pour un temps de pompage de 24h/24 un débit total de  $2\ 147,85\ \text{l/s}$  soit  $7\ 732,27\ \text{m}^3/\text{h}$  sur une hauteur manométrique totale de  $89,32\ \text{m}$ .

➤ **Choix des pompes :**

Selon le catalogue de pompes KSB, on trouve les résultats suivants :

**Tableau N° V-2 : Caractéristiques selon le nombre de pompe :**

N	Qapp (m <sup>3</sup> /h)	HMT (m)	Type de pompe	Qp (m <sup>3</sup> /h)	HMT	η (%)	NPSHr (m)	N (tr/min)	P abs (Kw)	Ø Roue (mm)
1	7 732,27	89,32	-	-		-	-	-	-	
2	3 866,13	89,32	-	-		-	-	-	-	
3	2 577,42	89,32	<b>CPKN 350-500</b>	<b>2600</b>	<b>95</b>	<b>84%</b>	<b>12,6</b>	<b>1750</b>	<b>800</b>	<b>504</b>
4	1 933,07	89,32	CPKN 350-500	2100	90	80%	11	1750	650	500

A partir du tableau (V-2) On déduit que la variante de 3 pompes est celle qui correspond au débit appelé avec un rendement de 84 %.

On opte dans ce cas pour un nombre de pompe de 3 plus 1 pompes de secours.

Les 4 pompes sont identiques de type **KSB CPKN 360-500 (φ 504)**.

➤ Courbes caractéristiques de la pompe CPKN 350-500

Baureihe-Größe Type-Size Modèle CPKN 350-500 - HPK	Tipo Serie Tipo	Nennrehzahl Nom. speed Vitesse nom.	Velocità di rotazione nom. Nominaal toerental Revoluciones nom.	Laufrad-ø Impeller Dia. Diamètre de roue	ø Garantie ø Waaler ø Rodete	 KSB Aktiengesellschaft Postfach 1361 91253 Pegnitz Bahnhofplatz 1 91257 Pegnitz
Projekt Project Projet	Progetto Projekt Proyecto	Angebots-Nr. Project No. No. de l'offre	Offerten-Nr. Offerentr. Oferta-No.	Pos.-Nr. Item No. No. de pos.	Pos.-Nr. Positentr. Pos.-Nr.	

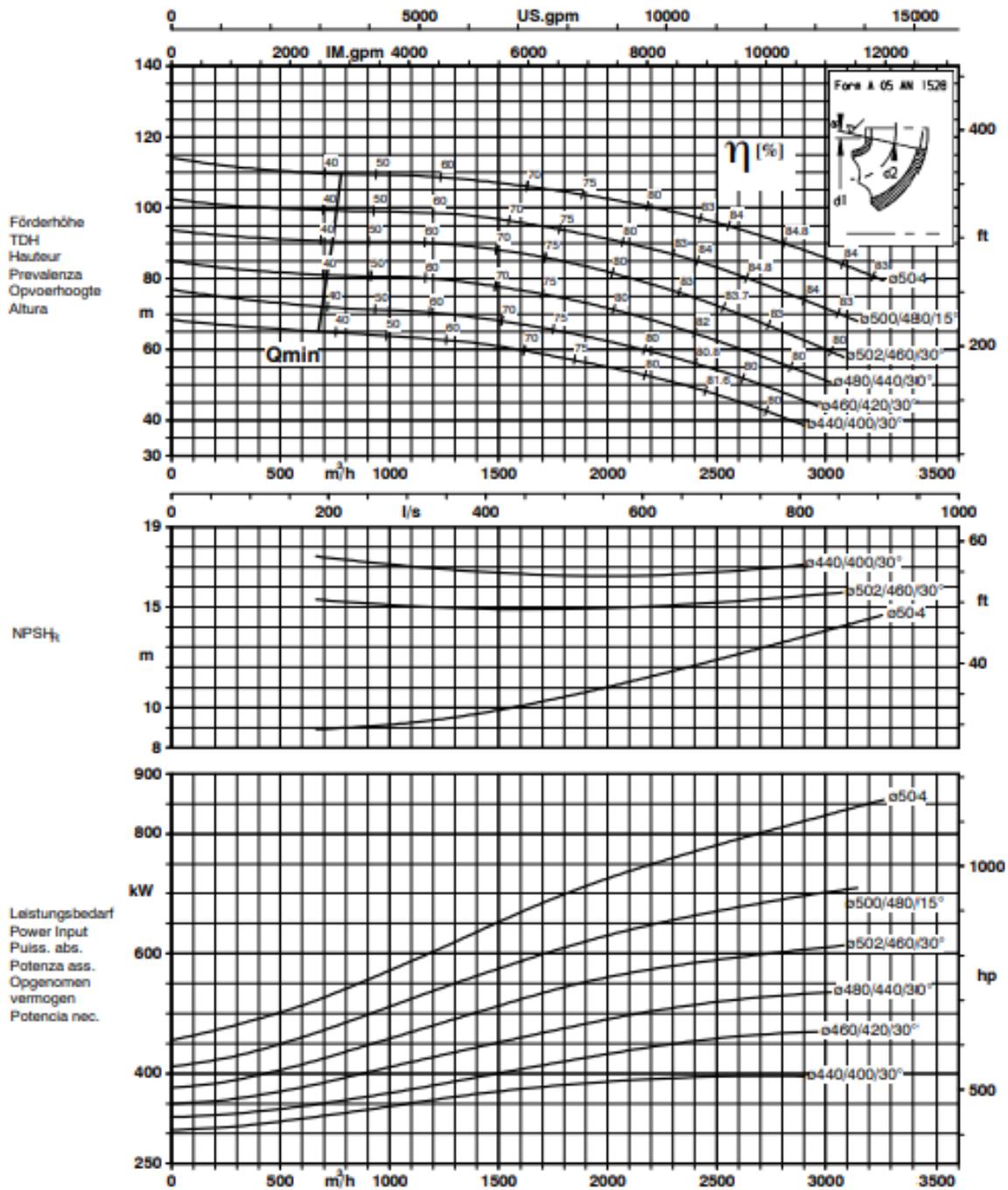


Figure V-3 : Courbes caractéristiques de la pompe de SP SAHEL

## V.5. Etude du point de fonctionnement de la pompe :

Le point de fonctionnement d'une pompe est le point où la courbe caractéristique [Hp-Q], de la pompe (débit-hauteur manométrique) intersecte la courbe caractéristique [Hc-Q] de la conduite de refoulement. La détermination du point de fonctionnement est particulièrement importante lors du couplage de plusieurs pompes en série ou en parallèle. Dans ce cas, il faut tracer la courbe caractéristique résultante du montage pour identifier le point de fonctionnement.

### V.5.1. Les modes de réglage [8] :

Il existe en pratique trois modes de réglage :

➤ **Le rognage :**

Cela consiste à réduire le diamètre extérieur de la roue de la pompe ( $D_2$ ) tout en maintenant la même vitesse de rotation de la roue ( $n$  constante) et la même distance entre les deux flasques ( $b_2$  constante) :

On a les lois de similitudes suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H}{H_{app}} = \lambda^2 k^2 \quad (V-1) \\ \frac{Q}{Q_{app}} = \lambda^3 K = \frac{\pi D_2 b_2 V_{2r}}{\pi D_2' b_2' V_{2r'}} \quad (V-2) \end{array} \right.$$

Avec :

$$\lambda = \frac{D_{r'}}{D_r} = \frac{b_{r'}}{b_r} \quad (\text{échelle géométrique}) \quad (V-3)$$

$$\frac{V_{2r}}{V_{2r'}} = \lambda K \quad (\text{similitude cinématique}) \quad (V-4)$$

Selon les lois de similitudes on aura :

$$\frac{H}{H_{app}} = \frac{Q}{Q_{app}} \quad (V-5)$$

$$\Rightarrow \mathbf{H = AQ} \quad (V-6)$$

Cette dernière est dite équation de la droite de rognage, avec :  $A = \frac{H_{app}}{Q_{app}}$

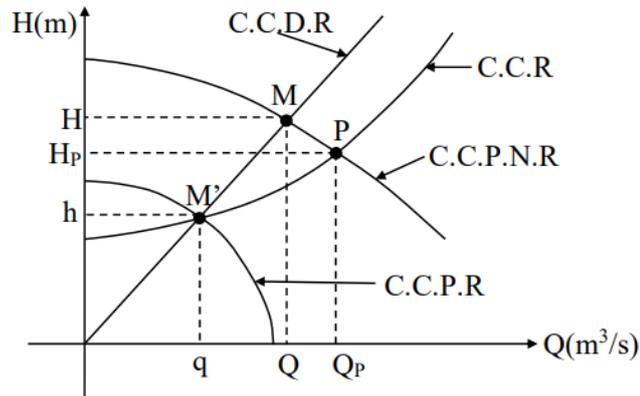


Figure V-4 : Réglage du point de fonctionnement par rognage [8]

Posons  $D_2=D$  et  $D_2'=d$  ; Le diamètre de la roue après rognage est donné par :

$$\frac{Q}{q} = \left(\frac{D}{d}\right)^2 \Rightarrow \mathbf{d=D \sqrt{\frac{q}{Q}}} \quad (\text{V-7})$$

Tel que  $d$  est le diamètre de la roue après rognage.

**a) Coefficient de rognage :**

Le coefficient de rognage,  $m$ , est le rapport des diamètres après et avant le rognage.

$$m = \frac{d}{D} \quad (\text{V-8})$$

Il est également le rapport de la racine carrée du débit demandé au débit calculé pour  $h=H_c$  c'est-à-dire au point d'intersection de la droite de rognage avec la courbe caractéristique de la conduite.

$$m = \sqrt{\frac{q}{Q}} \quad (\text{V-9})$$

**b) Rendement du rognage :**

Le rendement du rognage est déterminé en fonction du coefficient de rognage par l'expression suivante :

$$R = (1 - m) \cdot 100 \quad (\text{V-10})$$

➤ **Réglage qualitatif :**

Ce type de réglage intervient dans le cas où le débit appelé par le réseau est supérieur ou inférieur à celui garanti par la pompe au point de fonctionnement. Ce mode de réglage consiste à diminuer ou à augmenter la vitesse de rotation de la roue.

**a. Réduction de la vitesse de rotation :**

Ce mode réglage est basé sur la réduction de la vitesse de rotation de la roue entraînée par le moteur électrique en gardant le même diamètre extérieur de la roue.

▪ **Courbe de proportionnalité :**

Selon les lois de similitudes (V-1) et (V-2) :

On suppose  $\lambda \sim 1$

Et on fait varier la vitesse de rotation, avec :  $K = \frac{N}{n}$

Tel que :

$N$  : Vitesse initiale de rotation de la pompe

Et  $n$  : nouvelle vitesse de rotation de la pompe

Par conséquent on aura :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H}{H_{app}} = k^2 = \left( \frac{N}{n} \right)^2 \quad (V-11) \\ \frac{Q}{Q_{app}} = K = \frac{N}{n} \quad (V-12) \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \frac{H}{H_{app}} = \left[ \frac{Q}{Q_{app}} \right]^2 \quad (V-13)$$

$H = AQ^2$  représente l'équation de la courbe de proportionnalité tel que  $A = \frac{H_{app}}{Q_{app}^2}$

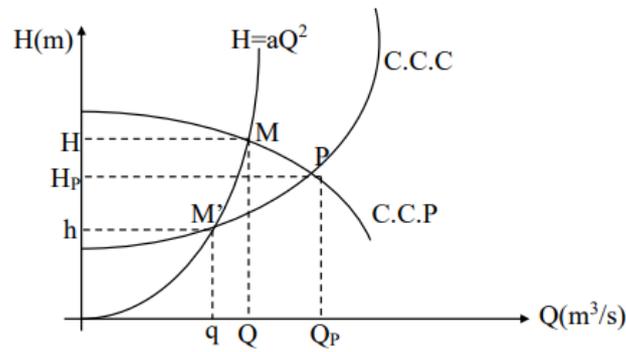


Figure V-5 : Réglage du point de fonctionnement par réduction de la vitesse [8]

Pour obtenir la vitesse de rotation réduite, nous aurons :

$$\frac{H}{H_{app}} = \frac{H}{h} = \left( \frac{N}{n} \right)^2 \quad (V-14)$$

$$\text{d'où } n = N \sqrt{\frac{h}{H}} \quad (V-15)$$

**b. Augmentation de la vitesse de rotation :**

Lorsque le débit appelé est supérieur au débit de la pompe au point de fonctionnement

( $Q_{app} > Q_P$ ), l'augmentation de la vitesse de rotation de la roue est une solution qui permet une élévation du débit pompé. La courbe de proportionnalité se présente comme suit :

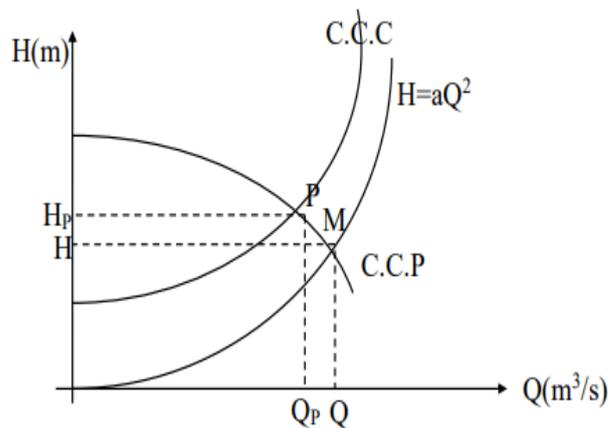


Figure V-6 : Réglage du point de fonctionnement par augmentation de la vitesse [8]

De la même manière, la vitesse de rotation est donnée par la relation ( V-15).

➤ **Réglage quantitatif :**

a. **Vannage :**

Le vannage consiste à la fermeture progressive de la vanne et donc l'ajout d'une perte de charge singulière qui relèvera la courbe caractéristique du réseau, ce qui portera le débit du point de fonctionnement au débit demandé par le réseau.

$$Hc' = Hc + hv \quad (V-16)$$

Tel que :

$H_v$  : Représente les pertes de charges singulières supplémentaire due au vannage

▪ **Rendement après vannage :**

$$\eta_{après} = \eta_{avant} + \frac{H_{app}}{H_{app} + h_v} \quad (V-17)$$

Avec :

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

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

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

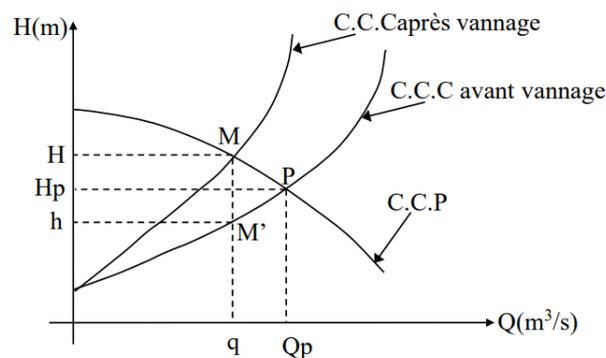


Figure V-7 : Réglage du point de fonctionnement par vannage [8]

**b. Réduction du temps de pompage :**

On calcule le volume horaire refoulé par la pompe, puis on utilise une règle de trois pour déterminer le temps total de pompage nécessaire pour satisfaire le volume journalier demandé.

### V.5.2. Etude du point de fonctionnement : Refoulement SP SDEM- Complexe Sahel

➤ **Elaboration de la courbe caractéristique de la conduite de refoulement :**

On a :

$$H_c = H_g + \Delta H_{\text{total}} \quad (\text{V-18})$$

Tel que :

$$\Delta H_{\text{total}} = (1,05 \text{ à } 1,1) RQ^2 \quad (\text{V-19})$$

Avec :

- R : coefficient de résistance de la conduite ;

$$R = \frac{8\lambda L}{\pi^2 g D^5} \quad (\text{V-20})$$

- D = D<sub>ref</sub> = D<sub>ec</sub> = 1400 mm
- L = L<sub>refoulement</sub> = 9766,62 m
- H<sub>g</sub> = 179,64 m
- λ : Coefficient de frottement ; λ = 0,012

$$\Rightarrow R = \frac{8 \times 0,012 \times 9766,62}{\pi^2 \times 9,81 \times 1,4^5} = 1,87$$

D'où :

$$H_c = 179,64 + 1,1 RQ^2 = 179,64 + 2,06Q^2 \quad (\text{V-21})$$

Tableau N° V-3 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement SP SDEM - Complexe Sahel

Q [m <sup>3</sup> /h]	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000
3Q [m <sup>3</sup> /h]	6000	6600	7200	7800	8400	9000	9600	10200	10800	11400	12000	12600	13200	13800	14400	15000
Hc [m]	180,3	180,4	180,6	180,7	180,9	181,1	181,3	181,5	181,7	181,9	182,2	182,4	182,7	183	183,3	183,6

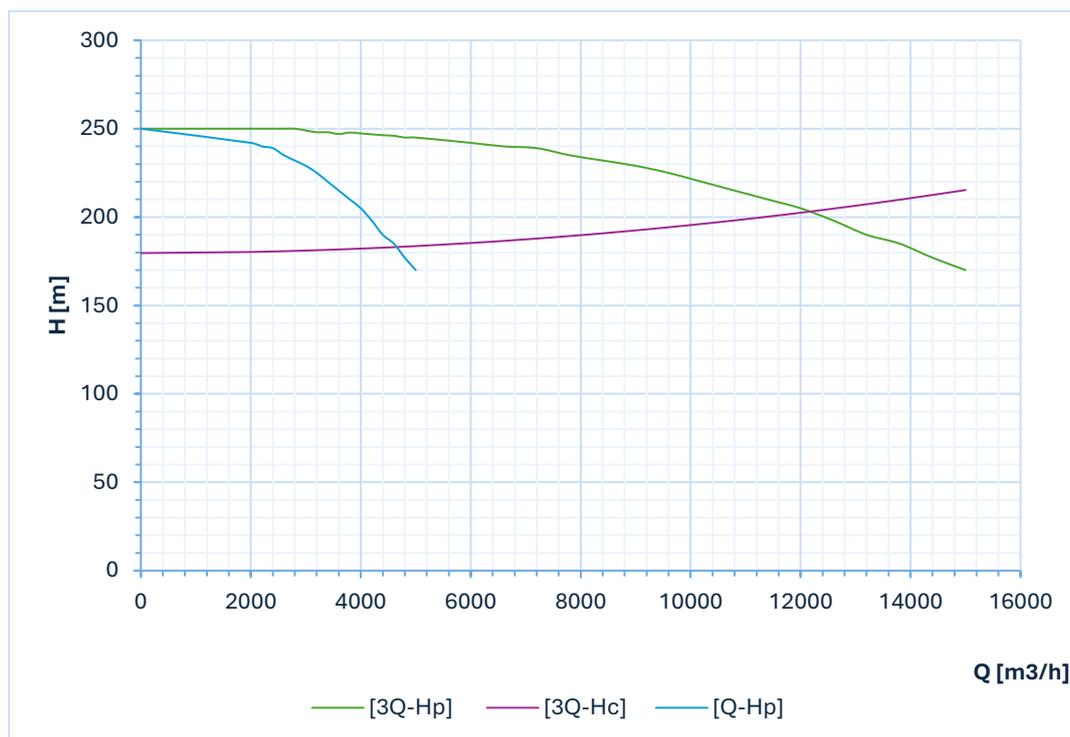


Figure V-8 : Point de fonctionnement de la pompe SP SDEM

Avec :

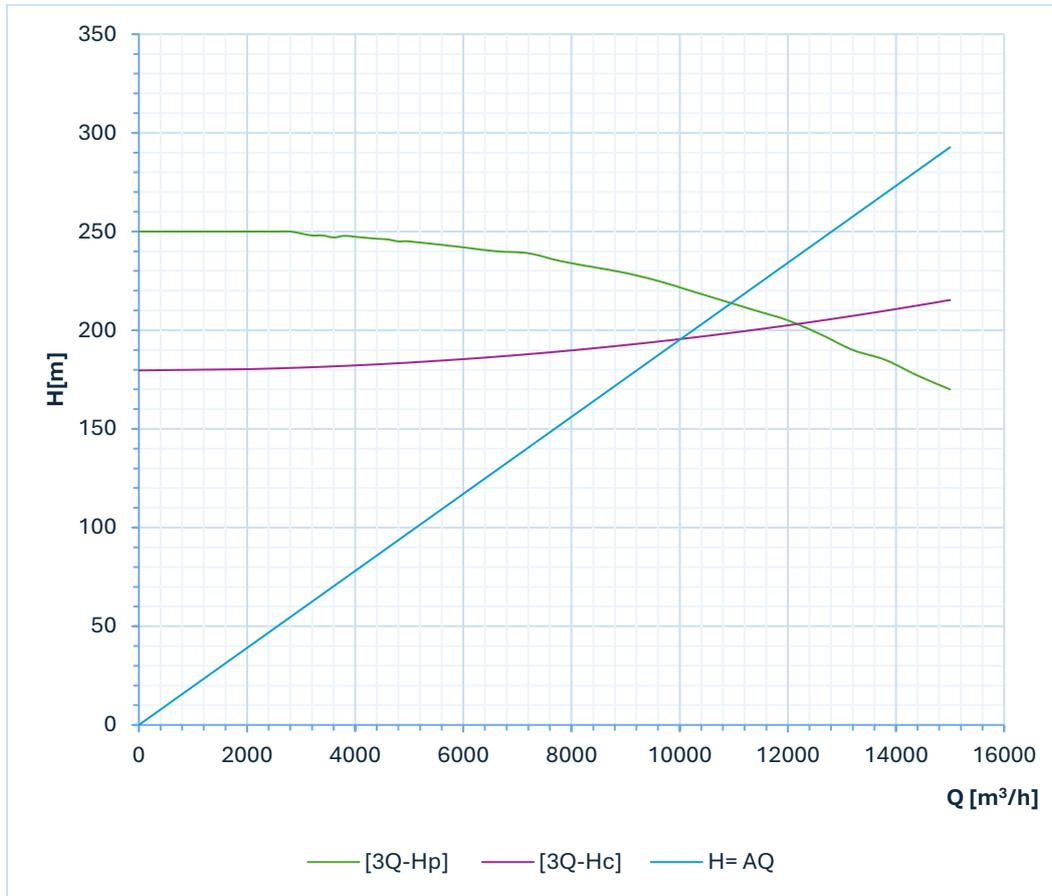
- [3Q - Hc ] : Courbe Caractéristique de la conduite de refoulement
- [3Q - Hc ] : Courbe Caractéristique de la conduite de refoulement
- [ Q- Hp ] ; [3Q- Hp] : Courbes caractéristiques de pompe
- Selon le graphique des courbes caractéristique, le débit du point de fonctionnement est de :

$$Q_{pf} = 12\,000 \text{ m}^3/\text{h}$$

On a  $Q_{appelé} = 10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  , un réglage est donc nécessaire

➤ **Adaptation de la pompe par rognage :**

L'équation de la droite de rognage est telle que :  $H = 0,02 Q$



*Figure V-9 : Adaptation du point de fonctionnement de la pompe SP SDEM*

$$d = D \sqrt{\frac{q}{Q}} \Rightarrow d = 720 \sqrt{\frac{10\,000}{10\,500}} = 702,65 \text{ mm}$$

▪ **Coefficient de rognage :**

$$M = \frac{d}{D} = \frac{702,65}{720} = 0,98$$

▪ **Rendement du rognage :**

$$R = (1 - m) \cdot 100 = 2 \%$$

Alors ce mode de réglage est une solution efficace.

### V.5.3. Etude du point de fonctionnement : Refoulement SP SAHEL – Adduction Aval

La conduite de refoulement de l'adduction aval présente plusieurs tronçons, par conséquent le calcul des pertes de charges total se fait comme suit :

$$\Delta H_{\text{total}} = (1,05 \text{ à } 1,1) RQ^2$$

Avec :

$$R = \sum R_i \text{ tel que } R_i = \frac{8\lambda_i L_i}{\pi^2 g D_i^5} \quad (\text{V-22})$$

Tel que :

$L_i$  : Longueur du tronçon de refoulement

$D_i$  : Diamètre du tronçon de refoulement

**Tableau N° V-4** : Calcul du coefficient de résistance des différents tronçons de la conduite de refoulement

Tronçon	L	D	$\lambda$	Ri
1_2	2543,7	1800	0,0123	0,14
2_3	1324,2	1600	0,0126	0,13
3_4	2501,3	1500	0,0126	0,34
4_5	3015,2	1400	0,0133	0,62
5_6	663	1200	0,014	0,31
6_7	1347,6	1000	0,014	1,56
7_8	2514,9	800	0,015	9,51

On a :  $R = \sum R_i = 12,6$

Pour une hauteur géométrique de  $H_g = 86 \text{ m}$

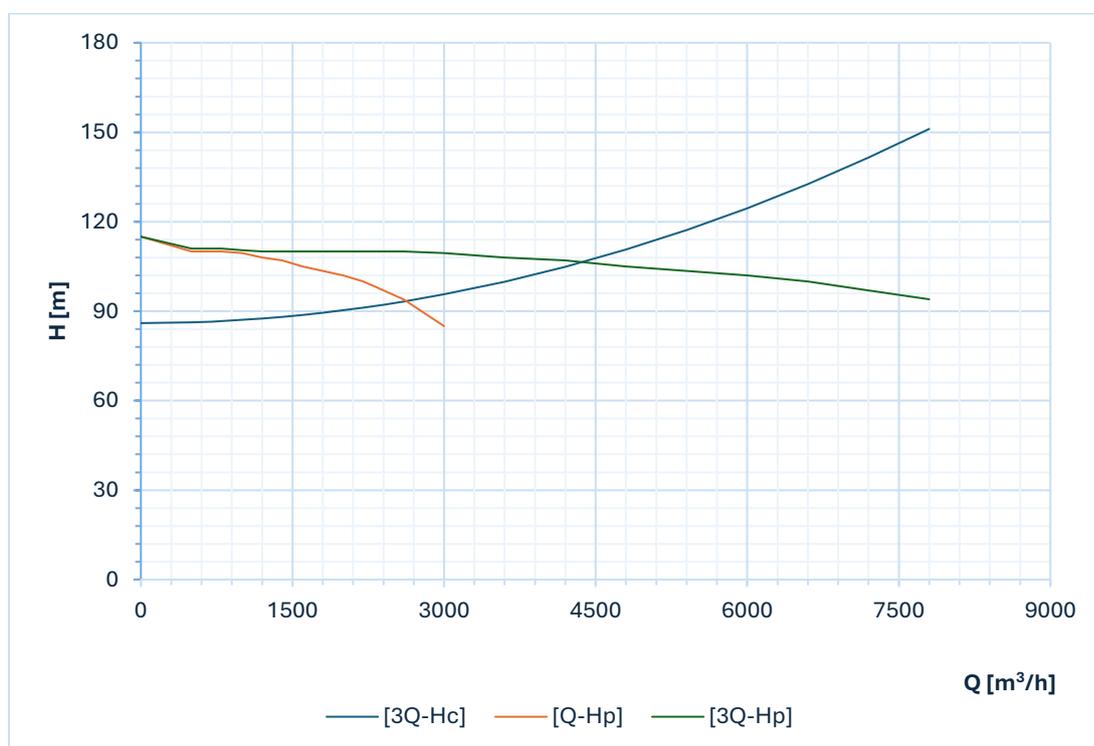
On a :

$$H_c = 86 + 1,1 RQ^2$$

$$\Rightarrow H_c = 86 + 13,86 Q^2$$

**Tableau N° V-5 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement SP SAHEL - RV Ouled Fayet**

<b>Q</b> <b>[m<sup>3</sup>/h]</b>	500	600	700	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600
<b>3Q</b> <b>[m<sup>3</sup>/h]</b>	1500	1800	2100	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200	7800
<b>Hc</b> <b>[m]</b>	86,27	86,39	86,52	86,68	87,07	87,54	88,10	88,74	89,47	90,28	91,18	92,16	93,23



**Figure V-10 : Point de fonctionnement de la pompe SP SAHEL**

Selon le graphique des courbes caractéristique, le débit du point de fonctionnement est de :

$$Q_{pf} = 4200 \text{ m}^3/\text{h} < Q_{appelé} = 7732,27 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le débit appelé est nettement supérieur au débit du point de fonctionnement, Il est donc nécessaire de régler le point de fonctionnement de la pompe à l'aide d'une des méthodes citées ci-dessus

➤ **Correction du point de fonctionnement par la méthode de variation de la vitesse :**

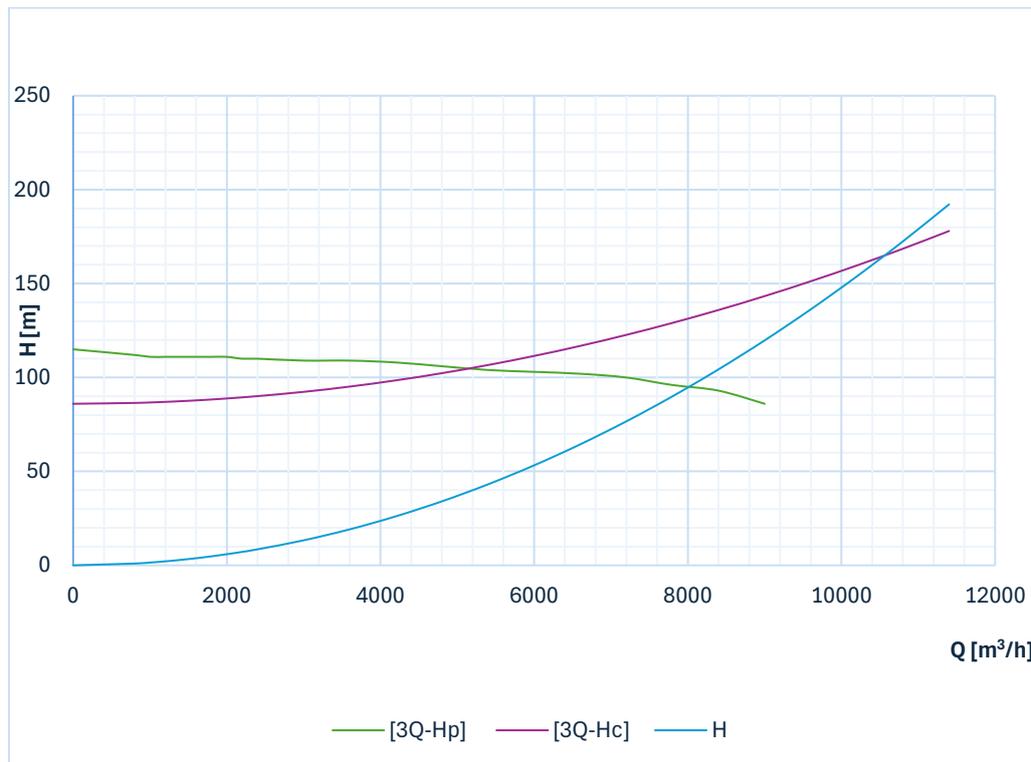
Selon les lois de similitudes on a :

$$H = \frac{H_{app}}{Q_{app}^2} Q^2$$

Tel que  $\mathbf{H} = \mathbf{A}Q^2$  représente l'équation de la courbe de proportionnalité

Avec :

$$A = \frac{H_{app}}{Q_{app}^2} = \frac{89,4}{7\,732,27^2} = 1,5 \times 10^{-6}$$



**Figure V-11** : Adaptation du point de fonctionnement de la pompe SP Sahel

➔ La nouvelle vitesse de rotation :  $n = N \sqrt{\frac{H_{app}}{H}} = 1750 \sqrt{\frac{172,45}{104,32}} = 2250 \text{ tr/min}$

## V.6. Etude de la cavitation :

### ➤ Définition du phénomène de cavitation :

La cavitation se produit lorsque la pression d'un liquide chute de manière significative, descendant en dessous de la pression de vapeur du liquide.



Figure V-12 : Corrosion et érosion de roues de pompes centrifuges par cavitation [9]

### ➤ Condition de non-cavitation :

Afin d'éviter le phénomène de cavitation, la pompe doit être installée à une cote en vérifiant la condition de non-cavitation [9]:

$$(NPSH)_d > (NPSH)_r$$

Avec :

- $(NPSH)_r$  : Charge nette d'aspiration requise
- $(NPSH)_d$ : Charge nette d'aspiration disponible
- $(NPSH)_d = (NPSH)_r + r$  ;  $r$  : marge de sécurité,  $r = (0,3 - 0,5)$  m.

Pour notre calcul, on prend :  $r = 0,3$  m

L'application de la condition de non-cavitation se fait selon le type d'installation [9]:

### Installation en aspiration

$$(NPSH)_d = \frac{P_{atm}}{\omega} - \frac{P_v}{\omega} - ha - \frac{V_{asp}^2}{2g} - \Delta H_{asp} \quad (V-23)$$

**Installation en charge :**

$$(\text{NPSH})_d = \frac{P_{atm}}{\omega} - \frac{P_v}{\omega} + ha - \frac{V_{asp}^2}{2g} - \Delta H_{asp} \quad (\text{V-24})$$

Avec :

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

$P_{atm}$  : Pression atmosphérique (mce)

$$\frac{P_{atm}}{\omega} = 10,33 - 0,00139 \times H \text{ [mce]} \quad (\text{V-25})$$

Avec :

$H$  : altitude de la station en (mNGA).

$\frac{P_v}{\omega} = 0,24 \text{ m}$  à  $20^\circ\text{C}$  ; tension de vapeur d'eau (mce)

➤ **Calcul de la hauteur d'aspiration admissible :**

Pour une pompe fonctionnant à une vitesse donnée, il existe une hauteur d'aspiration maximale qu'il est impératif de respecter. Dans notre cas, avec une installation en charge au niveau de la station de pompage, cette hauteur d'aspiration admissible est définie par la relation suivante [9]:

$$h_{asp}^{adm} = (\text{NPSH})_r + r - \frac{P_{atm}}{\omega} + \frac{P_v}{\omega} + \frac{V_{asp}^2}{2g} + \sum \Delta H_{asp} \quad (\text{V-26})$$

Tel que :

$$\Delta h_{asp} = (1,15 \text{ à } 1,2) \Delta_{asp}^{lin} \quad (\text{V-5})$$

$$\Delta_{asp}^{lin} = \frac{K' L_{asp} Q^\beta}{D_{asp}^m} = 0,001735 \times \left( \frac{L_c \times Q_{app}^2}{D_c^{5,2}} + \frac{l_a \times Q_a^2}{D_a^{5,2}} \right) \quad (\text{V-27})$$

Avec :

$L_c$  : Longueur du collecteur d'aspiration

$l_a$  : longueur de la conduite d'aspiration

$D_a$  : Diamètre de la conduite d'aspiration ;  $D_a \geq (1,2 ; 1,5) \text{ DN1}$

DN1 : diamètre de la tubulure d'aspiration

$Q_a$  : Débit refoulé par une seule pompe ( m<sup>3</sup>/s ) ;

$$Q_a = \frac{Q_{app}}{n} \quad (V-26)$$

$n$  : nombre de pompes en parallèles .

$D_c$  : Diamètre du collecteur d'aspiration ;

$$D_c = \sqrt{\frac{4 Q_{app}}{\pi V_c}} \quad (V-6)$$

$V_c$  : Vitesse d'écoulement dans le collecteur d'aspiration

### ➤ Calage de la pompe :

Le calage de la pompe consiste à déterminer la cote de l'axe de la pompe par rapport au niveau du plan d'eau à l'aspiration afin d'éviter le risque de cavitation

Pour une installation en charge [9] :

$$\nabla_{axe} = \nabla_{min} - h_{asp}^{adm} + S \quad (V-7)$$

Avec :

$\nabla_{axe}$  : Niveau de l'axe de la pompe (mNGA)

$S$  : marge de sécurité ;  $s = (0,1 - 0,3)$  m

$\nabla_{min}$  : Niveau minimal du plan d'eau d'aspiration

$$\nabla_{min} = C_p - H + H_{inc} \text{ (m)} \quad (V-8)$$

$C_p$  = Cote du plan d'eau dans le réservoir

$H$  : hauteur d'eau dans le réservoir

$H_{inc}$  : hauteur d'incendie

### V.6.1. Refoulement SP SDEM – Complexe Sahel :

On a :

- La charge nette d'aspiration :  $NPSH_r = 12\text{m}$
- La pression atmosphérique :  $P_{at} = 10,33 - 0,00139 \times 8,36 = 10,32 \text{ m c e}$
- La tension de vapeur d'eau à  $T = 20^\circ\text{C}$  est de  $T_v = 0,24 \text{ mce}$
- Le diamètre de la tubulure de la pompe est de  $DN_1 = 400 \text{ mm}$
- Le diamètre de la conduite d'aspiration est de  $Da = 1,5 DN_1 = 600\text{mm}$
- Débit appelé ;  $Q_{app} = 2,78 \text{ m}^3/\text{s}$
- Longueur de la conduite d'aspiration :  $l_c = 5 \text{ m}$
- Débit refoulé par une seule pompe ;  $Q_a = \frac{Q_{app}}{n} = \frac{2,78}{3} = 0,93 \text{ m}^3/\text{s}$
- La vitesse d'aspiration est de :  $V_{asp} = 3,29 \text{ m/s}$

D'où :

$$\Delta h_{asp}^{lin} = \frac{K'_{Lasp} Q^{\beta}}{D_{asp}^m} = 0,001735 \times \left( \frac{5 \times 0,93^2}{0,6^{5,2}} \right) = 0,107 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \Delta h_{asp} = 1,15 \Delta h_{asp}^{lin} = 0,12\text{m}$$

#### ➤ Calcul de la hauteur d'aspiration admissible

$$h_{asp}^{adm} = 12 + 0,3 - 10,32 + 0,24 + 0,55 + 0,12$$

$$\Rightarrow h_{asp}^{adm} = 2,89 \text{ m}$$

#### ➤ Calage de la pompe :

- Niveau minimum du plan d'eau d'aspiration :

$$\nabla_{min} = C_p - h + h_{inc} = 13,36 - 5 + 0,2 = 8,56 \text{ m NGA}$$

- La cote de l'axe de la pompe :

$$\nabla_{axe} = \nabla_{min} - h_{asp}^{adm} + S = 8,56 - 2,89 + 0,3 = 5,97 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \nabla_{axe} = 5,97 \text{ m}$$

### V.6.2. Refoulement SP SAHEL – Rv Ouled Fayet :

On a :

- La charge nette d'aspiration :  $NPSH_r = 12,6 \text{ m}$
- La pression atmosphérique :  $P_{at} = 10,33 - 0,00139 \times 184 = 10,07 \text{ m c e}$
- La tension de vapeur d'eau à  $T = 20^\circ\text{C}$  est de  $T_v = 0,24 \text{ m c e}$
- Le diamètre de la tubulure de la pompe est de  $DN1 = 350 \text{ mm}$
- Le diamètre de la conduite d'aspiration est de  $Da = 1,4 DN1 \approx 500 \text{ mm}$
- Longueur du collecteur d'aspiration :  $L_c = 235 \text{ m}$
- Longueur de la conduite d'aspiration :  $l_a = 3 \text{ m}$
- Débit appelé ;  $Q_{app} = 2,15 \text{ m}^3/\text{s}$
- Débit refoulé par une seule pompe ;  

$$Q_a = \frac{Q_{app}}{n} = \frac{2,15}{3} = 0,72 \text{ m}^3/\text{s}$$
- Diamètre du collecteur d'aspiration :

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \times 2,15}{\pi \times 1,5}} = 1,35 \text{ m} = 1400 \text{ mm}$$

$$V_{asp} = 1,4 \text{ m/s}$$

$$\Delta_{asp}^{lin} = \frac{K' L_{asp} Q^{\beta}}{D_{asp}^m} = 0,001735 \times \left( \frac{235 \times 2,15^2}{1,4^{5,2}} + \frac{3 \times 0,72^2}{0,5^{5,2}} \right) = 0,43 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \Delta h_{asp} = 1,15 \quad \Delta_{asp}^{lin} = 0,49 \text{ m}$$

#### ➤ Calcul de la hauteur d'aspiration admissible :

$$h_{asp}^{adm} = 12,6 + 0,3 - 10,07 + 0,24 + 0,1 + 0,49$$

$$\Rightarrow h_{asp}^{adm} = 3,66 \text{ m}$$

#### ➤ Calage de la pompe :

- Niveau minimum du plan d'eau d'aspiration :

$$V_{min} = C_p - h + h_{inc} = 188 - 10 + 0,44 = 178,44 \text{ mNGA}$$

- La cote de l'axe de la pompe :

$$V_{axe} = V_{min} - h_{asp}^{adm} + S = 178,44 - 3,66 + 0,3 = 175,08 \text{ mNGA}$$

$$\Rightarrow V_{axe} = 175,08 \text{ m}$$

## V.7. Choix du moteur électrique :

### V.7.1. Critères du choix d moteur électrique :

- Puissance absorbée minimale
- Position de l'arbre de transmission (pompe et moteur sur le même axe)
- La tension d'alimentation
- La vitesse de rotation du moteur
- La fréquence
- La puissance absorbée de la pompe

### V.7.2. La vitesse de rotation du moteur :

La vitesse de rotation du moteur est donnée par :

$$N_m = N_p \pm 200 \text{ tr/mn} \quad (\text{V-9})$$

Avec :

$N_m$  : vitesse de rotation du moteur (tr/mn)

$N_p$  : vitesse de rotation de la pompe (tr/mn)

### V.7.3. La puissance fournie par le moteur :

$$P_m = \frac{\omega \times Q_{app} \times HMT \times K}{n_p \times acc \times n_m} \quad (\text{w}) \quad (\text{V-10})$$

Avec :

$P_m$  : Puissance du moteur (W)

$\omega$  : Poids volumique de l'eau  $\omega = 9810 \text{ N/m}^3$

$Q_{app}$  : débit refoulé par une pompe

HMT : Hauteur manométrique totale

$n_p$ : rendement de la pompe

$n_{acc}$  : rendement de l'accouplement pris égale à  $n_{acc} = 0,9$

$n_m$  : rendement du moteur ( $n_m = 90\%$ )

K : Coefficient correcteur, en fonction de la puissance de la pompe :

P abs (Kw)	1-2	2-10	10-50	50-100	100-200	>200
K	2	1.3-2	1.2-1.3	1.1-1.2	0.5 – 1.1	1,05

Les résultats obtenus pour le choix du moteur sont :

**Tableau N° V-6 : Caractéristiques des moteurs électriques**

<b>Station de pompage</b>	SP SDEM Fouka 2	SP SAHEL
<b>Vitesse de rotation du moteur</b>	1950	2450
<b>Puissance du moteur (Kw)</b>	2659	937
<b>Puissance Normalisée (Kw)</b>	2680	1000

Par conséquent, les caractéristiques des moteurs choisis pour les stations de pompage sont les suivantes :

Pour la station de pompage du SDEM Fouka 2, le moteur sélectionné est un **SIMENS SIMOTICS HV M 1RA6, 1RA7**. Ce moteur fonctionne à une fréquence de 50 Hz, avec une puissance de 2680 kW et une vitesse de rotation de 2974 tours par minute. Il présente un rendement de 96,5 % et un poids de 5600 kg.

Pour la station de pompage du SAHEL, le moteur choisi est un **CANTONI Sh 500H2Bs**. Ce moteur opère également à une fréquence de 50 Hz, avec une puissance de 1000 kW et une vitesse de rotation de 2992 tours par minute. Son rendement est de 95,8 % et son poids est de 6200 kg.

### V.8. Calcul du volume de la bêche d'aspiration :

La bêche d'aspiration permet de maintenir un niveau d'eau constant et d'assurer que les pompes fonctionnent efficacement, en évitant les problèmes de cavitation.

Le calcul du volume utile de la bêche d'aspiration est donné par la formule suivante :

$$V_u = \frac{Q \left(\frac{1}{n}\right)}{4(N-1)} \quad (V-11)$$

Avec :

V : Volume utile de la bêche d'aspiration [m<sup>3</sup>]

N : nombre de pompes identiques (pompe de secours comprise)

n : nombre de démarrage par heure

Pour : P absorbée < 4 Kw => n=10

$$P_{abs} > 4 \text{ Kw} \Rightarrow n = 6$$

Q : Débit pompé [m<sup>3</sup>/h]

$$V_u = \frac{10\,000 \left(\frac{1}{6}\right)}{4(4-1)} = 138,89 = 140 \text{ m}^3$$

Les dimensions de la bêche d'aspiration sont :

**Tableau N° V-7 : Dimensions de la bêche d'aspiration de SP SDEM Fouka2**

Vu (m <sup>3</sup> )	S (m <sup>2</sup> )	D (m)	h	H
140	28,3	6	5	5,5

## V.9. Dimensionnement du bâtiment de la station de pompage :

### V.9.1. Choix du type de bâtiment :

Le type de bâtiment de la station de pompage dépend des conditions suivantes :

- Destination de la station de pompage.
- Type d'équipement principal et leur dimensionnement.
- Conditions naturelles (climat, relief, type de sol, stabilité.....)
- Matériaux de construction et leur disponibilité.
- Type d'assemblage ; Schéma de raccordement.

On distingue donc les types bâtiments suivants :

- Bloc
- Bêche sèche
- Bêche mouillée
- De Surface

### V.9.2. Hauteur du bâtiment :

On a :

$$H_b = h_5 + h_6 + h_7 + h_8 + h_9 \quad (V-12)$$

Avec :

- $h_5 = h_{\text{pompe}} + h_{\text{socle}} + h_{\text{reserve}}$
- $h_{\text{reserve}} = 0,5 \text{ m}$
- $h_{\text{socle}} = 0.3 \text{ à } 0.5 \text{ m}$
- $h_6 = 2.2 \text{ m}$  (hauteur réservée à l'homme)
- $h_7 = \text{hauteur du pont roulant}$
- $h_8 = 0.8 \text{ m}$  (hauteur profilée)
- $h_9 = 0.5 \text{ m}$  (hauteur de sécurité)

### V.9.3. Longueur du Bâtiment :

$$L_b = L_r + L_{pf} + L_{int} + n_p \times L_{GEP} + 2S \quad (V-13)$$

Avec :

- $L_r$  : largeur de l'armoire électrique
- $n_p$  : nombre de groupe électropompe
- $L_{GEP}$  = longueur moteur + pompe
- $L_{int}$  : distance entre deux groupes (0.8 à 1.2m)

Si  $U < 1000 \text{ Volts}$  ;  $L_{int} < 1 \text{ m}$

Si  $U > 1000 \text{ V}$  ;  $L_{int} > 1 \text{ m}$

- $s$  : épaisseur du mur

### V.9.4. Largeur du bâtiment :

La largeur du bâtiment B est donnée par la relation :

$$B = B_m + l_{\text{bureau}} + 1,2 \text{ m} \quad (V-14)$$

Tel que

$B_m$  : La largeur de la salle des machines :

$$B_m = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + 2S \quad (V-15)$$

Avec :

- $s$  : Epaisseur du mur
- $l_1$  : Distance entre mur et premier organe de la pompe, ( 20 à 30 cm)
- $l_2$  = Distance entre les tubulures
- $l_3$  : Longueur des accessoires d'aspiration,
- $l_4$  : Longueur des accessoires de refoulement,
- $l_3 + l_4 = l_{pompe} + l_{tr} + l_{tasp} + l_c + l_{div} + l_j$

Où :

$l_p$ : Longueur de la pompe,

$l_{tr}$  : Longueur de la tubulure de refoulement,

$$l_{tr} = 2 \times D_r$$

$l_{tasp}$  : Longueur de tubulure d'aspiration,

$$l_{tr} = 2 \times D_a.$$

$l_c$  : Longueur du convergent,

$$l_c = (3.5-4) (D_a - d_a)$$

$l_{div}$  : Longueur du divergent,

$$l_{div} = (3.5-4)(D_r - d_r)$$

#### Dimension de la plateforme de montage :

Longueur de la plateforme :  $L_{pf} =$  Largeur de la salle des machines =  $B_m$

Largeur de la plateforme de montage :  $B_{pf} = 1,5$  Distance entre les groupes

Tableau N° V-8 : Dimensions des stations de pompes projetées

Station de pompage	Hauteur du bâtiment Hb (m)	Longueur du bâtiment Lb (m)	Largeur de la salle des machines Bm (m)	Largeur du bâtiment B (m)	Longueur de la plateforme de montage Lpf (m)	Largeur de la plateforme de montage B pf (m)
SP SDEM Fouka2	6,6	13	5,9	7,12	5,9	1,2
SP SAHEL	6,4	12,1	5,12	6,3	5,12	1,2

### Conclusion :

D'après notre étude de pompage, nous avons sélectionné trois pompes centrifuges de type KSB CPKN 400-710 (plus une de secours) pour la station SP SDEM Fouka 2 et le même nombre de pompe de type KSB CPKN 350-500 pour la station SP Sahel.

Ces choix garantissent des débits et des hauteurs manométriques optimaux.

Pour un fonctionnement adéquat, nous avons ajusté la hauteur d'installation des pompes adapté les points de fonctionnement pour ces dernières. Les stations de pompage ont été dimensionnées en conséquence pour assurer une performance optimale.

## **Chapitre VI : Protection et pose des canalisations**

## Introduction

Ce chapitre aborde les techniques de pose des conduites, l'intégration des accessoires clés du réseau, ainsi que les méthodes de protection contre les coups de bélier et la corrosion. L'objectif est de concevoir un système d'approvisionnement d'eau potable durable, capable de résister aux contraintes environnementales et aux phénomènes hydrauliques

### VI.1. Protection des conduites contre le coup de bélier :

#### VI.1.1. Définition :

Le coup de bélier est un phénomène oscillatoire transitoire qui se manifeste dans les conduites en charge et qui se caractérise par des variations de pressions et de vitesses pouvant endommager sévèrement les conduites.

#### VI.1.2. Causes du coup de bélier :

Les principales causes du phénomène oscillatoire du coup de bélier sont :

- Arrêt brutal du pompage dans la conduite en charge de refoulement
- Démarrage du pompage dans les conduites en charge de refoulement
- Fermeture brusque d'une vanne de sectionnement.

#### VI.1.3. Les risques liés aux coups de bélier :

- Le coup de bélier risque d'engendrer une surpression dépassant la pression maximale admissible (PMA) de la conduite en charge, ce qui peut causer la fissuration de cette dernière et la dislocation des joints.
- La pression négative (Inférieure à -10mce) risque de causer une implosion de la conduite, l'aspiration des joints et une détérioration du revêtement intérieur.
- La succession des surpressions et des dépressions provoquent au long terme, la fatigue de la conduite

#### VI.1.4. Dispositifs de protection contre les coups de bélier :

- Les soupapes de décharges
- Les ventouses
- Cheminée d'équilibre
- Volant d'inertie

➤ Réservoir anti-bélier :

En plus de leurs rôles atténuation de la surpression et de la dépression, ces réservoirs contribuent également à l'alimentation de la veine liquide après arrêt du groupe électropompe grâce à une quantité d'eau qu'ils emmagasinent sous pression.

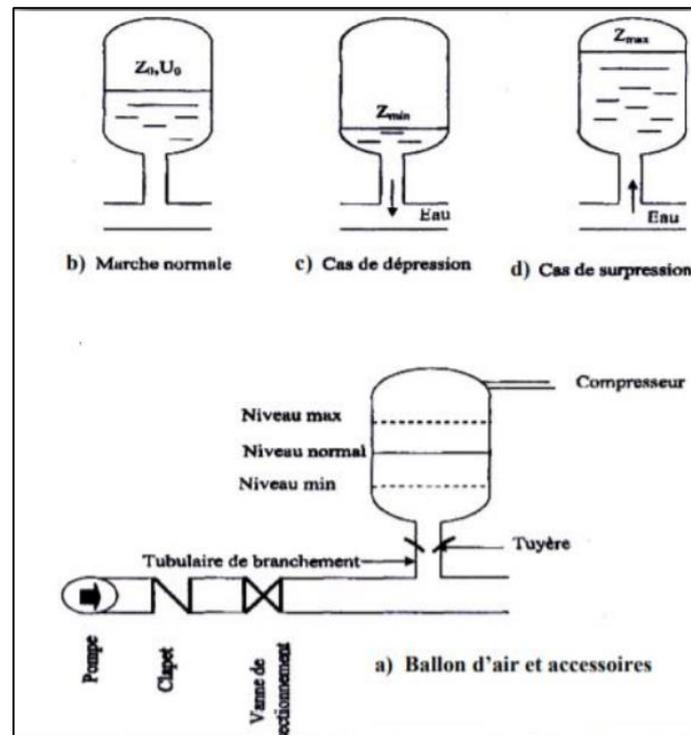


Figure VI-1 : Réservoir anti-bélier [19]

➤ Autres dispositifs :

Il existe également un certain nombre de dispositif pouvant diminuer le coup de belier tel que :

- La tuyère
- Une pompe fonctionnant en turbine après l'arrêt
- Mise en place d'un robinet vanne à fermeture lente ( $T > 2L/a$  ; avec  $a$  : célérité de l'onde)
- Mise en place d'un clapet à battons percé.

### VI.1.5. Calcul des réservoirs d'air

Les principales méthodes de dimensionnement d'un réservoir d'air anti-bélier sont les suivantes :

- Méthode de VIBERT
- Méthode de Bergeron
- Méthode de Puech et Meunier

Cette méthode est la plus adaptée pour les adductions de moyenne et grande envergure, elle consiste à superposer la courbe du profil en long de la conduite sur les courbes de B existantes et s'appuie sur l'utilisation des trois nombres adimensionnels suivants :

$K$  : qui caractérise les pertes de charge ;

$$K = \frac{H_{abs} - H_0}{H_0} \quad (\text{VI-1})$$

$A$  : qui caractérise la conduite de refoulement ;

$$A = \frac{cV_0}{gH_0} \quad (\text{VI-2})$$

$B$  : qui caractérise le volume d'air du réservoir anti-bélier.

$$B = \frac{V_0^2}{gH_{abs}} \frac{LS}{U_0} \quad (\text{VI-3})$$

Avec :

$c$  : célérité d'onde de choc (m/s).

$H_{abs}$  : Hauteur manométrique totale absolue :

$$H_{abs} = HMT + 10 \quad (\text{VI-4})$$

$V_0$  : vitesse d'écoulement en régime permanent (m/s).

$H_0$  : pression statique absolue ;  $H_0 = H_g + 10$  (m).

$L$  : longueur totale de la conduite de refoulement (m).

$S$  : section de la conduite de refoulement (m).

$U_0$  : volume d'air initial (m<sup>3</sup>).

$g$  : accélération de pesanteur (m/s<sup>2</sup>).

Après avoir calculé les valeurs de A et K, nous superposerons le profil en long de la conduite à la famille des courbes B. Nous choisirons ensuite la courbe qui maintient une pression absolue de sécurité d'au moins 3 m au-dessus du point le plus critique du profil. La valeur de B ainsi obtenue permettra de calculer facilement le volume du réservoir d'air.

Après le calcul du paramètre B, nous calculons le volume d'air initial  $U_0$  :

$$U_0 = \frac{V_0^2}{gH_{abs}} \frac{LS}{B} \quad (VI-5)$$

$$\text{Et } P_{\min} U_{\max}^{1,2} = H_{abs} U_0^{1,2} \quad (VI-6)$$

D'où :

$$U_{Max} = U_0 \left( \frac{H_{abs}}{P_{\min}} \right)^{\frac{1}{1,2}} \quad (VI-7)$$

La capacité du réservoir d'air est de  $U = 1,3 U_{Max}$

### VI.1.5.1. Dimensionnement des réservoirs d'air par la méthode de Puech et Meunier :

#### ➤ Calcul de la célérité de l'onde :

La formule de Mr SALAH.B permet de calculer la célérité de l'onde du coup de bélier en tenant compte de l'effet du sol sur la conduite enterrée [4]:

$$C = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{K2a(1-v_m^2)(1-v_s)}{(1-v_m^2)aE_s + E_m e_m (1-v_s)}}} \quad (\text{m/s}) \quad (VI-8)$$

Avec :

C : célérité d'onde en (m/s)

K : Coefficient d'élasticité de l'eau ;  $K = 2,07 \times 10^9$  Pa ;

$\rho$  : Masse volumique de l'eau ;  $\rho = 1000$  kg / m<sup>3</sup> ;

$E_m$  : module de Young du matériau de la conduite,  $E_m = 1 \times 10^{11}$  pour la fonte ;

$E_s$  : module de Young du sol ;  $E_s = 200$  MPa

$\nu_m$  : coefficient de poisson du matériau,  $\nu_m=0,3$  pour la fonte ;

$\nu_s$  : coefficient de poisson du sol entourant la conduite ;  $\nu_s=0,33$  ;

$e_m$  : Epaisseur de la conduite (m),

$a$  : rayon intérieur de la conduite (m).

➤ **Données de base des tronçons de refoulement :**

**Tableau N° VI-1 :** Caractéristiques des tronçons de refoulement

Station de pompage	Type de matériau	D(mm)	PN (Bar)	L (m)	S (m <sup>2</sup> )	V0 (m/s)	Hg (m)
SP SDEM	Fonte	1400	25	9766,62	1,54	1,8	179,64
SP Sahel	Fonte	1800	25	2543,74	2,54	0,84	88,72

➤ **Calcul de la célérité de l'onde :**

Les résultats trouvés en appliquant la formule ( VI-8) sont résumés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau N° VI-2 :** Calcul de la célérité d'onde dans les différents tronçons de refoulement

Station de pompage	K (Pa)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	a (m)	$\nu_m$	$\nu_s$	Es (Pa)	Em (Pa)	$e_m$ (m)	C (m/s)
SP SDEM	$2,07 \times 10^9$	1000	0,7	0,3	0,33	$2 \times 10^8$	$1 \times 10^{11}$	0,0171	931,06
SP Sahel	$2,07 \times 10^9$	1000	0,9	0,3	0,33	$2 \times 10^8$	$1 \times 10^{11}$	0,02	908,01

➤ **Calcul du coup de bélier :**

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

$$b = \frac{\pm C V_0}{g} \quad (\text{Formule de JOUKOWSKY}) \quad (\text{VI-9})$$

Tel que :

A la surpression :  $H_s = H_g + b$

A la dépression :  $H_d = H_g - b$

Avec :

V0 : Vitesse d'écoulement en régime permanent

g : accélération de la pesanteur  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

C : Célérité de l'onde (m/s)

Hg : Hauteur géométrique (m)

Les valeurs des suppressions et dépressions trouvées pour les deux stations de pompage sont :

**Tableau N° VI-3 : Résultats du calcul du coup de bélier**

Station de pompage	PN (Bars)	b (m)	Hs (m)	Hd (m)
SP SDEM Fouka2	25	171,26	360,9	8,38
SP SAHEL	25	78,13	176,83	10,6

La conduite en fonte utilisé pour le refoulement à partir de la station de pompage de la SDEM possède une PN25 et ne peut pas résister à la surpression trouvée, par conséquent un réservoir anti-bélier est nécessaire afin de protéger la conduite.

La conduite de refoulement à partir de la station sahel possède une PN25, elle est suffisamment résistante a la surpression.

La dépression pour les deux conduites est  $>$  à -10 m c e, il n'y a donc pas de risque de dépression [4].

➤ **Calcul de la capacité du réservoir anti-bélier de la station de pompage SDEM Fouka2:**

Les paramètres K, A,  $h_0$  et  $H_{abs}$  calculés sont :

$$h_0 = 189,64 \text{ m} ; H_{abs} = 204,29 ; K = 0,08 ; A = 0,9$$

Le profil en long de la conduite de refoulement est déterminé à partir du tableau suivant :

**Tableau N° VI-4 : Profil en long de la conduite de refoulement**

$\Delta Z$ (m)	0	4,67	4,34	-7,93	8,17	0,64	21,92	42,27	121,56	134,2	179,64
L (m)	0	750	3750,6	5202,5	7310,3	7700,7	7894,9	8152,5	8786,9	9259,7	9766,6
$\frac{\Delta z + 10}{H_0}$	0,05	0,07	0,07	0,01	0,09	0,056	0,17	0,27	0,69	0,76	1
X/L	0	0,08	0,38	0,53	0,74	0,8	0,8	0,83	0,89	0,9	1

Le profile en long de la conduite est illustré dans la figure suivante :

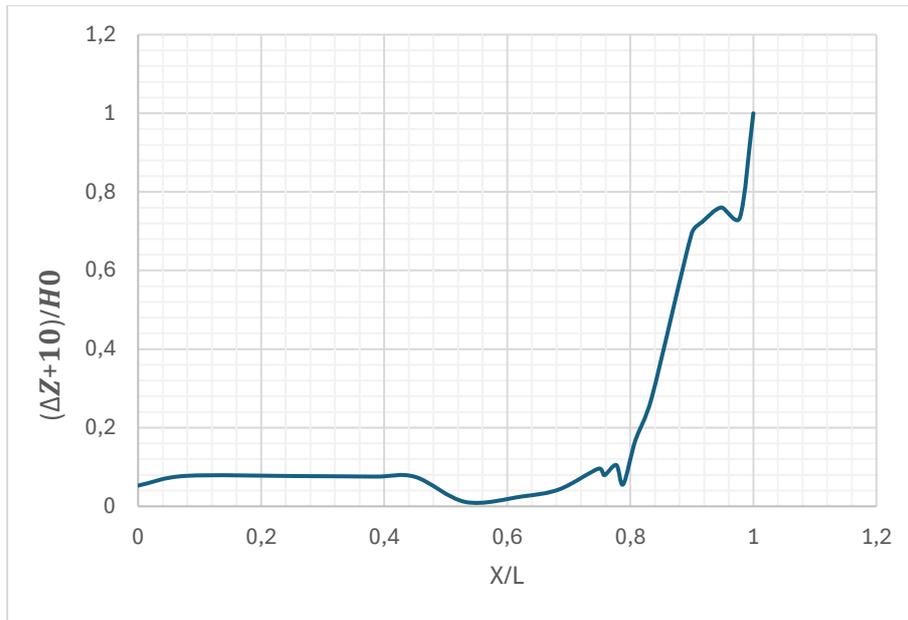


Figure VI-2 : Profil en long de la conduite de refoulement

Le profile en long sera superposé aux familles de courbes  $K = 0,1$  et  $A = 1$  (voir ANNEXE)

Selon la projection sur l'abaque de PUECH et MEUNIER, le paramètre  $B = 0,8$

On trouve graphiquement :  $P_{\min}/H_0 = 0,45$  d'où  $P_{\min} = 80,84$  m

D'où

$$U_0 = \frac{v_0^2}{gH_{abs}} \frac{LS}{B} = 30,54$$

$$U_{Max} = U_0 \left( \frac{H_{abs}}{P_{min}} \right)^{1,2} = 66,12$$

$$U = 1,3 U_{max} = 85,95 \text{ m}^3$$

Le volume normalisé du réservoir d'air est de  $90 \text{ m}^3$

Nous optons donc pour deux réservoirs anti béliet de volume  $40 \text{ m}^3$  et  $50 \text{ m}^3$  du constructeur CHARLATTE (Voir ANNEXE)

## **VI.2. Protection des conduites contre la corrosion :**

### **VI.2.1. La Corrosion externe :**

La corrosion externe est caractérisée par une attaque du métal due à des phénomènes extérieurs tel que la nature du sol et les installations électriques à courant continu situés au voisinage des conduites. [6]

### **VI.2.2. La corrosion interne :**

De nombreux paramètres physico-chimiques influencent la corrosion de l'eau. Parmi eux, on trouve la conductivité électrique, les concentrations en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et en oxygène dissous, la composition chimique de l'eau, son acidité, le type de métaux et matériaux présents, les phénomènes de couple galvanique (interaction entre deux métaux différents), la température, les vitesses d'écoulement, ainsi que la présence de biofilms et autres organismes vivants. [6]

### **VI.2.3. Conséquences sur les conduites d'eau potable [10] :**

La corrosion des conduites d'eau a plusieurs effets néfastes sur les systèmes de distribution d'eau potable :

#### **➤ Détérioration Structurale :**

La corrosion peut entraîner une détérioration structurale des conduites, réduisant leur durée de vie et augmentant les risques de ruptures et de fuites. Ceci est particulièrement vrai pour les conduites en fer et en acier, qui peuvent se rouiller rapidement en présence d'eau.

#### **➤ Réduction de la Capacité Hydraulique :**

Les dépôts de produits de corrosion à l'intérieur des conduites réduisent leur capacité hydraulique, augmentant les pertes de charge et réduisant l'efficacité du transport de l'eau. Cela peut entraîner des augmentations de pression pour compenser, augmentant encore plus les risques de fuite.

#### **➤ Dégradation de la Qualité de l'Eau :**

Les produits de corrosion peuvent se dissoudre dans l'eau, dégradant sa qualité. Par exemple, la rouille et d'autres oxydes peuvent provoquer une coloration de l'eau, une mauvaise odeur et un goût désagréable, rendant l'eau impropre à la consommation sans traitement supplémentaire.

➤ **Coûts de Maintenance Accrus :**

La corrosion exige une surveillance constante et des interventions de maintenance fréquentes, augmentant les coûts d'exploitation des réseaux de distribution d'eau. Des mesures préventives, comme l'application de revêtements protecteurs et l'utilisation de traitements de l'eau pour contrôler la corrosivité, sont nécessaires pour prolonger la vie des conduites.

Les effets combinés de la corrosion sur les conduites peuvent compromettre la fiabilité des systèmes de distribution d'eau, nécessitant des stratégies de gestion et de prévention appropriées pour minimiser les impacts.



**Figure VI-3 :** Effets de la corrosion sur les conduites métalliques

#### **VI.2.4. Mesures de prévention contre la corrosion**

➤ **Choix des matériaux :**

- Utiliser des matériaux résistants à la corrosion comme l'acier inoxydable, le polyéthylène haute densité (PEHD) ou le polypropylène (PP) pour les nouvelles installations
- Favoriser les revêtements internes en ciment ou en résine époxy pour les conduites en fonte ou en acier existantes

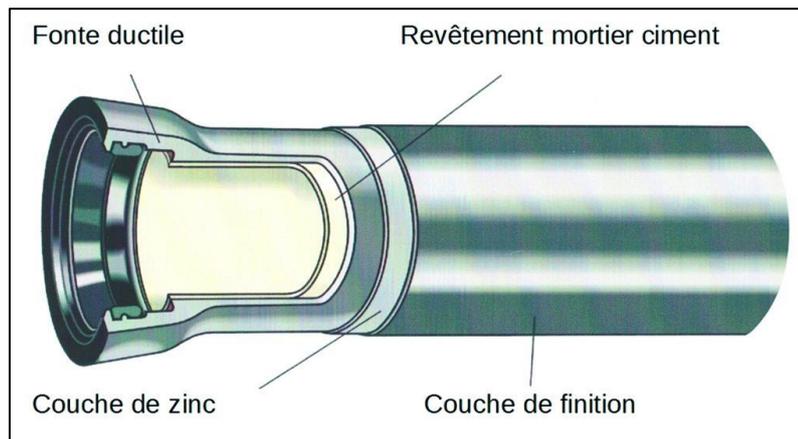


Figure VI-4 : Revêtement d'une conduite en fonte ductile [17]

➤ **Traitement de l'eau**

- Ajuster le pH et l'alcalinité de l'eau par ajout de soude ou dégazage du CO<sub>2</sub> pour la stabiliser.
- Utiliser des inhibiteurs de corrosion à base de phosphates qui forment un film protecteur sur les surfaces métalliques.
- Traiter l'eau avec des adoucisseurs pour éliminer les minéraux réactifs comme le calcium et le magnésium.

➤ **Conception anti-corrosion**

- Concevoir les réseaux de façon à éviter la stagnation et faciliter la circulation de l'eau
- Rendre les conduites accessibles pour l'entretien et les inspections régulières

➤ **Protection cathodique :**

La protection cathodique est une méthode efficace pour prévenir la corrosion en appliquant un potentiel électrique externe à une structure métallique. Elle se met en œuvre de deux manières principales :

- Application d'un potentiel électrique :

Un potentiel et le courant associé sont appliqués à la structure à partir d'une source électrique externe, créant une barrière contre la corrosion.

- Utilisation de métaux sacrificiels :

Des métaux comme le magnésium, le zinc ou l'aluminium, qui sont moins nobles que l'acier, sont utilisés comme anodes sacrificielles. Ces métaux se dissolvent sélectivement, générant un courant galvanique protecteur qui empêche la corrosion de la structure en acier.

Cette technique transforme la structure métallique en une cathode, la rendant ainsi pratiquement insensible à la corrosion tant qu'un potentiel suffisamment négatif est maintenu. Ce potentiel garantit une polarisation complète de la surface à protéger, la maintenant dans un état de passivité.

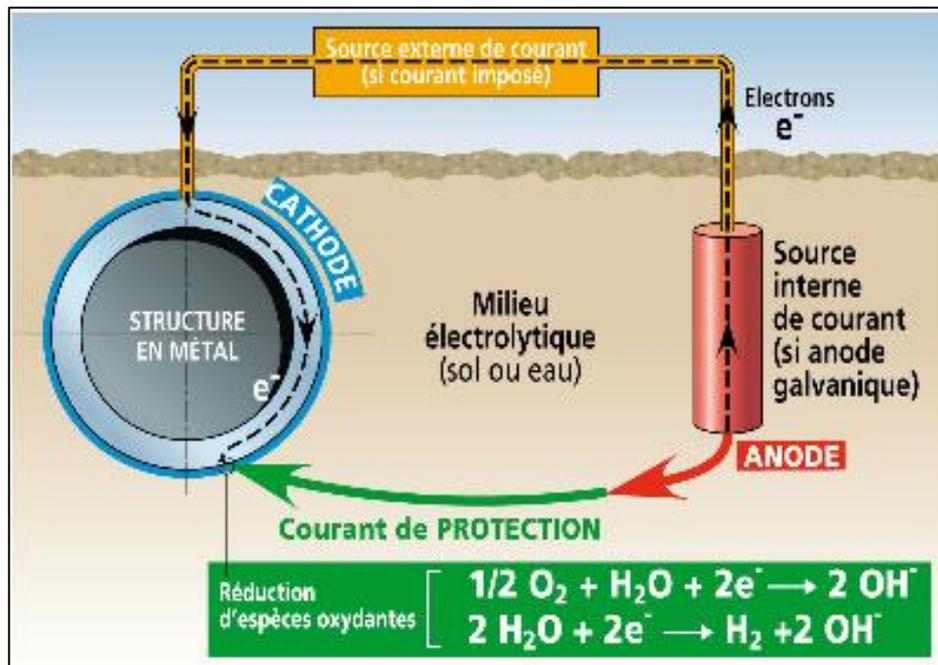


Figure VI-5 : Protection cathodique [15]

### VI.3. Les équipements de la conduite d'adduction [7]:

Afin d'assurer le bon fonctionnement d'un système d'adduction d'eau potable, certains organes accessoires sont nécessaires :

#### VI.3.1. Les robinets vannes :

Les robinets vannes sont des accessoires nécessaires pour une conduite d'adduction.

Ils sont constitués d'une enveloppe (généralement en acier ou en fonte), d'un obturateur (clapet, membrane, opercule), d'un système de raccordement à la tuyauterie (à bride ou vissés) et d'un système de manœuvre de l'obturateur (volant, levier ou actionneur automatique).

Selon leurs rôles, on distingue plusieurs types de robinets vanne :

**a) Les robinets vannes à opercule :**

Ce sont des appareils de sectionnement qui doivent être complètement ouverts ou fermés. Leur encombrement est considérable comparé à celui des vannes papillon. À partir d'un certain diamètre, il convient d'installer des by-pass pour équilibrer les pressions qui s'exercent des deux côtés de l'opercule quand on veut le manœuvrer à partir de la position fermée.



Figure VI-6 : Robinet vanne à opercule (PAM SAINT-GOBAIN 2024)

**b) Les vannes papillons :**

Les vannes papillons peuvent aussi bien servir pour le sectionnement que pour le réglage des débits. Elles sont d'un encombrement réduit et légères. Ayant un couple de manœuvre relativement faible, elles créent de faibles pertes de charge à pleine ouverture.



Figure VI-7 : Robinet vanne papillons (PAM SAINT-GOBAIN 2024)

**NB :**

- À partir d'un certain diamètre (200 à 300 mm) les robinets vannes des deux types sont généralement motorisés. Les vannes papillons sont plutôt utilisées pour les gros diamètres (350 mm et plus).
- Les vannes d'isolement sont placées à chaque 200 à 250 m sur la conduite d'adduction, pour les conduites principales cette longueur peut atteindre les 300 à 350 m.

**c) Les vannes d'altitude :**

Ce sont des dispositifs placés à l'entrée d'un réservoir élevé. Lorsque l'eau atteint son niveau maximum, la vanne se ferme sous l'effet de la pression de l'eau évitant ainsi le débordement du réservoir.

**d) Les robinets de décharge :**

Ce sont des robinets sont placés sur la conduite aux points bas du tracé et son équipés d'une vanne de vidange permettant en cas de nécessité de vider l'eau d'un tronçon de conduite.

Les robinets vannes de petites dimensions, de branchement et de sectionnement sont placés sous des bouches à clé par rapport au sol.

Quant aux robinets de gros diamètres, ils sont placés en chambres sous regard et en chambre de manœuvre dans les grandes installations (station de pompage et ouvrage comme les réservoirs).

**VI.3.2. Les clapets anti-retours :**

Ce sont des accessoires servant à diriger l'écoulement dans un seul sens. Ils sont souvent disposés à la sortie des pompes mais peuvent également se trouver sur les conduites de distribution. Il existe également certains clapets qui sont office de réducteur de débit ou qui permettent d'assurer un débit minimum.

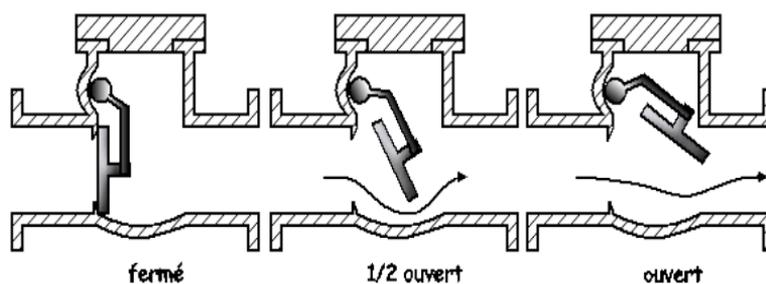


Figure VI-8 : Schéma explicatif d'un clapet de non-retour [7]

### VI.3.3. Les ventouses :

Les ventouses sont des dispositifs installés aux points haut du tracé afin d'évacuer l'air accumulé dans la conduite. Elles sont disposées dans des regards visitables et leur bon fonctionnement doit être vérifié périodiquement.

Il existe également des ventouses automatiques qui permettent l'évacuation de l'air lors de la mise en eau de la canalisation mais également l'admission de l'air lors de la vidange provoquée de la canalisation, permettant ainsi d'éviter la dépression.

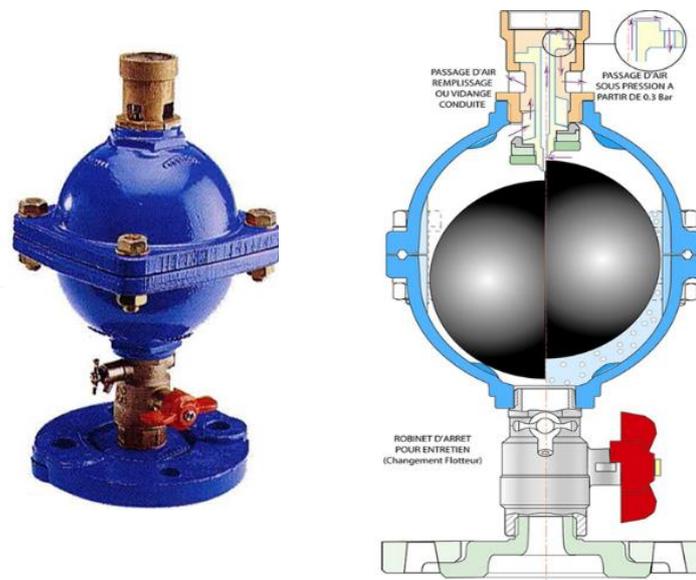


Figure VI-9 : Ventouse (PAM SAINT-GOBAIN 2024)

### VI.3.4. Les régulateurs de pression :

Ce sont des organes de vannage qui introduisent une perte de charge variables, de sorte à maintenir la pression à une valeur constante quelque soit le débit et la pression.

## VI.4. Pose des canalisations :

### VI.4.1. Pose de canalisations dans un terrain ordinaire :

Dans le cas d'un terrain ordinaire, la canalisation est posée en tranchée ayant une largeur minimale de 60 cm. La profondeur de la tranchée doit permettre de recevoir le lit de pose, la conduite et l'épaisseur du remblai qui est d'environ 80 cm minimum. Le fond de la tranchée doit être recouvert d'un lit de sable d'une épaisseur de 15 à 20 cm convenablement nivelé. Avant la mise en fouille, un tri des conduites est effectué afin d'écarter celles ayant subi des chocs et des fissurations. Après cela, on pratique la descente en lit, soit manuellement soit mécaniquement. [4]

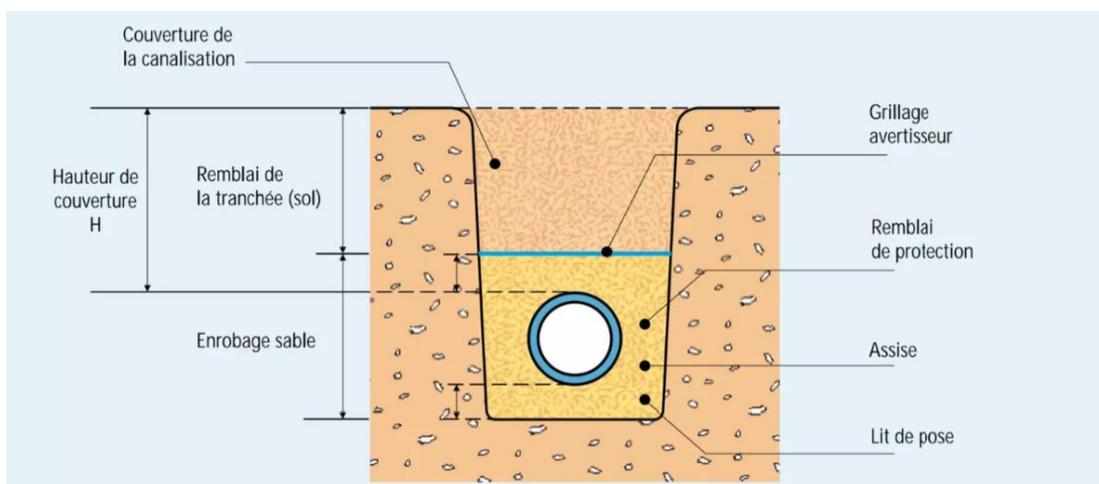


Figure VI-10 : Pose de canalisation sur un terrain ordinaire (Catalogue technique, groupe CHIALI)

### VI.4.2. Pose de canalisations dans un terrain peu consistant :

Pour éviter tout éventuel mouvement, la canalisation doit être posée sur une semelle en béton armé ou non avec interposition d'un lit de sable. La semelle peut être continue ou pas selon la nature du sol.

Dans le cas où la canalisation repose sur des tasseaux, ceux-ci doivent être placés près des joints et soutenus par des pieux enfoncés jusqu'au bon sol. [6]

### VI.4.3. Pose de canalisations dans un terrain marécageux :

Il est prévu dans la tranchée, un moyen pour le drainage (conduite par exemple) couvert d'un lit de gravier de gros calibre suivit un lit en béton armé sur lequel repose la conduite [11].

#### **VI.4.4. Pose de canalisation en galerie :**

Un canal est prévu pour éviter et évacuer les eaux stagnantes dans la galerie et déverser dans l'égout voisin. Les canalisations de petit diamètre peuvent être dans un fourreau de diamètre supérieur et reposant sur des tasseaux en béton. Les robinets vannes sont placés des deux côtés de la route.

#### **VI.4.5. Cas de traversée d'une rivière / Oued :**

La pose de canalisations lors de la traversée d'une rivière nécessite des travaux supplémentaires selon l'état de la traversée et l'importance de l'adduction. Plusieurs options sont possibles :

- Si un pont routier existe, la canalisation peut être accrochée au tablier du pont.
- La canalisation peut également suivre le lit de la rivière, posée sur des supports spécifiques (comme des tasseaux) et protégée par du tout-venant contre les chocs (par exemple, ceux causés par la navigation).
- Dans le cas où la canalisation est posée au fond de la rivière, des matériaux comme l'acier et le polyéthylène sont privilégiés en raison de leur élasticité. Les joints soudés sont maintenus par des butées en béton placées de chaque côté des joints.

##### **➤ Traversée d'Oued Mazafran :**

Au niveau de la traversée du Oued Mazafran , une passerelle en charpente métallique sera disposée sur une distance d'environ 68 mètres afin de supporter la conduite d'adduction de DN 1400 mm du tronçon SDEM-Complexe Sahel. La structure sera installée sur des supports en béton armé placés aux extrémités et au milieu. Ces supports seront équipés de dispositifs parasismiques.

#### **VI.4.6. Pose de canalisation sans ouverture de tranchée :**

Dans le cas d'obstacles délicats à franchir tel que des voies de chemin de fer, des chaussées à forte circulation, des cours d'eau ou autre, des techniques de poses sans ouverture de tranchée sont mise en œuvre. On distingue :

##### **➤ Pose par fonçage :**

La méthode consiste à pousser un fourreau perforant à l'aide de vérins, en s'appuyant sur un ancrage transversal. Un outil désagrège le terrain devant et à l'intérieur du fourreau. Si la conduite à installer possède des caractéristiques mécaniques suffisantes, elle peut remplacer directement le fourreau, avec une trousse coupante à son extrémité.

Pour des longueurs importantes, la résistance au frottement devient excessive, nécessitant un forage par sections avec des stations intermédiaires et une lubrification de la circonférence extérieure du tuyau à l'aide d'une suspension de bentonite [7].

➤ **Pose par forage dirigé :**

La pose d'une canalisation par forage dirigé se déroule en deux étapes principales. D'abord, après une reconnaissance minutieuse du sous-sol, un trou pilote est foré à l'aide d'une tête orientable et munie de buses d'injection de bentonite, créant un premier tracé de 50 mm de diamètre. La position de la tête est contrôlée par une sonde et un récepteur d'ondes. Ensuite, le trou pilote est alésé et les tuyaux en fonte ou en PEHD sont tirés à travers le forage. Cette opération est accompagnée d'une injection continue de bentonite pour lubrifier et stabiliser le trou. Le forage dirigé permet la pose de canalisations souples sur des trajectoires courbées et peut atteindre des longueurs de 30 à 500 mètres, tandis que le fonçage, généralement utilisé pour des tubes en acier sur des trajets rectilignes, est limité à des distances de 60 à 80 mètres. Le choix entre les deux techniques dépend des conditions naturelles du terrain et de l'environnement du chantier [7].

**VI.4.7. Pose en pente :**

Sur un terrain en pente, les canalisations doivent être maintenues par des massifs en béton pour éviter qu'elles ne glissent dès que la valeur de cette pente dépasse celle de l'angle de frottement existant entre le sol et la conduite. Chaque tuyau doit être ainsi maintenu par un massif d'ancrage placé derrière la tulipe d'emboîtement qui, dans ce cas, est généralement dirigée vers le haut.

L'effort de glissement à reprendre par le massif se calcule à l'aide de la formule [7]:

$$F_g = P(\sin \beta - k \cos \beta) \quad (VI-10)$$

Avec :

$F_g$ : Force de glissement

P : poids total eau + conduite

K : coefficient de frottement compris entre 0,2 et 0,3 .

Le glissement aura lieu lorsque :

$$F_g > 0 ; \quad (\sin \beta - k \cos \beta) > 0$$

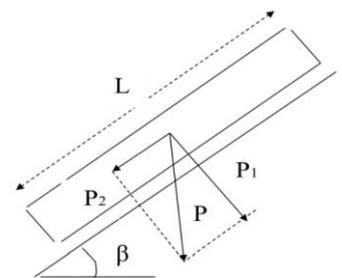


Figure VI-11 : Pose en pente [7]

Dans ce cas, la mise en place d'amarrages devient indispensable, afin d'éviter tout glissement des tuyaux.

#### VI.4.8. Stabilisation des conduites :

Les conduites sont constituées par une suite de tuyaux assemblés par des joints. En dehors des cas où les joints sont à brides et soudés, il y a tendance sous la poussée exercée par l'eau à un déboitement des joints dans les parties coudées, les branchements et les pièces coniques. - On construit alors des massifs en béton, qui par leur poids s'opposent à ce déboitement. - Ces massifs associés à des fers d'amarrage, sont parfois nécessaires même pour des conduites à joints soudés ou à brides.

##### ➤ Cas d'un coude :

Soit une pression  $P$  régnant dans une conduite munie d'un coude d'angle  $\alpha$ .

La pression à prendre en compte est la pression de service majorée de 50% plus des surplus de pression dus au coup de bélier. Pour trouver la valeur de la force de pression  $F$ , nous devons appliquer au déplacement de l'eau le théorème des quantités de mouvement projetés en prenant pour axe de projection la bissectrice de l'angle  $\alpha$ . Sur un coude, la poussée est dirigée suivant la bissectrice et tend à chasser le coude vers l'extérieur. Elle a pour valeur [11]:

$$F = 2PS \sin \frac{\alpha}{2} \quad (\text{VI-11})$$

Avec :

$S$  : Section de la tubulure (  $\text{cm}^2$  )



Figure VI-12 : Conduite munie d'un coude [11]

##### ➤ Extrémité d'une conduite :

A l'extrémité de la canalisation, la poussée tend à décoller la plaque pleine. Elle a pour valeur [11]:

$$F = P \cdot S \quad (\text{VI-12})$$

➤ **Cas d'un té :**

Quand une conduite secondaire où une conduite de même diamètre que la conduite principale vient se raccorder perpendiculairement à cette dernière, il est nécessairement utile de buter le raccordement par un massif de béton.

Sur un té, la poussée est dirigée suivant l'axe de la tubulure et a pour valeur [11]:

$$F = P \cdot S$$

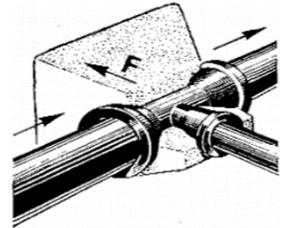


Figure VI-13 : Cas d'un Té [11]

➤ **Cas d'un cône :**

Sur un cône, la poussée qui tend à chasser le cône dans la direction de la petite section a pour valeur [11] :

$$F = P \times (S - S') \quad (VI-13)$$

S : grande section en cm<sup>2</sup>

S' : petite section en cm<sup>2</sup>

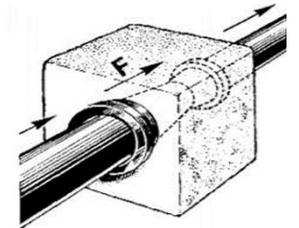


Figure VI-14 : Conduite munie d'un cône [11]

➤ **Les Butées :**

Une butée poids constitués par un massif en béton, oppose à la poussée de l'eau F une force F' proportionnelle à son poids Q, calculée par la formule [7] :

$$F = f \cdot Q \quad (VI-14)$$

Le volume de béton à mettre en œuvre et qui évitera tout déboîtement des éléments de canalisation est donné par [7]:

$$V = \frac{F}{f \cdot \rho} \quad (VI-15)$$

V : volume de béton à mettre en œuvre en m<sup>3</sup>

F : poussée de l'eau calculée précédemment en daN

f : coefficient de frottement entre béton et terrain

ρ : masse volumique du béton en kg/m<sup>3</sup> (ρ = 2100 kg/m<sup>3</sup>)

## Conclusion

Ce chapitre présente les différentes techniques de pose des conduites et en particulier sur des points spécifiques tel que la traversée d'Oued Mazafran, ainsi que les solutions de protection contre les coups de bélier. Nous avons également déterminé le volume du réservoir anti-bélier nécessaire pour assurer la protection de la conduite de refoulement avec une capacité de 90m<sup>3</sup> répartie deux réservoirs de 50 m<sup>3</sup> et de 40 m<sup>3</sup>.

**Chapitre VII : Planification et  
organisation de chantier**

## Introduction

La planification et l'organisation de chantier sont essentielles pour le succès d'un projet d'alimentation en eau potable. Elles impliquent une gestion efficace des ressources humaines, matérielles et financières afin de respecter les délais, optimiser les coûts et garantir la qualité. Ce chapitre aborde les étapes clés, les équipements nécessaires au chantier et les méthodes de planification pour assurer une exécution fluide et rentable des travaux.

### VII.1. Organisation de chantier [12]:

L'organisation d'un chantier comprend la planification des ressources humaines, matérielles et des matériaux nécessaires, ainsi que l'estimation des coûts. Cette estimation fait partie intégrante du processus, bien qu'elle repose sur des hypothèses qui nécessitent des ajustements au fur et à mesure de l'avancement du projet.

#### VII.1.1. Réalisation de l'implantation :

Pour réaliser une implantation correcte d'un ouvrage, les éléments nécessaires incluent :

➤ **Le Piquetage :**

- Matérialiser au moins deux axes orthogonaux.
- Reporter ces axes hors de l'emprise de la construction.

➤ **Alignement de référence :**

Choisir un alignement en intégrant la construction dans le bâti existant, par rapport à :

- Un axe de voirie (route).
- Une bordure de trottoir.
- Des édifices existants.

➤ **Repères de nivellement :**

- Repérer les différents niveaux pour les travaux de fouille ou de terrassement.
- Réaliser un quadrillage (15 m x 15 m ou 20 m x 20 m) avec des piquets munis de repères altimétriques.

➤ **Mise en œuvre pratique de l'implantation :**

- Nettoyage et débroussaillage du terrain avec un nivellement grossier.
- Repérage de l'emprise de l'ouvrage en posant des piquets aux angles.
- Installation des chaises d'implantation (planches en bois placées en équerre derrière l'emprise de l'ouvrage).

- Détermination des lignes principales en les matérialisant avec des cordeaux ou du fil de fer recuit cloués sur les chaises.
- Repérage des axes des poteaux ou des voiles à l'intersection des cordeaux.
- Marquage des positions des fouilles à exécuter avec du plâtre ou de la craie.

### VII.1.2. Les terrassements :

L'organisation des travaux de terrassement et le choix des équipements et méthodes reposent sur les principes suivants :

- **Réduction des coûts** : Le coût unitaire des travaux de terrassement doit être minimisé.
- **Respect des délais** : Le temps requis pour l'exécution du terrassement doit respecter le planning établi.
- **Transport optimisé** : Les matériaux de remblai doivent être transportés le plus près possible de leur position finale.
- **Conformité réglementaire** : Les méthodes de terrassement doivent respecter les réglementations en vigueur (environnement, signalisation, horaires).

### VII.1.3. Paramètres d'organisation des travaux :

L'organisation des travaux est basée sur les paramètres suivants :

- Les caractéristiques et la nature du sol à déblayer.
- Les spécificités du site de construction (encombrement, sécurité, exigüité).
- Les volumes de déblai et de remblai par rapport à la durée des travaux.
- Les ressources disponibles (équipements et main-d'œuvre spécialisée).
- Les distances à parcourir pour le transport du déblai et du remblai.

### VII.1.4. Matériel de terrassement et de transport

#### a. Engins de chargement :

- Chargeuses
- Pelles hydrauliques
- Pelles mécaniques à câbles (dragline)

**b. Engins de transport :**

- Brouette
- Camions-bennes (citerne, bitume, etc.)
- Dumpers
- Moto-basculeurs
- Tombereaux
- Véhicules utilitaires

**c. Engins effectuant à la fois les opérations de chargement et de transport :**

- Scrapers
- Bulldozers ou boteurs

**d. Engins de mise en place des matériaux :**

- Niveleuses ou graders
- Compacteurs
- Finisseurs

**VII.1.5. Matériel d'appui ou divers**

- Bétonnières
- Grues
- Camions-toupies
- Motopompes
- Compresseurs d'air (marteaux-piqueurs, aiguilles vibrantes, etc.)
- Groupes électrogènes
- Groupes de soudure
- Dames sauteuses ou pilonneuses
- Remorques DIV

## VII.2. La planification des travaux :

### VII.2.1. Définition :

La planification des travaux vise à utiliser les ressources de manière économique et efficace, en veillant à ce que les opérations se déroulent dans le bon ordre, à temps et à moindre coût.

### VII.2.2. Etapes de la planification :

Le travail de planification repose sur les étapes suivantes :

- Collecte des informations concernant les plans d'architectures, le cahier des charges, les normes de travail, les matériels, et les prix des matériaux.
- La décomposition du projet en opérations
- Prévion de la relation en les opérations
- Attribution des durées : le temps de réalisation de chaque opération est donné par la formule suivante [13] :

$$T = \frac{Q}{R \times N}$$

Avec :

T : temps de travail

Q : Quantité de travail

N : La ressource

R : Rendement

### VII.2.3. Les techniques de planification [13]:

#### II.1.1.1. Méthodes basées sur le réseau :

Le réseau est une représentation graphique d'un projet qui permet d'indiquer la relation entre les différentes opérations qui peuvent être ; successives, simultanées ou convergente, et leurs durées de réalisation. On distingue méthodes suivantes :

- **Méthode CPM (Critical Path Method) :**

L'objectif de cette méthode est de réduire les temps de réalisation d'un ouvrage en tenant compte de l'effectif nécessaire pour effectuer le travail, de l'analyse systématique du réseau, et de l'adaptation du réseau aux conditions et contraintes fixées par l'entreprise.

➤ **La méthode PERT (Program Evaluation and Review Technical) :**

Cette méthode se repose sur l'ordonnement des tâches et contrôle des programmes, c'est une méthode consistant à mettre en ordre sous forme de réseau plusieurs tâches qui grâce à leur chronologie et leur dépendance concourent toutes à l'obtention d'un produit fini.

➤ **Méthode PDM (Procédure Diagram Method) :**

C'est une méthode basée sur le réseau à nœud qui développe trois relations :

- Commencement de l'opération A et B
- Finition de l'opération A et B
- Finition de l'opération A et finition de l'opération B

### II.1.1.2. Méthodes basées sur le graphique :

On distingue :

- **Méthode linéaire :** Destinée à la planification des projets de construction dont les travaux sont répétitifs.
- **Méthode des barres :** Consiste à déterminer deux réseaux et un diagramme à barres

### VII.3. Travaux d'adduction :

Les étapes nécessaires à la mise en place du réseau d'adduction d'eau potable sont les suivantes :

➤ **Décapage de la couche végétale :**

Avant de commencer l'excavation des tranchées, il est essentiel de procéder au décapage de la terre végétale. La quantité de terre à enlever peut-être calculée en utilisant la formule suivante :

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

Avec :

L : Longueur totale des tranchées (m)

b : Largeur de la couche végétale (m)

e : épaisseur de la couche pise égale à 0,3 m

➤ **Réalisation des fouilles :**

L'opération de déblais des tranchées consiste un à réaliser un nombre d'excavations exécutée au moyen d'une pelle hydraulique. Le matériau extrait est par la suite stocké et réservé à la pose des conduites.

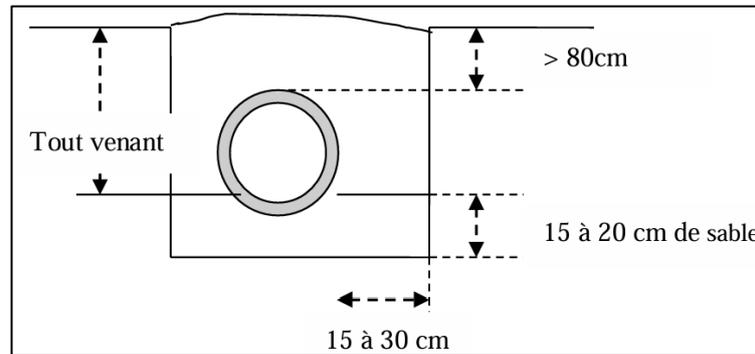


Figure VII-1 : Fouille pour pose de canalisation [7]

a) **Largeur de la tranchée :**

La largeur minimale de la tranchée doit être de 0,60 m pour faciliter les travaux. Cette largeur sera déterminée en fonction du diamètre de la conduite, en ajoutant un espace de 0,30 m de chaque côté. La formule pour calculer la largeur de la tranchée est la suivante :

$$B_{tr} = D + (2 \times 0,3) \quad (VII-2)$$

Avec :

$B_{tr}$  : Largeur de la tranchée

$D$  : Diamètre de la conduite

b) **La profondeur de la tranchée :**

La profondeur de la tranchée doit être suffisante, généralement comprise entre 0,80 mètre et 1,50 mètre, afin de protéger la conduite contre les risques d'écrasement dus aux charges et surcharges. La profondeur de la tranchée peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$H_{tr} = D + H_1 + H_2 \quad (VII-3)$$

Avec :

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

$D$  : Diamètre de la conduite (mm)

$H_1$  : Epaisseur du lit de la sable , prise égale à 0,2 m

$H_2$  : Distance verticale séparant la génératrice de la conduite à la surface de sol (m), prise égale à 80 cm .

### c) Le volume du déblai :

La tranchée étant considérée rectangulaire, le volume du déblai est donc donnée par :

$$V_d = H_{tr} \times B_{tr} \times L \quad (\text{VII-4})$$

$L$  : longueur de la tranchée

#### ➤ Lit de pose :

Un lit de sable d'une épaisseur de 15 à 20 cm est mis en place au fond de la tranchée pour la pose de la canalisation. Le volume du lit de sable est donné par :

$$V_s = e \times B_{tr} \times L$$

$e$  : épaisseur du lit de sable  $e=20\text{cm}$

#### ➤ Remblayage des tranchées :

Après l'installation des conduites, le terrassement est réalisé en recouvrant les conduites avec le matériau précédemment excavé.

Le volume du remblai est calculé par la formule suivante

$$V_r = V_d - [(S_{conduite} \times L) + V_s]$$

$S_c$  : Section de la conduite tel que :  $S_c = \frac{\pi D^2}{4}$  (m<sup>2</sup>)

$L$  : longueur de conduite (m)

$V_d$ : Volume de déblai (m<sup>3</sup>)

$V_s$  : Volume de lit de sable (m<sup>3</sup>)

### VII.3.1. Calcul des volumes des travaux d'adduction

Les volumes des travaux des différents tronçons sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau N° VII-1 : Volumes des travaux d'adduction**

<b>Tronçon</b>	<b>L (m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>B<sub>tr</sub> (m)</b>	<b>H<sub>tr</sub> (m)</b>	<b>V<sub>cv</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	<b>V<sub>d</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	<b>V<sub>s</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	<b>V<sub>r</sub> (m<sup>3</sup>)</b>
Sdem-Complexe Sahel	9766,6	1,4	2	2,4	5860,0	46879,8	3906,6	27938,6
1_2	2543,7	1,8	2,4	2,8	1831,5	17093,9	1221,0	9399,9
2_3	1324,2	1,6	2,2	2,6	874,0,7	7574,4,2	582,6	4329,3,4
3_4	2501,3	1,5	2,1	2,5	1575,8	13131,6	1050,5	7661,0
4_5	3015,2	1,4	2	2,4	1809,1	14473,1	1206,1	8625,4
5_6	663,0	1,2	1,8	2,2	358,0	2625,4	238,7	1636,9
6_7	1347,6	1	1,6	2	646,9	4312,4	431,2	2822,7
7_8	2514,9	0,8	1,4	1,8	1056,2	6337,5	704,2	4369,2
2 - 9	213,5	0,6	1,2	1,6	76,9	409,9	51,2	298,3
3 - 10	302,9	0,7	1,3	1,7	118,1	669,4	78,8	474,1
4 - 11	273,0	0,5	1,1	1,5	90,1	450,5	60,1	336,8
5 - 12	4479,6	0,6	1,2	1,6	1612,6	8600,8	1075,1	6259,1
6 -13	1820,4	0,4	1	1,4	546,1	2548,5	364,1	1955,7
7_- 14	2688,8	0,4	1	1,4	806,6	3764,3	537,8	2888,7
<b>Total</b>	<b>33454,6</b>				<b>17261,9</b>	<b>128871,4</b>	<b>11508,0</b>	<b>78995,6</b>

### VII.3.2. Estimation du cout total des travaux d'adduction

Le devis quantitatif et estimatif des travaux d'adduction est le suivant :

Tableau N° VII-2 : Devis quantitatif et estimatif des travaux d'adduction

Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire DA	Montant DA
<b>Conduites en fonte C25</b>				
Ø1800	ML	2543,7	71931	182 972 947,94 DA
Ø 1600		1324,2	63716	84 372 301,91 DA
Ø 1500		2501,3	59345	148 436 824,47 DA
Ø 1400		12781,8	55389	707 966 944,84 DA
Ø 1200		663,0	47499	31 490 261,04 DA
Ø 1000		1347,6	39614	53 384 537,82 DA
Ø 800		2514,9	31723	79 778 878,45 DA
Ø 700		302,9	27777,32	8 413 750,23 DA
<b>Conduites en fonte C30</b>				
Ø 600	ML	4693,1	22831,78	107 150 913,45 DA
Ø500		273,0	17885,15	4 882 645,95 DA
Ø 400		4509,2	14910,06	67 231 995,25 DA
<b>Accessoires</b>				
Vannes de sectionnement	U	116	110000	12 760 000
Vannes de vidanges		115	120000	13 800 000
Ventouses		91	120000	10 920 000
Regards en BA		116	60000	6 960 000
<b>Travaux de terrassement</b>				
Décapage	m <sup>3</sup>	17261,9	300	5178581,573
Déblais		128871,4	500	64435676,1
lit de sable		11508,0	1000	11507959,05
Remblais compacté		78995,6	300	23698691,08
Transport des terres en excès		49875,7	500	24937857,64
Grillage avertisseur	m	33454,6	150	5018193,615
Fourniture et pose d'un pont en charpente métallique pour la traversée d'oued Mazafran	Kg	110 000	300,00	33 000 000,00
			<b>Montant total DA</b>	1 688 298 960,41 DA
			<b>TVA %</b>	19%
			<b>Montant TTC DA</b>	2 009 075 762,88 DA

**Le cout total des travaux d'adduction est estimé à :**

Deux milliards neuf millions soixante-quinze mille sept cent soixante-deux dinars et quatre-vingt-huit centimes.

### VII.3.3. Calcul du temps de réalisation des tranchées :

L'excavation des tranchées sera effectuée à l'aide d'équipements mécaniques tel que la pelle mécanique avec godet rétro ou en butée. Celle-ci sera choisie en fonction des besoins spécifiques du chantier.

La capacité du godet dépendra du volume de terrassement à réaliser :

**Tableau N° VII-3** : Capacité du godet de la pelle mécanique

Volume du terrassement par une pelle (m <sup>3</sup> )	<10 000	>10 000	>20 000	>100 000
Capacité du godet q (m <sup>3</sup> )	0.23-0.35	0.5-0.65	1-1.25	1.5

#### a) Le rendement d'exploitation de la pelle choisie :

Le rendement de la pelle est déterminé comme suit :

$$R_P = \frac{3600 \times q \times K_r \times K_t}{T_c \times k_f} \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Avec :

q : capacité du gobet m<sup>3</sup>.

K<sub>r</sub> : coefficient de remplissage du gobet ; K<sub>r</sub> = 0,8 - 0,9. On prend K<sub>r</sub> = 0,8

K<sub>t</sub> : coefficient d'utilisation du temps, dépend de la nature du sol et de l'habilité du conducteur. K<sub>t</sub> = 0,7- 0,9. On prend K<sub>t</sub> = 0,7

K<sub>f</sub> : coefficient de foisonnement du sol [12] :

**Tableau N° VII-4** : Coefficient de foisonnement pour différents types de sols

Nature du terrain	Terre végétale, Sable	Gravier	Terre argileuse	Argiles, marnes	Argiles, marnes très compacte	Eboulis roche tendre	Roche compacte
K <sub>f</sub>	1-1.5	1.5-2	4-6	6-8	8-15	8-15	25-40

Pour un terrain meuble, On prend K<sub>f</sub>=1,2

T<sub>c</sub> : durée d'un cycle de remplissage du gobet T<sub>c</sub>= (15-30) s, on prend T<sub>c</sub> = 30 s.

En considérant une période de travail de 8 heures par jour, on aura :

$$R_{pj} = R_p \times 8 \text{ (m}^3\text{/j)}.$$

**b) La durée d'excavation :**

Connaissant le volume de terre à excaver ainsi que le rendement de la pelle , le temps d'exploitation sera le suivant :

$$T = \frac{V}{R_{pj}} \text{ (jours)}$$

V : volume du sol excavé (m<sup>3</sup>) et R<sub>pj</sub> : capacité du godet en jour (m<sup>3</sup>/jour)

Les temps de réalisation des travaux d'adduction sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau N° VII-5 : Temps de réalisations des travaux d'adduction**

Notation	Opération	Durée (jours)
<b>A</b>	Décapage de la couche végétale	77
<b>B</b>	Piquetage	22
<b>C</b>	Exécution des fouilles	192
<b>D</b>	Aménagement du lit de pose	51
<b>E</b>	Pose des canalisations	70
<b>F</b>	Remblayage des tranchées	141

**VII.3.4. Planification des travaux d'adduction :**

Pour la planification des travaux d'adduction, on utilise la méthode CPM (réseau à nœud) . Par conséquent, le calcul se fait en allée et retour à l'aide la grille suivante [13] :

<b>DCP</b>	<b>TR</b>
<b>DFP</b>	<b>DCPP</b>
<b>DFPP</b>	<b>MT</b>

Avec :

TR : Temps de réalisation de l'opération

DCP : Date de commencement au plus tôt de l'opération.

DCPP : Date de commencement au plus tard de l'opération.

DFP : Date de finition au plus tôt

DFPP : Date de finition au plus tard.

MT : Marge totale, représentant l'intervalle de temps compris entre au plus tôt et au plus tard . (  $MT \geq 0$  )

➤ **Le chemin critique :**

C'est le chemin le plus long du réseau qui donne la durée totale du projet DTR.

La durée totale du projet est la somme des temps de réalisation des taches critique :

$$DTR = \sum Tr_{cc}$$

Tableau N° VII-6 : Planification des opérations des travaux d'adduction

Opération	Précède	Succède
A	-	B
B	A	C
C	B	D,E
D	C	F
E	C	F
F	E	-

Par conséquent, on obtient le graphique suivant :

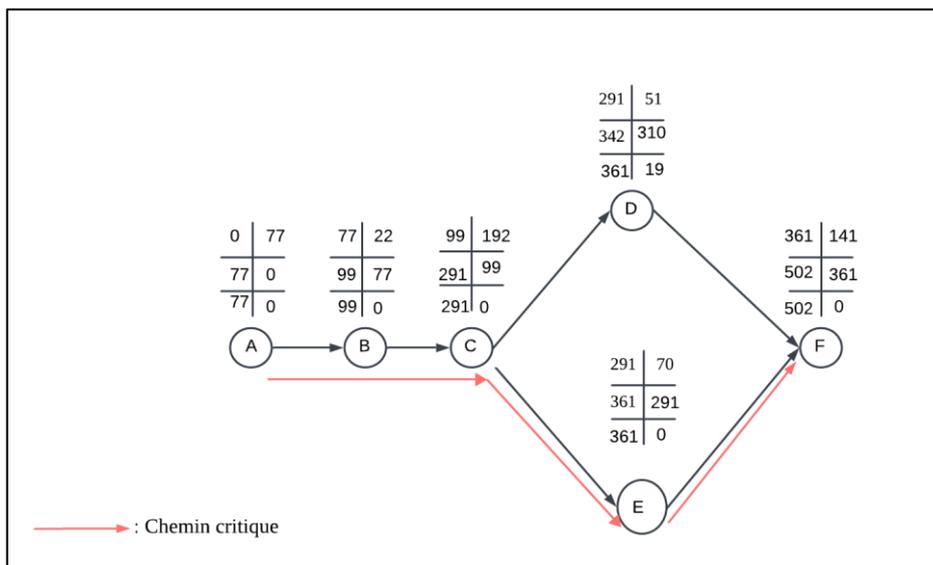


Figure VII-2 : Réseau à nœud des travaux d'adduction

La durée totale des travaux d'adduction est :

$$DTP = \sum TR_{CC} = 77+22+192+70+141 = 502 \text{ Jours}$$

Soit : **1 année, 4 mois et 17 jours**

## VII.4. Travaux des réservoirs :

### VII.4.1. Réservoir de stockage rectangulaire :

Le réservoir de stockage 40 000 m<sup>3</sup> situé dans le complexe Sahel, est un réservoir de grande capacité, semi enterré et de forme rectangulaire.

Le cout total des travaux pour une telle infrastructure est présenté dans le tableau suivant :

Désignation des travaux	Montant (DA)
Travaux de terrassement	97 674 150 ,00
Génie civil	942 101 250,00
Maçonnerie	80 275 000,00
Aménagement extérieur	192 545 000,00
Total	<b>1 312 595 400,00 DA</b>

(Source : CTH)

### VII.4.2. Travaux des réservoirs d'alimentation circulaire :

#### a. Le diamètre extérieur des réservoirs circulaire :

$$D_{ext} = D_{int} + 2b$$

Avec :

D<sub>int</sub> : diamètre intérieur

b: épaisseur de la paroi

#### b. Volume de décapage :

$$V_{décapage} = S_{réservoir} \times e_{décapage}$$

Avec :

S : surface du réservoir (m<sup>2</sup>)

e : épaisseur de décapage (e=0.1m)

#### c. Volume de déblai :

$$V_{déblai} = S_{réservoir} \times h$$

Avec :

h : hauteur de terrassement (h=2m).

**d. Volume de béton de propreté (sous radier) :**

$$V_{bp} = S_{\text{réservoir}} \times e_{bp}$$

Avec :

$e_{bp}$  : épaisseur de béton de propreté ( $e_{bp}=0.1$  m).

**e. Volume de béton armé (radier) :**

$$V_{br} = S_{\text{réservoir}} \times a$$

Avec :

$a$  : épaisseur du radier ( $a=0.4$  m).

**f. Volume de béton armé des parois :**

$$V_{bap} = V_{\text{ext}} - V_{\text{int}}$$

Avec :

$V_{\text{ext}}$  : Le volume extérieur (m<sup>3</sup>) :

$V_{\text{int}}$  : Le volume intérieur (m<sup>3</sup>):

**g. Volume de béton armé de coupole :**

$$V_{\text{coupole}} = S_{\text{coupole}} \times e_{\text{coupole}}$$

$e_{\text{coupole}}$  : L'épaisseur de la coupole ( $e= 0.2$ m).

$S_{\text{coupole}}$  : La surface de coupole (m<sup>2</sup>) :

$$S_{\text{coupole}} = 2\pi \times R_{\text{moy}} \times f$$

Tel que :

$$R_{\text{moy}} = (R_{\text{int}}^2 + f^2) / (2f)$$

$R_{\text{int}}$  : rayon intérieur.

$f$  : la flèche de coupoles. ( $0,104 \cdot D$ )

**h. Volume des travaux d'étanchéité :**

$$S_{\text{pax}} = S_{\text{coupole}}$$

**i. Travaux de peinture :**

$$S_{\text{peinture}} = S_{\text{int}} + S_{\text{ext}} = (2 \pi R_{\text{int}} \text{Hrés}) + (2 \pi R_{\text{ext}} \text{Hrés})$$

Les résultats des calculs des différents travaux sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° VII-7 : Volumes des travaux des réservoirs d'alimentation

Réservoirs	V Décapage (m <sup>3</sup> )	V déblai (m <sup>3</sup> )	Béton de propreté sous radier (m <sup>3</sup> )	Béton armé pour radier (m <sup>3</sup> )	Béton armé pour parois (m <sup>3</sup> )	Béton armé pour coupole (m <sup>3</sup> )
RV Mahelma	31,42	628,32	31,42	125,66	166,63	59,22
RV Sidi Abdellah	57,26	1145,11	57,26	229,02	224,78	111,84
RV Baba Hassen	22,70	453,96	22,70	90,79	142,55	42,73
RV Souidania	34,64	692,72	34,64	138,54	170,67	65,35
Total	146,01	2920,11	146,01	584,02	704,63	279,13

Tableau N° VII-8 : Devis quantitatif et estimatif des travaux des réservoirs

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire (DA)	Montant (DA)
<b>Travaux de terrassement</b>				
Décapage des terres	m <sup>3</sup>	146,01	250	36 502,50 DA
Déblai de fouille		2920,11	350	1 022 038,50 DA
Béton de propreté sous radier		146,01	10000	1 460 100,00 DA
Béton armé sous radier		584,02	42000	24 528 840,00 DA
<b>Maçonnerie</b>				
Béton armé des parois	m <sup>3</sup>	704,63	42000	29 594 460,00 DA
Béton armé de la coupole		279,13	42000	11 723 460,00 DA
Pax en aluminium	m <sup>2</sup>	1395,65	20000	27 913 000,00 DA
Travaux de peinture		2789,73	800	2 231 784,00 DA
Total HT				98 510 185,00 DA
TVA 19%				18 716 935,15 DA
TTC DA				117 227 120,15 DA

**Le cout total des travaux des réservoirs de stockage et d'alimentation est estimé à 1 429 822 520,15 DA** : Un milliard quatre cent vingt-neuf millions huit cent vingt-deux mille cinq cent vingt dinars et quinze centimes.

### VII.4.3. Planification des travaux pour les réservoirs d'alimentation :

Les temps de réalisation sont déterminés de la même manière que précédemment, on trouve :

**Tableau N° VII-9 :** Temps de réalisation des travaux d'un réservoir

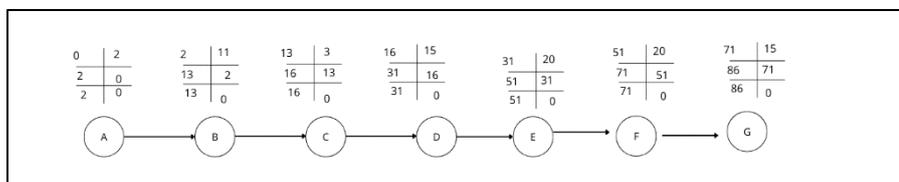
Notation	Opération	Durée (jours)
<b>A</b>	Décapage de la couche végétale	2
<b>B</b>	Déblai de fouille	11
<b>C</b>	Béton de propreté sous radier	3
<b>D</b>	Mise en œuvre du béton armé du radier	15
<b>E</b>	Mise en œuvre du béton armé des parois	20
<b>F</b>	Mise en œuvre du béton armé de la coupole	20
<b>G</b>	Travaux d'étanchéité et peinture	15

La planification des travaux d'un réservoir par la méthode CPM est la suivante :

**Tableau N° VII-10 :** Planification des travaux d'un réservoir

Opération	Précède	Succède
A	-	B
B	A	C
C	B	D
D	C	E
E	D	F
F	E	G
G	F	-

On trouve le réseau à nœuds suivant :



**Figure VII-3 :** Réseau à nœud des travaux des réservoirs

La durée totale de réalisation est : DTR = 86 jours

Soit, **2 mois et 26 jours.**

### VII.5.Travaux des stations de pompage :

Les dimensions des deux stations de pompage sont :

**Tableau N° VII-11 : Dimensions des stations de pompes**

Station de pompage	Longueur	Largeur	Hauteur	Portée entre poteaux	Nombre de poteaux	Nombre de longrines
SP SDEM Fouka2	13	7,12	6,6	4	13	17
SP SAHEL	12,1	6,3	6,4	4	10	14

#### VII.5.1. Travaux de terrassement :

➤ **Volume de décapage des terres :**

$$Vd = (L+1) \times (l+1) \times e \text{ (m}^3\text{)}$$

Avec :

L : Largeur du bâtiment (m)

l : longueur du bâtiment (m)

e : épaisseur à décaper ( e = 0,2 m)

➤ **Volume du déblai des fouilles :**

Pour une fouille :

$$Vf = 3 \times 3 \times 2 = 18 \text{ m}^3$$

Le volume totale du déblai des fouille :

$$Vdf = Vf \times Nf$$

Tel que

Nf : Nombre de fouilles égales au nombre de poteaux

➤ **Béton de propreté sous semelle**

$$V_{b.p.s} = NF (Ls+2b)(ls+2b) e_{bp}$$

tel que :

$$b=5 \text{ cm} ; Ls=2\text{m} ; ls=2\text{m}$$

$e_{bp}$  : epaisseur du béton de propreté prise à 0,1 m

➤ **Béton armé pour semelle :**

$$V_{\text{bas}} = S_s \times h_s = (L_s \times l_s \times h_s) N_f$$

➤ **Volume béton armé pour demi-poteaux :**

$$V_{\text{badp}} = S_{\text{badp}} \times h_{\text{DP}} \times N_p$$

➤ **Remblai des fouilles :**

Volume de remblai d'une fouille :

$$V_{r.1. f} = (V_{\text{df}} - V_{\text{b.p.s}} - V_{\text{se}} - V_{\text{d.p}})$$

➤ **Volume des terres en excès :**

$$V_t = V_{\text{BP}} + V_S + V_{\text{DP}}$$

➤ **Béton de propreté sous longrines :**

$$V_{\text{bpsl}} = S \times e_{\text{bp}} = (P - a_p) \times a_p \times e_{\text{BP}} = (4 - 0,4) \times 0,4 \times 0,05 \times NL$$

➤ **Béton armé dosé à 350Kg/m<sup>3</sup> pour longrines :**

$$V = NL (0,4 \times 0,6 \times (4 - 0,4))$$

➤ **Remplissage des casiers :**

- Longueur d'un casier :  $L_c = 4 - 0,4 = 3,6 \text{ m}$
- Largeur d'un casier :  $l_c = 4 - 0,4 = 3,6 \text{ m}$
- Volume d'un casier :  $V_c = L_c \times l_c \times h_1$

➤ **Béton armé dosé à 350 kg/m<sup>3</sup> pour poteaux :**

$$\text{Volume d'un poteau : } V_p = S_p \times h_p$$

$$V_T = V_p \times N_p$$

➤ **Béton armé dosé à 350 kg/m<sup>3</sup> pour dalles (inf. & sup.) :**

$$\text{Volume d'une dalle : } V_D = 2 S_{\text{dalle}} \times e_D \quad (e_D \text{ avec } = 1\text{m})$$

➤ **Béton armé pour ceinture :**

$$V_{\text{BAceinture}} = V_{\text{BA longrine}}$$

## VII.5.2. Maçonnerie

➤ **Nombre des briques :**

- Surface de brique =  $0,2 \times 0,3 = 0,06 \text{ m}^2$
  - Nombre des briques =  $S_{\text{mur}} / 0,06$
- ⇒ Nombre total =  $2N_{\text{br}} + 10\%N_{\text{br}}$

➤ **Nombre des pièces d'hourdis :**

$$\text{Nombre des pièces d'hourdis} = S_{\text{dalle}} / S_{\text{hourdis}} + 10\%N_{\text{br}}$$

$$\text{Avec : Surface d'hourdis} = 0,2 \times 0,5$$

➤ **Volume du béton armé pour poutrelles :**

$$V_{b.a.p} = 20\% V_{b.a.Dalle}$$

➤ **Surface de crépissage :**

$$S_{cr} = S_{brique\ int+Ext}$$

➤ **Surface du carrelage**

$$S_{carrelage} = S_{Dalle} - S_{poteaux}$$

➤ **Fourniture et pose d'un portail :** de dimensions 4x3

➤ **Fourniture et pose de 4 fenêtres :** de dimension 1,5x2

➤ **Fourniture et mise en œuvre de la peinture :**  $S_{pent} = 2 \times S_{mur}$

### VII.5.3. Travaux de la bache d'aspiration pour SP SDEM Fouka2 :

La bache d'aspiration située au niveau de la station de pompage de la station de dessalement Fouka2 est de capacité de 140 m<sup>3</sup>, les résultats des calcul des travaux sont :

**Tableau N° VII-12 :** Devis quantitatif et estimatif des travaux de la bache d'aspiration

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire (DA)	Montant (DA)
<b>Travaux de terrassement</b>				
Décapage des terres	m <sup>3</sup>	3,85	250	962,5 DA
Déblai de fouille		77	350	26 950,0 DA
Béton de propreté sous radier		3,9	10000	39 000,0 DA
Béton armé pour radier		15,4	42000	646 800,0 DA
Béton armé des parois		56,16	42000	2 358 720,0 DA
Béton armé de la coupole	m <sup>3</sup>	6,28	42000	263 760,0 DA
Pax en aluminium	m <sup>2</sup>	31,42	20000	628 400,0 DA
Travaux de peinture		66,76	800	53 408,0 DA
			Total	4 018 000,5 DA

**Le cout des travaux des stations de pompage est déterminé à travers les tableaux suivants :**

Tableau N° VII-13 : Devis quantitatif et estimatif des travaux pour la station de pompage de la SDEM Fouka2 :

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire (DA)	Total ( DA)
<b>Travaux de terrassement et ouvrage</b>				
Décapage de terre végétale	m <sup>3</sup>	22,96	250	5 740,00 DA
Déblai des fouilles		324	350	113 400,00 DA
Remblai des fouilles		266,592	250	66 648,00 DA
Fourniture et mise en œuvre du TBO pour remplissage des casiers		84,24	8000	673 920,00 DA
Béton de propreté dosé 150 Kg/m <sup>3</sup> (sous semelle)		24	10000	240 000,00 DA
Béton armé dosé 300 Kg/m <sup>3</sup> (semelles)		28,8	42000	1 209 600,00 DA
Béton armé dosé 300Kg/m <sup>3</sup> ( demi-poteaux)		4,608	42000	193 536,00 DA
Béton de propreté dosé 150 Kg/m <sup>3</sup> (sous longrines )		15,912	10000	159 120,00 DA
Béton armé dosé 300Kg/m <sup>3</sup> (longrines )		14,688	42000	616 896,00 DA
Béton armé dosé 300 Kg/m <sup>3</sup> (ceinture sup)		14,688	42000	616 896,00 DA
Béton armé dosé 300Kg/m <sup>3</sup> (poteaux)		12,672	42000	532 224,00 DA
Béton armé dosé 300 Kg/m <sup>3</sup> (dalles inf+Sup)		187,2	42000	7 862 400,00 DA
<b>Maçonnerie</b>				
Fourniture des poutrelle		18,72	42000	786 240,00 DA
Fourniture et transport des briques	Unité	9332,4	25	233 310,00 DA
Nombre des pièces d'hourdis		2059,2	45	92 664,00 DA
Surface de crépissage	m <sup>2</sup>	533,28	300	159 984,00 DA
Surface de carrelage		93,44	600	56 064,00 DA
Fourniture et mise en œuvre de la peinture		533,28	250	133 320,00 DA
Fourniture et mise et pose d'un portail 3X4	Unité	1	70000	70 000,00 DA
Fourniture et pose des fenêtres		4	40000	160 000,00 DA
Bâche d'aspiration	Unité	1	4 018 000,5	4 018 000,5 DA
			Total HT	18 763 382,60 DA
			TVA 19%	3 565 042,69 DA
			TTC DA	22 328 425,29 DA

Tableau N° VII-14 : Devis quantitatif et estimatif des travaux pour la station de pompage SAHEL

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire (DA)	Montant (DA)
<b>Travaux de terrassement et ouvrage</b>				
Décapage de terre végétale	m <sup>3</sup>	18,98	250	4 745,00 DA
Déblai des fouilles		270	350	94 500,00 DA
Remblai des fouilles		222,16	250	55 540,00 DA
Fourniture et mise en œuvre du TBO pour remplissage des casiers		68,04	8000	544 320,00 DA
Béton de propreté dosé 150 Kg/m <sup>3</sup> (sous semelle)		20	10000	200 000,00 DA
Béton armé dosé 300 Kg/m <sup>3</sup> (semelles)		24	42000	1 008 000,00 DA
Béton armé dosé 300Kg/m <sup>3</sup> (demi-poteaux)		3,84	42000	161 280,00 DA
Béton de propreté dosé 150 Kg/m <sup>3</sup> ( sous longrines )		13,104	10000	131 040,00 DA
Béton armé dosé 300Kg/m <sup>3</sup> (longrines )		12,096	42000	508 032,00 DA
Béton armé dosé 300 Kg/m <sup>3</sup> (ceinture sup)		12,096	42000	508 032,00 DA
Béton armé dosé 300Kg/m <sup>3</sup> (poteaux)		10,24	42000	430 080,00 DA
Béton armé dosé 300 Kg/m <sup>3</sup> (dalles inf+Sup)		151,2	42000	6 350 400,00 DA
<b>Maçonnerie</b>				
Fourniture des poutrelle	m <sup>3</sup>	15,12	42000	635 040,00 DA
Fourniture et transport des briques	Unité	8198,4	25	204 960,00 DA
Nombre des pièces d'hourdis		1663,2	45	74 844,00 DA
Surface de crépissage	m <sup>2</sup>	468,48	300	140 544,00 DA
Surface de carrelage		75,44	600	45 264,00 DA
Fourniture et mise en œuvre de la peinture		468,48	250	117 120,00 DA
Fourniture et mise et pose d'un portail 3X4	Unité	1	70000	70 000,00 DA
Fourniture et pose des fenêtres		4	40000	160 000,00 DA
Total HT				11 443 741,00 DA
TVA 19%				2 174 310,79 DA
TTC DA				13 618 051,79 DA

### VII.5.4. Planification des travaux des station de pompage :

De la même manière que les travaux d'adduction, les temps de réalisation des différentes opérations sont donnés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau N° VII-15 : Temps de réalisation des travaux des stations de pompages**

Notation	Opération	Durée (jours)
<b>A</b>	Décapage de la couche végétale	5
<b>B</b>	Déblai des fouilles	8
<b>C</b>	Mise en œuvre du béton de propreté sous semelles	3
<b>D</b>	Mise en œuvre du béton armé des semelles	6
<b>E</b>	Remblayage des fouilles	3
<b>F</b>	Mise en œuvre du béton armé pour demi-poteau	3
<b>G</b>	Mise en œuvre du béton armé pour longrines	5
<b>H</b>	Remplissage des casiers	17
<b>I</b>	Réalisation des poteaux	20
<b>J</b>	Réalisation des murs	7
<b>K</b>	Réalisation de la Dalle	55
<b>L</b>	Maçonnerie et finitions	60

La planification des travaux se fait par la méthode CPM tel que :

**Tableau N° VII-16 : Planification des travaux de station de pompage**

Opération	Précède	Succède	Opération	Précède	Succède
<b>A</b>	-	<b>B</b>	<b>H</b>	F,G	<b>I</b>
<b>B</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>I</b>	<b>H</b>	<b>J</b>
<b>C</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>I</b>	<b>K</b>
<b>D</b>	<b>C</b>	<b>E,F</b>	<b>K</b>	<b>J</b>	<b>L</b>
<b>E</b>	<b>D</b>	<b>G</b>	<b>L</b>	<b>K</b>	6
<b>G</b>	<b>E</b>	<b>H</b>			

D'où le réseau à nœud suivant :

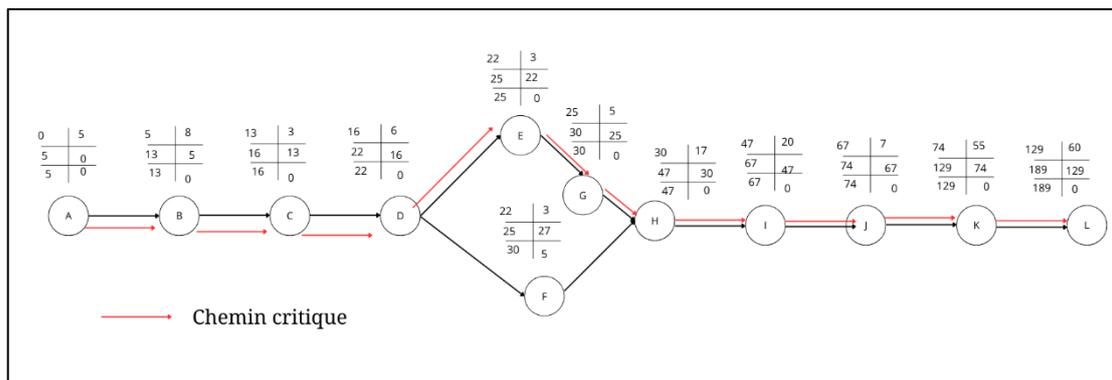


Figure VII-4: Réseau à nœud des travaux de la station de pompage

Le temps de réalisation est égal à : DTR = 189 Jours ; Soit : 6 mois et 9 jours

### Conclusion :

Afin d'assurer le bon déroulement du chantier, nous avons défini les travaux d'adduction, de construction des réservoirs et d'installation des stations de pompage. Nous avons également élaboré des devis estimatifs et planifié la durée totale des travaux. Ainsi, nous évaluons le coût du présent projet à :

**Trois milliards quatre cent soixante-quatorze millions huit cent quarante-quatre mille sept cent soixante dinars algériens et onze centimes** sur une durée de réalisation d'une **année, quatre mois et dix-sept jours.**

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

Au cours de cette étude, nous avons conçu un projet d'approvisionnement en eau potable qui répond de manière optimale aux besoins de sept communes de l'ouest de la Wilaya d'Alger, en exploitant les capacités de la future station de dessalement Fouka 2. Ce projet a été élaboré avec une perspective à long terme jusqu'en 2050, prenant en compte les prévisions de croissance démographique et les besoins croissants en eau potable.

Nous avons effectué une analyse détaillée de la zone d'étude, qui a permis d'estimer les besoins en eau à environ 200 000 m<sup>3</sup>/j. Cette estimation repose sur une projection de population future de 634 443 habitants, avec une demande de pointe variant de 894,52 m<sup>3</sup>/h à 2 335,8 m<sup>3</sup>/h. Ces données ont guidé la conception des infrastructures nécessaires.

Pour assurer une distribution continue et fiable de l'eau, nous avons élaboré une stratégie de stockage comprenant la construction d'un réservoir de stockage rectangulaire au Complexe Hydraulique Sahel, ainsi que quatre réservoirs d'alimentation circulaires pour compléter le volume de stockage nécessaire au niveau des communes desservies .

L'étude et le dimensionnement des adductions ont conduit à un tracé incluant des conduites en fonte de diamètres allant de 400 mm à 1800 mm, réparties sur une longueur totale de 33,4 km. Les simulations effectuées avec le logiciel EPANET ont confirmé que les vitesses et les pressions dans les conduites sont optimales, assurant ainsi une distribution efficace de l'eau.

L'étude de pompage a conduit à la sélection de trois pompes centrifuges de type KSB CPKN 400-710 pour la station SP SDEM Fouka 2 et trois pompes de type KSB CPKN 350-500 pour la station SP Sahel, avec une pompe de secours pour chaque station. Ces équipements sont conçus pour garantir un transfert efficace et fiable de l'eau à travers le réseau.

L'ensemble du projet a été évalué à trois milliards quatre cent soixante-quatre millions huit cent quarante-quatre mille sept cent soixante dinars algériens, avec une durée de réalisation estimée à une année, quatre mois et dix-sept jours.

# Bibliographie

- [1] A. MEKLATI, «LA MISE EN PLACE D'UN PLAN D'INTERVENTION EN CAS DE SECHERESSE POUR LA WILAYA D'ALGER,» 2009.
- [2] S. TAIBI, «Etude des performances de la station de dessalement des eaux de mer par osmose inverse de Fouka ( w.Tipaza),» 2015.
- [3] V. RENAUDIN, «Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres,» 2003.
- [4] S. BOUALAM, «Alimentation en eau potable des agglomérations,» 2014.
- [5] «Cours d'Alimentation en eau potable , Université Oum El Bouaghi,» [En ligne]. Available: [http://tele-ens.univ-oeb.dz/moodle/pluginfile.php/128967/mod\\_resource/content/1/CHAPITRE%203%20%28R%C3%A9servoir%20d'alimentation%20en%20eau%29.pdf](http://tele-ens.univ-oeb.dz/moodle/pluginfile.php/128967/mod_resource/content/1/CHAPITRE%203%20%28R%C3%A9servoir%20d'alimentation%20en%20eau%29.pdf).
- [6] A. DUPONT, HYDRAULIQUE URBAINE , TOME 2, Paris: Editions EYROLLES, 1974.
- [7] L. KADI, «Cours d'alimentation en eau potable».
- [8] A. TOUMI, «Cours pompes et stations de pompage».
- [9] W. MOKRANE et O. KHODJET KESBA, «Systèmes de pompage , les pompes hydrauliques .,» 2022.
- [10] Y. JAEGER, S. OBERTI, L. GUICHOT et J. BARON, «Comparaison de traitement utilisés pour limiter la corrosivité des eaux douces dans les réseaux de distribution d'eau potable,» 2006.
- [11] La pose des canalisations pour l'adduction et la distribution de l'eau potable, Limoges: Fondation de l'eau, 1990.
- [12] D. KAHLERRAS, «Organisation de chantier,» Blida, 2018.
- [13] B. BENLAOUKLI, «Organisation de chantier , la planification des travaux les M.M.O,» 2004.
- [14] S. Zamiche, F. Hamaidi, A. Demiai et M. Balaidi , «Origines et mécanismes d'acquisition de la salinité des eaux de la nappe quaternaire de la mitidja ( NORD-ALGERIE),» 2017.
- [15] «Protection cathodique,» [En ligne]. Available: <https://protectioncathodique.net/principes-et-applications/generalites/la-protection-cathodique/>.
- [16] A. BEZZAR, «Cours d'Alimentation en eau potable».
- [17] N. KLEIN, «Protection anticorrosion de conduites en fonte ductile,» 2017. [En ligne]. Available: <https://www.revue-ein.com/article/protection-anticorrosion-de-conduites-en-fonte-ductile>.
- [18] Y. ISKOUNEN, «Cours d'Hydraulique».
- [19] «cours hydraulique 03 u, niversité Abderrahmane Mira,» Bejaia Algerie, 2020.
- [20] «Syndicat Eaux de la Faye , RESERVOIRS,» [En ligne]. Available: <http://siaep.faye.free.fr/reseau/reservoirs/reservoirs.html>.

# **ANNEXES**

**ANNEXE N° 1 : Régime de consommation des agglomérations**

Heures	Nombres d'habitants				
	Moins de 10 000	De 10 001 à 50 000	De 50 001 à 100 000	Plus de 100 000	Agglomération de type rural
<b>0 – 1</b>	1,00	1,50	3,00	3,35	0,75
<b>1 – 2</b>	1,00	1,50	3,20	3,25	0,75
<b>2 – 3</b>	1,00	1,50	2,50	3,30	1,00
<b>3 – 4</b>	1,00	1,50	2,60	3,20	1,00
<b>4 – 5</b>	2,00	2,50	3,50	3,25	3,00
<b>5 – 6</b>	3,00	3,50	4,10	3,40	5,50
<b>6 – 7</b>	5,00	4,50	4,50	3,85	5,50
<b>7 – 8</b>	6,50	5,50	4,90	4,45	5,50
<b>8 – 9</b>	6,50	6,25	4,90	5,20	3,50
<b>9 – 10</b>	5,50	6,25	5,60	5,05	3,50
<b>10 – 11</b>	4,50	6,25	4,80	4,85	6,00
<b>11 – 12</b>	5,50	6,25	4,70	4,60	8,50
<b>12 – 13</b>	7,00	5,00	4,40	4,60	8,50
<b>13 – 14</b>	7,00	5,00	4,10	4,55	6,00
<b>14 – 15</b>	5,50	5,50	4,20	4,75	5,00
<b>15 – 16</b>	4,50	6,00	4,40	4,70	5,00
<b>16 – 17</b>	5,00	6,00	4,30	4,65	3,50
<b>17 – 18</b>	6,50	5,50	4,10	4,35	3,50
<b>18 – 19</b>	6,50	5,00	4,50	4,40	6,00
<b>19 – 20</b>	5,00	4,50	4,50	4,30	6,00
<b>20 – 21</b>	4,50	4,00	4,50	4,30	6,00
<b>21 – 22</b>	3,00	3,00	4,80	4,20	3,00
<b>22 – 23</b>	2,00	2,00	4,60	3,75	2,00
<b>23 – 24</b>	1,00	1,50	3,30	3,70	1,00
<b>Total</b>	100	100	100	100	100

**ANNEXE N° 2 : Consommation horaire de la commune de Mahelma**

Heures	Ch%	Qhi (m3/h)	Ch% Cumulé	Qh(m3/h) Cumulé
0 – 1	3,35	1 282,60	3,35	1 282,60
1 – 2	3,25	1 244,31	6,60	2 526,91
2 – 3	3,30	1 263,45	9,90	3 790,36
3 – 4	3,20	1 225,17	13,10	5 015,53
4 – 5	3,25	1 244,31	16,35	6 259,84
5 – 6	3,40	1 301,74	19,75	7 561,58
6 – 7	3,85	1 474,03	23,60	9 035,61
7 – 8	4,45	1 703,75	28,05	10 739,36
8 – 9	5,20	1 990,90	33,25	12 730,26
9 – 10	5,05	1 933,47	38,30	14 663,73
10 – 11	4,85	1 856,90	43,15	16 520,62
11 – 12	4,60	1 761,18	47,75	18 281,80
12 – 13	4,60	1 761,18	52,35	20 042,98
13 – 14	4,55	1 742,04	56,90	21 785,02
14 – 15	4,75	1 818,61	61,65	23 603,62
15 – 16	4,70	1 799,47	66,35	25 403,09
16 – 17	4,65	1 780,32	71,00	27 183,41
17 – 18	4,35	1 665,46	75,35	28 848,87
18 – 19	4,40	1 684,61	79,75	30 533,48
19 – 20	4,30	1 646,32	84,05	32 179,80
20 – 21	4,30	1 646,32	88,35	33 826,12
21 – 22	4,20	1 608,03	92,55	35 434,15
22 – 23	3,75	1 435,74	96,30	36 869,89
23 – 24	3,70	1 416,60	100,00	38 286,50
<b>Total</b>	100,00	38 286,50		

**ANNEXE N° 3 : Consommation horaire de la localité de Sidi Abdellah**

<b>Heures</b>	<b>Ch%</b>	<b>Qhi (m3/h)</b>	<b>Ch% Cumulé</b>	<b>Qh(m3/h) Cumulé</b>
0 – 1	3,35	1 504,79	3,35	1 504,79
1 – 2	3,25	1 459,87	6,60	2 964,67
2 – 3	3,30	1 482,33	9,90	4 447,00
3 – 4	3,20	1 437,42	13,10	5 884,42
4 – 5	3,25	1 459,87	16,35	7 344,29
5 – 6	3,40	1 527,25	19,75	8 871,55
6 – 7	3,85	1 729,39	23,60	10 600,94
7 – 8	4,45	1 998,91	28,05	12 599,84
8 – 9	5,20	2 335,80	33,25	14 935,64
9 – 10	5,05	2 268,42	38,30	17 204,06
10 – 11	4,85	2 178,58	43,15	19 382,65
11 – 12	4,60	2 066,28	47,75	21 448,93
12 – 13	4,60	2 066,28	52,35	23 515,21
13 – 14	4,55	2 043,82	56,90	25 559,04
14 – 15	4,75	2 133,66	61,65	27 692,70
15 – 16	4,70	2 111,20	66,35	29 803,91
16 – 17	4,65	2 088,74	71,00	31 892,65
17 – 18	4,35	1 953,99	75,35	33 846,64
18 – 19	4,40	1 976,45	79,75	35 823,08
19 – 20	4,30	1 931,53	84,05	37 754,61
20 – 21	4,30	1 931,53	88,35	39 686,14
21 – 22	4,20	1 886,61	92,55	41 572,74
22 – 23	3,75	1 684,47	96,30	43 257,21
23 – 24	3,70	1 662,01	100,00	44 919,23
<b>Total</b>	100,00	44 919,23		

**ANNEXE N° 4 : Consommation horaire de la commune de Douera**

<b>Heures</b>	<b>Ch%</b>	<b>Qhi (m3/h)</b>	<b>Ch% Cumulé</b>	<b>Qh(m3/h) Cumulé</b>
0 – 1	3,35	1 060,73	3,35	1 060,73
1 – 2	3,25	1 029,06	6,60	2 089,79
2 – 3	3,30	1 044,90	9,90	3 134,69
3 – 4	3,20	1 013,23	13,10	4 147,92
4 – 5	3,25	1 029,06	16,35	5 176,99
5 – 6	3,40	1 076,56	19,75	6 253,55
6 – 7	3,85	1 219,05	23,60	7 472,59
7 – 8	4,45	1 409,03	28,05	8 881,62
8 – 9	5,20	1 646,50	33,25	10 528,12
9 – 10	5,05	1 599,01	38,30	12 127,13
10 – 11	4,85	1 535,68	43,15	13 662,81
11 – 12	4,60	1 456,52	47,75	15 119,33
12 – 13	4,60	1 456,52	52,35	16 575,85
13 – 14	4,55	1 440,69	56,90	18 016,54
14 – 15	4,75	1 504,02	61,65	19 520,56
15 – 16	4,70	1 488,19	66,35	21 008,75
16 – 17	4,65	1 472,35	71,00	22 481,10
17 – 18	4,35	1 377,36	75,35	23 858,46
18 – 19	4,40	1 393,19	79,75	25 251,66
19 – 20	4,30	1 361,53	84,05	26 613,19
20 – 21	4,30	1 361,53	88,35	27 974,72
21 – 22	4,20	1 329,87	92,55	29 304,59
22 – 23	3,75	1 187,38	96,30	30 491,97
23 – 24	3,70	1 171,55	100,00	31 663,52
<b>Total</b>	100,00	31 663,52		

**ANNEXE N° 5 : Consommation horaire de la commune de Rahmania**

<b>Heures</b>	<b>Ch%</b>	<b>Qhi (m3/h)</b>	<b>Ch%</b>	<b>Qh(m3/h)</b>
<b>0 – 1</b>	3,00	579,33	3,00	579,33
<b>1 – 2</b>	3,20	617,95	6,20	1 197,27
<b>2 – 3</b>	2,50	482,77	8,70	1 680,04
<b>3 – 4</b>	2,60	502,08	11,30	2 182,13
<b>4 – 5</b>	3,50	675,88	14,80	2 858,01
<b>5 – 6</b>	4,10	791,74	18,90	3 649,75
<b>6 – 7</b>	4,50	868,99	23,40	4 518,74
<b>7 – 8</b>	4,90	946,23	28,30	5 464,97
<b>8 – 9</b>	4,90	946,23	33,20	6 411,20
<b>9 – 10</b>	5,60	1 081,41	38,80	7 492,61
<b>10 – 11</b>	4,80	926,92	43,60	8 419,53
<b>11 – 12</b>	4,70	907,61	48,30	9 327,14
<b>12 – 13</b>	4,40	849,68	52,70	10 176,82
<b>13 – 14</b>	4,10	791,74	56,80	10 968,56
<b>14 – 15</b>	4,20	811,06	61,00	11 779,62
<b>15 – 16</b>	4,40	849,68	65,40	12 629,30
<b>16 – 17</b>	4,30	830,37	69,70	13 459,66
<b>17 – 18</b>	4,10	791,74	73,80	14 251,41
<b>18 – 19</b>	4,50	868,99	78,30	15 120,40
<b>19 – 20</b>	4,50	868,99	82,80	15 989,38
<b>20 – 21</b>	4,50	868,99	87,30	16 858,37
<b>21 – 22</b>	4,80	926,92	92,10	17 785,29
<b>22 – 23</b>	4,60	888,30	96,70	18 673,59
<b>23 – 24</b>	3,30	637,26	100,00	19 310,85
<b>Total</b>	100,00	19 310,85		

**ANNEXE N° 6 : Consommation horaire de la commune de Souidania**

<b>Heures</b>	<b>Ch%</b>	<b>Qhi (m3/h)</b>	<b>Ch%</b>	<b>Qh(m3/h)</b>
			Cumulé	Cumulé
<b>0 – 1</b>	1,50	214,69	1,50	214,69
<b>1 – 2</b>	1,50	214,69	3,00	429,37
<b>2 – 3</b>	1,50	214,69	4,50	644,06
<b>3 – 4</b>	1,50	214,69	6,00	858,74
<b>4 – 5</b>	2,50	357,81	8,50	1 216,55
<b>5 – 6</b>	3,50	500,93	12,00	1 717,48
<b>6 – 7</b>	4,50	644,06	16,50	2 361,54
<b>7 – 8</b>	5,50	787,18	22,00	3 148,72
<b>8 – 9</b>	6,25	894,52	28,25	4 043,25
<b>9 – 10</b>	6,25	894,52	34,50	4 937,77
<b>10 – 11</b>	6,25	894,52	40,75	5 832,29
<b>11 – 12</b>	6,25	894,52	47,00	6 726,82
<b>12 – 13</b>	5,00	715,62	52,00	7 442,43
<b>13 – 14</b>	5,00	715,62	57,00	8 158,05
<b>14 – 15</b>	5,50	787,18	62,50	8 945,23
<b>15 – 16</b>	6,00	858,74	68,50	9 803,98
<b>16 – 17</b>	6,00	858,74	74,50	10 662,72
<b>17 – 18</b>	5,50	787,18	80,00	11 449,90
<b>18 – 19</b>	5,00	715,62	85,00	12 165,52
<b>19 – 20</b>	4,50	644,06	89,50	12 809,57
<b>20 – 21</b>	4,00	572,49	93,50	13 382,07
<b>21 – 22</b>	3,00	429,37	96,50	13 811,44
<b>22 – 23</b>	2,00	286,25	98,50	14 097,69
<b>23 – 24</b>	1,50	214,69	100,00	14 312,37
<b>Total</b>	100,00	14 312,37		

**ANNEXE N° 7 : Consommation horaire de la commune de Baba Hassen**

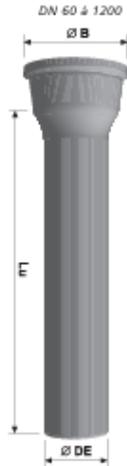
<b>Heures</b>	<b>Ch%</b>	<b>Qhi (m3/h)</b>	<b>Ch%</b>	<b>Qh(m3/h)</b>
			Cumulé	Cumulé
<b>0 – 1</b>	1,50	202,58	1,50	202,58
<b>1 – 2</b>	1,50	202,58	3,00	405,16
<b>2 – 3</b>	1,50	202,58	4,50	607,75
<b>3 – 4</b>	1,50	202,58	6,00	810,33
<b>4 – 5</b>	2,50	337,64	8,50	1 147,96
<b>5 – 6</b>	3,50	472,69	12,00	1 620,65
<b>6 – 7</b>	4,50	607,75	16,50	2 228,40
<b>7 – 8</b>	5,50	742,80	22,00	2 971,20
<b>8 – 9</b>	6,25	844,09	28,25	3 815,29
<b>9 – 10</b>	6,25	844,09	34,50	4 659,38
<b>10 – 11</b>	6,25	844,09	40,75	5 503,47
<b>11 – 12</b>	6,25	844,09	47,00	6 347,56
<b>12 – 13</b>	5,00	675,27	52,00	7 022,84
<b>13 – 14</b>	5,00	675,27	57,00	7 698,11
<b>14 – 15</b>	5,50	742,80	62,50	8 440,91
<b>15 – 16</b>	6,00	810,33	68,50	9 251,24
<b>16 – 17</b>	6,00	810,33	74,50	10 061,56
<b>17 – 18</b>	5,50	742,80	80,00	10 804,36
<b>18 – 19</b>	5,00	675,27	85,00	11 479,64
<b>19 – 20</b>	4,50	607,75	89,50	12 087,38
<b>20 – 21</b>	4,00	540,22	93,50	12 627,60
<b>21 – 22</b>	3,00	405,16	96,50	13 032,76
<b>22 – 23</b>	2,00	270,11	98,50	13 302,87
<b>23 – 24</b>	1,50	202,58	100,00	13 505,45
<b>Total</b>	100,00	13 505,45		

**ANNEXE N° 8 : Consommation horaire de la commune de Ouled Fayet**

<b>Heures</b>	<b>Ch%</b>	<b>Qhi (m3/h)</b>	<b>Ch%</b>	<b>Qh(m3/h)</b>
<b>0 – 1</b>	3,00	707,29	3,00	707,29
<b>1 – 2</b>	3,20	754,45	6,20	1 461,74
<b>2 – 3</b>	2,50	589,41	8,70	2 051,16
<b>3 – 4</b>	2,60	612,99	11,30	2 664,14
<b>4 – 5</b>	3,50	825,18	14,80	3 489,32
<b>5 – 6</b>	4,10	966,64	18,90	4 455,96
<b>6 – 7</b>	4,50	1 060,94	23,40	5 516,90
<b>7 – 8</b>	4,90	1 155,25	28,30	6 672,15
<b>8 – 9</b>	4,90	1 155,25	33,20	7 827,40
<b>9 – 10</b>	5,60	1 320,28	38,80	9 147,68
<b>10 – 11</b>	4,80	1 131,67	43,60	10 279,35
<b>11 – 12</b>	4,70	1 108,10	48,30	11 387,45
<b>12 – 13</b>	4,40	1 037,37	52,70	12 424,81
<b>13 – 14</b>	4,10	966,64	56,80	13 391,45
<b>14 – 15</b>	4,20	990,21	61,00	14 381,66
<b>15 – 16</b>	4,40	1 037,37	65,40	15 419,03
<b>16 – 17</b>	4,30	1 013,79	69,70	16 432,82
<b>17 – 18</b>	4,10	966,64	73,80	17 399,45
<b>18 – 19</b>	4,50	1 060,94	78,30	18 460,40
<b>19 – 20</b>	4,50	1 060,94	82,80	19 521,34
<b>20 – 21</b>	4,50	1 060,94	87,30	20 582,28
<b>21 – 22</b>	4,80	1 131,67	92,10	21 713,95
<b>22 – 23</b>	4,60	1 084,52	96,70	22 798,47
<b>23 – 24</b>	3,30	778,02	100,00	23 576,49
<b>Total</b>	100,00	23 576,49		

## ANNEXE N° 9 : Gamme de conduites en fonte ductile Pam Saint-Gobain

Tuyau classe de pression non verrouillé, à emboîture STANDARD - DN 60 à 2000						Bague d'étanchéité pour ■ Tuyaux et raccords STANDARD DN 60 à 2000		
Classe	Diamètre nominal	Longueur utile moyenne	Fût	Emboîture	Masse moyenne métrique	Joint	DN mm	Masse kg
	DN mm	Lu m	Ø DE mm	Ø B mm	kg / m			
C40	60	6	77	144	9,4	STANDARD	60	0,11
	80	6	98	167	12,2		80	0,15
	100	6	118	188	14,9		100	0,20
	125	6	144	215	18,3		125	0,24
	150	6	170	242	22,2		150	0,29
	200	6	222	295	30,2		200	0,38
	250	6	274	352	42,2		250	0,50
	300	6	326	409	55,6		300	0,71
C30	350	6	378	464	68,8		350	0,90
	400	6	429	516	79,4		400	1,10
	450	6	480	574	93,8		450	1,32
	500	6	532	629	111,2		500	1,54
	600	6	635	738	150,6		600	2,16
C25	700	6,95	738	863	186,2		700	2,87
	800	6,95	842	974	229,0		800	3,67
	900	6,95	945	1082	276,2		900	4,61
	1000	6,95	1048	1191	330,6		1000	5,59
	1100	8,19	1151	1300	395,4		1100	7,68
	1200	8,18	1255	1412	461,3		1200	9,34
	1400	8,17	1462	1592	634,3		1400	15,50
	1500	8,16	1565	1710	720,3	1500	19,80	
	1600	8,16	1668	1816	807,5	1600	21,05	
	1800	8,15	1875	2032	995,1	1800	27,72	
2000	8,13	2082	2259	1210,0	2000	29,00		



Tuyaux et raccords DN 60 à 1200



Tuyaux et raccords DN 1400 à 2000



**ANNEXE N° 10 : Prix des conduites en fonte ductile PAM SAINT-GOBAIN**

<b>Diamètre en mm</b>	<b>Classe</b>	<b>Prix TTC (DA)</b>
60	C40	2 464,36 DA
80		3 422,31 DA
100		6 682,31 DA
125		7 836,22 DA
150		8 534,23 DA
200		10 323,10 DA
250		11 542,36 DA
300		13 521,23 DA
350		13 521,23 DA
400		C30
450	15 982,11 DA	
500	17 885,15 DA	
600	22 831,78 DA	
700	27 777,32 DA	
800	C25	31 722,86 DA
900		35 668,40 DA
1000		39 613,94 DA
1100		4 355,50 DA
1200		47 498,50 DA
1400		55 388,50 DA
1500		59 344,82 DA
1600		63 716,16 DA
1800		71 930,68 DA
2000		81 126,50 DA

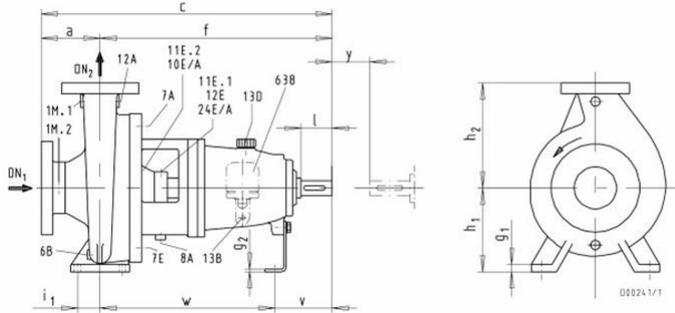
# ANNEXE N° 11 : Plan d'encombrement de pompe de type KSB CPKN



CPKN

## Dimensions and Connections

CPKN



y = clearance for dismantling without removing the motor

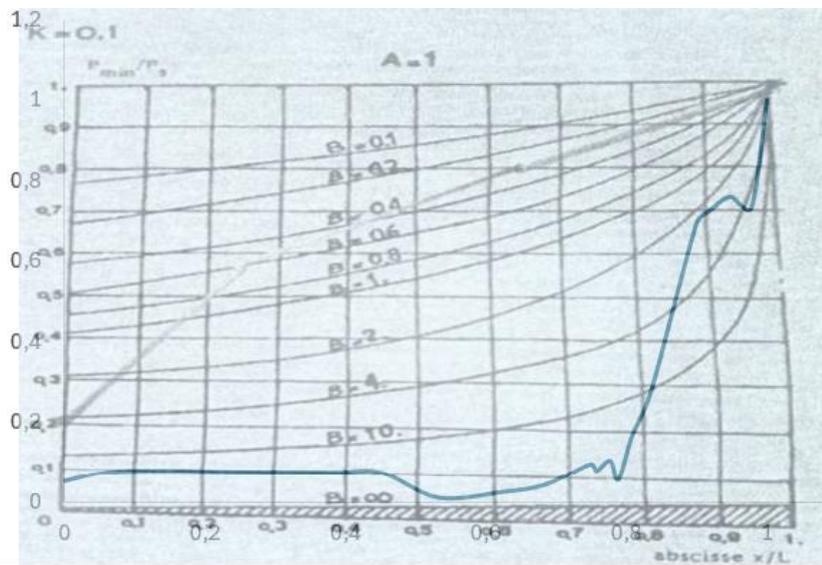
# ANNEXE N° 12 : Dimensions de pompes KSB de type CPKN

## Dimensions

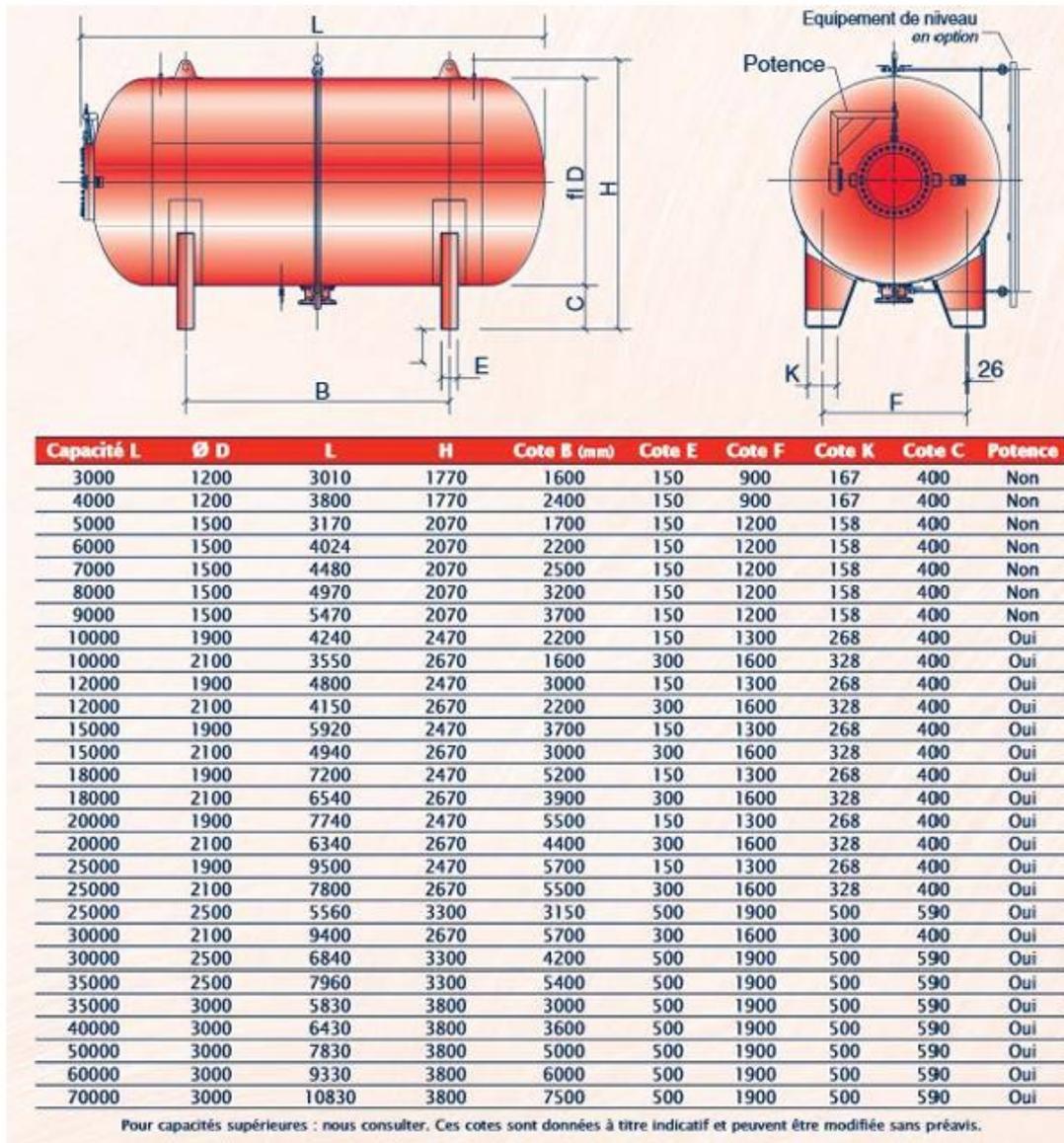
Dimensions in mm

Pump size	Bea- ring size	Pump dimensions																	Shaft end					Foot bolts											
		DN 1	DN 2	a	b	c	f	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	m <sub>1</sub>	m <sub>3</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>3</sub>	n <sub>5</sub>	d <sub>1</sub>	l	t	u	y	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	m <sub>2</sub>	n <sub>2</sub>	r <sub>4</sub>	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>	v	w	n <sub>12</sub>				
25-160 UP 02		40	25	80	50	465	385	14	4	132	160	100	48	240	140	160	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285	-				
25-200 UP 02		80	50	465	385	14	4	160	180	100	48	240	140	160	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285	-						
32-125 UP 02		50	32	80	50	465	385	12	4	112	140	100	48	190	90	160	24	50	27	8	100	35	20	70	140	110	14	14	100	285	-				
32-160 UP 02		80	50	465	385	14	4	132	160	100	48	240	140	160	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285	-						
32-200 UP 02		80	50	465	385	14	4	160	180	100	48	240	140	160	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285	-						
32-250 UP 03		100	65	600	500	16	4	180	225	125	48	320	190	160	32	80	35	10	100	47.5	20	95	250	110	14	14	130	370	-						
40-160 UP 02		80	50	465	385	14	4	132	160	100	48	240	140	160	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285	-						
40-200 UP 02		100	65	600	500	16	4	180	225	125	48	320	190	160	32	80	35	10	100	47.5	20	95	250	110	14	14	100	285	-						
40-250 UP 03		100	65	600	500	16	4	180	225	125	48	320	190	160	32	80	35	10	100	47.5	20	95	250	110	14	14	130	370	-						
40-315 UP 03		125	65	625	500	18	6	200	250	125	48	345	215	160	32	80	35	10	100	47.5	20	95	280	110	14	14	130	370	-						
50-160 UP 02		80	50	465	385	14	4	132	160	100	48	240	140	160	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285	-						
50-200 UP 02		100	65	600	500	16	4	180	225	125	48	320	190	160	32	80	35	10	100	47.5	20	95	250	110	14	14	100	285	-						
50-250 UP 03		100	65	600	500	16	4	180	225	125	48	320	190	160	32	80	35	10	100	47.5	20	95	250	110	14	14	130	370	-						
50-315 UP 03		125	65	625	500	18	6	225	280	125	48	345	215	160	32	80	35	10	100	47.5	20	95	280	110	14	14	130	370	-						
65-160 UP 03		100	65	600	500	15	4	160	200	125	48	280	150	160	32	80	35	10	100	47.5	20	95	212	110	14	14	130	370	-						
65-200 UP 03		100	65	600	500	16	4	180	225	125	48	320	190	160	32	80	35	10	140	47.5	20	95	250	110	14	14	130	370	-						
65-250 UP 03		125	80	625	500	18	6	200	250	160	48	360	200	160	32	80	35	10	140	60	20	120	280	110	18	14	130	370	-						
65-315 UP 04		125	80	655	530	18	6	225	280	160	48	400	240	160	42	110	45	12	140	60	20	120	315	110	18	14	160	370	-						
80-160 UP 03		125	65	625	500	15	4	180	225	125	48	320	190	160	32	80	35	10	140	47.5	20	95	250	110	14	14	130	370	-						
80-200 UP 03		125	65	625	500	16	4	180	250	125	48	345	215	160	32	80	35	10	140	47.5	20	95	280	110	14	14	130	370	-						
80-250 UP 04		125	80	625	500	18	6	225	280	160	48	400	240	160	32	80	35	10	140	60	20	120	315	110	18	14	130	370	-						
80-315 UP 04		125	80	655	530	18	6	250	315	160	48	400	240	160	42	110	45	12	140	60	20	120	315	110	18	14	160	370	-						
80-400 UP 04		125	80	655	530	20	6	280	355	160	48	435	275	160	42	110	45	12	140	60	20	120	355	110	18	14	160	370	-						
100-200 UP 03		125	80	625	500	16	6	200	280	160	48	360	200	160	32	80	35	10	140	60	20	120	280	110	18	14	130	370	-						
100-250 UP 04		140	80	670	530	18	6	225	280	160	48	400	240	160	42	110	45	12	140	60	20	120	315	110	18	14	160	370	-						
100-315 UP 04		140	80	670	530	18	6	250	315	160	48	400	240	160	42	110	45	12	140	60	20	120	315	110	18	14	160	370	-						
100-400 UP 04		140	100	670	530	20	6	280	355	200	48	500	300	160	42	110	45	12	140	75	20	150	400	110	23	14	160	370	-						
125-250 UP 04		140	80	670	530	18	6	250	355	160	48	400	240	160	42	110	45	12	140	60	20	120	315	110	18	14	160	370	-						
125-315 UP 04		140	100	670	530	20	6	280	355	200	48	500	300	160	42	110	45	12	140	75	20	150	400	110	23	14	160	370	-						
125-400 UP 04		140	100	670	530	20	6	315	400	200	48	500	300	160	42	110	45	12	140	75	20	150	400	110	23	14	160	370	-						
150-250 UP 04		160	100	690	530	20	6	280	375	200	48	500	300	160	42	110	45	12	180	75	20	150	400	110	23	14	160	370	-						
150-315 UP 05		160	100	690	530	22	12	315	400	200	60	550	350	200	48	110	51	14	180	75	39	150	450	140	23	18	170	500	-						
150-400 UP 05		160	100	690	530	22	12	315	450	200	60	550	350	200	48	110	51	14	180	75	39	150	450	140	23	18	170	500	-						
150-500 UP 05		180	100	850	670	22	12	375	500	200	60	550	350	200	48	110	51	14	180	75	39	150	450	140	23	18	170	500	-						
150-630 P 08S		250	180	1145	895	32	28	500	670	360	70	900	540	200	75 <sup>1)</sup>	150	79.5	20	250	125	46	250	750	140	28	18	220	675	-						
200-250 UP 05	200	180	100	850	670	22	12	355	425	200	60	550	350	200	48	110	51	14	180	75	39	150	450	140	23	18	170	500	-						
200-315 UP 05	250	200	110	870	670	22	12	355	450	200	60	550	350	200	48	110	51	14	180	75	39	150	450	140	23	18	170	500	-						
200-400 UP 05	250	200	100	850	670	22	12	355	500	200	60	550	350	200	48	110	51	14	180	75	39	150	450	140	23	18	170	500	-						
200-500 UP 05	250	200	100	870	670	22	12	425	560	200	60	660	460	200	48	110	51	14	180	75	39	150	560	140	23	18	170	500	-						
200-670 P 08s	250	250	225	1150	900	40	28	500	670	400	70	1080	630	200	75 <sup>1)</sup>	150	79.5	20	250	150	46	300	1000	140	28	18	220	680	800						
250-315 UP 05		250	130	920	670	26	12	400	560	260	60	690	430	200	48	110	51	14	180	95	39	190	560	140	28	18	170	500	-						
250-400 UP 06		200	130	920	720	26	12	425	600	260	60	800	540	200	60 <sup>1)</sup>	140	64	18	180	95	39	190	670	140	28	18	205	515	-						
250-500 UP 06		200	130	920																															

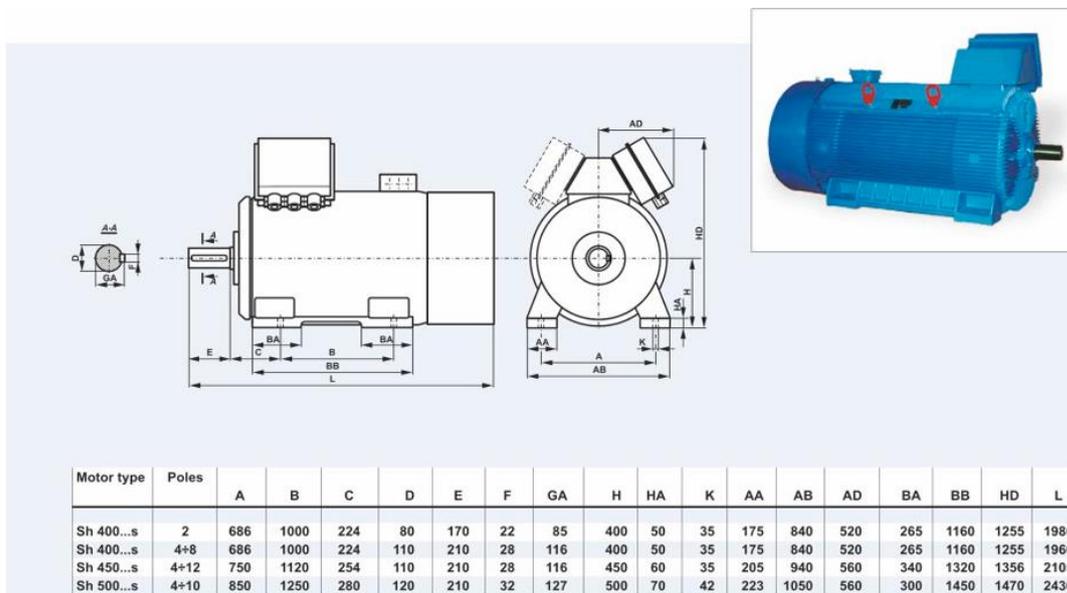
ANNEXE N° 13 : Abaque de Puech et Meunier ( $K=0,1$  ;  $A=1$ )



## ANNEXE N° 14 : Plan d'encombrement du réservoir anti-bélier de type CHARLATTE

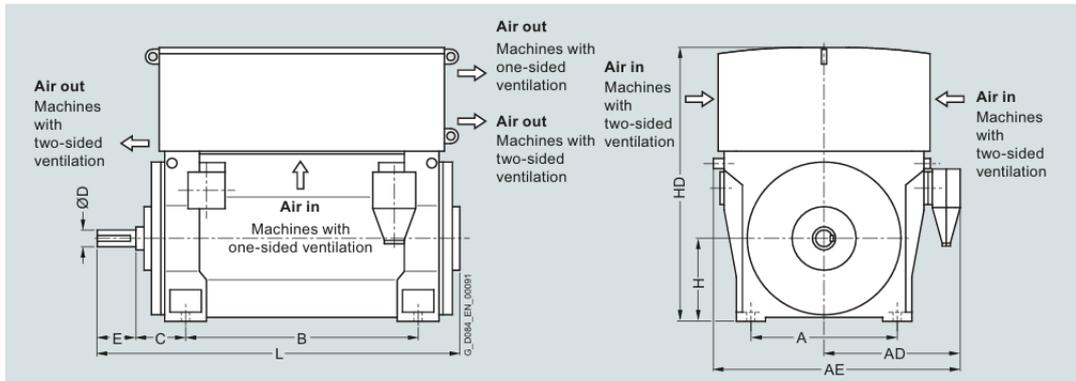


## ANNEXE N° 15 : Plan d'encombrement du moteur de type CANTONI



## ANNEXE N° 16 : Plan d'encombrement du moteur SIMOTICS HV M 1RA6, 1RA7

### Dimension drawings



Motor type	Weight kg	Dimensions									
		A mm	AD <sup>1)</sup> mm	AE <sup>1)</sup> mm	B mm	C mm	D mm	E mm	H mm	HD mm	L mm
<b>Up to 6.6 kV, IM B3 type of construction, anti-friction bearings – 1RA6, 1RA7 series</b>											
2-pole											
1RA6450-2HJ.0 <sup>2)</sup>	3700	850	930	1620	1180	280	95	130	450	1628	1843
1RA6452-2HJ.0 <sup>2)</sup>	3900	850	930	1620	1180	280	95	130	450	1628	1843
1RA6454-2HJ.0 <sup>2)</sup>	4300	850	930	1620	1400	280	95	130	450	1628	2053
1RA6456-2HJ.0 <sup>2)</sup>	4550	850	930	1620	1400	280	95	130	450	1628	2053
1RA6500-2HJ.0 <sup>2)</sup>	5450	950	1135	1835	1320	315	110	165	500	1850	2150
1RA6502-2HJ.0 <sup>2)</sup>	5600	950	1135	1835	1320	315	110	165	500	1850	2150