

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département de Génie Hydraulique

Projet de fin d'études

En vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Hydraulique

Thème

*Essai d'actualisation et propositions d'amélioration du Lot 2 de l'étude du transfert d'eau potable à partir du barrage de Koudiet Acerdoune vers les villes intérieures de Sour El Ghozlane, Sidi aissa et Ain lahdjel*

Réalisé par :

Hafez Mohamed Samir

Encadré par :

Mr. S.BENZIADA

Mr. A.FOURATI

Proposé par :

KOU.GC

Soutenu le 19 Juin 2014, devant le jury composé de :

Mr A.KETTAB

Pr(Enp)

Mr N.NEBBACH

Mr(Enp)

Mlle S.BENMAMAR

Dr(Enp)

**Promotion juin 2014**

Ecole Nationale Polytechnique 10, Avenue Pasteur Hassan Badi BP 182

EL-Harrach 16200 Alger (Algérie)

---

## ***REMERCIEMENTS***

Au terme de cette modeste étude, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à **Mr BENZIADA** et **Mr FOURATI** (mes promoteurs) pour avoir contribué à l'élaboration de cette présente thèse.

Je tiens tout d'abord à adresser mes plus vifs remerciements à **Mlle BENMAMAR SAIDA**, qui m'a soutenue tout au long de mes études dans cette spécialité,

Que soient également remerciés ici **Monsieur TAHMI REDOUANE**, qui m'a encouragée dès les débuts à étudier dans L'ENP,

Et **Mr BERKANI**, auquel je dois de précieuses indications documentaires.

J'adresse mes plus sincères remerciements à **Ami Daoudi**, qui a bien voulu répondre longuement aux demandes que je lui ai adressées.

Je ne saurais oublier ici le personnel de la Bibliothèque **Ami SALLEH**, ainsi que tous les professeurs du laboratoire de la ressource en eau de l'Enp.

Je remercie également **Madame KETTAB**, **Madame CHERITE**, **Madame HAFIDA** et ma sœur et ma professeure de Français **KAHINA**

Je remercie fortement mes amis **KHEDER NAZIM**, **RABAH YASMINE** et **HEBBOUDJ RYAD** pour son aide, et tous mes amis qui m'ont aidé de près ou de loin dans l'élaboration de ce modeste travail, sans oublier tous les membres de **ma famille**.

Mes remerciements aussi à tous les **membres de jury**.

Merci à tous.

*Hafez Med.*

---

## ***DEDICASE***

Je dédie ce modeste travail

À mes très chers PARENTS, aucune  
dédicace ne saurait exprimer l'amour,  
l'estime, le dévouement et le respect que  
j'ai toujours eu pour vous,

À ma sœur SALMA et mon frère AHMED,  
pour leur soutien, patience et amour,

À mes amis : Yasmine ,Yamanda ,Rafik  
,Moncef ,Mahfoud ,Nazim ,Ryad ,Karim  
,Nabil ,Khigro , pour leurs encouragements,

À mes amis et ma famille qui ne pouvaient  
pas venir.

Et Bien sûr

À Tous Les membres de PLC

Hafez Med

## Résumé

---

الموضوع : محاولة تحديث و اقتراح طرق و حلول تهدف الي تطوير و تحسين الفرع الثاني من مشروع نقل مياة الشرب من سد كوديت أسردون الي المدن الداخلية لسور الغزلان, سيدي عيسي و عين لاهجال.

ملخص :عملنا يتوضح في إجراء التحقيقات اللازمة لتحديث و تحسين المشروع الي عام 2020 , وليس فقط هذا إنما أيضا محاولة إقامة تحسينات تقنية و إقتصادية لهذا المشروع و سوف نتأكد من جدوي هذه التحسينات المقترحة عن طريق إستخدام البرامج المختلفة.

الكلمات المفتاحية: تحقيق, تحسين, تحديث,نقل المياه.

---

**Le Projet : Essai d'actualisation et propositions d'amélioration du Lot 2 de l'étude du transfert d'eau potable à partir du barrage de KOUDIET ACERDOUNE vers les villes intérieures de SOUR EL GHOZLANE, SIDI AISSA et AIN LAHDJEL,**

**Résumé : Notre travail durant ce projet est de réaliser la vérification nécessaire à l'actualisation Notre projet à l'horizon 2020 aussi d'essayer d'apporter des améliorations techniques et économiques a ce projet puis de vérifier la faisabilité de ces améliorations grâce à différents logiciels.**

**Les Mots Clés : Vérification, Actualisation, Amélioration, Transfert d'eau.**

---

**The Project : Trying to Actualize and Propose Amelioration options for the project of (Lot 2) transferring the potable water from the dam of Koudiat Acerdoune to the interior cities of Sour El Ghozlane, Sidi Aissa and Ain Lahdjel.**

**Summary: Our work in this project is to achieve the necessary verification to update and actualize our project for the year of 2020, also we are trying to make technical and economic improvements to this project and for verifying the feasibility of these improvements, we will use various software.**

**The Key Word: Verification, Actualization, Amelioration, Water Transfer.**

---

---

---

# Table des matières

---

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I: Présentation De La Zone D'étude</b>	<b>2</b>
1. Situation Topographique	2
2. Situation Géographique Et Climatique De La Région	3
2.1. Géographie	3
2.2. Géologie Et Géotechnique	3
2.3. Climat	4
3. Les Wilayas Concernes :	4
3.1. Wilaya Bouira	4
3.2. Wilaya M'sila	6
4. Barrage De Koudiat Acerdoune	7
4.1. Caractéristiques Initiales	8
4.2. Principales Quantités	8
5. Conclusion	8
<b>Chapitre II : Description Du Projet</b>	<b>9</b>
1. Introduction	9
2. Présentation du projet	9
3. Limites du projet d'après l'APD	9
4. Données de base de l'étude	10
4.1. Démographie	10
4.1.1. Estimation de la population future de 2010 jusqu'à 2020	10
4.2. Débits de dimensionnement	12
5. Description du fonctionnement du projet d'après l'ADP	15
6. Conclusion	19

---

---

**Chapitre III : Bâches et Réservoirs** ————— **20**

1. Introduction	20
2. Critère de dimensionnement	20
2.1. Calcul des ouvrages en béton	20
2.2. Calcul sismique	21
2.3. Calcul des volumes des réservoirs	21
2.3.1. Réservoirs terminaux	21
2.3.2. Réservoirs de mise en charge	21
2.3.3. Bâches de reprise	22
2.3.4. Réservoirs alimentés gravitairement	22
2.3.5. Réservoirs alimentés par refoulement	23
2.3.6. Les Tableaux de calcul des volumes des bâches et réservoirs	23
3. Caractéristiques dimensionnelles principales	25
3.1. Remarque	26
4. Actualisation des Volumes des bâches et des réservoirs	26
4.1. Réservoirs terminaux	26
4.2. Réservoirs tampons et bâches de reprises	27
4.3. Remarque	27
5. Dispositions constructives des réservoirs	27
5.1. Dispositions de l'APD	27
5.2. Remarque	28
6. Conclusion	29

**Chapitre IV : Conduite D'Adduction** ————— **29**

1. Introduction	29
2. Tracé	29
2.1. Liaison station de pompage SP1 - SP4	29
2.2. Liaison station de pompage SP4 - Réservoir de Djebahia RDA	29
2.3. Liaison station de pompage SP4 - Réservoir d'Ain Ech Cheriki R2	29
2.4. Liaison réservoir R2 - Station de pompage d'El M'Amir SP6- Réservoir Feidh El Louz R7	29
2.4.1. Réservoir R2 - Station de pompage SP6	30
2.4.2. Station de pompage SP6 - Réservoir R7	30
2.5. Liaison réservoir R7 - Nœud B9	30

2.6.	<i>Liaison nœud B9 - Station de pompage Ain Bessem SP9</i>	31
2.7.	<i>Liaison stations de pompage SP9 - SP10</i>	31
2.8.	<i>Liaison station de pompage SP10 - Réservoir col de Dirah R5</i>	31
2.9.	<i>Liaison station de pompage SP10 - réservoir Sour-El-Ghozlane RSEG</i>	31
2.10.	<i>Liaison réservoir col de Dirah R5 - Réservoir Sidi Aissa RmSA - Réservoir Ain El Hadjel</i>	32
2.11.	<i>Zones singulières</i>	34
2.12.	<i>Travaux de reconnaissance</i>	34
2.13.	<i>Remarque</i>	37
3.	<b>Analyse et Vérification de la conception de base</b>	37
3.1.	<i>Dimensionnement des conduites d'adduction</i>	38
3.1.1.	<i>Lois de dimensionnement</i>	38
3.1.2.	<i>Pertes de charge hydraulique dans les conduites</i>	38
3.1.3.	<i>Rappel des hypothèses</i>	38
3.2.	<i>Calculs hydrauliques et choix des diamètres de tout de projets par L'ADP</i>	41
3.3.	<i>Calcul hydraulique et Vérification des diamètres</i>	42
3.3.1.	<i>Tronçons gravitaires</i>	42
3.3.2.	<i>Tronçons en refoulement</i>	43
4.	<b>Calculs sismiques</b>	43
5.	<b>Caractéristiques des conduites d'adduction et de leurs équipements</b>	46
5.1.	<i>Matériau des conduites</i>	46
5.2.	<i>Pression de service des conduites</i>	46
5.3.	<i>Equipements sur conduites</i>	46
5.3.1.	<i>Equipements standards</i>	46
5.3.2.	<i>Equipements particuliers</i>	47
6.	<b>Ouvrages en ligne</b>	47
6.1.	<i>Ouvrages de Ventouse</i>	48
6.2.	<i>Ouvrages de Vidange</i>	48
6.3.	<i>Vanne de sectionnement</i>	49
6.4.	<i>Débitmètres électromagnétiques</i>	49
6.5.	<i>Stabilisateur de pression</i>	49
6.6.	<i>Ouvrage de Piquage</i>	50

6.7. Ouvrages de franchissement	50
7. Conclusion	50
<b>Chapitre V :</b>	
1. Introduction	51
2. Stations de pompage	51
2.1.1. Aspiration	51
2.1.2. Refoulement	51
2.1.3. Secours	52
2.1.4. Régulation	52
2.1.5. Protection anti-bélier	52
2.1.6. Tension d'alimentation des groupes électropompes	52
2.1.7. Puissance auxiliaire	52
2.1.8. Eléments d'ensemble	53
2.1.9. Choix du type de pompe	53
2.1.10. Choix du type de moteur	54
2.1.11. Métallurgie	54
2.2. Commentaires sur les dispositions générales de l'APD	55
2.3. Dispositions de l'APD pour SP1	55
2.3.1. Caractéristiques	55
2.3.2. Puissance électrique à installer	56
2.4. Dispositions prises à SP1	56
2.4.1. Caractéristiques	56
2.4.2. Alimentation en énergie	57
2.5. Dispositions de l'APD pour SP4	57
2.5.1. Situation	57
2.5.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques	57
2.5.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes	58
2.5.4. Puissance électrique à installer	58
2.5.5. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement	59
2.6. Commentaires sur les dispositions de l'APD pour SP4	59
2.6.1. Situation	59
2.6.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques	59
2.6.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes	59



---

2.6.4. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement	60
2.7. Dispositions de l'APD pour SP6	61
2.7.1. Situation	61
2.7.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques	61
2.7.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes	61
2.7.4. Puissance électrique à installer	62
2.7.5. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement	63
2.8. Commentaires sur les dispositions de l'APD pour SP6	63
2.8.1. Situation	63
2.8.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques	63
2.8.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes	63
2.8.4. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement	64
2.9. Dispositions de l'APD pour SP9	64
2.9.1. Situation	64
2.9.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques	65
2.9.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes	65
2.9.4. Puissance électrique à installer	65
2.9.5. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement	65
2.10. Commentaires sur les dispositions de l'APD pour SP9	66
2.10.1. Situation	67
2.10.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques	67
2.10.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes	67
2.10.4. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement	68
2.11. Dispositions de l'APD pour SP10	68
2.11.1. Situation	68
2.11.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques	69
2.11.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes	69
2.11.4. Puissance électrique à installer	70
2.11.5. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement	70
2.12. Commentaires sur les dispositions de l'APD pour SP10	70
2.12.1. Situation	70
2.12.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques	71
2.12.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes	71
2.12.4. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement	72

3.	Calcul et protection contre le coup de bélier	72
3.1.	Définition de coup de bélier	72
3.2.	Origines du coup de bélier	73
3.3.	Conséquences du coup de bélier	73
3.4.	Analyse physique du phénomène	73
3.4.1.	<i>Première phase</i>	74
3.4.2.	<i>Deuxième phase</i>	74
3.4.3.	<i>Troisième phase</i>	74
3.4.4.	<i>Quatrième phase</i>	74
3.5.	Moyens de protection des conduites contre le coup de bélier	74
3.5.1.	<i>Les ventouses</i>	75
3.5.2.	<i>Soupape de décharge</i>	75
3.5.3.	<i>Les cheminées d'équilibre</i>	75
3.5.4.	<i>Réservoir d'air</i>	76
3.6.	Etude du coup de bélier	78
3.6.1.	<i>CELEBMAIL</i>	78
3.6.2.	<i>Le moteur de calcul</i>	78
3.6.3.	<i>Les Schémas</i>	79
4.	Conclusion	85
<b>Chapitre VI : Vérifications et Améliorations proposées</b>		<b>86</b>
1.	Introduction	86
2.	Amélioration proposé de la conception de base	86
2.1.	Tracé des conduites	86
2.2.	Changement du diamètre des conduites	86
2.2.1.	<i>Réduction du diamètre de la conduite R7-B9</i>	86
2.2.2.	<i>Changement du diamètre de la conduite R5 – Ain El Hadjel.</i>	87
2.3.	Remplacement des réducteurs de pression par des brises charge	88
2.4.	Amélioration de la conception des ouvrages	88
2.4.1.	<i>Ouvrages alimentés par refoulement</i>	89
3.	Amélioration du fonctionnement des stations de pompage.	89
3.1.	Stations de pompage SP4 et SP6	89
3.2.	Station de pompage SP9	90

3.3. Station de pompage SP10	90
4. La Simulation et la vérification de l'écoulement sur EPANET	91
5. Conclusion	97
<b>Chapitre VII : Les Variantes et L'étude Technico-Economique</b>	<b>98</b>
1. Introduction	98
2. Les Variantes Proposées	98
2.1. Changement du diamètre des conduites	98
2.1.1. Tronçon R7-B9 :	98
2.1.2. Tronçon R5 – Ain El Hadjel	98
2.2. Changement du fonctionnement des stations de pompage	99
2.2.1. Stations de pompage SP4	99
2.2.2. Stations de pompage SP6	100
2.2.3. Stations de pompage SP9	100
2.2.4. Stations de pompage SP10	101
3. Etude Technico-Economique	103
3.1. Méthode de Calcul	103
3.1.1. Pour l'alimentation par Gravité	103
3.1.2. Pour l'alimentation par refoulement	103
3.1.2.1. Les Frais d'amortissement	104
3.1.2.2. Frais d'exploitation	104
3.1.3. Le coût global	104
3.2. Application numérique	105
3.2.1. Tronçon R7-B9 :	105
3.2.2. Tronçon R5 – Ain El Hadjel	105
3.2.3. Stations de pompage SP4 Vers R2	106
3.2.4. Stations de pompage SP6 vers R7	106
3.2.5. Stations de pompage SP9 vers SP10	107
3.2.6. Stations de pompage SP10vers R5	107
3.2.7. Stations de pompage SP10vers R5	108
4. Comparaison technico-économique entre les Différents variantes	108
4.1. Comparaison Economique	108
4.2. Comparaison Technique	108

---

4.3. Résultat de L'Etude Technico-Economique	109
5. Conclusion	109
<b>Bibliographie</b>	<b>111</b>
<b>Annexe</b>	<b>113</b>
<b>Annexe 1 : Carte pluviométrique de l'aire de l'étude</b>	<b>114</b>
<b>Annexe 2 : le tracé Après l'actualisation et la modification</b>	<b>115</b>
<b>Annexe 3 : Schéma Verticale du tracé</b>	<b>117</b>
<b>Annexe 4 : Les Plans des Réservoirs tampons</b>	<b>118</b>
<b>Annexe 5 : Evaluation sommaire de la variante changement du nombre de pompes des 4 stations.</b>	<b>121</b>
<b>Annexe 6 : Les Résultats de la Simulation Sur CEBELMAIL</b>	<b>123</b>
<b>Annexe 7 : Les Prix Unitaire Pour Les Conduites (DA/ml)</b>	<b>136</b>

---

# Liste des tableaux

---

Tableau 2.4.1.1-1 Estimation de la population future entre les différents centres	11
Tableau 2.4.1.1-2 Estimation de la population future entre les différents centres urbains annexes	11
Tableau 2.4.2-1 Calcul des débits de pointe des différents wilayas du Projet AEP Koudiat Acedoune	12
Tableau 2.4.2-2 Calcul des débits de pointe des différents centres de la wilaya Bouira	13
Tableau 2.4.2-3 Calcul des débits de pointe des différents centres de la wilaya M'Sila	13
Tableau 2.4.2.1-1 Vérification des calculs des débits de pointe de différentes wilayas concerne LOT2	14
Tableau 2.3.2.2-1 Vérification des calculs des débits de pointe des différents centres de différentes wilayas concerne LOT2	14
Tableau 2.3.6-1 calcul les volumes des réservoirs tampons	23
Tableau 2.3.6-2 calcul les volumes des réservoirs terminaux	24
Tableau 2.3.6-3 calcul les volumes des Bâches de reprise	24
Tableau 3.3-1 Caractéristiques dimensionnelles principales	25
Tableau 3.3-2 DN des conduites d'arrivée, de départ et de trop plein	26
Tableau 3.4.1-1 Tableau récapitulatif des capacités des réservoirs terminaux actualisées	27
Tableau 3.4.2 1 Tableau récapitulatif des capacités actualisées des réservoirs tampon et bâches de reprise	27
Tableau 4.2.12 1 Tableau récapitulatif de la situation du tracé de la conduite	35
Tableau 4.2.12 2 Tableau récapitulatif des ouvrages	36
Tableau 4.2.12 3 Principales modifications	36
Tableau 4.2.3.1-1 Résultats du calcul hydraulique pour les tronçons gravitaires	43
Tableau 4.2.3.2-1 : Résultats du calcul hydraulique pour les tronçons en refoulement	43
Tableau 4.4.2-1 Tableau de répartition de la pression	46
Tableau 5.2.1.9-2 : Caractéristiques hydrauliques des tronçons de refoulement	54
Tableau 5.2.3.1-1 : Caractéristiques prévues par l'APD pour SP1 refoulant vers SP4	56
Tableau 5.2.4.1-1 : Caractéristiques des pompes de SP1 vers SP4	55
Tableau 5.2.5.2-1 Caractéristiques de la station de pompage SP4	58
Tableau 5.2.5.3-1 Caractéristiques des groupes électropompes de SP4	58
Tableau 5.2.5.5-1 Caractéristiques des collecteurs d'aspiration et de refoulement de SP4	59
Tableau 5.2.6.2-1 Caractéristiques géométriques et hydrauliques de SP4	59

Tableau 5.2.6.3-1 : Variante caractéristiques SP4 avec (3+1) groupes	60
Tableau 5.2.6.4-1 : Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement de SP4	60
Tableau 5.2.7.2-1 Caractéristiques de SP6	61
Tableau 5.2.7.3-1 : Caractéristiques des groupes électropompes de SP6	62
Tableau 5.2.7.5-1 : Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement de SP6	63
Tableau 5.2.8.2-1 Caractéristiques géométriques et hydrauliques de SP6	63
Tableau 5.2.8.3-1 : Variante caractéristiques SP6 avec (3+1) groupes	64
Tableau 5.2.8.4 : Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement SP6	64
Tableau 5.2.9.2-1 : Caractéristiques de SP9	65
Tableau 5.2.9.3-1 : Caractéristiques des groupes électropompes de SP9	66
Tableau 5.2.9.5-1 Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement SP9	66
Tableau 5.2.10.2-1 Caractéristiques géométriques et hydrauliques de SP9	67
Tableau 5.2.10.3-1 : Variante caractéristiques SP9 avec (3+1) groupes	68
Tableau 5.2.10.4-1 : Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement SP9	68
Tableau 5.2.11.2-1 : Caractéristiques de SP10	69
Tableau 5.2.11.3-1 : Caractéristiques des groupes électropompes de SP10	70
Tableau 5.2.11.5-1 : Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement SP10	70
Tableau 5.2.12.2-1 Caractéristiques géométriques et hydrauliques de SP10	71
Tableau 5.2.12.3-1 : Variante caractéristiques SP10 avec (2+1) groupes	72
Tableau 5.2.12.4-1 : Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement SP10	72
Tableau 5.3.6.2-1 Célérité de l'onde dans les conduites	78
Tableau 6.2.2.1 1Résultat des simulations du tronçon R7 - SP9 pour la variante 1600 mm	87
Tableau 6.2.2.2-1Comparaison des 2 variantes pour le tronçon R5- Réservoir Ain El Hadjel	87
Tableau 6.3.1-1 : Variante caractéristiques SP4 et SP6 avec (3+1) groupes	89
Tableau 6.3.2-1 : Variante caractéristiques SP9 avec (3+1) groupes	90
Tableau 6.3.3-1 : Variante caractéristiques SP10 avec (2+1) groupes	91
Tableau 7.2.1.1-1Comparaison entre les 2 variantes du tronçon R7 - SP9	98
Tableau 7.2.1.2-1Comparaison entre les 2 variantes du tronçon R5 – Ain El Hadjel	99
Tableau 7.2.2.1-1Comparaison entre les 2 variantes du fonctionnement de Sp4	99
Tableau 7.2.2.2-1Comparaison entre les 2 variantes du fonctionnement de Sp6	100

---

Tableau 7.2.2.3-1 Comparaison entre les 2 variantes du fonctionnement de Sp9	101
Tableau 7.2.2.4 1 Comparaison entre les 2 variantes du fonctionnement de Sp10 Vers R51	102
Tableau 7.2.2.4-2 Comparaison entre les 2 variantes du fonctionnement de Sp10 Vers RSG	103
Tableau 7.3.2-1 Paramètres économique	105
Tableau 7.3.2.1-3 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du tronçon R7 - SP9	105
Tableau 7.3.2.2-1 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du tronçon R5-B70	105
Tableau 7.3.2.2-2 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du tronçon B70-RAH	106
Tableau 7.3.2.3.1 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du SP4 vers R2	106
Tableau 7.3.2.4.1 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du SP6 vers R7	106
Tableau 7.3.2.5.1 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du SP9 vers SP10	107
Tableau 7.3.2.6.1 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du SP10 vers R5	107
Tableau 7.3.2.7.1 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du SP10 vers RSG	108

---

# Liste des Figures

---

Figure 1.1-1 Carte de situation de la zone de projet (Google Earth) -----	2
Figure 1.3.1-1 Carte de situation de la wilaya de Bouira (Google Earth) -----	4
Figure 1.3.2-1 Carte de situation de la wilaya de M'Sila (Google Earth) -----	6
Figure 1.4-1 Barrage de Koudiat Acerdoune -----	7
Figure 1.4-2 Barrage de Koudiat Acerdoune (Google Earth) -----	8
Figure 2.4.1.1-1 La différence entre les populations entre les différents centres-----	11
Figure 2.4.1.1-2 La différence entre les populations entre les différents des centres urbains annexes--	12
Figure 2.5-1 Description du fonctionnement du projet d'après l'ADP-----	18
Figure 4.2.9-1 Carte du tracé du projet 1/25000 <sup>ème</sup> -----	33
Figure 4.2.1.2-1 Prix des conduites posées hors ouvrages spéciaux -----	41
Figure 4.3-1 Classification sismique Des Wilayas D'Algérie-----	45
Figure 5.3.5.3-1 Les cheminées d'équilibre-----	75
Figure 5.3.5.4-1le fonctionnement du réservoir d'air -----	77
Figure 5.3.5.4-2 Les valeurs de la surpression et de dépression dans les conduites gravitaires et de refoulement -----	77
Figure 5.3.6.3-1 Ligne piézométrique max et min Du tronçon SP6- R7-----	79
Figure 5.3.6.3-2Evolution des volumes Du tronçon SP6- R7-----	80
Figure 5.3.6.3-2 Evolution des Pressions Du tronçon SP6- R7-----	80
Figure 5.3.6.3-4 Ligne piézométrique max et min Du tronçon SP9-SP10-----	81
Figure 5.3.6.3-5 Evolution des volumes Du tronçon SP9-SP10-----	82
Figure 5.3.6.3-6 Evolution des Pressions Du tronçon SP9-SP10-----	82
Figure 5.3.6.3-7 Ligne piézométrique max et min Du tronçon SP10-R5-----	83
Figure 5.3.6.3-8 Evolution des volumes Du tronçon SP10-R5 -----	84
Figure 5.3.6.3-9 Evolution des Pressions Du tronçon SP10-R5-----	84
Figure 6. 4-1 Tronçon Sp1-R7 Avec Variante de changement de nombres de pompes pour Sp4 et Sp6 -- -----	92
Figure 6.4-2 Tronçon Sp1-R7 Avec Variante initial de pompes pour Sp4 et Sp6 -----	93
Figure 6.4.3 Tronçon R7-B9 Avec Variante de changement de Diamètre (1600 DN)-----	93
Figure 6.4-4 Tronçon R7-B9 Avec Variante de changement de Diamètre (1800 DN)-----	94



---

Figure 6.4-5 Tronçon R7-B9 Avec Variante de changement de Diamètre (1600 DN)-----	94
Figure 6.4-6 Tronçon B90-R5 Avec Variante de pompes pour Sp9 et Sp10-----	95
Figure 6.4-7 la vérification pour tout le projet-----	96

**Introduction**

**Générale**

**REVUE**

## Introduction

---

L'eau élément essentiel à toute forme de vie, a toujours influencé la vie de l'homme dans ses activités et son installation autour des points d'eau formant ainsi des agglomérations dont les besoins ne cessent de croître.

Jadis on croyait que l'eau est en quantités abondantes et que ses ressources sont inépuisables, aujourd'hui, la croissance démographique auxquelles s'ajoutent l'effet de pollution des ressources en eau et les graves sécheresses ont rendu le problème d'eau très crucial ces dernières décennies.

Le transfert est une technique qui existe depuis l'antiquité, les premiers ingénieurs ont utilisé ce genre de méthode afin de faire parvenir de l'eau aux agglomérations isolées, que ce soit pour assurer l'approvisionnement en eau potable, ou bien pour l'irrigation. Aujourd'hui, grâce aux progrès dans le domaine de l'ingénierie, les transferts sont devenus courants, fréquemment utilisés et d'une grande sécurité.

La principale raison d'un transfert est la garantie en eau potable, le principe du transfert est l'équité du partage de la ressource entre les bassins excédentaires et les bassins déficitaires, c'est donc un principe moral entre les communautés.

Ce travail a porté sur le projet du Lot 2 du transfert d'eau potable à partir du barrage de Koudiet Acerdoune vers les villes intérieures de Sour El Ghozlane, Sidi aïssa et Ain lahdjel, Qui est très intéressent est considéré comme l'un des plus importants projets de transfert d'eau en Algérie.

Ce travail vise à vérifier les données de base fournies par L'Agence nationale des barrages et transferts ainsi qu'à essayer de trouver des améliorations pouvant être ajouté à ce projet afin d'en réduire les couts et de l'améliorer techniquement

Ce projet a été proposé par le gouvernement Algérien en 1987 afin d'être opérationnelle dès 1990 cependant ce projet a connu un arrêt à cause de certains problèmes d'ordre sécuritaire qui ont entravé ce projet.

Ce projet a été relancé à la fin de l'année 2008, sa réalisation à été attribuée à l'entreprise KOUGC il représente une partie du grand projet d'alimentation en eau potable du barrage de Koudiet Acerdoune.

L'aire de ce grand projet est définie comme étant la zone géographique et administrative qui englobe les 14 centres urbains principaux et 29 centres annexes. Cette zone est située au Sud-Est de la ville d'Alger et touche 4 wilayas.

- wilaya de Tizi Ouzou : Draa El Mizan, Boghni et Ouadhia;
- wilaya de Bouira : Lakhdaria, Kadiria et Sour El Ghozlane;
- wilaya de Médéa : Beni Slimane, El Omaria, Berrouaghia, Tablat, Ksar El Boukhari et Boughzoul
- wilaya de M'Sila : Sidi Aïssa et Aïn El Hadjel

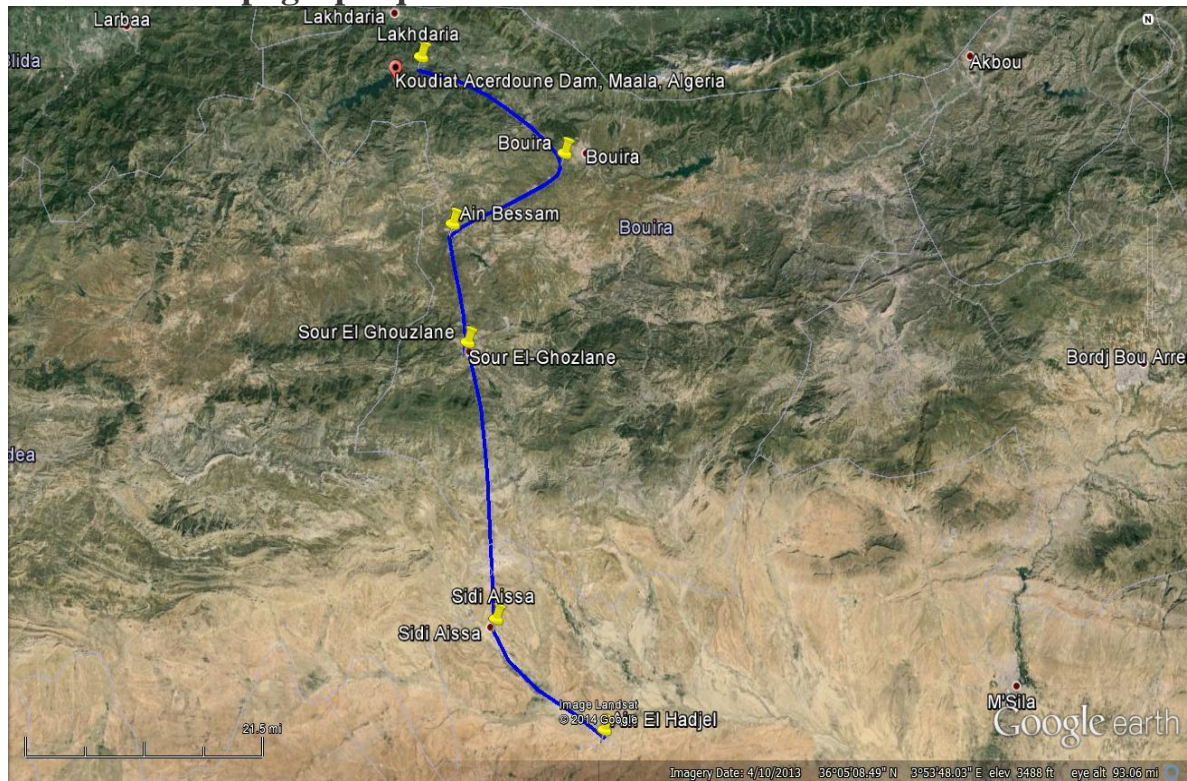
Notre travail dans les chapitres suivants contiendrait les vérification, les Actualisation et les solutions pour Améliorée ce projet.

# Chapitre I

## Présentation de la zone d'étude

q, 6fnq6

## 1. Situation topographique



**Figure 1.1-1 Carte de situation de la zone de projet (Google Earth)**

Le projet de transfert d'eau potable de Koudiat Acerdoune - Lot N°02 est une partie intégrante du grand complexe de Koudiat Acerdoune 02 à partir de la station de pompage SP1 sise à Djebahia (Wilaya de Bouira) jusqu'à Aïn Lahdjel (Wilaya de M'Sila) sur un linéaire de plus de 120 Kms environ.

Ce projet que réalise le Groupement Kou.GC/ACCo/Hamza Associates a pour but principal d'alimenter en eau potable les villes de Sour El Ghozlane située au niveau de la Wilaya de Bouira, ainsi que les villes de Sidi Aïssa et Aïn Lahdjel, par la construction de grand réservoir de stockage d'eau au niveau de ces localités.

Aussi, ce projet alimentera à partir des piquages prévus sur la ligne de la conduite les régions de Aïn Bessem, El Hachimia, Souk El Khemis El Mokrani, Abdelaziz, Dira, Bouti Sayeh et Sidi Hadjres.

La topographie du terrain est assez complexe car le projet est très vaste. Notamment, en ce qui concerne sa zone du projet, au relief très montagneux qui pourrait engendrer à priori de sérieuses contraintes techniques.

Dans ce projet l'altitude varie sur une gamme très large de 200m jusqu'à 1050m.

## 2. Situation Géographique et climatique de la région

### 2.1. Géographie

Les 40 centres urbains du grand projet sont situés entre les latitudes 35°43' et 36°33' et les longitudes 2°54' et 4°05'. Cette zone représente approximativement un carré d'environ 100 km de côté, situé à 30 km à vol d'oiseau au Sud-Est d'Alger. La distance entre les deux centres les plus éloignés (Ouadhia - Berrouaghia) est d'environ 110 kilomètres à vol d'oiseau.

La région de l'aire de l'étude s'intègre dans la partie centrale des deux grands ensembles morphologiques du Nord de l'Algérie que sont l'Atlas Tellien et les Hauts Plateaux. Les altitudes moyennes des différents centres du projet varient entre 150 et 950 m NGA. Ces cotes sont à mettre en regard de l'altitude de la station de traitement des eaux de la retenue de Koudiat Acerdoune dont la cote de retenue normale est de 311 NGA. Cette altitude est comprise entre 228 et 206 m NGA. Le point le plus haut de l'aire de l'étude est Ras Timédouine qui culmine à 2 305 m. Cette région couvre les bassins versants des cours supérieurs des oueds Isser, Chéelif, Sébaou et El-Leham dont la pluviométrie annuelle varie entre 900 mm au Nord et 250 mm au Sud (au niveau de la localité d'Aïn El Hadjel).

### 2.2. Géologie et géotechnique

Les localités de la partie Nord-Ouest (Kadiria et Lakhdaria) sont situées sur la bordure orientale d'un massif marno-calcaire du crétacé supérieur. Ces formations constituent un substratum imperméable pour les alluvions qui tapissent le lit de l'oued Isser. Ces alluvions formées à la base de sable et de galets et en surface de limons argileux, renferment une importante nappe alluviale alimentée par leur impluvium propre et par les infiltrations à partir de l'oued.

Les observations effectuées entre 1716 et 1975 dans la wilaya de Bouira montrent que les intensités des séismes ont atteint les degrés VI à X sur l'échelle de Mercalli. La localité de Sour El Ghozlane (partie Centre-Est de l'aire d'étude) s'insère dans le synclinal du djebel Dirah. Celui-ci fait partie de la chaîne montagneuse des Bibans. C'est une portion de l'Atlas Tellien qui est très érodée actuellement. Elle constitue les hautes collines qui entourent la localité de Sour El Ghozlane. Les faciès les plus récents de ces collines sont constitués par des alluvions récentes, charriées par les oueds sur une épaisseur de 3 à 10 m environ, et par des éboulis de pente et des coulées argileuses occupant généralement les flancs des collines. Les faciès inférieurs sont formés de terrains marneux et argileux du miocène et de l'éocène.

La localité de Sour El Ghozlane fait partie de la wilaya de Bouira, pour lesquelles les observations sismiques effectuées entre 1716 et 1975 indiquent des intensités de séismes atteignant les degrés VI à X sur l'échelle de Mercalli.

Enfin, les localités du Sud (Sidi Aïssa et Aïn El Hadjel) se situent au Sud-Est du massif du Tittéri. Le relief de cette partie de l'aire de l'étude est considéré comme un relief de hautes plaines. Il présente des affleurements rocheux (montagne) composés essentiellement de calcaires, marnes, grès, argiles, poudingues et gypses. Les plaines forment d'immenses bassins d'alluvions avec quelques terrasses de limons et des croûtes gypso-salines. Une zone importante de sables éoliens instables se trouve au Sud-Est d'Aïn El Hadjel.

La sismicité de cette zone est considérée comme faible à nulle.

# Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

## 2.3. Climat

Les localités situées dans la partie Nord de la zone d'étude (Ouadhia, Draa El Mizan, Boghni, Lakhdaria et Kadiria) connaissent un climat méditerranéen, avec des étés chauds et secs (de mai à septembre), et des hivers humides et frais (de septembre à mai), et une pluviométrie annuelle moyenne variant entre 800 et 900 mm. Les températures oscillent entre 8-9° en moyenne en janvier et 25-27° en moyenne en juillet-août.

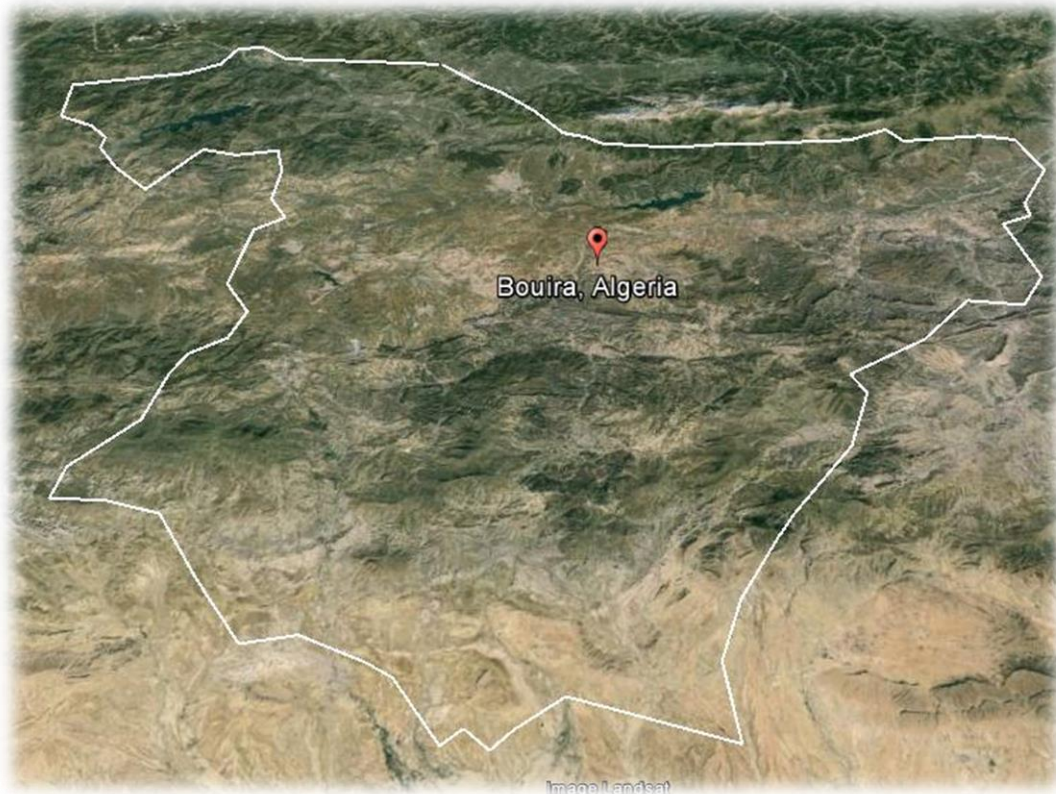
Les localités situées dans la partie centrale de l'aire de l'étude (Berrouaghia, Béni Slimane, Ksar El Boukhari, Boughzoul et Sour El Ghozlane) sont soumises à un climat semi-aride et steppique. La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 400 et 600 mm. L'été est chaud et sec, tandis que l'hiver est frais, voire froid et plus humide.

Les températures passent de 8-9° en moyenne en janvier à 25-27° en moyenne en juillet août.

Les localités situées le plus au Sud de l'aire de l'étude (Sidi Aïssa et Aïn El Hadjel) sont nettement influencées par le climat saharien. Leur climat est qualifié de semi-aride frais à aride. La pluviométrie moyenne annuelle n'est que de 250 à 300 mm assez bien répartie sur l'année (excepté les mois de juillet et août). L'hiver est frais et plus humide que l'été. Les températures passent de 6° en moyenne en janvier à 24-28° en moyenne en juillet-août.

## 3. Les Wilayas Concernés :

### 3.1. Wilaya Bouira



**Figure 1.3.1-1 Carte de situation de la wilaya de Bouira (Google Earth)**

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

---

La wilaya de Bouira est une wilaya algérienne de Grande Kabylie au sud-est d'Alger. La population de la wilaya en 2008 est de 695583 habitants.

Bouira par sa géographie est située dans une région intermédiaire et stratégique, elle est riche d'un mélange culturel arabe, musulman et kabyle. Les habitants du chef-lieu de la wilaya -généralement- maîtrisent les deux langues arabe et kabyle.

Elle entourée des chaînes montagneuses du Djurdjura et des Bibans, elle est délimitée :

- au nord par les deux wilayas de Boumerdès et de Tizi Ouzou ;
- à l'est par les deux wilayas de Béjaïa et de Bordj Bou Arréridj ;
- au sud par la wilaya de M'Sila ;
- à l'ouest par les deux wilayas de Blida et de Médéa.

Connue, dans le passé, sous le nom de royaume de Haz, la région de Bouira a affronté l'invasion romaine et a vécu sous la domination ottomane dont la présence est attestée par plusieurs sites tels le Bordj turc, appelé actuellement Draâ El-Bordj et Aïn El Turc, sur l'axe de la route nationale Béjaïa - Alger.

La pénétration coloniale française a fait l'objet d'une très forte résistance de la part des habitants placés sous l'autorité de l'Émir Abd el-Kader, qui a notamment séjourné à Bordj Hamza en 1839 en compagnie de son adjoint Ahmed Ibn Salem Rebissi. La région a été le théâtre d'une défaite du duc d'Aumale et a également connue l'insurrection de Cherif Boubaghla (1851-1855) qui s'est propagée à partir de Sour El-Ghozlane et la révolte d'El Mokrani.

Élevée au rang de Wilaya après le découpage administratif de 1974, elle faisait partie de la wilaya de Tizi-Ouzou (Grande Kabylie).



### 3.2. Wilaya M'Sila



**Figure 1.3.2-1 Carte de situation de la wilaya de M'Sila (Google Earth)**

La wilaya de M'Sila est une subdivision administrative algérienne ayant pour chef-lieu la ville éponyme, située dans le centre du pays.

Wilaya principalement agropastorale, les principales agglomérations sont M'Sila, Bou-Saâda, Sidi Aïssa et Aïn El Melh.

La wilaya de M'Sila a une superficie de 18 175 km<sup>2</sup>. Elle est limitée par les wilayas de Bouira et Bordj-Bou-Arredj au nord, Batna et Sétif à l'est, Médéa et Djelfa à l'ouest et Biskra au sud.

Sa population est de 1 029 447 habitants. Sa morphologie et sa position géographique confèrent à cette région un aspect écologique unifié représenté par la prédominance de la steppe qui couvre 1 200 000 ha (soit 63 % de la superficie totale) de la wilaya. La superficie affectée à l'agriculture représente 20 % de la surface totale, consacrées essentiellement à la céréaliculture, à l'arboriculture et aux maraîchages.

La wilaya de M'Sila offre de nombreux sites touristiques. Bou-Saâda est sans doute la ville qui retient le plus l'attention des touristes étrangers avec ses dunes, ses palmeraies, sa vieille Médina, le tombeau de Nasreddine Dinet, le vieux Ksar, Le Fort Cavaignac, le moulin Ferrero, le Souk de l'artisanat ou la Zaouia d'El Hamel, lieu des sanctuaires où reposent Mohammed Ben Belgacem, fondateur de la Zaouia Rahmania et sa fille Lalla Zineb.

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

---

La Kalâa des Béni Hammad de Hammad ibn Bologhine à Maadid, les ruines romaines de Khoubana et de M'cif ou les gisements de peintures rupestres et les tracés de dessins préhistoriques de Sidi Ameer et de Ben S'Rour. Et aussi avec les petits villages du ksab ou la-bas se situe Sidi Mansour.

Les sources thermales de Belaribi et de Hammam Dhalaâ sont renommées pour leurs effets bénéfiques contre les rhumatismes, les maladies gynécologiques et dermiques.

### 4. Barrage de Koudiat Acerdoune

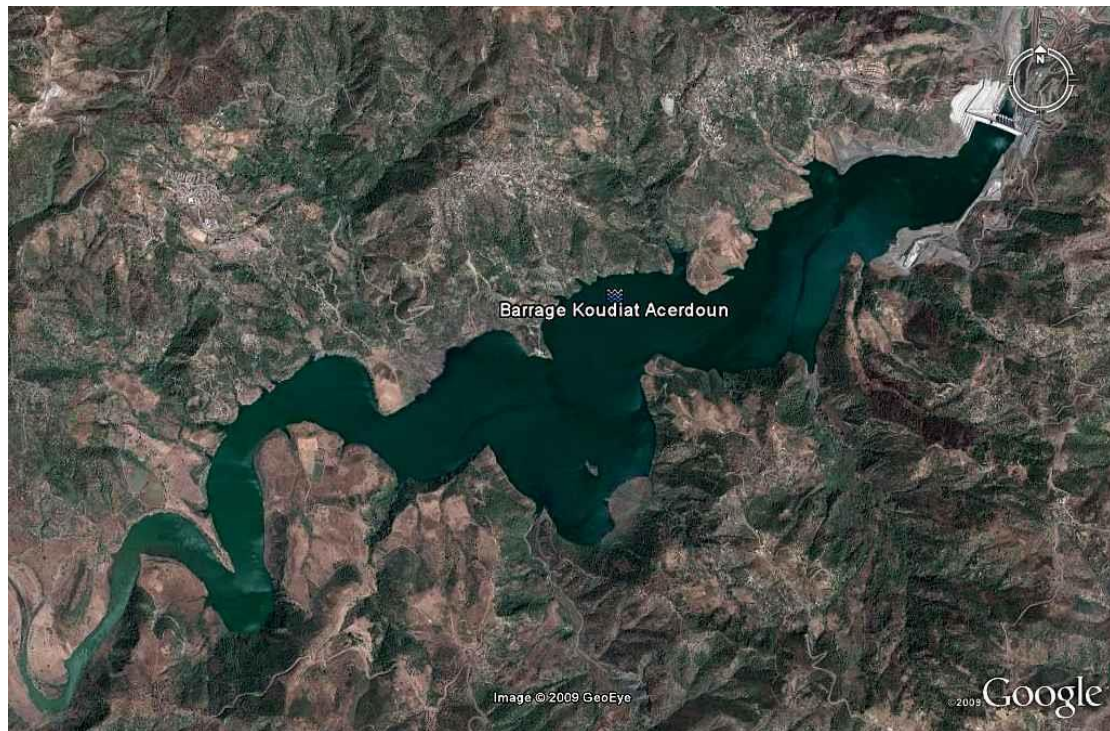


**Figure 1.4-1 Barrage de Koudiat Acerdoune**

Le barrage de Koudiat Acerdoune considéré comme étant le deuxième plus grand barrage en Algérie, avec une capacité de stockage de 640 millions de m<sup>3</sup> est situé sur l'Oued Isser, à une trentaine de kilomètres à vol d'oiseau vers l'Est de la ville de Tablat.

Cet ouvrage régularise un volume annuel de 146 millions de m<sup>3</sup>, pour un apport moyen de 206 millions de m<sup>3</sup>. Sur ce volume régularisé, 86 millions de m<sup>3</sup> d'eau brute (au niveau du barrage) sont affectés annuellement au transfert d'eau potable sur les lots N°01, 02 & 03.

Le barrage de Koudiat Acerdoune est réalisé en béton compacté au rouleau BCR par l'entreprise Française Razel.



**Figure 1.4-2 Barrage de Koudiat Acerdoune (Google Earth)**

### 4.1. Caractéristiques initiales

- Longueur en crête 422 m
- Hauteur 116 m
- Largeur en crête 8 m
- Largeur en pied 102 m

### 4.2. Principales quantités

- Volume excavations 1 150 000 m<sup>3</sup>
- Volume de BCR 1 070 000 m<sup>3</sup>
- Volume de BCV 220 000 m<sup>3</sup>
- Retenue créée 640 millions de m<sup>3</sup>
- Alimentation en eau 170 millions de m<sup>3</sup> / ans

## 5. Conclusion

Après nous être penché sur la plus importante vérification et la première qu'on doit faire c'est l'estimation de la population et calculer les besoins que nous verrons dans le chapitre suivant.

# Chapitre II

## Description Du Projet

Description du projet

### 1. Introduction

Ce chapitre illustre une présentation générale du projet qui a été transmise par l'ANBT ainsi que notre vérification de la base de données initial de ce projet ainsi que la description du fonctionnement de ce projet.

### 2. Présentation du projet

Ce projet concerne trois centres urbains, répartis comme suit sur les wilayas de Bouira et M'sila :

- **Wilaya de Bouira** : Sour El Ghozlane;
- **Wilaya de M'Sila** : Sidi Aissa et Ain El Hadjel.

Elle englobe aussi la réalisation de piquages permettant une alimentation convenable en eau potable des centres annexes suivants :

- **Wilaya de Bouira** : Djebahia, Souk El Khémis, El Mokrani, Ain Bessem, El Hachimia, Raouraoua et Dirah,
- **Wilaya de M'Sila** : Si Hadjeres et Bouti Sayeh

Ce projet assure le transport des besoins en eau de tout le lot 3 depuis la station de traitement d'eau potable jusqu'à la ville d'Ain Bessem.

### 3. Limites du projet d'après l'APD

La limite amont du lot 2 est la sortie de la station de pompage SP1 après la plateforme anti bélier. La limite avec le lot 3 est le point de piquage au niveau du point B9 à la sortie de la ville d'Ain Bessem.

Du point de vue génie civil et équipement, les limites du lot 2 avec le lot 1 correspondent :

Au niveau de la station de pompage SP1, un fond plein sur la conduite de refoulement, dans un regard situé une longueur de conduite à l'aval des ballons anti-bélier. **Le regard et le fond plein ne font pas partie du présent lot 2.**

La limite avec le lot 3 est constituée par :

- Un fond plein à l'amont de la vanne Ø 1400 mm au niveau de la bifurcation B9 : elle comprend le regard, dimensionné pour recevoir la vanne, le joint de démontage et la ventouse, ainsi que la réservation pour le départ de la conduite vers Boughzoul. **La vanne, le joint de démontage et la ventouse ne font pas partie du lot 2.**

Les autre limites aval (au niveau des réservoirs et des piquages) de ce lot sont constituées par :

## Chapitre II : Description du projet

Les réservoirs d'Ain Ech cheriki, Feidh El Louz, Sour El Ghozlane, Col de Dirah, Sidi Aissa et Ain El Hadjel : Au niveau de ces réservoirs, la limite aval est constituée par un regard sur la conduite de distribution, à l'extérieur de la chambre mais à l'intérieur de l'enceinte : **cette limite inclut le tronçon de conduite de distribution, une vanne de sectionnement et un fond plein.**

- Les piquages, inclus, de Souk El Khémis El Mokrani, Ain Bessem, El Hachimia, Abdelaziz, Dirah, Bouti Sayeh et sidi Hadjeres. Ces piquages se limitent à une connexion sur la conduite principale, suivie de quelques mètres de conduite, d'un regard abritant une vanne du côté amont et se terminant par un fond plein. **Les quelques mètres de conduite, le regard, la vanne et le fond plein font partie des prestations du présent lot 2.**

Du point de vue accès, la limite aval est constituée par les raccordements des accès des stations de pompage et réservoirs au voies de circulation les plus proches.

### 4. Données de base de l'étude

#### 4.1. Démographie

Lors du recensement national de 1987, la population totale des 3 centres urbains principaux de la zone de l'étude atteignait les 88 741 habitants.

##### 4.1.1. Estimation de la population future de 2010 jusqu'à 2020.

Pour cela, la formule d'évaluation de la population dite arithmétique est la plus appropriée, La loi arithmétique est définie par :

$$P_{Fut} = P_{Act} + K_a * (T_{Fut} - T_{Act})$$

Avec comme symboles et unités :

$P_{Fut}$  : Population Demandé.

$P_{Act}$  : Population Actuelle.

$K_a$  : Taux. De Croissance.

$\Delta T = (T_{Fut} - T_{Act})$  : Différence entre l'Année Actuelle et L'Année demandé.

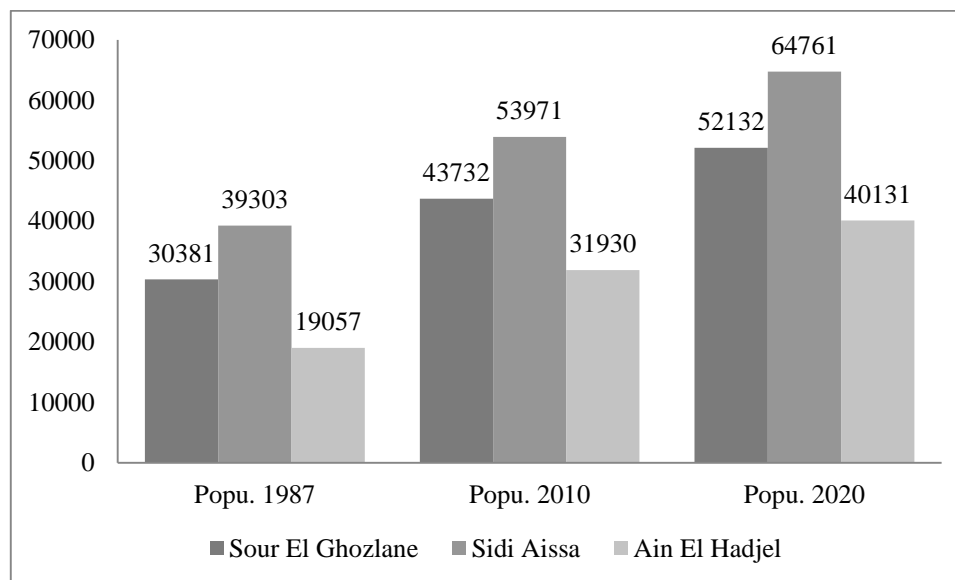
**Cette population était répartie comme suit entre les différents centres :**

LOCALITE	POPULATION TOTAL [HAB.]			
	POP. 1987	POP. 2010	KA	POP. 2020
<b>Sour El Ghozlane</b>	30381	43732	840	52132
<b>Sidi Aissa</b>	39303	53971	1079	64761
<b>Ain El Hadjel</b>	19057	31930	820	40131

## Chapitre II : Description du projet

LOCALITE	POPULATION TOTAL [HAB.]			
	POP. 1987	POP. 2010	KA	POP. 2020
<b>Total</b>	88741	129633		157024

**Tableau 2.4.1.1-1 Estimation de la population future entre les différents centres**

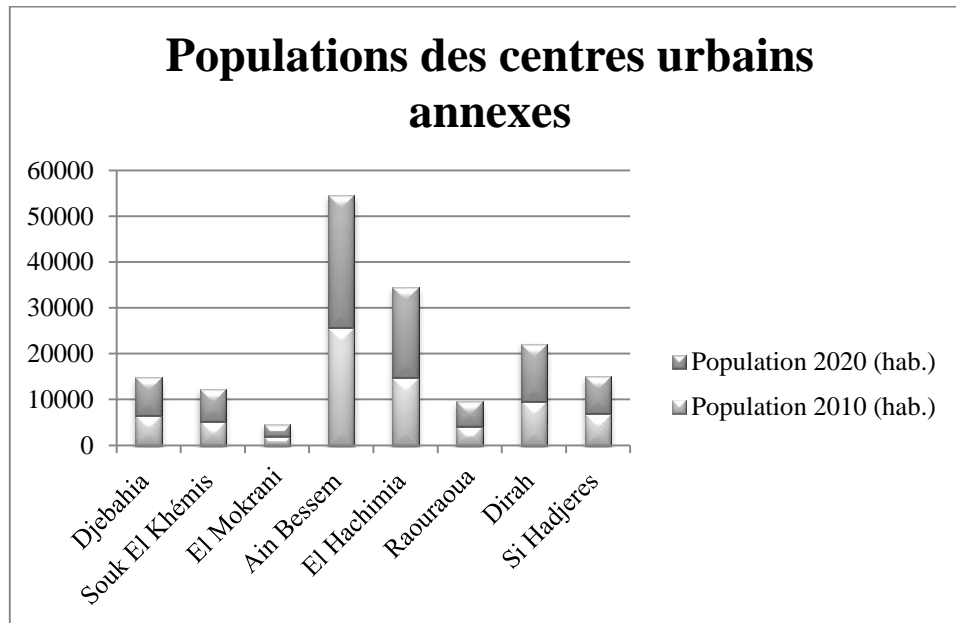


**Figure 2.4.1.1-1 La différence entre les populations entre les différents centres**

Les informations relatives à la population des centres urbains annexes, alimentée en cours de route, pour les années 2010 et 2020 ; elle est récapitulée dans le tableau suivant :

LOCALITE	POPULATION 2010 (HAB.)	KA	POPULATION 2020 (HAB.)
<i>Djebahia</i>	6507	178.8	8295
<i>Souk El Khémis</i>	5259	178.8	7047
<i>El Mokrani</i>	1986	56	2546
<i>Ain Bessem</i>	25654	319.2	28846
<i>El Hachimia</i>	14688	504	19728
<i>Raouraoua</i>	4148	118.2	5330
<i>Dirah</i>	9483	319.2	12675
<i>Si Hadjeres</i>	6832	129.5	8127
<b>Total centres annexes</b>	<b>74557</b>		<b>92594</b>

**Tableau 2.4.1.1-2 Estimation de la population future entre les différents centres urbains annexes**



**Figure 2.4.1.1-2 La différence entre les populations entre les différents des centres urbains annexes**

Ainsi la population totale de l'année 2020 concernée par le projet est estimée à 249618 habitants.

### 4.2. Débits de dimensionnement

En absence de données sur les consommations spécifiques, le calcul des débits de dimensionnement des différents tronçons de conduites d'après l'ADP est basé sur des allocations totales annuelles de chaque centre pour l'horizon 2020, à savoir:

WILAYA	ALLOCATION ANNUELLE BRUTE [Mm3/AN]	ALLOCATION ANNUELLE NETTE * [Mm3/AN]	ALLOCATION JOURNALIERE NETTE [M3/J]	DEBIT MOYEN POUR POMPAGE 20H/24 [L/S]	COEFFICIENT DE POINTE	DEBIT DE POINTE [L/S]
<b>Tizi Ouzou</b>	20.9	20.06	54960	763	1.25	954
<b>Bouira</b>	21.05	20.21	55370	769	1.25	961
<b>Médéa</b>	34.82	33.42	91560	1272	1.25	1590
WILAYA	ALLOCATION ANNUELLE BRUTE [Mm3/AN]	ALLOCATION ANNUELLE NETTE * [Mm3/AN]	ALLOCATION JOURNALIERE NETTE [M3/J]	DEBIT MOYEN POUR POMPAGE 20H/24 [L/S]	COEFFICIENT DE POINTE	DEBIT DE POINTE [L/S]
<b>M'sila</b>	9.23	8.86	24270	337	1.25	421
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>82.55</b>	<b>226 160</b>	<b>3 141</b>	<b>1.25</b>	<b>3 926</b>

**Tableau 2.4.2-1 Calcul des débits de pointe des différents wilavas du Projet AEP Koudiat Acerdoune**

\* environ 96% de l'allocation annuelle brute



## Chapitre II : Description du projet

CENTRE DE WILAYA BOUIRA	ALLOCATION ANNUELLE BRUTE [MM3/AN]	ALLOCATION ANNUELLE NETTE * [MM3/AN]	ALLOCATION JOURNALIERE NETTE [M3/J]	DEBIT MOYEN POUR POMPAGE 20H/24 [L/s]	COEFFICIENT DE POINTE	DEBIT DE POINTE [L/s]
<i>kadiria</i>	0.75	0.72	1 973	27.4	1.25	34.2
<i>Lakhdaria</i>	4.49	4.31	11 808	164	1.25	205
<i>Ain Bessam</i>	2.05	1.97	5 397	75	1.25	93.7
<i>Bir Ghbalou</i>	1.16	1.11	3 041	42.2	1.25	52.8
<i>Sour El Ghozlane</i>	5.39	5.17	14 164	196.7	1.25	245.9
<i>El Hachimia</i>	2.31	2.22	6 082	84.5	1.25	105.6
<i>Souk El Khemis</i>	0.44	0.42	1 151	16	1.25	20
<i>Dirah</i>	1.63	1.56	4 274	59.4	1.25	74.2
<i>Raouraoua</i>	0.26	0.25	685	9.5	1.25	11.9
<i>Aomar Gare</i>	0.77	0.74	2 027	28.2	1.25	35.2
<i>Djebahia</i>	0.51	0.49	1 342	18.6	1.25	23.3
<i>El Mokrani</i>	0.27	0.26	712	9.9	1.25	12.4
<i>Bouderbala</i>	0.16	0.15	411	5.7	1.25	7.1
<i>Zbarbar</i>	0.88	0.84	2 301	32	1.25	40
<b>Total</b>	<b>21.1</b>	<b>20.2</b>	<b>55 370</b>	<b>769</b>	<b>1.25</b>	<b>961</b>

**Tableau 2.4.2-2 Calcul des débits de pointe des différents centres de la wilaya Bouira**

CENTRE DE WILAYA M'SILA	ALLOCATION ANNUELLE BRUTE [MM3/AN]	ALLOCATION ANNUELLE NETTE * [MM3/AN]	ALLOCATION JOURNALIERE NETTE [M3/J]	DEBIT MOYEN POUR POMPAGE 20H/24 [L/s]	COEFFICIENT DE POINTE	DEBIT DE POINTE [L/s]
<i>Sidi Aissa</i>	4.46	4.28	11726	162.9	1.25	203.6
<i>Ain El Hadjel</i>	4.15	3.98	10904	151.4	1.25	189.3
<i>Sidi Hadjeres</i>	0.4	0.38	1041	14.5	1.25	18.1
<i>Bouti Sayeh</i>	0.23	0.22	603	8.4	1.25	10.5
<b>Total</b>	<b>9.24</b>	<b>8.86</b>	<b>24274</b>	<b>337.2</b>	<b>1.25</b>	<b>421.5</b>

**Tableau 2.4.2-3 Calcul des débits de pointe des différents centres de la wilaya M'Sila**

## Chapitre II : Description du projet

### 4.2.1. Wilaya Concerné Lot2

WILAYA CONCERNE LOT2	ALLOCATION ANNUELLE BRUTE [MM3/AN]	ALLOCATION ANNUELLE NETTE * [MM3/AN]	ALLOCATION JOURNALIERE NETTE [M 3/J]	DEBIT MOYEN POUR POMPAGE 20H/24 [L/S]	COEFFICIENT DE POINTE	DEBIT DE POINTE [L/S]
<i>Bouira</i>	21.05	20.21	55370	769	1.25	961
<i>M'Sila</i>	9.23	8.86	24270	377	1.25	421
<b>Total</b>	<b>30.28</b>	<b>29.07</b>	<b>79640</b>	<b>1146</b>	<b>2.5</b>	<b>1382</b>

Tableau 2.4.2.1-1 Vérification des calculs des débits de pointe de différentes wilayas concerne LOT2

### 4.2.2. Centre de Wilaya Concerné

CENTRE DE WILAYA CONCERNE	ALLOCATION ANNUELLE BRUTE [MM3/AN]	ALLOCATION ANNUELLE NETTE * [MM3/AN]	ALLOCATION JOURNALIERE NETTE [M 3/J]	DEBIT MOYEN POUR POMPAGE 20H/24 [L/S]	COEFFICIENT DE POINTE	DEBIT DE POINTE [L/S]
<i>Ain Bessem</i>	2,05	1,97	5 397	75	1,25	94
<i>Sour El Ghozlane</i>	5,39	5,17	14164	196,7	1,25	246
<i>El Hachimia</i>	2,31	2,22	6082	84,5	1,25	106
<i>Souk El Khémis</i>	0,44	0,42	1151	16	1,25	20
<i>Dirah</i>	1,63	1,56	4274	59,4	1,25	74
<i>Raouraoua</i>	0,26	0,25	685	9,5	1,25	12
<i>El Djebahia</i>	0,51	0,49	1342	18,6	1,25	23
<i>Mokrani</i>	0,27	0,26	712	9,9	1,25	12
<i>Sidi Aissa</i>	4,46	4,28	11 726	162,9	1,25	204
<i>Ain El Hadjel</i>	4,15	3,98	10 904	151,4	1,25	189
<i>Sidi Hadjeres</i>	0,4	0,38	1 041	14,5	1,25	18
<i>Bouti Sayeh</i>	0,23	0,22	603	8,4	1,25	10
<b>Sous Total Lot 2</b>	<b>22,1</b>	<b>21,2</b>	<b>58081</b>	<b>806,8</b>	<b>1.25</b>	<b>1008</b>
<b>Sous Total Lot 3</b>	<b>51,83</b>	<b>49,76</b>	<b>136538</b>	<b>1896</b>	<b>1.25</b>	<b>2368</b>
<b>Total 2 et 3</b>	<b>74</b>	<b>71</b>	<b>194619</b>	<b>2153</b>	<b>1.25</b>	<b>3376</b>

Tableau 2.3.2.2-1 Vérification des calculs des débits de pointe de différents centres de différentes wilayas concerne LOT2

## Chapitre II : Description du projet

---

Par rapport à l'étude de l'APD initial, l'allocation de la localité de Boughzoul (lot 3) a passé de 5,21 à 20,19 Mm<sup>3</sup>/an.

Une perte de l'ordre de 4% de l'allocation brute au niveau de la station de traitement, pour l'évacuation des boues et pour le rinçage des filtres;

Les débits de pointe sont calculés sur la base des hypothèses suivantes :

- Un temps de pompage de 20 heures par jour correspondant à la somme des heures creuses et pleines, selon la tarification de la SONELGAZ;
- Au niveau de chacun des centres à desservir, la capacité des réservoirs de distribution permet de couvrir les pointes horaires de consommation à l'intérieur d'une journée;
- Un coefficient de majoration de 1.25 pour l'ensemble des centres du projet. Ce coefficient de majoration représente le rapport entre le débit du jour le plus chargé de l'année et le débit moyen journalier sur une année. Il conditionne le dimensionnement des installations (station de traitement, conduites d'adduction et stations de pompage), si l'on admet que la permanence de l'alimentation en eau est un objectif primordial et que la régulation à l'intérieur d'une journée est assurée par les réservoirs de distribution. *(Un coefficient de pointe journalière est de 1,25 pour l'ensemble des centres du projet).*

Il est à noter que les débits de pointe indiqués ci-dessus représentent les débits arrivants aux réservoirs ou sortants au niveau des piquages.

### 5. Description du fonctionnement du projet d'après l'ADP.

Le Système de transfert d'eau du Lot 2, est composé de stations de pompage et de réservoirs en série permettant de véhiculer l'eau vers les réservoirs de distribution.

On appellera chaque tronçon de conduite entre deux ouvrages un bief. Sur cette base l'axe principal du projet comporte 8 biefs :

- Bief N°1 : de la station de pompage SP1 à la station de pompage SP4
- Bief N°2 : de la station de pompage SP4 au réservoir Ain Ech cheriki -R2
- Bief N°3 : de réservoir R2 à de la station de pompage SP6
- Bief N°4 : de la station de pompage SP6 - au réservoir de Feidh El Louz -R7
- Bief N°5 : du réservoir R7 à la station de pompage SP9
- Bief N°6 : de la station de pompage SP9 à la station de pompage SP10
- Bief N°7 : de la station de pompage SP10 - au réservoir du Col de Dirah - R5
- Bief N°8 : du réservoir R5 au réservoir Ain El Hadjel –RAH.

A ces biefs s'ajoutent trois conduites alimentant les réservoirs de Djebahia, de Sour El Ghozlane et de Sidi Aissa.

Le système de transfert de ce projet assure de même le transfert des besoins de l'axe Boughzoul, faisant partie du lot 3, depuis la station de traitement jusqu'à la sortie de la ville d'Ain Bessem au point B9. Le tronçon commun aux lots 2 et 3 est long de 34 km.

## Chapitre II : Description du projet

---

Aussi, le projet prévoit des piquages pour l'alimentation des centres urbains annexes. Ces piquages sont situés sur les biefs 5, 6 et 8.

Le système de transfert du lot 2 prend naissance au niveau de la station SP1 réalisée dans le cadre du lot 1 du même projet. Un fond plein est laissé en attente pour le raccordement. Le regard et la vanne font partie du lot 1.

### **Bief N° 1 :**

Une conduite de refoulement de longueur 2646 ml en DN 1600mm Fonte assure la liaison entre les stations SP1 et SP4 au niveau de la localité de Djebahia. Le débit transité est de 3376 l/s.

### **Bief N° 2 :**

La station SP4 alimente le réservoir R2 (Ain Ech Cheriki) par une conduite de longueur 5612 ml en fonte DN 1600 mm. Elle alimente aussi le réservoir de Djebahia par une conduite de longueur 400 ml en fonte DN 200 mm. Les débits de pompage sont respectivement 3353 l/s pour le R2 et 23 l/s pour Djebahia.

### **Bief N°3**

Une conduite gravitaire de DN 1600 alimente la station SP6 à partir du réservoir R2. Elle est d'une longueur de 6587 ml et elle transite un débit de 3353 l/s.

### **Bief N° 4 :**

Une conduite de refoulement DN 1600 pour l'alimentation du réservoir tampon R7 de Feidh El Louz, à partir de SP6. La conduite a une longueur de 1300ml.

### **Bief N° 5 :**

Une conduite en DN 1800 mm en partance du réservoir Tampon R7, alimente le point (B9), situé à la sortie de la ville d'Ain Bessem. Cette conduite est longue de 17975 ml. En amont du point B9, 3 piquages alimentent les villes Souk El Khémis-El Mokrani, Ain Bessem, et El Hachimia. Au départ du B9 Une conduite en DN 1400 alimente l'axe de Boughzoul et une conduite en DN 900 mm continue pour l'alimentation de l'axe de Ain El Hadjel objet du lot 2. La conduite en DN 900 d'une longueur de 2426 ml alimente la station SP9 avec un débit de 753 l/s.

### **Bief N° 6 :**

La station SP9 alimente la station de Sour El Ghozlane, SP10, par une conduite DN 900 de longueur 14 958 mètres.

### **Bief N° 7 :**

La station de SP10 alimente la ville de Sour El Ghozlane par une conduite DN 500, de longueur 3495 ml et le réservoir de tête du col de Dirah par une conduite DN 700 et de longueur 6511 mètres. Les débits sont de 246 l/s pour Sour El Ghozlane et 496 l/s pour le col de Dirah.

### **Bief N° 8 :**

A partir du col de Dirah, une conduite gravitaire alimente les villes de Sidi Aissa, Dirah, Bouti Sayeh, Sidi Hadjeres et Ain El Hadjel.

Jusqu'au point B70, la conduite est en DN 600 de longueur 26 868 mètres.

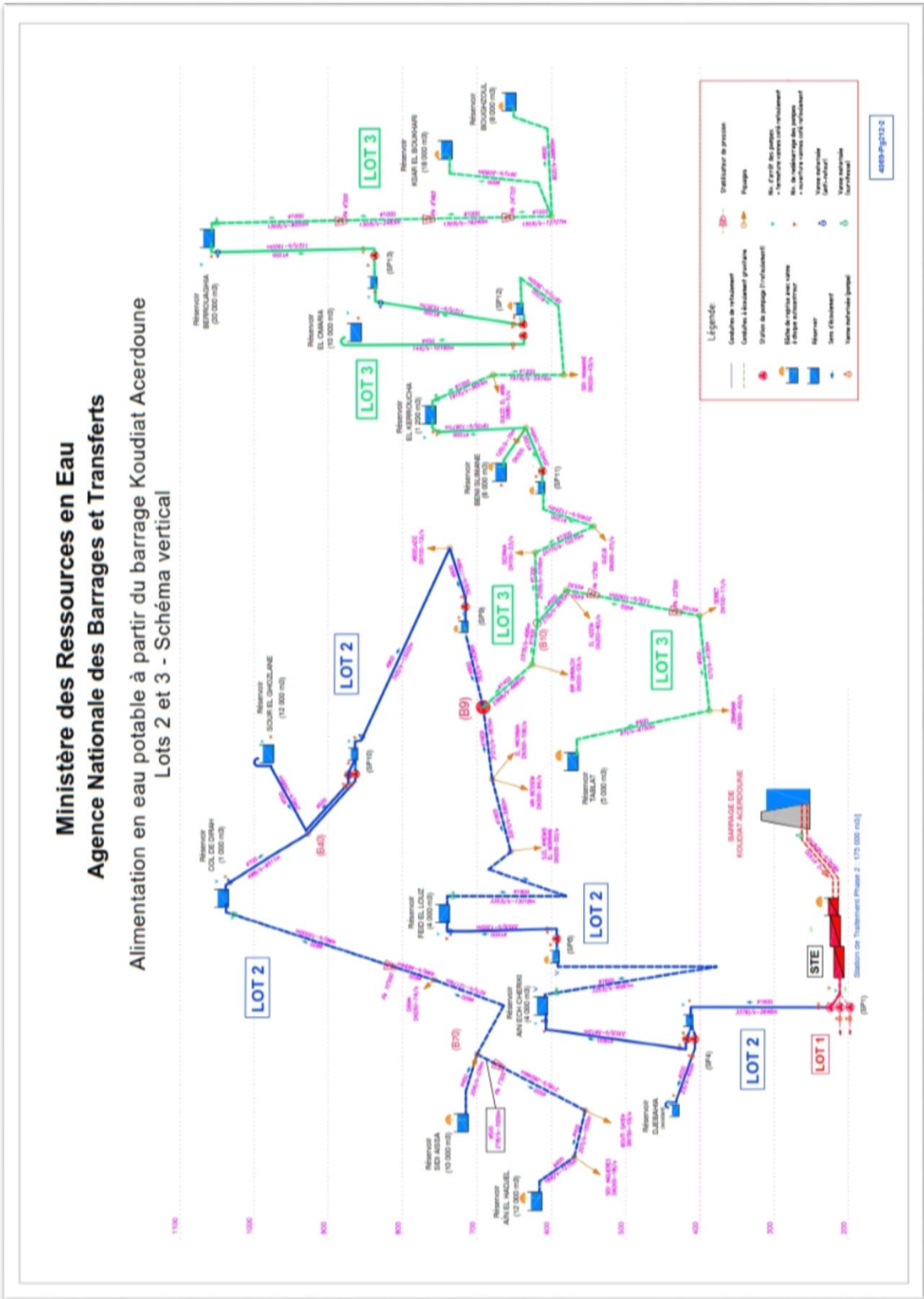
## Chapitre II : Description du projet

---

A partir de B70, une conduite en DN 500 mm sur une longueur de 26045 ml puis en DN 400 sur une longueur de 2825 mètres alimente le réservoir de Ain El Hadjel. Deux piquages sur la partie en DN 400 alimentent Bouti Sayeh et Sidi Hadjeres.

A partir de B70 part également une conduite DN 400 mm de longueur 234 ml pour alimenter le réservoir de Sidi Aissa.

Deux réducteurs de pression sont installés sur l'axe Col Dirah – Ain El Hadjel, le premier est installé sur la conduite DN 600 à 10 km du col de Dirah et le second est installé sur la conduite DN 500 à 1 km après le piquage de Sidi Aissa.



**Figure 2.5-1 Description du fonctionnement du projet d'après l'ADP**

## Chapitre II : Description du projet

---

### **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons vérifié la base de données fournie par l'APD à l'horizon 2010 puis nous l'avons actualisé pour l'horizon 2020.

Nous avons constaté que l'estimation effectuée par l'APD à l'horizon 2010 n'est pas satisfaisante et ceci à cause de la croissance prévisionnelle de la population pour cela notre travail dans les chapitres suivants contiendrait des solutions afin de palier à cette croissance.

# Chapitre III

## Bâches et Réservoirs



### 1. Introduction

Un réservoir est un ouvrage hydraulique qu'on retrouve très fréquemment entre les ouvrages de captage et d'adduction d'eau, sa présence à une double fonction :

En premier lieu, un réservoir permet de rendre optimal le débit de fonctionnement des installations situées en amont de lui, que ce soit dans le cadre d'une adduction permanente ou intermittente. En outre, il constituera une assurance contre les éventuelles indisponibilités des ressources ou bien contre un arrêt inattendu des équipements d'adduction. Il pourra donc alimenter les consommateurs pendant un certain temps en cas de coupure électrique par exemple, ou bien le temps de réparer une conduite.

Il est à préconiser dans la plupart des cas, notamment pour les avantages suivants :

- Régularité dans la fonction de pompage, c'est-à-dire les pompes refoulent à une hauteur constante à un débit constant.
- Simplification de l'exploitation.
- Régularité de la pression.

Le réseau comprend :

- 4 bâches de reprise pour les stations de pompage : SP4, SP6, SP9, SP10.
- 3 réservoirs terminaux de Sour El Ghozlane, de Sidi Aissa et d'Ain El Hadjel
- 3 réservoirs tampons R2, R5, et R7.

Dans ce chapitre nous allons présenter le principal critère ainsi que les méthodes de dimensionnement des ouvrages de ce projet proposé par l'ANBT, Nous fournirons aussi notre vérification de ces données ainsi que nos solutions afin de réaliser cette actualisation.

### 2. Critère de dimensionnement

#### 2.1. Calcul des ouvrages en béton

Le calcul des ouvrages en béton armé sera conforme à la version la plus récente des règles B.A.E.L. ou de toutes règles techniques qui lui auraient été ajoutées ou substituées avant 2008. De plus, pour les bâches et réservoirs, le calcul répondra aux règles algériennes applicables à la construction des réservoirs et cuves en béton armé ou, à défaut, aux dispositions du fascicule n°74 du CCTG des ministères français de l'Urbanisme, du Logement, des Transports et de l'Environnement.

Lors des calculs, on tiendra compte des charges de conception suivantes :

- a) Charge vive au toit: selon norme NFP 06 001
- b) Pression dû au vent: selon la norme Algérienne neige et vent, zone de Koudiat pour  $q - RNVA 99$
- c) Poids de neige : selon données station météo

## Chapitre III : Bâches et Réservoirs

---

d) Zone sismique: selon règles parasismiques algériennes

De manière générale, Le choix des matériaux et les compositions des bétons seront conformes aux normes et recommandations en vigueur. La réalisation et la mise en place se feront suivant les règles de l'art.

### 2.2. Calcul sismique :

Pour offrir une meilleure résistance au séisme, les ouvrages doivent de préférence avoir, d'une part des formes simples, d'autres part, une distribution aussi régulière que possible des masses et des rigidités tant en plan qu'en élévation.

Le but recherché est d'assurer la meilleure répartition possible des sollicitations à travers la structure de façon à faire participer tous les éléments à l'absorption et à la dissipation de l'énergie développée par l'action sismique.

### 2.3. Calcul des volumes des réservoirs

Les hypothèses de calcul des volumes de bâches et des réservoirs proposé par l'APD sont comme suit :

#### 2.3.1. Réservoirs terminaux

Les réservoirs terminaux doivent assurer la réserve pour la consommation de pointe journalière ainsi que les réserves de sécurité (réserve incendie) et éventuellement, disposer d'une réserve pour utilisations exceptionnelles.

Les réservoirs terminaux auront une capacité égale à 1,25 fois le volume de la consommation journalière moyenne ( $V1$ ), majoré de la réserve incendie.

#### 2.3.2. Réservoirs de mise en charge

Les réservoirs de mise en charge sont des réservoirs placés sur les points hauts du tracé, généralement alimentés par refoulement, dont le but est d'alimenter gravitairement une grande partie du réseau d'adduction situé à l'aval.

Lorsque le niveau bas d'alerte est atteint dans le réservoir, il commande la fermeture de la vanne aval située sur la conduite de sortie de celui-ci.

En dessous de ce niveau bas, un volume minimal  $V2$  lié au temps nécessaire pour fermer la vanne aval, en particulier si son fonctionnement est manuel, doit être garanti. Nous supposons que le délai d'intervention est de 15 minutes.

De plus, pour limiter le nombre d'opérations de fermeture et d'ouverture de la vanne aval sur la conduite de sortie du réservoir, un volume  $V3$  doit être prévu entre le niveau bas d'alerte et le niveau de réouverture de la vanne. Nous supposons, dans ce cas, que le débit de départ est  $x\%$  plus important que le débit d'alimentation de ces réservoirs, et on fixe à  $n$  heures le délai entre deux manœuvres successives de la vanne. On adopte pour  $x$  et  $n$  les valeurs suivantes :

- $x = 5\%$ ,
- $n = 5$  heures.

## Chapitre III : Bâches et Réservoirs

Cette opération de fermeture de la vanne aval du tronçon gravitaire conduit à l'arrêt des pompes de la station aval, dès que le volume contenu dans la bâche de reprise est épuisé.

### 2.3.3. Bâches de reprise

Les bâches de reprise sont des réservoirs qui servent à l'alimentation directe en eau des stations de pompage.

Le dimensionnement de ces ouvrages doit prendre en compte la limitation du nombre de démarrages et d'arrêts des pompes. Or, bien que le fonctionnement des pompes soit essentiellement asservi au niveau de l'eau dans le réservoir qu'elles alimentent, le déclenchement des pompes peut aussi être provoqué par la vidange de la bâche de reprise. Dans ce cas, le ré-enclenchement des pompes ne se produira que lorsque le remplissage de la bâche aura atteint un certain niveau.

Aussi, si le débit de sortie est identique ou inférieur au débit d'entrée, il n'est pas nécessaire de disposer d'un volume-tampon. Les déclenchements des pompes sont alors uniquement dictés par les conditions aval. En principe, il devrait y avoir égalité des débits entrant et sortant, mais l'évolution temporelle des pertes de charge et les caractéristiques réelles des pompes conduisent généralement à des écarts. L'hypothèse est alors faite que le débit pompé est  $x\%$  supérieur au débit d'entrée. Dans ce cas, si l'on impose la durée minimale  $n$  heures entre deux arrêts de pompe consécutifs, il faut alors disposer d'un volume-tampon  $V4$  entre le niveau d'arrêt et le niveau de remise en marche égal à  $Q * x\% * n$ .

Les valeurs suivantes sont adoptées :

- $x = 5\%$ ,
- $n = 5$  heures.

Il s'ensuit que la durée de chaque arrêt est égale à  $V4/Q$ , soit 900 secondes (15 minutes), et il se produit (selon ces hypothèses) 4 arrêts chaque jour.

### 2.3.4. Réservoirs alimentés gravitairement

Les réservoirs alimentés gravitairement, que ce soit des réservoirs terminaux, des réservoirs tampons ou des bâches de reprise, possèdent à leurs entrées des obturateurs à disque auto centreur qui contrôlent le niveau haut des réservoirs et détruisent la charge résiduelle au droit de l'entrée des réservoirs. Ces dispositifs nécessitent un certain volume d'eau  $V5$  pour permettre la dissipation de l'énergie résiduelle à la sortie de la vanne. Il faut compter un  $m3$  pour dissiper une puissance de  $10 \text{ ch}$ . La puissance à dissiper est fonction du débit entrant et de la charge résiduelle à l'entrée du réservoir diminuée de la charge nécessaire au bon fonctionnement du robinet à disque auto centreur, soit environ  $5$  mètres d'après les fournisseurs.

$$P(ch) = Q(L/S) * \frac{H_{rés}[m] - 5[m]}{75}$$

Lors du démarrage des pompes à l'aval, l'inertie de l'écoulement dans la conduite d'alimentation nécessite également de disposer d'un volume  $V6$  pour compenser ce phénomène égal à  $t$  secondes fois le débit pompé, avec une valeur de  $t$  de 30 secondes.

## Chapitre III : Bâches et Réservoirs

En général, ces deux critères de dimensionnement du volume des réservoirs sont très faibles en regard des autres critères.

### 2.3.5. Réservoirs alimentés par refoulement

Ces réservoirs doivent disposer d'un volume **V7** suffisant entre le niveau haut d'arrêt des pompes et le niveau de remise en marche de ces dernières, ceci dans le but de limiter le nombre d'arrêts et de mise en marche des pompes de la station d'alimentation.

La conséquence, si l'on impose que les pompes ne redémarrent après leurs arrêts au niveau haut qu'au bout d'une heure, est la suivante :

- Le niveau de ré-enclenchement des pompes se situe à une cote telle que le volume entre ce niveau et le niveau haut d'arrêt soit égal à 3.5 fois la consommation horaire moyenne (ceci pour couvrir la pointe d'une courbe de consommation journalière type).
- Le volume supplémentaire nécessaire à la régulation journalière est égal à 1.5 fois la consommation horaire moyenne en période moyenne et à 0.8 fois cette consommation en période de pointe.

Donc, pour garantir un fonctionnement correct de ces réservoirs, il est recommandé que leurs capacités soient égales à 4.3 fois la consommation horaire moyenne.

Concernant les réservoirs terminaux alimentés par refoulement, le seul volume de dimensionnement pris en compte est le volume **V1**, car le volume **V7** décrit ci-dessus est déjà inclus.

### 2.3.6. Les Tableaux de calcul des volumes des bâches et réservoirs

#### ➤ Réservoirs tampons

LOCALISATION	DEBIT AVAL (L/S)	RESERVOIR DE MISE EN CHARGE		V. TOTAL THEORIQUE M3	V. TOTAL MAJORE M3
		V2	V3		
<i>Réservoir Ain Ech Cheriki</i>	3353	3018	3018	6035,4	6000
<i>Réservoir Col de Dirah</i>	496	446	446	893	1000
<i>Réservoir Feidh El Louz</i>	3353	3018	3018	6035,4	6000

**Tableau 2.3.6-1 calcul les volumes des réservoirs tampons**

#### ➤ Réservoirs terminaux

LOCALISATION	DEBIT AMONT (L/S)	CHARGE RESIDUELLE (M)	DEBIT AVAL (L/S)	ALLOCATION NETTE [M3/J]	RES. TERMINAL	RES. INCENDIE	RES. ARRIVEE GRAVITAIRE	V. TOTAL THEORIQUE E M3	V. TOTAL MAJORE M3
					<b>V1</b>		<b>V5</b>		
<i>Réservoir Sour El</i>			246	14164	17 705	200		17905	18900

## Chapitre III : Bâches et Réservoirs

<i>Ghozlane</i>									
<i>Réservoir Sidi Aissa</i>	421	99,5	421	11726	14658	200	53	14911	15700
<i>Réservoir Ain El Hadjel</i>	189	77,6	189	10904	13630	200	18	13848	14600

**Tableau 2.3.6-2 calcul les volumes des réservoirs terminaux**

### ➤ *Bâches de reprise*

LOCALISATION	DEBIT AMONT (L/S)	CHARGE RESIDUELLE (M)	DEBIT AVAL (L/S)	NBRE DE POMPES	BACHE DE REPRISE	RES. ARRIVEE GRAVITAIRE		V. TOTAL THEORIQUE M3	V. TOTAL MAJORE M3
					V4	V5	V6		
<i>Bâche SP4</i>	3353	2	3353	4	754	0		754	1000
<i>Bâche SP6</i>	3353	6,7	3353	4	754	8	80	842	1000
<i>Bâche SP9</i>	753	5,7	753	1	678	1	23	700	800
<i>Bâche SP10</i>	742	2	742	1	668	0		668	800

**Tableau 2.3.6-3 calcul les volumes des Bâches de reprise**

**V1** = 1,25 fois le volume de la consommation journalière moyenne, majoré de la réserve incendie.

**V2** est lié au temps nécessaire pour fermer la vanne aval

**V3** est le volume de régulation nécessaire pour la station de pompage aval.

**V4** est le volume de régulation nécessaire pour la bâche de reprise

**V5** volume nécessaire pour la dissipation de l'énergie résiduelle à la sortie de la vanne. Il faut compter un m3 pour dissiper une puissance de 10 ch.

**V6** pour compenser l'inertie de l'écoulement dans la conduite d'alimentation lors du démarrage des pompes

## Chapitre III : Bâches et Réservoirs

### 3. Caractéristiques dimensionnelles principales

Les caractéristiques dimensionnelles des réservoirs et bache de reprise, selon l'APD sont récapitulées dans les tableaux ci-après :

DENOMINATION	CODE	NIVEAU NGA DU TROP-PLEIN	NIVEAU NGA DU RADIÉ	VOLUME TOTAL (M3)
<b>Réservoirs terminaux</b>				
<i>Ain El Hadjel</i>	<b>RAH</b>	616.00	610.00	2x6000
<i>Sidi Aissa</i>	<b>RSA</b>	712.00	706.00	2x5000
<i>Sour El Ghozlane</i>	<b>RSG2</b>	963.50	957.50	2x6000
<b>Réservoirs tampons</b>				
<i>Ain Cheriki</i>	<b>R2</b>	610.00	604.00	2x2000
<i>Col de Dirah</i>	<b>R5</b>	1036.00	1031.50	1000
<i>Koudiat El Louz</i>	<b>R7</b>	738.00	732.00	2x2000
<b>Bâches de reprise</b>				
<i>Station Djebahia</i>	<b>SP4</b>	411.80	405.60	2x1300
<i>Station El Amir</i>	<b>SP6</b>	589.10	583.10	2x1300
<i>Station Ain Bessem</i>	<b>SP9</b>	711.30	707.50	2x400
<i>Station Sour El Ghozlane</i>	<b>SP10</b>	861.30	857.30	2x400

**Tableau 3.3-1 Caractéristiques dimensionnelles principales**

Le diamètre des conduites de sortie et de trop plein selon les plans de l'APD sont consignés dans le tableau suivant :

DENOMINATION	CODE	DIAMETRE ARRIVEE (MM)	DIAMETRE DEPART (MM)	DIAMETRE TROP PLEIN (MM)
<b>Réservoirs terminaux</b>				
<i>Ain El Hadjel</i>	<b>RAH</b>	400	300	400
<i>Sidi Aissa</i>	<b>RSA</b>	7400	400	400
<i>Sour El Ghozlane</i>	<b>RSG2</b>	500	400	500
<b>Réservoirs tampons</b>				
<i>Ain Cheriki</i>	<b>R2</b>	1500	1400	1000
<i>Col de Dirah</i>	<b>R5</b>	700	600	600

## Chapitre III : Bâches et Réservoirs

DENOMINATION	CODE	DIAMETRE ARRIVEE (MM)	DIAMETRE DEPART (MM)	DIAMETRE TROP PLEIN (MM)
<i>Koudiat El Louz</i>	<b>R7</b>	1500	1600	1000
<b><i>Bâches de reprise</i></b>				
<i>Station Djebahia</i>	<b>SP4</b>	1400	1600	1000
<i>Station El Amir</i>	<b>SP6</b>	1200	1600	1000
<i>Station Ain Bessem</i>	<b>SP9</b>	900	900	800
<i>Station Sour El Ghozlane</i>	<b>SP10</b>	800	900	800

**Tableau 3.3-2 DN des conduites d'arrivée, de départ et de trop plein**

### 3.1. Remarque

La capacité des réservoirs n'a pas été modifiée par la note informative du DAO, malgré l'augmentation des débits transitant par les réservoirs, R2 et R7 et des stations de pompage SP4 et SP6. A noter par ailleurs, que le calcul du volume de régulation n'a pas tenu compte du nombre de pompes.

Il y'a lieu d'actualiser ces volumes en fonction des nouveaux débits et du nombre de pompes.

Le diamètre des conduites d'entrée et de sortie (arrivée, départ ou distribution, trop plein) n'a pas été changé, Il y a lieu d'actualiser ces diamètres en fonction des nouveaux débits. D'autre par le diamètre des conduites de distribution des réservoirs terminaux (Sour El Ghozlane, Sidi Aissa et Ain El Hadjel) nous semble sous dimensionné, il est inférieur au diamètre de la conduite d'arrivée. Sachant que la conduite de distribution est dimensionnée pour un débit de pointe horaire et la conduite d'arrivée est dimensionnée pour un débit de pointe jour, le dimensionnement actuel doit être actualisé.

## 4. Actualisation des Volumes des bâches et des réservoirs

### 4.1. Réservoirs terminaux

En se basant sur les critères indiqués ci-dessus, les volumes des réservoirs terminaux restent inchangés. En effet les besoins en eau des villes concernées n'ont pas changé.

RESERVOIR	LOCALISATION	CAPACITE DE STOCKAGE [M3]		
		EXISTANTE	NECESSAIRE	VOLUME A CREER
<b>RSG</b>	<i>Sour El Ghozlane</i>	6 900	18900	12000
<b>RSA</b>	<i>Sidi Aissa</i>	6 000	15700	10000

## Chapitre III : Bâches et Réservoirs

<b>RAH</b>	<i>Ain El Hadjel</i>	3 000	14600	12000
------------	----------------------	-------	-------	-------

**Tableau 3.4.1-1 Tableau récapitulatif des capacités des réservoirs terminaux actualisées**

### 4.2. Réservoirs tampons et bâches de reprises

Les réservoirs tampons et les bâches de reprises ont été calculés sur la base du débit global. Or, dans les stations de pompages, le nombre de pompes varie de 2 à 5. (1+1 et 4+1). En conservant les mêmes hypothèses et en tenant compte des nouveaux débits et du nombre de pompes, les volumes des réservoirs tampons et des bâches de reprise seraient comme suit :

RESERVOIR	LOCALISATION	VOLUME CALCULE (M3)		VOLUME PROPOSE
		INITIAL	ACTUALISE	
R 2	Réservoir Ain Ech Cheriki	3688	6035	6000 (2x3000)
R 5	Réservoir Col de Dirah	893	893	1000 (2x500)
R 7	Réservoir Feidh El Louz	3688	6035	6000 (2x3000)
<b>Bâche</b>				
<i>BSP4</i>	Bâche SP4	2400	754	1000 (2x500)
<i>BSP6</i>	Bâche SP6	2480	842	1000 (2x500)
<i>BSP9</i>	Bâche SP9	700	700	800 (2x400)
<i>BSP10</i>	Bâche SP10	668	668	800 (2x400)

**Tableau 3.4.2-1 Tableau récapitulatif des capacités actualisées des réservoirs tampon et bâches de reprise**

Les volumes théoriques nécessaires ainsi déterminés sont majorés, afin de tenir compte des dispositions pratiques au soutirage et de la hauteur d'eau minimale à garantir, mais aussi en raison des imprécisions sur les informations prises en compte comme notamment la répartition horaire de la consommation.

### 4.3. Remarque

La capacité des réservoirs terminaux reste inchangée. Les volumes retenus assurent la consommation de la journée de pointe de l'année 2020.

La capacité des réservoirs tampons d'Ain Ech Cheriki et Feidh El Louz doit être sensiblement augmentée, alors que celle du réservoir du col de Dirah reste inchangée. Les capacités des bâches des stations SP4 et SP6 pourront être réduites.

## 5. Dispositions constructives des réservoirs

### 5.1. Dispositions de l'APD

Les dispositions constructives générales préconisées par l'APD sont les suivantes :



## Chapitre III : Bâches et Réservoirs

---

L'épaisseur des voiles des bâches et des réservoirs varie de 25 à 30 cm.

Le découpage des réservoirs en deux bassins, permettant d'effectuer l'entretien et les éventuelles réparations. Ce découpage implique le doublement de tous les organes d'alimentation et de prise du réservoir, ainsi que ceux de contrôle des niveaux.

La mise en place d'un dispositif de vidange, permettant de vider le réservoir en quelques heures.

L'équipement de crépines pour les prises d'eau ; ces dernières sont situées dans une fosse ménagée dans le radier afin d'optimiser le "volume utile" du réservoir.

La mise en place d'un système de trop-plein permettant d'évacuer le débit maximal entrant en cas de défaillance du dispositif d'arrêt au niveau haut. Dans le cas de réservoirs à cuves multiples, le dimensionnement se fait en supposant qu'une des cuves n'est pas en service (cas le plus défavorable).

L'installation de vannes de survitesse sur les canalisations de départ des réservoirs pour éviter de vider le réservoir en cas d'incident sur la conduite. Il s'agit de vanne papillon motorisée asservie aux indications d'un débitmètre électromagnétique. Ces vannes seront protégées par des événements installés immédiatement à l'aval de ces appareils.

A l'arrivée des canalisations de refoulement lorsque celle-ci ne se fait pas par surverse, l'installation d'une vanne papillon motorisée asservie aux indications d'un débitmètre électromagnétique, afin d'éviter que le réservoir ne se vide en cas de casse sur la conduite de refoulement. Une ventouse (ou un événement aboutissant au-dessus d'une des cuves du réservoir) doit être systématiquement prévue immédiatement à l'amont de ces appareils. Noter que dans le cas d'une conduite fonctionnant en refoulement-distribution (cas où elle comporte un piquage vers un réservoir), seule la seconde solution (vanne papillon motorisée) est envisageable puisqu'il faut autoriser un retour d'eau vers le piquage lorsque les pompes ne fonctionnent pas.

L'installation à l'extérieur des cuves d'un dispositif de lecture directe du niveau d'eau dans chaque bassin et de son volume à l'aide d'un système informatique analogique à partir d'un capteur piézorésistif.

### 5.2. Remarque

La conception des réservoirs sera revue dans le nouveau APD.

L'épaisseur des voiles et des radiers en béton des réservoirs et des bâches semble faible, les études d'exécutions fixeront les épaisseurs définitives de l'ouvrage en béton. Il en sera tenu compte dans la conception des équipements et notamment les passe murs.

Tous les sites comportent 2 réservoirs ou un réservoir à 2 compartiments. Les réservoirs de grandes capacités sont collés l'un à l'autre. Il n'est pas impossible d'intervenir sur les voiles juxtaposés en cas de problème.

La forme des réservoirs sera uniformisée, tous les réservoirs auront une forme rectangulaire.

## Chapitre III : Bâches et Réservoirs

---

Il est prévu d'équiper la conduite de refoulement à l'arrivée du réservoir par une vanne papillon motorisée, qui se ferme en cas de casse sur la conduite pour ne pas vider le réservoir. L'installation d'une vanne à l'arrivée d'une conduite de refoulement n'est pas recommandée. La conception des réservoirs sera revue de manière à assurer une arrivée par surverse et éviter la vidange du réservoir en cas de casse de conduite et en même temps ne pas installer de vanne au refoulement. L'eau arrivera dans une petite chambre à l'intérieure du réservoir. L'eau passe dans le réservoir à travers un déversoir calé à une cote supérieure au niveau du trop-plein. Aussi une arrivée en col de cygne pourra être adoptée.

### **6. Conclusion :**

Nous avons constaté dans ce chapitre que l'ANBT n'a pas modifié les capacités du réservoir en fonction des débits prévisionnelles, Notre vérification des données nous a permis d'aboutir à quelques remarques relatives à la construction des réservoirs,

Nous avons donc proposé les solutions suivantes :

- Le dimensionnement actuel des conduites d'entrées et de sorties doit être actualisé
- La capacité des réservoirs terminaux reste inchangée
- La capacité du réservoir tampon doit être sensiblement augmentée
- La capacité des bâches des stations SP4 et SP6 peuvent être réduite

Après nous être penché sur le dimensionnement des ouvrages nous allons donc nous tourner vers le dimensionnement des conduites que nous verrons dans le chapitre suivant.

# Chapitre IV

## Conduites D'Adduction

### 1. Introduction

Ce chapitre contient le tracé des conduites de notre projet et la vérification du dimensionnement des conduites et des différentes installations mise en place pour le projet.

Nous présenterons les lois régissant les écoulements et les phénomènes hydrauliques se produisant lors d'un transfert. Par la suite, on aura à positionner les ouvrages sur le long du tracé.

Pour finir nous allons proposer des solutions pour actualiser le projet sur le terrain.

### 2. Tracé

Le tracé retenu dans l'APD a été déterminé sur la base des résultats de l'étude d'APS et des reconnaissances de terrain (levés topographiques à l'échelle 1/2000ème). Certains tronçons ont été déterminés à partir de carte d'état-major à l'échelle 1/25 000. En général, les tronçons longent les routes et chemins existants. Au stade actuel des études, le tracé retenu présente un linéaire total d'environ 120 kilomètres de conduites d'adduction

Lors de la reconnaissance du tracé sur le terrain après attribution du marché, différents obstacles et problèmes ont été rencontrés. Ils sont récapitulés par bief comme suit.

#### 2.1. Liaison station de pompage SP1 - SP4

Ce tronçon en refoulement a une longueur totale de 2 646 m. Il se situe en rase campagne sur un premier tronçon puis il suit l'oléoduc jusqu'à la station de pompage de Djebahia SP4. Ce tracé traverse une zone de 72 ha réservée à l'emprise de l'échangeur de l'autoroute et de son aire de service. Il y a lieu de changer le tracé pour contourner cette zone.

#### 2.2. Liaison station de pompage SP4 - Réservoir de Djebahia RDA

Ce tronçon en refoulement a une longueur totale de 400m. Son tracé ne présente pas d'obstacle majeur. Il est proposé de le maintenir.

#### 2.3. Liaison station de pompage SP4 - Réservoir d'Ain Ech Cheriki R2

Tronçon de refoulement d'une longueur de 5612 m. Le tracé de cette conduite traverse une zone de boisement relativement dense et passe entre les habitations du village d'Ain Ech Cheriki, certaines habitations en construction sont érigées sur le tracé de la conduite. Il est proposé de changer ce tracé.

#### 2.4. Liaison réservoir R2 - Station de pompage d'El M'Amir SP6- Réservoir Feidh El Louz R7

Cette partie du tracé est composée de deux biefs :

- Premier bief : réservoir R2 – SP6,

- Deuxième bief : Station SP6 – réservoir R7

### 2.4.1. Réservoir R2 - Station de pompage SP6

Ce tronçon gravitaire est d'une longueur de 6 597 m.

A la sortie du réservoir R2, le tracé longe un versant de montagne avec une pente très raide et passe au milieu des constructions. Puis il suit un chemin au milieu du village de Mergueb et empiète sur des constructions au niveau de ce village, la descente après ce village suit une grande pente. Il est à noter que les grandes pentes présentent un réel problème d'exploitation.

Par ailleurs, le site choisi pour la construction de la station SP6 est d'une surface réduite, son accès est difficile et il présente un risque de glissement de terrain.

### 2.4.2. Station de pompage SP6 - Réservoir R7

Ce tracé est une ascension d'environ 1,3 km avec une pente relativement importante. La cote TN du site du réservoir R7 relevée après l'attribution du marché s'avère inférieure à la cote donnée dans l'APD. La cote maximale relevée est de 724 m contre 736 prévue dans l'APD.

Il est à noter qu'une grande partie du tracé R2 – Route de Ain Bessem et notamment les environs de la station SP6 et le réservoir R7, a été projetée sur la base d'une carte 1/25000<sup>ème</sup>. Les investigations de terrain réalisées dans le cadre de l'exécution du marché, ont permis de trouver un tracé évitant ces obstacles. Elles ont permis d'identifier un nouveau site pour la station SP6 plus grand et facile d'accès.

Pour ce qui est de la cote de calage du réservoir R7 en dessous de la cote de l'APD, deux solutions sont offertes :

- Redimensionnement du projet suivant la cote réelle du site retenu par l'APD (cote TN 724 m contre 736 m cote initiale). Cette solution nécessite, pour le lot 2, de déplacer la station SP9 et pour le lot 3, la vérification que les dotations prévues seront acheminées avec la charge hydraulique nécessaire.
- Changement de site du réservoir R7 pour maintenir la cote 736 de l'APD. Il est à noter que sur le chemin communal de Rhimat, il existe un site favorable avec des cotes allant jusqu'à 750 m. l'incidence de cette solution est un linéaire supplémentaire.

### 2.5. Liaison réservoir R7 - Nœud B9

A partir du réservoir R7, le tracé principal est gravitaire jusqu'au nœud B9 (soit sur une longueur de 17 975 m); où le réseau est scindé en deux, un premier réseau part vers le Sud pour alimenter l'axe Ain El Hadjel objet du présent lot 2, et un second réseau part vers l'Ouest pour alimenter l'axe Boughzoul objet du lot 3.

Ce tracé ne présente pas de problème majeur, cependant, au départ, la descente est relativement raide. Il traverse quelques écoulements importants selon la saison avant de rejoindre la route nationale N° 18.

Au niveau de la ville d'Ain Bessem, le tracé traverse le site projeté de la station d'épuration des eaux usées d'Ain Bessem. Un petit détour de ce site s'impose.

Ce tronçon comporte 3 piquages

- Un piquage pour les villes de Souk El Khémis et Mokrani
- Un piquage pour El Hachimia
- Un piquage pour Ain Bessem.

Les charges résiduelles disponibles dans chaque piquage seront calculées dans la suite du document.

Au niveau du B9, un départ en DN 1400 mm véhicule la majeure partie du débit destiné à l'axe Boughzoul (2368 l/s). L'axe Ain El Hadjel est alimenté par une conduite de diamètre 900 mm. Le débit de cet axe est de 753 l/s.

### **2.6. Liaison nœud B9 - Station de pompage Ain Bessem SP9**

Ce tronçon gravitaire est long de 2426 m. En un point, il passe entre les propriétés et la route. Il y a lieu de faire une déviation au niveau de ces habitations.

Les relevés effectués ont montré que le site choisi pour la station SP9 se trouve à la cote 706 m NGA alors que la cote prévue par l'APD est de 711 m NGA. Il est à noter que le terrain choisi pour l'implantation de la station, est une propriété privée alors que tous les terrains environnant sont des terres domaniales. Pour le changement du site de la station, il convient de tenir compte aussi de cet aspect.

### **2.7. Liaison stations de pompage SP9 - SP10**

Ce tronçon de refoulement long de 14958 m passe au milieu d'un village agricole et au milieu de la ville de Sour El Ghozlane. Le site prévu par l'APD pour la station SP10 est situé au milieu de l'agglomération, le DAO préconise la recherche d'un nouveau site pour cette station.

Au niveau de la ferme Abdel Aziz, il est prévu de réaliser un piquage avec limitation de débit, pour l'alimentation en eau de la localité de Raouraoua. Le besoin de cette agglomération est de 12 l/s.

### **2.8. Liaison station de pompage SP10 - Réservoir col de Dirah R5**

Ce tronçon de refoulement long de 6 511m présente les mêmes problèmes de passage dans la ville que le tronçon précédent. Après la sortie de la ville il ne présente pas de problème majeur.

### **2.9. Liaison station de pompage SP10 - réservoir Sour-El-Ghozlane RSEG**

Cette conduite suit le même tracé que la conduite SP10 – R5, par suite, elle a les mêmes problèmes auxquels il faut appliquer les mêmes solutions. Aussi une grande partie du site de Sour El Ghozlane a été occupée par des constructions, Il y a lieu de trouver un nouveau site à la même cote prévue par l'APD

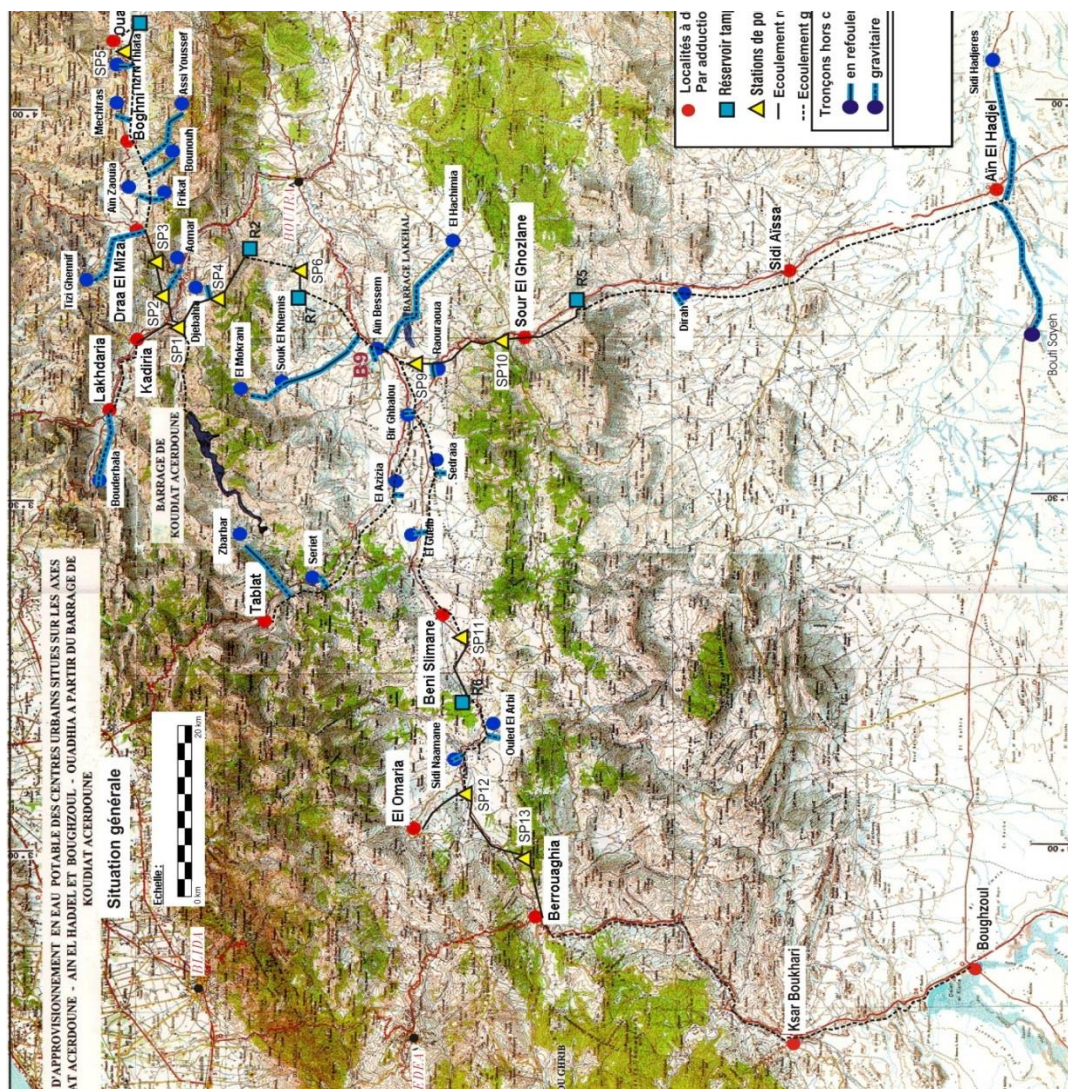


Figure 4.2.9-1 Carte du tracé du projet 1/25000ème

### 2.10. Liaison réservoir col de Dirah R5 - Réservoir Sidi Aissa R<sub>m</sub>SA - Réservoir Ain El Hadjel

Ce tronçon de 56 km de long est gravitaire. Le tracé de ce tronçon longe la route goudronnée puis traverse la ville de Sidi Aissa ainsi que les villages situés sur la route. A l'entrée de la ville d'Ain El Hadjel, il passe à l'Ouest pour la traversée de l'oued Laham. Il y a lieu d'éviter la traversée des villes. Le suivi du tracé de la conduite de gaz peut être une bonne alternative.

La ville de Dirah est alimentée par un piquage situé à la sortie de la ville.

Le réservoir de Sidi Aissa est alimenté par un piquage sur la conduite principale. Il est important de noter que le site du réservoir prévu dans l'APD ne permet pas la construction du réservoir projeté. Il y a lieu de trouver un autre site. Les prospections ont montré un site très favorable sur la route principale à l'entrée de la ville (environ 1,5 km), il est facile d'accès et comporte la cote demandée.

Le site du réservoir d'Ain El Hadjel domine bien le réseau de distribution de la ville.

Au niveau d'Ain EL Hadjel, il est prévu deux piquages vers les villes de Bouti Sayeh et Sidi Hadjeres.

## Chapitre IV : Conduites d'adduction

### 2.11. Zones singulières

Au vu de ce qui précède, il s'avère que le nombre d'obstacles et de singularités à franchir est très important. Une attention particulière devra être portée à ces singularités qui sont principalement les routes nationales (R.N.), les chemins de Wilaya (C.W.), les oueds et les gazoducs.

### 2.12. Travaux de reconnaissance :

Un important travail de reconnaissance a été réalisé par les différents intervenants. Ce travail a été étayé par des réunions de coordination au niveau des Wilaya. Ces actions ont permis d'identifier et d'arrêter une grande partie du tracé. Le tableau suivant récapitule les actions entreprises :

LIAISONS ENTRE OUVRAGE	TRACE INITIAL	IDENTIFICATION D'UN NOUVEAU TRACE	VALIDATION	LEVE TOPO	OBSERVATIONS
<b>SP1 et SP4</b>	à modifier	oui	Oui	Oui	
<b>SP4 - R2</b>	à modifier	oui	Oui	Oui	
<b>R2 - SP6</b>	à modifier	oui	Oui	Oui	
<b>SP6 - R7</b>	à modifier	oui	Non	Oui	Problème au niveau du site du R7
<b>R7 – SP9</b>					
R7 - Piquage SEK - El Mokrani	à modifier	oui	Non	Oui	Problème au niveau du site du R7
Piquage/SEK - Piquage Ain Bessem	à modifier	oui	Oui	Oui	
B26 - B9	Inchangé				
B9 - SP9	à modifier	oui	Oui	oui	Des propositions d'amélioration
<b>SP9 - SP10</b>					
SP9 - Piquage Abdelaziz	à modifier	Oui	Oui	oui	
B27 - SP10	à modifier	oui	Oui	Oui	
<b>SP10 - R5 Col Dirah</b>	à modifier	oui	Oui	Oui	
<b>R5 – Rés. Ain El Hadjel</b>					
R5 - PRV 1 (PK 10)	Inchangé		oui	Oui	
PRV 1 - Piquage	à	oui	Oui	Oui	



## Chapitre IV : Conduites d'adduction

LIAISONS ENTRE OUVRAGE	TRACE INITIAL	IDENTIFICATION D'UN NOUVEAU TRACE	VALIDATION	LEVE TOPO	OBSERVATIONS
Dirah	modifier				
P. Dirah - Entrée Sidi Aissa	à modifier	oui	Oui	Oui	
Voisinage de Sidi Aissa	à modifier	oui	non	Oui	Un nouveau tracé à l'étude
Sortie zone S. Aissa - piquage Bouti Sayeh	Inchangé		non	Oui	
piquage Bouti Sayeh - Piquage Sidi Hadjeres	Inchangé		Oui	Oui	
B30 - RAH (Ain El Hadjel)	Inchangé		Oui	Oui	
SP4 - R. existant Djebahia	Inchangé		oui	Oui	
SP10 - Sour El Ghozlane	à modifier	oui	Oui	Oui	

Tableau 4.2.12-1 Tableau récapitulatif de la situation du tracé de la conduite

▲ Certains sites d'ouvrages devront être changés.

LISTE DES OUVRAGES	SITE INITIAL	IDENTIFICATION D'UN NOUVEAU SITE	VALIDATION	LEVE TOPO	OBSERVATIONS
stations de pompage SP4	Inchangé		Oui	Oui	
réservoir Ain Ech Cheriki R2	Inchangé		Oui	Oui	
stations de pompage <b>SP6</b>	à modifier	oui	Oui	Oui	
Réservoir Feidh el Louz <b>R7</b>	à modifier	oui	Non	Oui	Levé topo pour les deux variantes
stations de pompage SP9	à modifier	Non	Non	oui	Levé topo du tracé initial
stations de pompage <b>SP10</b>	à modifier	oui	Oui	Oui	
Réservoir de Sour El Ghozlane	à modifier	oui	Oui	Oui	
Réservoir de Col Dirah <b>R5</b>	Inchangé		Oui	Oui	

## Chapitre IV : Conduites d'adduction

LISTE DES OUVRAGES	SITE INITIAL	IDENTIFICATION D'UN NOUVEAU SITE	VALIDATION	LEVE TOPO	OBSERVATIONS
Réservoir de Sidi Aissa R <sub>SA</sub>	à Vérifier	oui	non	Oui	Levé topo pour les deux variantes
Réservoir d'Ain El Hadjel R <sub>AH</sub>	Inchangé		Oui	Oui	

**Tableau 4.2.12-2** Tableau récapitulatif des ouvrages

▲ Les principales modifications retenues sont

LIAISONS ENTRE OUVRAGE	PRINCIPALES MODIFICATIONS	IMPACT
SP1 et SP4	Passage à la limite du terrain de l'autoroute	Sans effet
SP4 - R2	Amélioration du tracé	Légère modification du linéaire de la DN 1600 mm.
R2 - SP6	Amélioration du tracé et changement du site de SP6	Site de SP6 plus grands accessible et plus stable, Légère modification su linaire DN 1600 mm.
SP6 - R7	Changement du site du R7	Respect de la cote TN du projet, Légère modification du linéaire DN 1600 mm.
R7 – B9	Contournement du site de la STEP	Sans effet majeur
SP9 - SP10	Changement du site du SP10	Le site de la station n'est pas définitivement fixé
SP10 - R5	Changement du site du SP10	Le site de la station n'est pas définitivement fixé
<b>R5 – Rés. Ain El Hadjel</b>		
Niveau de Dirah	Contournement de la ville de Dirah	Légère modification du linéaire de la DN 600 mm.
Niveau de Sidi Aissa	Contournement de la ville, changement du site du réservoir	Le site du réservoir n'est pas fixé.
SP10 - Sour El Ghozlane	Changement du site du R <sub>SGH</sub>	Le site de la station n'est pas définitivement fixé.

**Tableau 4.2.12-3** Principales modifications

### 2.13. Remarque

Un nouveau tracé qui tient compte de tous les problèmes cités ci-dessus a été identifié et approuvé par les autorités compétentes de la région à l'exception de quelques points en cours de vérification. Les modifications proposées ont permis d'apporter une nette amélioration au tracé assurant ainsi de meilleures conditions d'exploitation.

Les principales modifications sont :

- Le changement du tracé SP1 – SP4 afin d'éviter l'emprise de l'échangeur de l'autoroute, toutefois le nouveau tracé passe par la limite de cette emprise, ce tracé reste à confirmer.
- Le changement du tracé SP4 - R2 ainsi que le site du R2 tout en gardant la même cote du réservoir. Le nouveau tracé ne présente pas de problème.
- Le changement du tracé R2 – SP6 ainsi que le site de la SP6 : Le nouveau tracé ne présente pas de problème technique.
- Le changement du site de R7 et le tracé SP6 – R7. Le site initial du R7 se situe à une cote inférieure à la cote prévue dans l'APD et qui représente la base du dimensionnement de la quasi-totalité des lots 2 et 3. Le nouveau site est bien situé du point de vue cote TN et accès.
- Le changement du site de la SP10 ; Comme prévu dans le DAO, il y a lieu de trouver un site pour la SP10. Un premier site situé sur un chemin communal a été proposé, toutefois il est plus élevé de 15 m par rapport à l'ancien. Ceci engendrait une modification des équipements des stations SP9 et SP10, Le bilan global de puissance des deux stations reste sensiblement le même. Une nouvelle investigation a permis de trouver un site plus favorable, à une cote très proche de celle prévue par l'APD.

Lors des travaux de reconnaissance, un premier site de réservoir R<sub>SEGH</sub> de Sour El Ghozlane a été proposé. Ce site est situé à la cote 1020NGA, alors que la cote projet est de 965 NGA. Ce changement a une grande incidence sur la station de pompage SP10. Un deuxième site a été proposé par le groupement, il est situé à une cote favorable à environ 500m du site prévu par l'APD.

D'autres déviations ont été apportées pour éviter le passage dans les villes et agglomération ou certains obstacles.

Par ailleurs, les HMT des stations de pompage SP9 et SP10 subiront une nette modification suite au changement des sites de la station SP10 et du réservoir de Sour El Ghozlane.

### 3. Analyse et Vérification de la conception de base

Le projet est conçu pour fonctionner de façon simple et efficace, l'eau est refoulée vers un point haut, un réservoir tampon, puis elle descend de façon gravitaire vers une autre station de pompage qui refoule l'eau jusqu'à un autre réservoir situé au col suivant et ainsi de suite jusqu'à l'arrivée aux réservoirs de distribution. La multiplication des stations ayant pour but de limiter la pression aux valeurs admissibles par les conduites en fonte de grand diamètre.

Avant d'arriver au dernier réservoir, l'eau doit traverser 3 cols.

### 3.1. Dimensionnement des conduites d'adduction

#### 3.1.1. Lois de dimensionnement

Le dimensionnement se traduit par la détermination d'un diamètre D pour un débit Q, connu.

$$Q = V * S \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}} (\text{m})$$

D étant le diamètre de la conduite (m),

V étant la vitesse d'écoulement (m/s).

Le choix d'une vitesse acceptable dépend de plusieurs paramètres tels que :

- Le risque de coup de bélier ;
- Les différentes pertes de charge ;
- La pression dans la conduite ;
- La stagnation.

#### 3.1.2. Pertes de charge hydraulique dans les conduites

Les pertes de charge linéaires dépendent, pour un tronçon donné:

- du diamètre D de la conduite (ici, diamètre nominal DN),
- du débit Q (ici, débit de dimensionnement),
- de la rugosité hydraulique ks, exprimée en mm,
- de la longueur du tronçon.

Les pertes de charge linéaires  $\Delta H$  se calculent par la formule de Colebrook selon:

$$\Delta H = \lambda * \left( \frac{L * U^2}{D * 2g} \right)$$

$\lambda$	: coefficient de perte de charge linéaire,	[-]
D	: diamètre de la conduite	[m]
$\Delta H$	: perte de charge linéaire	[mce]
L	: longueur du tronçon considéré	[m]
U	: vitesse moyenne d'écoulement	[m/s]
$R_e$	: Nombre De Reynolds	[-]
g	: Accélération de la pesanteur terrestre ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )	[m/s <sup>2</sup> ]
$\nu$	: viscosité cinématique de l'eau	[m <sup>2</sup> /s]

## Chapitre IV : Conduites d'adduction

$k_s$  : coefficient de rugosité moyenne équivalente [mm]  
(pour cette étude,  $k = 0.3$  mm)

Les valeurs du coefficient de perte de charge linéaire ( $\lambda$ ) dépendent du nombre de Reynolds  $R_e$  :

$$R_e = \frac{U * D}{\nu}$$

Le coefficient lambda est obtenu par la formule de Colebrook et White :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \log \left( \frac{2.51}{R_e * \sqrt{\lambda}} + \frac{k_s}{3.71 * D} \right)$$

### 3.1.3. Rappel des hypothèses

Le matériau des conduites d'adductions retenu pour les calculs hydrauliques est l'acier. Après concertation avec le maître d'ouvrage, il a été décidé de retenir une valeur de la rugosité hydraulique  $k$  égale à 0.3 mm pour les calculs de pertes de charge.

Pour les tronçons de refoulement, la **puissance de pompage nécessaire** est définie par la formule suivante:

$$P = \frac{\rho * g * HMT * Q}{\eta_{pompe} * \eta_{moteur} * \eta_{marge}}$$

Avec comme symboles et unités :

- $\rho$  : Masse volumique de l'eau
- $P$  : Puissance de pompage nécessaire pour un tronçon en [W]
- $g$  : Accélération de la pesanteur terrestre égale à 9.81m/s<sup>2</sup>
- $HMT$  : hauteur manométrique totale du tronçon en [m] = [hauteur géométrique d'élévation (différence entre les orifices d'aspiration et de refoulement)] + [pertes de charge dans les conduites d'aspiration et de refoulement]
- $Q$  : Débit de dimensionnement du tronçon en [m<sup>3</sup>/s] fonction de la durée de pompage
- $\eta_{pompe}$  : Rendement moyen des pompes  $\approx 0.82$
- $\eta_{marge}$  : Marge de 10 % sur la puissance des pompes (égal à 0.90) pour tenir compte des pertes hydrauliques, pertes de transmission, marge de sécurité entre couple moteur et couple résistant au moment du démarrage, etc.
- $\eta_{moteur}$  : Rendement du moteur  $\approx 0.95$

La **durée de pompage** prise en considération est de 20 heures par jour.

Le **coût de l'énergie** a été calculé avec un prix moyen de l'électricité de 2 DA 1997 / kWh, valable pour une durée de pompage journalière de 20 heures.

La **hauteur manométrique totale maximale** a été limitée à 25 bars (moins une réserve d'environ 10 % pour tenir compte des surpressions transitoires) afin de pouvoir utiliser la gamme standard d'équipements.

Les **éléments économiques** suivant sont été pris en compte pour le calcul d'optimisation économique des conduites d'adduction :

- Rendement moyen des pompes et moteurs de l'ordre de 0.7
- Prix des conduites posées hors ouvrages spéciaux selon (**Figure 4.3.1.3-1**)
- Taux d'actualisation des investissements de 10%
- Durée d'amortissement des conduites : 40 ans.
- Durée d'amortissement des équipements hydromécaniques et électriques : 20 ans.
- Entretien et maintenance des conduites : 0.8% du cout d'investissement par an.
- Entretien et maintenance des équipements hydromécaniques et électriques : 8% du cout d'investissement des stations de pompage par an.

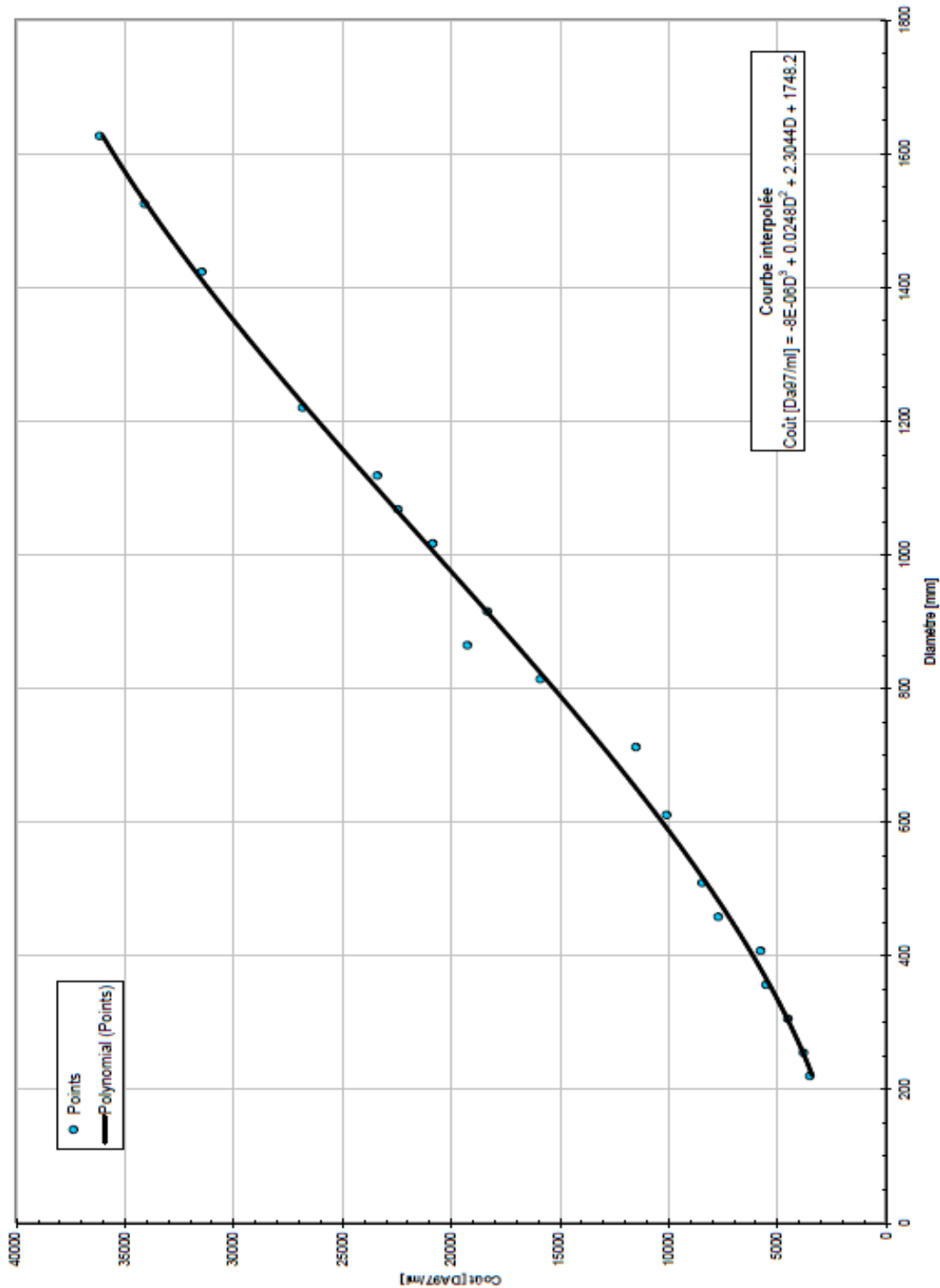


Figure 4.3.1.3-1 - Prix des conduites posées hors ouvrages spéciaux

### 3.2. Calculs hydrauliques et choix des diamètres de tout de projets par L'ADP :

Pour les **conduites à écoulement gravitaire**, le diamètre des conduites est dimensionné de telle sorte qu'à l'extrémité aval de la conduite, la charge résiduelle soit positive, c'est-à-dire que la charge hydraulique à l'extrémité amont de la

## Chapitre IV : Conduites d'adduction

conduite, diminuée des pertes de charge linéaires et singulières le long de la conduite, soit supérieure à la cote géographique de l'extrémité aval de la conduite.

Pour les **conduites de refoulement**, diamètre et station de pompage sont liés économiquement. En effet, plus le diamètre de la conduite est petit pour un même débit à relever, plus la perte de charge et, partant, l'énergie dépensée seront importantes.

Le diamètre économique optimal pour la conduite de refoulement correspond donc au minimum des :

*Charges annuelles d'amortissement et d'exploitation de la conduite, et des charges annuelles d'amortissement et d'exploitation de la station de pompage.*

### 3.3. Calcul hydraulique et Vérification des diamètres

#### 3.3.1. Tronçons gravitaires

TRONÇON	LONG. (M)	DN (MM)	DÉBIT À TRANSITER (L/s)	PERTE DE CHARGE (M)	COTE DEPART M NGA	COTE ARRIVEE M NGA	COTE LIGNE PIEZO AVAL M NGA	CHARGE RESIDU. EN M
R2 - SP6	6597	1600	3353	8,16	604	589,1	595,84	6,74
<b>R7 – SP9</b>	<b>20401</b>			<b>15,00</b>				<b>0,00</b>
R7 - B25 (Piquage SEK - El Mokrani)	13018	1800	3353	8,79	732	654	723,21	69,21
B25 - b26 (Piquage Ain Bessem)	3082	1800	3321	2,04	654	689	721,17	32,17
B26 - B9 (Départ lot 3)	1875	1800	3121	1,10	589	688,9	720,07	31,17
B9 - SP9	2426	900	753	3,06	688,9	711,3	717,00	5,70
<b>R5 - RAH (Ain El Hadjel)</b>	<b>55739</b>			<b>181,46</b>				<b>0,00</b>
R5 - PRV 1 (PK 10)	10000	600	495	44,76	1031,5	819	986,74	167,74
PRV 1 - B28 (Piquage Dirah)	4694	600	495	21,01	819	755	853,99	98,99
B28 - B70 (piquage Sidi Aissa)	12174	600	421	39,60	755	698	814,39	116,39
B70 - PRV 2 (Pk 1)	1000	500	217	2,26	698	675	747,74	72,74
PK1- B29 (piquage Bouti Sayeh)	25046	500	217	56,73	975	555	691,01	136,01
B29 - B30 (Piquage Sid Hadjeres)	1550	400	207	10,13	555	559,5	680,88	121,38
B30 - RAH (Ain El	1275	400	189	6,97	559,5	616	673,91	57,91



## Chapitre IV : Conduites d'adduction

TRONÇON	LONG. (M)	DN (MM)	DÉBIT À TRANSITER (L/S)	PERTE DE CHARGE (M)	COTE DEPART M NGA	COTE ARRIVEE M NGA	COTE LIGNE PIEZO AVAL M NGA	CHARGE RESIDU. EN M
Hadjel)								
<b>Raccordement des Réservoirs</b>							0,00	0,00
B70 RSA (Sidi Aissa)	234	400	204	1,49	698	710	812,90	102,90

Tableau 4. 3.3.1-1 Résultats du calcul hydraulique pour les tronçons gravitaires

### 3.3.2. Tronçons en refoulement

Tronçon	Long. (m)	DN (mm)	Débit (l/s)	Perte de charge (mce)	côte départ m NGA	côte arrivée m NGA	HMT en mce
stations de pompage SP1 et SP4	2646	1600	3376	3,32	210,5	411,8	204,62
<b>SP4 - R2</b> (réservoir Ain Ech Cheriki)	5612	1600	3353	6,94	406,1	610	210,84
<b>SP6 - R7</b> (Feidh el Louz)	1300	1600	3353	1,61	583,7	738	155,91
<b>SP9 - SP10</b>	14958	900	753	18,38	708	861,3	171,68
<b>SP10 - R5 Col Dirah</b>	6511	700	495	13,15	857,8	1036	191,35
<b>Raccordement des Réservoirs</b>							
SP4 - R. existant Djebahia	400	200	23	1,27	406,1	430	25,17
SP10 - RSEG (Sour El Ghozlane)	3495	500	246		857,8	963,5	105,70

Tableau 4.3.3.2-1 : Résultats du calcul hydraulique pour les tronçons en refoulement

## 4. Calculs sismiques

La région du projet se trouve de point de vue sismique dans des zones de sismicité moyenne (IIa).

Les sols traversés peuvent être des catégories S2 à S4 suivant le degré de consolidation des marnes et des formations sablo argileuses.

Les tuyaux et pièces spéciales en fonte ductile qui formeront par assemblage, les conduites d'adduction du projet, sont considérés comme résistants au séisme parce que les tuyaux sont de faible longueur et les joints sont élastiques et permettent des déviations angulaires et des expansions ou contractions longitudinales.

Toutefois, des déboîtements de tuyaux en fonte après des tremblements de terre ne sont pas impossibles. Aussi, des vérifications de la résistance au séisme des conduites à poser sont nécessaires afin de prendre les dispositions nécessaires.

## Chapitre IV : Conduites d'adduction

---

Ces vérifications seront réalisées conformément à la norme ISO 16 134/2006 « conception de canalisations en fonte ductile résistant aux tremblements de terre et aux affaissements ».

Signalons que les corps des tuyaux fabriqués selon la norme ISO 2531 sont suffisamment dimensionnés pour résister aux contraintes induites par les séismes. Il s'agit plutôt de vérifier si les tuyaux assemblés peuvent suivre les déplacements des sols et subir les contraintes de ce dernier sans se déboîter.

Ces vérifications nécessitent la connaissance de la nature des couches du sous-sol et leurs épaisseurs pour estimer la célérité de propagation des ondes sismiques.

Elles aboutissent à la détermination pour chaque diamètre et pour chaque zone, des déplacements longitudinaux et des déviations angulaires au niveau des joints, qui devront être inférieures aux possibilités des tuyaux proposés.

A titre indicatif, et pour une conduite de DN 500 K9, et dans les conditions d'une accélération du séisme de 0.1g, les contraintes sur le corps sont de 5.9 MPa, le déplacement longitudinal est de moins de 4 mm et la déviation angulaire largement inférieure à 1° (exemple traité dans la norme ISO 16 134).

Ces résultats sont en deçà des possibilités réelles des tuyaux, et confirment que les conduites en fonte résistent sans dégâts majeurs au séisme.

Au cas très improbable où il se révélerait des risques de déboîtement dans certains types de terrain, des joints verrouillés pourront être proposés.

De même, une attention particulière sera prêtée aux jonctions entre ouvrages et conduites, de façon à ce que les déplacements des ouvrages, n'induisent pas des contraintes exagérées sur les conduites enterrées. La multiplication des joints et l'utilisation d'éléments courts pour les raccordements pourraient constituer une solution satisfaisante.



## Chapitre IV : Conduites d'adduction

### 5. Caractéristiques des conduites d'adduction et de leurs équipements

#### 5.1. Matériau des conduites

Une analyse détaillée des différents types de matériau de conduite a été faite dans le cadre de l'étude de variantes. Sur la base de cette analyse et suite à une concertation avec le maître d'ouvrage, c'est l'acier qui a été retenu pour tous les tronçons du projet.

Vu la nature du terrain et les conditions d'exploitation, Les conduites sont en fonte ductile .Ce type de matériau de conduite nous semble le plus indiqué pour ce projet.

#### 5.2. Pression de service des conduites

La pression de service du réseau ne dépasse pas 23 bars. Elle est répartie par diamètre comme suit :

Diamètre	200	400	500	600	700	900	1600	1800	Total
Pression de service $\leq$ 16 bars	100%	11%	38%	56%	84%	90%	78%	100%	68%
Pression de service $>$ 16 bars	0%	89%	62%	44%	16%	10%	22%	0%	32%

**Tableau 4.5.2-1 Tableau de répartition de la pression**

Ainsi pour 32 % du réseau, les équipements auront une pression de service de 25 bars.

#### 5.3. Equipements sur conduites

##### 5.3.1. Equipements standards

❖ **D'une manière générale, les équipements standards suivants sont proposés par L'ADP :**

- Des ventouses à triple fonction à placer sur les conduites, au niveau des points hauts de leur tracé ainsi qu'immédiatement à l'aval des vannes de sectionnement. Elles remplissent les fonctions suivantes :
  1. Evacuation de l'air par le gros orifice, lors du remplissage de la conduite,
  2. Dégazage par le petit orifice en période d'exploitation normale,
  3. Admission d'air dans la conduite par le gros orifice, lors de la vidange de celle-ci ou de sa mise en dépression.
- Des regards de décharge sont placés sur les conduites, au niveau des points bas du tracé ainsi qu'immédiatement à l'amont des vannes de sectionnement, et sont équipés d'une vanne de vidange, permettant en cas de nécessité de vider l'eau d'un tronçon de conduite.
- Des regards munis de vanne de sectionnement, situés au droit des franchissements spéciaux (ponts, routes, gazoducs).
- Des débitmètres électromagnétiques à chaque extrémité des tronçons d'adduction.
- Des vannes motorisées asservies aux indications des débitmètres électromagnétiques de survitesse au départ des tronçons gravitaires et anti-

## Chapitre IV : Conduites d'adduction

---

retour à l'arrivée des tronçons de refoulement dans des réservoirs qui ne sont pas alimentés par surverse.

### ❖ **D'une manière générale, les équipements standards nécessaires sont :**

- Des ventouses à triple fonction, des vannes de sectionnement, des vannes de vidange et des soupapes. Ces équipements seront placés dans des regards ou des chambres.
- Les volumes transités seront mesurés et contrôlés par des débitmètres électromagnétiques à chaque extrémité des tronçons d'adduction.
- Des vannes motorisées asservies aux indications des débitmètres électromagnétiques joueront le rôle de vannes de survitesse au départ des tronçons gravitaires et anti-retour à l'arrivée des tronçons de refoulement dans des réservoirs qui ne sont pas alimentés par surverse.

### *5.3.2. Equipements particuliers*

Outre ces équipements standards, certaines conduites d'adduction nécessitent un appareillage spécifique afin d'éviter des pressions trop importantes (supérieures à 25 bars), qui présentaient le double inconvénient de nécessiter un appareillage sortant des gammes de produits standardisés des fabricants, et aussi d'augmenter les dégâts dans le cas d'une casse de la conduite.

### ❖ **Les équipements particuliers suivants sont proposés par L'ADP:**

- Des stabilisateurs de pression aval, insérés sur la conduite aux endroits à partir desquels il est nécessaire de diminuer la pression. Ils stabilisent cette dernière à une valeur de consigne donnée tant que la pression d'entrée lui est supérieure, et ceci quel que soit le débit véhiculé par la conduite. Uniquement "hydrauliques", ces appareils sont autonomes et fonctionnent sans apport d'énergie électrique.
- Des soupapes de décharge, que l'on place sur les tronçons d'adduction protégés par un stabilisateur de pression aval. Réglées à une pression de tarage légèrement supérieure à la pression fixée par les stabilisateurs, leur rôle est de s'ouvrir en cas de défaillance de ces derniers afin d'éviter une augmentation de pression trop importante dans la conduite, Ces soupapes peuvent également servir à limiter les surpressions dues aux régimes transitoires.

### ❖ **Les équipements particuliers nécessaires pour le projet sont :**

Afin de contrôler la pression de service du réseau à l'aval du col de Dirah, deux stabilisateurs de pression aval seront installés en ligne. Des soupapes de décharge assurent la protection de la conduite en cas de défaillance des réducteurs de pression.

## **6. Ouvrages en ligne**

Les équipements en ligne sont installés dans des ouvrages en béton armé avec les accessoires et les pièces spéciales nécessaires à leur bon fonctionnement.

La conception et les plans types proposés dans l'APD concerne une conduite en acier. Bien que l'équipement reste le même, les pièces spéciales et la conception des ouvrages pour une conduite en fonte sont différents. Les pièces spéciales seront en fonte ou en acier bridé.

## Chapitre IV : Conduites d'adduction

---

### 6.1. Ouvrages de Ventouse

L'APD précise l'installation de ventouses à triples fonction au niveau des points hauts ainsi qu'immédiatement à l'aval des vannes de sectionnement.

Selon la pression de service, les ventouses seront en PN 16 ou PN 25 bars.

La nature des matériaux n'est pas spécifiée dans l'APD.

#### **Remarque**

Les spécifications techniques des ventouses indiquées dans les pièces du marché sont suffisantes pour assurer une bonne protection du système.

La conception des ouvrages est faite pour des conduites en acier où les pièces sont soudées. Une nouvelle conception sera proposée tenant compte du changement de la nature de la conduite de l'acier à la fonte ductile. Les ventouses seront montées sur des pièces bridées fixées par soudure ou par étrier sur le tuyau lui-même. Cette installation a l'avantage de permettre la pose du tuyau en continu, puis la ventouse sera installée exactement au point haut. Eventuellement, les ventouses pourront être installées sur des tés en fonte ou en acier, particulièrement pour les petits diamètres.

De façon générale, les ventouses seront placées dans des chambres qui assurent leur protection et garantissent un bon fonctionnement du système.

### 6.2. Ouvrages de Vidange

D'après l'APD, des regards de décharge sont placés sur les conduites, au niveau des points bas du tracé ainsi qu'immédiatement à l'amont des vannes de sectionnement, et sont équipés d'une vanne de vidange, permettant en cas de nécessité de vider l'eau d'un tronçon de conduite.

Les critères de dimensionnement des vidanges a été fixé. Ils seront calculés en général en considérant un temps de vidange maximum de 1 heure, du tronçon de conduite dominé avec un débit maximal de vidange de 0,5 m<sup>3</sup>/s. Selon la topographie du milieu récepteur, les vidanges seront soit direct soit indirect.

Les vannes de vidange seront des robinets vannes; le diamètre maximum prévu est de 300 mm.

La vanne sera dotée d'une tige de manœuvre pour la commande par clé; la côte du chapeau d'ordonnance de la tige sera la plus haute possible.

#### **Remarque**

Les plans types de l'APD pour le regard de vidange ne sont pas appropriés pour la vidange des conduites fonte, le regard est solidaire à la conduite. De façon générale, les vidanges seront déportées, la vanne de vidange sera dans un regard sec.

Dans cette nouvelle conception, on tiendra compte des spécifications de l'APD. Les vidanges seront montées sur des pièces bridées fixées par soudure ou par étrier sur le tuyau lui-même. Cette solution offre l'avantage de permettre la pose du tuyau en continu, puis la vanne de vidange sera installée exactement au point bas. Eventuellement, les vidanges pourront être installées sur des tés en fonte ou en acier, particulièrement pour les petits diamètres.

### 6.3. Vanne de sectionnement

D'après l'APD, La conduite sera équipée par des vannes de sectionnement. Ces vannes sont généralement mises en place au niveau des points bas de la conduite, au droit des franchissements spéciaux (ponts, routes, gazoducs), ainsi qu'à intervalle régulier minimum en fonction des critères économique et de sécurité. Le DAO fixe cet intervalle à 5 kilomètres en moyenne. Le plan type de ces regards est donné dans l'APD pour des conduites en acier. Les vannes sont équipées par 2 vidanges à l'amont et à l'aval. L'APD ne prévoit pas de by-pass pour les vannes de gros diamètres.

#### **Remarque**

La vanne de sectionnement sert essentiellement à éviter de vidanger toute la conduite en cas de casse ou opération d'entretien. Elle doit être facilement accessible. L'intervalle de 5 km proposé est relativement faible, Le nombre de vannes sera très important. Nous proposons de retenir un intervalle variable de 5 à 10 km en fonction de la longueur du tronçon, de la topographie du terrain et de l'accessibilité de la vanne. Il est proposé d'installer ces vannes à côté des routes goudronnées dans des points bas. Les tronçons de moins de 10 km ne comporteront pas de vannes de sectionnement en ligne.

Les conduites de refoulement ne seront pas équipées de vanne de sectionnement aval.

Les vannes de diamètre supérieur ou égal à 700 mm doivent être équipées de by-pass.

### 6.4. Débitmètres électromagnétiques

Le comptage de débits sera assuré par des débitmètres électromagnétiques à chaque extrémité des tronçons de conduite. Ces débitmètres, associés à des vannes motorisées joueront le rôle de vannes de surverse au départ des tronçons gravitaires et anti-retour à l'arrivée des tronçons de refoulement dans des réservoirs qui ne sont pas alimentés par surverse.

#### **Remarque**

En vue d'améliorer la précision du comptage, les constructeurs préconisent une vitesse optimale d'écoulement d'eau dans la section du débitmètre de l'ordre de 3 m/s, sachant que la vitesse théorique pour cet équipement peut atteindre 10m/s.

Le diamètre des débitmètres sera recalculé pour une vitesse d'écoulement comprise entre 2,5 et 3,5 m/s.

### 6.5. Stabilisateur de pression

L'APD prévoit l'installation de stabilisateurs de pression en vue de contrôler la pression de la conduite gravitaire à une valeur inférieure à 25 bars. Ceci présente le double inconvénient de nécessiter un appareillage sortant des gammes de produits standards des fabricants, et aussi d'augmenter les dégâts dans le cas d'une casse de la conduite.

## Chapitre IV : Conduites d'adduction

---

Des soupapes de décharge seront placés sur les tronçons d'adduction protégés par un stabilisateur de pression aval, leur rôle est de s'ouvrir en cas de défaillance de ces derniers afin d'éviter une augmentation de pression trop importante dans la conduite, Ces soupapes peuvent également protéger la conduite contre les surpressions dues aux régimes transitoires. L'installation de la soupape sera identique à celle de la ventouse. Le fonctionnement de ces soupapes est similaire à un trop plein, en cas de défaillance du réducteur de pression, la soupape fonctionnera en continu, il y a lieu de prévoir un exécutoire pour cet écoulement.

### 6.6. Ouvrage de Piquage

Il sera prévu des piquages destinés à l'alimentation en eau des localités avoisinantes. L'ouvrage est équipé d'un té de piquage, vanne et joint de démontage. Le piquage de Abdelaziz sera équipé d'un un limiteur de débit pour éviter les perturbations de débit sur conduite de refoulement SP9 – SP10.

### 6.7. Ouvrages de franchissement

Le long du tracé du projet, la conduite croise des singularités et obstacles. Il s'agit principalement de routes, d'oueds, de câbles téléphoniques et de gazoducs. Les ouvrages types permettant le franchissement de ces obstacles ont été présentés dans le dossier de l'APD.

#### **Remarque**

Les plan types des traversées sont établis pour des conduites en acier, , Ils tiendront compte de la nature de la conduite et des types d'obstacles (route, Oued, conduite etc. ...).

## 7. Conclusion

Après avoir effectuée notre étude sur terrain nous avons constaté que le tracé doit être modifié.

Les modifications proposées ont permis d'apporter une nette amélioration au tracé, assurant ainsi de meilleures conditions d'exploitation.

Nous avons constaté que le dimensionnement proposé par l'APD est adéquat au projet cependant économiquement parlant un autre dimensionnement est préférable. En se référant à la nature du terrain nous constatons que la matière utilisé pour les conduites peut être changé, ce dimensionnement sera détaillé dans le chapitre 7.

Nous avons aussi choisie après notre étude les meilleurs équipements nécessaires à ce projet à partir de la liste proposée par l'APD.

Nous allons ensuite passer à la vérification et à l'amélioration des stations de pompage ainsi que la protection contre les coups de bélier.



# Chapitre V

**Les Stations de pompage et Calcul et  
la Protection contre le coup de bélier**

la Protection contre le coup de bélier

# Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

---

## 1. Introduction

Ce chapitre contiendra une vérification du dimensionnement prévu par l'ANBT pour les stations de pompes ainsi qu'une amélioration proposée pour le fonctionnement des stations de pompes.

Ensuite nous allons calculer les protections nécessaires contre le coup de bélier pouvant affecter nos conduites grâce à un logiciel de modélisation CEBELMAIL.

## 2. Stations de pompage

### 2.1.1. Aspiration :

Pour toutes les stations de pompage, l'alimentation en eau des pompes se fait à partir d'une bache de reprise à surface libre. La bache de reprise se situe à un niveau plus élevé que celui de l'axe des pompes afin de se mettre à l'abri d'éventuels problèmes d'amorçage et de cavitation.

Les équipements minimum situés en ligne entre le répartiteur et la pompe consistent en une vanne (avec un joint de démontage auto buté si nécessaire) et un convergent.

La vanne permet d'isoler la pompe de la bache de reprise pour assurer la maintenance ou pour une réparation, sans pour autant devoir arrêter complètement la station de pompage.

Le convergent permet d'accélérer l'écoulement provenant de la bache (généralement compris entre 1 et 1.5 m/s pour l'amenée à des valeurs de 2 à 5 m/s à l'entrée dans le corps de pompe), avec une perte de charge minimale.

### 2.1.2. Refoulement :

Les pompes sont toujours en charge, et refoulent l'eau dans une conduite aboutissant à un réservoir à surface libre équipé de détecteurs de niveaux.

Les équipements minimum situés en ligne entre la pompe et la conduite de refoulement sont: divergent, clapet anti-retour, vanne-papillon (avec joint de démontage auto buté si nécessaire).

Le divergent permet de diminuer la vitesse de l'eau à la sortie de la pompe. En effet, le diamètre économiquement optimal impose une vitesse dans la conduite de refoulement généralement inférieure à 2 m/s, alors qu'à la sortie de la pompe, celle-ci est de l'ordre de 3 à 7 m/s.

Le clapet anti-retour permet d'éviter l'inversion du débit lors de l'arrêt de la pompe ; la conduite de refoulement reste donc pleine.

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

---

La vanne-papillon permet d'isoler la pompe de la conduite de refoulement pour entretien, démontage et réparation. Cette vanne est aussi utile pour le démarrage du groupe électropompe. Il est en effet intéressant de démarrer le groupe vanne fermée ceci afin de diminuer le temps du démarrage et la consommation d'énergie. De plus, l'ouverture progressive de la vanne au démarrage, et sa fermeture progressive à l'arrêt du groupe, permet d'améliorer la protection contre les coups de bélier.

### 2.1.3. Secours :

Pour chaque direction de refoulement, il est systématiquement prévu un groupe électropompe supplémentaire, en secours. Au niveau de l'exploitation de la station de pompage, les pompes seront amenées à fonctionner par roulement. Il n'y aura donc pas de pompe spécifiquement dévolue au secours, mais en cas de panne de l'une d'entre elles, les autres seront en mesure d'assurer la fourniture du débit nominal pendant la durée de la réparation.

### 2.1.4. Régulation :

La régulation est assurée par la télésignalisation aux stations de pompage des niveaux critiques dans les réservoirs, et du niveau bas dans la bache de reprise.

### 2.1.5. Protection anti-bélier :

La protection anti-bélier est assurée par des réservoirs hydropneumatiques situés sur chaque tronçon de refoulement, on va la décrire avec plus de détails plus tard dans ce chapitre ([5.3](#))

### 2.1.6. Tension d'alimentation des groupes électropompes :

La puissance nominale des moteurs étant assez importante (souvent supérieure à 1 MW), il est exclu de faire appel à la basse tension. On utilisera donc la moyenne tension : la tension adoptée est de 6000 V.

### 2.1.7. Puissance auxiliaire :

□ Eclairage :	7 à 10 kW
□ Ventilation :	3 à 5 kW
□ Manutention / Levage :	2 à 5 kW
□ Compresseurs :	5 kW
□ Chargeurs de batteries :	1 kW
□ Pompes de drainage :	1 kW
□ Instrumentation / Contrôle :	3 kW
□ Atelier :	10 kW
□ Loge du gardien :	10 kW
□ TOTAL	42 à 50 kW

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

### 2.1.8. Eléments d'ensemble

Chaque station de pompage est généralement constituée des éléments suivants :

- Une bache de reprise de forme rectangulaire ; celle-ci est divisée en deux compartiments, afin de pouvoir en mettre l'un des deux hors service lors des travaux de maintenance (principalement le nettoyage) ou pour d'éventuelles réparations. Dans le but de pouvoir mettre hors service l'un des deux compartiments, il est prévu d'installer des vannes de sectionnement dans la chambre des vannes, à l'amont et à l'aval de la bache de reprise. Le débit nécessaire à la bonne alimentation des pompes doit toutefois pouvoir être assuré par un seul compartiment.
- Une salle des pompes, dont le radier est généralement situé en contrebas de celui de la bache de reprise.
- Une zone de plain-pied avec l'extérieur sur laquelle sont aménagés les locaux techniques d'exploitation, atelier, magasin, bureau, vestiaire, réfectoire, poste de commande, local batteries, etc.

Le génie civil des bâtiments fait appel au béton armé et à la maçonnerie, respectivement pour la structure porteuse la plus et la moins sollicitée. L'aménagement d'une voie d'accès est prévu entre la route principale et la station de pompage. De même, l'installation d'une clôture permettra de délimiter clairement le périmètre des installations.

Le portail d'entrée est surveillé par un gardien, dont la loge se trouve à proximité immédiate. Enfin, un logement de type F3 est projeté à l'intérieur du périmètre de chacune des stations de pompage.

### 2.1.9. Choix du type de pompe

Le choix du type de pompe dépend des caractéristiques hydrauliques des installations projetées, en particulier des débits de refoulement et des hauteurs manométriques totales. Dans notre cas, les débits de refoulement sont très importants (jusqu'à 3376 litres/seconde), et les hauteurs manométriques totales également, même si elles ont été limitées au-dessous de 250 mètres. Le tableau ci-dessous récapitule.

STATION DE POMPAGE	DEBIT DE REFOULEMENT (L/S)	HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE SELON APD (MCE)
<i>SP1 =&gt; SP4</i>	3376	210
<i>SP4 =&gt; R2</i>	3353	211
<i>SP4 =&gt; RDJ</i>	23	32.92
<i>SP6 =&gt; R7</i>	3353	156,1

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

STATION DE POMPAGE	DEBIT DE REFOULEMENT (L/S)	HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE SELON APD (MCE)
<i>SP9 =&gt; SP10</i>	753	181.08
<i>SP10 =&gt; R5</i>	496	198.67
<i>SP10 =&gt; RSG2</i>	246	122.25

**Tableau 5.2.1.9-1 : Caractéristiques hydrauliques des tronçons de refoulement**

Au vu des caractéristiques hydrauliques des différents tronçons de refoulement, le choix de pompes monocellulaires à double flux serait une bonne solution. Néanmoins, il n'est pas sûr que le catalogue d'un constructeur couvre toute la gamme de conditions hydrauliques ci-dessus. Les pompes multicellulaires seront donc également admises.

La vitesse de rotation des groupes électropompes a volontairement été limitée à environ 1500 tours/minute. En effet, pour des vitesses supérieures, l'usure des pièces et la consommation d'énergie sont plus importantes, ce qui se répercute sur les coûts de maintenance (longévité des pièces réduite) et d'exploitation des stations de pompage. De plus, les nuisances sonores et le dégagement de chaleur seraient plus élevés.

Enfin, l'axe des pompes a été choisi horizontal, solution qui permet un entretien et un démontage aisés du groupe, et qui ne nécessite pas un génie civil coûteux.

### 2.1.10. Choix du type de moteur

La gamme de puissance des moteurs normalisés est assez étendue puisqu'elle est comprise entre 220 kW et 2800 kW. Les moteurs de type asynchrone à cage sont retenus pour la gamme de puissances du projet, car ils sont à la fois robustes, simples de fonctionnement, et ils permettent aisément l'adaptation de dispositifs variés de démarrage.

### 2.1.11. Métallurgie

Les dispositions de l'APD pour la métallurgie des équipements des stations de pompage sont données ci-après :

#### **Pompe :**

1. Corps en fonte avec peinture sur base de résine époxy
2. Roue et bagues d'usure en bronze ou en acier au chrome-nickel-molybdène (roue) ou chrome-nickel (bagues)
3. Arbre en acier au chrome ou au chrome-nickel-molybdène
4. Arbre chemisé

# Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

---

## **Canalisations Acier**

L'acier à partir duquel seront fabriqués les tuyaux sera au minimum de qualité TSE 235 suivant la norme NF A 49150 ou équivalente.

## **Robinetterie**

D'une manière générale, les robinets vannes à opercule répondent à la norme ISO 72 59 et aux spécifications suivantes :

5. Les robinets vannes sont conçus pour l'adduction d'eau potable. Ils sont de type à bride,
6. Les corps et couvercles des robinets sont en fonte ductile, revêtement intérieur et extérieur époxy qualité alimentaire d'épaisseur minimale 150 microns.
7. La vis de manœuvre est en acier inoxydable au chrome, écrou de manœuvre en cuproalliage, Les paliers d'étanchéité en bronze + polyuréthane
8. L'opercule est en fonte ductile, entièrement surmoulé de nitrile
9. Les corps et papillons des vannes papillon sont en fonte ductile avec revêtement intérieur et extérieur époxy alimentaire d'une épaisseur minimale de 150 microns. Le siège, l'axe et l'arbre du papillon sont en acier inoxydable ; le siège du papillon est réalisé avant usinage par rechargement en acier inoxydable, afin de faire partie intégrante du corps de la vanne ; le joint de l'axe est assuré par un joint automatique en élastomère avec talon d'ancrage, monté sur le papillon, permettant d'assurer l'étanchéité quel que soit le sens d'écoulement.

## **2.2. Commentaires sur les dispositions générales de l'APD**

Les dispositions générales de l'APD sont celles habituellement adoptées pour des projets de pareille importance et seront donc adoptées.

## **2.3. Dispositions de l'APD pour SP1**

Les dispositions principales de l'APD pour SP1 sont rappelées ci-après.

Cette station comprend 3 lignes de refoulement. On ne s'intéressera qu'à la ligne refoulant vers la station SP4 faisant partie du présent Lot 2.

### **2.3.1. Caractéristiques**

Les caractéristiques de SP1 prévues par l'APD sont données dans le tableau suivant :

<b>SP1 CARACTERISTIQUES</b>	<b>VERS SP4</b>
<i>Nombre de groupes électropompes</i>	3 + 1(réserve)

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

<b>SP1 CARACTERISTIQUES</b>	<b>VERS SP4</b>
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi.</i>	897
<i>Puissance théorique nécessaire / pompe (kW)</i>	1824
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70 %
<i>Puissance absorbée aux bornes (kW)</i>	2606
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	2800

**Tableau 5.2.3.1-1 : Caractéristiques prévues par l'APD pour SP1 refoulant vers SP4**

### 2.3.2. Puissance électrique à installer

Le bilan de puissance pour l'ensemble de la station SP1 s'établit comme suit.

- Sous moyenne tension :

Puissance aux bornes des moteurs (1 x 691, 2 x 1294 et 3 x 2606) 11097 kW

Tension d'utilisation (moyenne tension) 6000 V soit ( $\cos \Phi = 0.85$ ) 13055 kVA

Puissance nominale et nombre de transformateurs 6 unités de 2500 kVA

- Sous basse tension :

Puissances auxiliaires 50 kW

Tension d'utilisation (basse tension) 400 V

Soit ( $\cos \Phi = 0.80$ ) 62,5 kVA

Puissance nominale et nombre de transformateurs : 1 unité de 100 kVA

### 2.4. Dispositions prises à SP1

Au moment de la rédaction du présent rapport, la station de pompage est déjà construite et équipée de 4 pompes (dont une de secours) pour le refoulement vers SP4 via une conduite fonte DN 1600 qui constitue l'origine du lot 2.

#### 2.4.1. Caractéristiques

Les caractéristiques des pompes pour la ligne de refoulement vers SP4 sont données ci-dessous :

<b>MARQUE/TYPE</b>	KSB / RDLO 500-835B
<b>DEBIT</b>	1125,4 l/s

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

<b>HMT</b>	210 mce
<b>VITESSE</b>	1492 tr/mn

**Tableau 5.2.4.1-1 : Caractéristiques des pompes de SP1 vers SP4**

### 2.4.2. Alimentation en énergie

L'alimentation en énergie de la station SP1 se fait à partir d'une sous station 60kv équipée de deux transformateurs 60kv/6kv.

## 2.5. Dispositions de l'APD pour SP4

### 2.5.1. Situation

La station de pompage Djebahia SP4 se situe à environ 2,7 km de la station de pompage principale SP1, juste au Sud de la localité de Djebahia. Les pompes sont alimentées par la bache de reprise de la station de pompage, qui présente un volume de 2600 m<sup>3</sup>. La bache de reprise est elle-même alimentée par une conduite de refoulement de diamètre 1600 mm qui provient de la station de pompage SP1.

### 2.5.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques

La station de pompage SP4 alimente à la fois le réservoir d'Ain Ech Cheriki ("R2"), et celui de Djebahia ("RDJ"). Les caractéristiques géométriques et hydrauliques de ces deux lignes de refoulement sont présentées dans les deux tableaux ci-dessous :

<b>SP4 GEOMETRIE</b>	<b>VERS R2</b>	<b>VERS RDJ</b>
<i>Niveau haut /bâche d'aspiration SP4 (m NGA)</i>	411,8	411,8
<i>Niveau bas /bâche d'aspiration SP4 (m NGA)</i>	406,1	406,1
<i>Niveau haut à l'arrivée (m NGA)</i>	610	435,5
<i>Niveau bas à l'arrivée (m NGA)</i>	606,3	(surverse)
<i>Hauteur géométrique maximum (m)</i>	203,9	29,4
<i>Hauteur géométrique minimum (m)</i>	194,5	23,7
<i>Longueur de la conduite (m)</i>	5612	400
<i>DN de la conduite de refoulement (mm)</i>	1600	200
<b>SP4 - HYDRAULIQUE</b>	<b>Vers R2</b>	<b>Vers RDJ</b>



## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

<i>Débit de dimensionnement (l/s)</i>	3353	23
<i>Perte de charge totale (mce)</i>	7,1	3,52
<i>Hauteur manométrique totale maximum (mce)</i>	211	32,92

**Tableau 5.2.5.2-1 Caractéristiques de la station de pompage SP4**

### 2.5.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes

Les caractéristiques des groupes électropompes sont données dans le tableau suivant :

<b>SP4 - CARACTERISTIQUE</b>	<b>Vers R2</b>	<b>Vers RDJ</b>
<i>Nombre de groupes électropompes</i>	4+1 (réserve)	1+1 (réserve)
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi</i>	838	23
<i>Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)</i>	1735	7
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70%	70%
<i>Puissance absorbée aux bornes (KW)</i>	2479	11
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	2700	12
<b>SP4 - Puissance électrique</b>	<b>Vers R2</b>	<b>Vers RDJ</b>
<i>Puissance aux bornes des moteurs</i>	9917	61
<i>Tension d'utilisation</i>	6000	400
<i>Puissance en KVA Cos Phi = 0,85</i>	11667	76
<i>Puissance et nombre de transformateurs (KVA)</i>	5x2500	1x100

**Tableau 5.2.5.3-1 Caractéristiques des groupes électropompes de SP4**

### 2.5.4. Puissance électrique à installer

Le bilan de puissance s'établit comme suit :

- Sous moyenne tension :

Puissance aux bornes des moteurs (4x2479) = 9917 kW

Soit (cos  $\Phi$  = 0.85) 11 667 kVA

Puissance nominale et nombre de transformateurs : 5 unités de 2500 kVA

- Sous basse tension :

Puissances auxiliaires et groupes vers RDJ 61 kW

Tension d'utilisation 400 V

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

Soit ( $\cos \Phi = 0.80$ ) 76 kVA

Puissance nominale et nombre de transformateurs : 1 unité de 100 kVA

### 2.5.5. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement

	DIAMETRE [MM]	DEBIT [L/S]	VITESSE [M/S]
<i>Collecteur d'aspiration</i>	1600	2691	1.3
<i>Collecteur de refoulement</i>	1400	2667	1.7

Tableau 5.2.5.5-1 Caractéristiques des collecteurs d'aspiration et de refoulement de SP4

## 2.6. Commentaires sur les dispositions de l'APD pour SP4

### 2.6.1. Situation

Les dispositions de l'APD pour la situation de SP4 sont convenables. La position géographique permet de maintenir la pression de refoulement à moins de 25 bars.

Cependant un nouvel agencement des ouvrages et une nouvelle orientation de la salle des pompes pour éviter les coudes au refoulement devront être faits.

### 2.6.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques

Les vérifications sont rappelées ci-après :

TRONÇON	LONG. (M)	DN (MM)	DEBIT (L/S)	PERTE DE CHARGE (M)	COTE DEPART M NGA	COTE ARRIVEE M NGA	HMT EN M
<i>SP4 - R2 (réservoir Ain Ech Cheriki)</i>	5612	1600	3353	6,94	406,1	610	210,84
<i>SP4 - R. existant Djebahia</i>	400	200	23	1,27	406,1	430	25,17

Tableau 5.2.6.2-1 Caractéristiques géométriques et hydrauliques de SP4

### 2.6.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes

La station de pompage SP4 est alimentée à partir de la station de pompage SP1. Cette dernière comprend trois pompes en service plus une pompe de secours.

Il aurait été plus indiqué d'adopter le même nombre de pompes ; les pompes auraient pu être identiques.

En adoptant (3+1) groupes électropompes, les caractéristiques deviendraient comme suit :

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

<b>SP4 - CARACTERISTIQUE</b>	<b>VERS R2</b>
<i>Nombre de groupes électropompes</i>	3+1 (réserve)
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi</i>	1118
<i>Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)</i>	2303
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70%
<i>Puissance absorbée aux bornes (KW)</i>	3290
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	3400

**Tableau 5.2.6.3-1 : Variante caractéristiques SP4 avec (3+1) groupes**

### 2.6.4. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement

Compte tenu des nouveaux débits, les diamètres des collecteurs à considérer sont comme suit :

	<b>DIAMETRE [MM]</b>	<b>DEBIT [L/S]</b>	<b>VITESSE [M/S]</b>
<i>Collecteur d'aspiration</i>	1800	3376	1,32
<i>Collecteur de refoulement vers R2</i>	1600	3353	1,67
<i>Collecteur d'aspiration pompes Djebahia</i>	150	23	1,16
<i>Collecteur de refoulement vers RDJ</i>	125	23	1,7

**Tableau 5.2.6.4-1 : Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement de SP4**

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

### 2.7. Dispositions de l'APD pour SP6

#### 2.7.1. Situation

La station de pompage El M'Amir SP6 se situe à environ 6,6 km du réservoir d'Ain Ech Cheriki ("R2"), environ 3 kilomètres à vol d'oiseau à l'Ouest de la localité d'Ain Türk. Les pompes sont alimentées par la bêche de reprise de la station de pompage, qui présente un volume de 2600 m<sup>3</sup>. La bêche de reprise est elle-même alimentée par une conduite gravitaire de diamètre 1600 mm qui provient du réservoir R2.

#### 2.7.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques

Les caractéristiques géométriques et hydrauliques de la ligne de refoulement de SP6 vers le réservoir R7 "Feidh El Louz" sont présentées dans les deux tableaux ci-après :

<b>SP6 GEOMETRIE</b>	<b>VERS R7</b>
<i>Niveau haut /bêche d'aspiration SP6 (m NGA)</i>	589,1
<i>Niveau bas /bêche d'aspiration SP6 (m NGA)</i>	583,6
<i>Niveau haut à l'arrivée (m NGA)</i>	738
<i>Niveau bas à l'arrivée (m NGA)</i>	734,3
<i>Hauteur géométrique minimum (m)</i>	154,4
<i>Hauteur géométrique maximum (m)</i>	145,2
<i>Longueur de la conduite (m)</i>	1300
<i>DN de la conduite de refoulement (mm)</i>	1600
<b>SP6 - HYDRAULIQUE</b>	<b>VERS R7</b>
<i>Débit de dimensionnement (l/s)</i>	3353
<i>Perte de charge totale (mce)</i>	1,7
<i>hauteur manométrique totale maximum (mce)</i>	156,1

Tableau 5.2.7.2-1 Caractéristiques de SP6

#### 2.7.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes

Les caractéristiques des groupes électropompes sont données dans le tableau suivant :

<b>SP6 - CARACTERISTIQUE</b>	<b>VERS R7</b>
------------------------------	----------------

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

<b>SP6 - CARACTERISTIQUE</b>	<b>VERS R7</b>
<i>Nombre de groupes électropompes</i>	4+1 (réserve)
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi</i>	838
<i>Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)</i>	1283
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70%
<i>Puissance absorbée aux bornes (KW)</i>	1834
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	2000

<b>SP6 - PUISSANCE ELECTRIQUE</b>	<b>VERS R7</b>
<i>Puissance aux bornes des moteurs (kW)</i>	7334
<i>Tension d'utilisation (v)</i>	6000
<i>Puissance en KVA Cos Phi = 0,85</i>	8628
<i>Puissance nominale et Nbre des transformateurs (kVA)</i>	4x2500
<i>Puissance des auxiliaires (kW)</i>	50
<i>Tension d'utilisation (v)</i>	400
<i>Puissance en KVA Cos Phi = 0,85</i>	62,5
<i>Puissance nominale et Nbre des transformateurs (kVA)</i>	1x100

**Tableau 5.2.7.3-1 : Caractéristiques des groupes électropompes de SP6**

### 2.7.4. Puissance électrique à installer

Le bilan de puissance s'établit comme suit :

- Sous moyenne tension :

Puissance aux bornes des moteurs (4x1833,5) 7334 kW,

Tension d'utilisation 6000 V Soit (cos  $\Phi = 0.85$ ) 8628 kVA

Puissance nominale et nombre de transformateurs : 4 unités de 2500 kVA

- Sous basse tension :

Puissances des auxiliaires 50 kW

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

Tension d'utilisation 400 V Soit ( $\cos \Phi = 0.80$ ) 62,5 kVA

Puissance nominale et nombre de transformateurs : 1 unité de 100 kVA

### 2.7.5. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement

	DIAMETRE [MM]	DEBIT [L/S]	VITESSE [M/S]
<i>Collecteur d'aspiration</i>	1600	2667	1.3
<i>Collecteur de refoulement</i>	1400	2667	1.7

**Tableau 5.2.7.5-1 : Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement de SP6**

## 2.8. Commentaires sur les dispositions de l'APD pour SP6

### 2.8.1. Situation

Un nouveau site a été identifié pour la station de pompage SP6. Cependant la cote de calage reste inchangée.

L'implantation et l'agencement des ouvrages dans le nouveau site seront réalisés de manière à assurer une charge suffisante au-dessus des pompes (radier bêche d'aspiration calé plus haut que l'axe des pompes) et à éviter les coudes au refoulement.

### 2.8.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques

La cote de calage ne sera pas changée, les dispositions préconisées ci-avant peuvent être maintenues.

Cependant, SP4 et SP6 ayant le même débit, il serait plus indiqué qu'elles aient aussi la même HMT. Pour ce faire, il convient de déplacer la station SP6 de manière à réduire la hauteur géométrique.

Les vérifications sont rappelées ci-après :

TRONÇON	LONG. (M)	DN (MM)	DEBIT (L/S)	PERTE DE CHARGE (MCE)	COTE DEPART M NGA	COTE ARRIVEE M NGA	HMT EN MCE
<i>SP6 - R7 (Feidh el Louz)</i>	1300	1600	3353	1,61	583,7	738	155,91

**Tableau 5.2.8.2-1 Caractéristiques géométriques et hydrauliques de SP6**

### 2.8.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes

La station de pompage SP6 est alimentée à partir du réservoir R2, lui-même alimenté par SP4. Cette dernière comprend 4 pompes en service plus une pompe de secours.

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

Le fait d'adopter le même nombre de pompes aux deux stations permet un fonctionnement convenable de l'ensemble.

Il convient que le nombre de pompes pour SP4 et SP6 soit le même que pour SP1.

Ainsi, les caractéristiques de SP6 seraient comme suit :

<b>SP6 - CARACTERISTIQUE</b>	<b>VERS R7</b>
<i>Nombre de groupes électropompes</i>	3+1 (réserve)
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi</i>	1118
<i>Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)</i>	1712
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70%
<i>Puissance absorbée aux bornes (KW)</i>	2446
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	2700

Tableau 5.2.8.3-1 : Variante caractéristiques SP6 avec (3+1) groupes

### 2.8.4. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement

Compte tenu des nouveaux débits, les diamètres des collecteurs à considérer sont comme suit :

	<b>DIAMETRE [MM]</b>	<b>DEBIT [L/S]</b>	<b>VITESSE [M/S]</b>
<i>Collecteur d'aspiration</i>	1800	3353	1,32
<i>Collecteur de refoulement vers R7</i>	1600	3353	1,67

Tableau 5.2.8.4 : Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement SP6

## 2.9. Dispositions de l'APD pour SP9

### 2.9.1. Situation

La station de pompage Ain Bessem SP9 se situe à 20,4 km du réservoir de Feidh El Louz R7, le long du CW125, juste au Nord du Domaine Abdelaziz.

Les pompes sont alimentées à partir de la bache de reprise de la station de pompage, qui présente un volume de 800 m<sup>3</sup>.

La bache de reprise est elle-même alimentée à partir du réservoir R7 par une conduite gravitaire de diamètres 1800 mm, jusqu'à la bifurcation d'Ain Bessem Sud B9, puis en DN 900 mm au-delà.

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

### 2.9.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques

Les caractéristiques géométriques et hydrauliques de la ligne de refoulement de SP9 vers la station de pompage SP10 sont présentées dans les deux tableaux ci-après. A noter l'existence d'un petit piquage vers Abdelaziz sur la conduite de refoulement, dont le prélèvement devra être contrôlé par un limiteur de débit.

<b>SP9 -GEOMETRIE</b>	<b>VERS SP10</b>
<i>Niveau haut / bête d'aspiration SP9 (m NGA)</i>	711.30
<i>Niveau bas / bête d'aspiration SP9 (m NGA)</i>	707.90
<i>Niveau haut à l'arrivée (m NGA)</i>	861.30
<i>Niveau bas à l'arrivée (m NGA)</i>	858.60
<i>Hauteur géométrique maximum (m)</i>	153.40
<i>Hauteur géométrique minimum (m)</i>	147.30
<i>Longueur de la conduite (m)</i>	14958
<i>DN de la conduite de refoulement (mm)</i>	900

<b>SP9 -HYDRAULIQUE</b>	<b>VERS SP10</b>
<i>Débit de dimensionnement (l/s)</i>	753
<i>Perte de charge totale (mce)</i>	27.68
<i>Hauteur manométrique totale maximum (mce)</i>	181.08

**Tableau 5.2.9.2-1 : caractéristiques de SP9**

### 2.9.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes

Les caractéristiques des groupes électropompes de la station SP9 sont données ci-après :

<b>SP9 - CARACTERISTIQUE</b>	<b>VERS SP10</b>
<i>Nombre de groupes électropompes</i>	1+1 (réserve)
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi</i>	753
<i>Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)</i>	1338



## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

<b>SP9 - CARACTERISTIQUE</b>	<b>VERS SP10</b>
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70%
<i>Puissance absorbée aux bornes (KW)</i>	1911
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	2200

<b>SP9 - PUISSANCE ELECTRIQUE</b>	<b>VERS SP10</b>
<i>Puissance aux bornes des moteurs (kW)</i>	1911
<i>Tension d'utilisation (v)</i>	6000
<i>Puissance en KVA Cos Phi = 0,85</i>	2248
<i>Puissance nominale et Nbre des transformateurs (kVA)</i>	2x1250
<i>Puissance des auxiliaires (kW)</i>	50
<i>Tension d'utilisation (v)</i>	400
<i>Puissance en KVA Cos Phi = 0,85</i>	62,5
<i>Puissance nominale et Nbre des transformateurs (kVA)</i>	1x100

**Tableau 5.2.9.3-1 : Caractéristiques des groupes électropompes de SP9**

### 2.9.4. Puissance électrique à installer

Le bilan de puissance s'établit comme suit :

- Sous moyenne tension :
  - Puissance aux bornes des moteurs (1 x 1911) 1911 kW
  - Tension d'utilisation 6000 V
  - Soit (cos  $\Phi$  = 0.85) 2248 kVA
  - Puissance nominale et nombre de transformateurs : 2 unités de 1250 kVA
- Sous basse tension :
  - Puissances auxiliaires 50 kW
  - Tension d'utilisation 400 V Soit (cos  $\Phi$  = 0.80) 62.5 kVA
  - Puissance nominale et nombre de transformateurs : 1 unité de 100 kVA

### 2.9.5. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement

	<b>DIAMETRE [MM]</b>	<b>DEBIT [L/S]</b>	<b>VITESSE [M/S]</b>
<i>Collecteur</i>	900	753	1.2

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

<i>d'aspiration</i>			
<i>Collecteur de refoulement</i>	800	753	1.5

**Tableau 5.2.9.5-1 Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement SP9**

### 2.10. Commentaires sur les dispositions de l'APD pour SP9

#### 2.10.1. Situation

Un nouveau site pourrait être adopté pour la station de pompage SP9. Cependant la cote de calage restera inchangée.

L'implantation et l'agencement des ouvrages dans le nouveau site seront réalisés de manière à assurer une charge suffisante au-dessus des pompes (radier bêche d'aspiration calé plus haut que l'axe des pompes) et à éviter les coudes au refoulement.

#### 2.10.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques

En raison du déplacement de la station SP10, dans laquelle refoule la station SP9, des changements sur les caractéristiques hydrauliques de la station sont à faire.

Les vérifications sont rappelées ci-après :

<b>TRONÇON</b>	<b>LONG. (M)</b>	<b>DN (MM)</b>	<b>DEBIT (L/S)</b>	<b>PERTE DE CHARGE (MCE)</b>	<b>COTE DEPART M NGA</b>	<b>COTE ARRIVEE M NGA</b>	<b>HMT EN MCE</b>
<i>SP9 - SP10</i>	14958	900	753	18,38	708	861.3	171,68

**Tableau 5.2.10.2-1 Caractéristiques géométriques et hydrauliques de SP9**

#### 2.10.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes

La station de pompage SP9 est alimentée à partir du réservoir R7, lui-même alimenté par SP6.

Au niveau de la bifurcation B9, une grande partie du débit (70%) part vers les ouvrages du lot 3. Seul 30% du débit en provenance de R7 est destiné à SP9.

Le débit total de SP9 (753 l/s) est assuré par une seule pompe. Le principe de plusieurs pompes, adopté pour les autres stations n'a pas été appliqué pour SP9.

Pour s'adapter aux variations inter-saisonniers du débit, il serait plus indiqué de préconiser plusieurs pompes. De plus, ceci est à même de réduire la puissance unitaire et de permettre un meilleur choix du nombre et de la puissance des transformateurs.

Il est donc proposé de prévoir trois groupes électropompes de débit unitaire 251 l/s.

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

La puissance de chaque moteur sera de 710 kW.

Les nouvelles caractéristiques sont récapitulées dans le tableau suivant.

<b>SP9 - CARACTERISTIQUE</b>	<b>VERS SP10</b>
<i>Nombre de groupes électropompes</i>	3+1 (réserve)
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi</i>	251
<i>Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)</i>	430
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70%
<i>Puissance absorbée aux bornes (KW)</i>	615
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	710

Tableau 5.2.10.3-1 : Variante caractéristiques SP9 avec (3+1) groupes

### 2.10.4. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement

Les diamètres des collecteurs à considérer sont comme suit :

	<b>DIAMETRE [MM]</b>	<b>DEBIT [L/S]</b>	<b>VITESSE [M/S]</b>
<i>Collecteur d'aspiration</i>	900	753	1,18
<i>Collecteur de refoulement</i>	700	753	1,9

Tableau 5.2.10.4-1 : Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement SP9

## 2.11. Dispositions de l'APD pour SP10

### 2.11.1. Situation

La station de pompage Sour El Ghozlane SP10 se situe à environ 15 km de la station de pompage SP9, à l'Est de la ville de Sour El Ghozlane. Les pompes sont alimentées par la bache de reprise de la station de pompage, qui présente un volume de 800 m<sup>3</sup>. La bache de reprise est elle-même alimentée par une conduite de refoulement de diamètre 800 mm qui provient de la station de pompage SP9.

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

### 2.11.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques

La station de pompage SP10 alimente à la fois le réservoir du Col de Dirah ("R5"), et celui de Sour El Ghozlane ("RGS2"). Les caractéristiques géométriques et hydrauliques de ces deux lignes de refoulement sont présentées dans les deux tableaux ci-dessous :

<b>SP10 -GEOMETRIE</b>	<b>VERS R5</b>	<b>VERS RGS2</b>
<i>Niveau haut / bête d'aspiration SP10 (m NGA)</i>	861.30	861.30
<i>Niveau bas / bête d'aspiration SP10 (m NGA)</i>	857.80	857.80
<i>Niveau haut à l'arrivée (m NGA)</i>	1036.00	963.50
<i>Niveau bas à l'arrivée (m NGA)</i>	1032.75	(surverse)
<i>Hauteur géométrique maximum (m)</i>	178.20	105.70
<i>Hauteur géométrique minimum (m)</i>	171.45	102,20
<i>Longueur de la conduite (m)</i>	6511	3495
<i>DN de la conduite de refoulement (mm)</i>	700	500

<b>SP10 -HYDRAULIQUE</b>	<b>VERS R5</b>	<b>VERS RGS2</b>
<i>Débit de dimensionnement (l/s)</i>	496	246
<i>Perte de charge totale (m)</i>	20.47	16.55
<i>Hauteur manométrique totale maximum (mce)</i>	198.67	122.25

**Tableau 5.2.11.2-1 : Caractéristiques de SP10**

### 2.11.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes

Les caractéristiques des groupes électropompes de SP10 sont données ci-après :

<b>SP10 -CARACTERISTIQUES</b>	<b>VERS R5</b>	<b>VERS RGS2</b>
<i>Nombre de groupes électropompes</i>	1 + 1(réserve)	1 + 1(réserve)
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la</i>	496	246

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

<b>SP10 -CARACTERISTIQUES</b>	<b>VERS R5</b>	<b>VERS RGS2</b>
<i>H.M.T. maxi.</i>		
<i>Puissance théorique nécessaire / pompe (kW)</i>	967	295
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70 %	70 %
<i>Puissance absorbée aux bornes (kW)</i>	1381	421
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	1500	450

**Tableau 5.2.11.3-1 : Caractéristiques des groupes électropompes de SP10**

### 2.11.4. Puissance électrique à installer

Le bilan de puissance s'établit comme suit :

- Sous moyenne tension :
  - Puissance aux bornes des moteurs (1 x 1381 + 1 x 421) 1802 kW
  - Tension d'utilisation 6000 V
  - Soit ( $\cos \Phi = 0.85$ ) 2120 kVA
  - Puissance nominale et nombre de transformateurs : 2 unités de 1250 kVA
- Sous basse tension :
  - Puissances auxiliaires 50 kW
  - Tension d'utilisation 400 V Soit ( $\cos \Phi = 0.80$ ) 62,5 kVA
  - Puissance nominale et nombre de transformateurs : 1 unité de 100 kVA

### 2.11.5. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement

	<b>DIAMETRE [MM]</b>	<b>DEBIT [L/S]</b>	<b>VITESSE [M/S]</b>
<i>Collecteur d'aspiration</i>	900	742	1.2
<i>Collecteur de refoulement vers R5</i>	600	496	1.8
<i>Coll. de refoulement vers RSG2</i>	400	246	2.0

**Tableau 5.2.11.5-1 : Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement SP10**

## 2.12. Commentaires sur les dispositions de l'APD pour SP10

### 2.12.1. Situation

Un nouveau site a été identifié pour la station SP10.

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

L'implantation et l'agencement des ouvrages dans le nouveau site seront réalisés de manière à assurer une charge suffisante au-dessus des pompes (radier bêche d'aspiration calé plus haut que l'axe des pompes) et à éviter les coudes au refoulement.

### 2.12.2. Caractéristiques géométriques et hydrauliques

Bien que le site de la station SP10 a été changée, Les caractéristiques hydrauliques de la station sont resteront inchangés.

Les vérifications sont rappelées ci-après :

TRONÇON	LONG. (M)	DN (MM)	DEBIT (L/S)	PERTE DE CHARGE (M)	COTE DEPART M NGA	COTE ARRIVEE M NGA	HMT EN M
<i>SP10 - R5 Col Dirah</i>	6511	700	495	13,15	857,8	1036	193,15
<i>SP10 - RSEG (Sour El Ghozlane</i>	3495	500	246		857,8	963,5	107,00

**Tableau 5.2.12.2-1 Caractéristiques géométriques et hydrauliques de SP10**

### 2.12.3. Nombre et caractéristiques des groupes électropompes

La station de pompage SP10 est alimentée par SP9.

Elle comprend deux lignes de refoulement, l'une vers le réservoir du col de Dirah et l'autre vers le réservoir de Sour El Ghozlane. Les débits sont respectivement 495 l/s et 246 l/s.

Le débit de chaque ligne est assuré par une seule pompe.

Comme pour SP9, il convient d'augmenter le nombre de pompes pour réduire la puissance unitaire, avoir plus de souplesse d'exploitation et un meilleur choix du nombre de transformateurs.

Il est donc proposé (2+1 secours) pour chaque ligne de refoulement.

Les débits unitaires seront de 248 l/s et 123 l/s respectivement pour la ligne de refoulement vers le réservoir du Col de Dirah et pour la ligne de refoulement le réservoir de Sour El Ghozlane.

La puissance unitaire sera respectivement de 710 kW et 200 kW

SP10 - CARACTERISTIQUE	VERS COL DE DIRAH	VERS SOUR EL GHOZLANE
<i>Nombre de groupes électropompes</i>	2+1 (réserve)	2+1 (réserve)

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

<b>SP10 - CARACTERISTIQUE</b>	<b>VERS COL DE DIRAH</b>	<b>VERS SOUR EL GHOZLANE</b>
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi</i>	248	123
<i>Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)</i>	470	130
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70%	70%
<i>Puissance absorbée aux bornes (KW)</i>	671	186
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	710	200

Tableau 5.2.12.3-1 : Variante caractéristiques SP10 avec (2+1) groupes

### 2.12.4. Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement

Les diamètres des collecteurs à considérer sont comme suit :

	<b>DIAMETRE [MM]</b>	<b>DEBIT [L/S]</b>	<b>VITESSE [M/S]</b>
<i>Collecteur d'aspiration</i>	900	741	1,16
<i>Collecteur de refoulement vers R5 Col Dirah</i>	600	495	1,75
<i>Collecteur de refoulement vers RSEG</i>	400	246	1,95

Tableau 5.2.12.4-1 : Diamètre des collecteurs d'aspiration et de refoulement SP10

## 3. Calcul et protection contre le coup de bélier

### 3.1. Définition de coup de bélier

Les changements du régime d'écoulement d'un fluide contenu à l'intérieur d'une conduite entraînent souvent des brusques variations de pressions, ces écarts seront plus importants si le fluide est un liquide et si la modification du débit a été brutale par rapport au régime permanent, les pressions peuvent atteindre des valeurs excessives.

On appelle « Coup de bélier » les variations de pression provoquées par une rapide modification du régime d'un liquide s'écoulant à l'intérieur d'une conduite.

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

---

Le fonctionnement en régime instationnaire même très exceptionnel d'une installation hydraulique doit toujours attirer l'attention de l'ingénieur concepteur, ces phénomènes peuvent avoir des conséquences fâcheuses telles que la rupture de canalisation et la détérioration d'appareils traversés par le fluide.

Il est donc capital de prévoir et d'étudier ces phénomènes transitoires afin de réduire leurs effets par l'utilisation de dispositifs spéciaux et le dimensionnement correct des différents composants d'une installation.

### 3.2. Origines du coup de bélier :

Ils sont pour origine quatre causes principales :

- L'ouverture ou la fermeture rapide des vannes dans les conduites en charge à écoulement gravitaire ;
- Le démarrage ou l'arrêt brusque des pompes dans les conduites en charge par refoulement ;
- La présence d'air ;
- La mauvaise utilisation des appareils de protection.

### 3.3. Conséquences du coup de bélier :

Les surpressions peuvent entraîner dans des cas critiques la rupture de certaines canalisations ne présentant pas de coefficients de sécurité suffisants.

Les dépressions peuvent créer des poches de cavitation dangereuses pour les canalisations et pour les appareils de robinetterie.

On peut citer aussi :

- éclatement du conduit par surpression ;
- écrasement de la conduite dans le cas d'une dépression ;
- déboîtement de la conduite et rupture des joints ;
- détérioras des accessoires (vannes, robinets,.....).

### 3.4. Analyse physique du phénomène :

Soit une pompe en fonctionnement normal qui envoie dans une conduite avec une vitesse d'écoulement  $V_0$  un débit  $Q_0$ , supposant qu'il se produise un arrêt brusque du fonctionnement de cette pompe.

En raison de cet arrêt quatre phases peuvent être envisagé donc ce cas :



## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

---

### 3.4.1. Première phase :

L'eau poursuit son ascension, mais la conduite n'est pas alimentée, il va donc se produire à partir de la pompe une dépression de tranche en tranche, l'eau se déprime et la conduite se contracte successivement par diminution élastique de son diamètre.

L'onde de dépression se propage jusqu'au réservoir à la vitesse « a », le temps mis par cette onde pour l'atteindre  $L/a$ .

Au bout de ce temps, la conduite est totalement en dépression et l'eau est immobile.

### 3.4.2. Deuxième phase :

La conduite étant déformée dans les limites élastiques, elle reprend son diamètre initial.

A partir du réservoir, les tranches successives se contractent si bien que l'eau peut redescendre dans la conduite et au bout du temps  $L/a$  (c'est-à-dire  $2 L/a$  depuis l'origine) toute l'eau est redescendue mais se trouve arrêtée par le clapet de protection de la pompe qui bien sûr s'est fermé.

### 3.4.3. Troisième phase :

La première tranche de fluide en contact avec le clapet va être comprimée par les tranches suivantes provoquant une dilatation de la conduite dans le sens pompe réservoir, au bout du temps  $L/a$  (c'est-à-dire  $3 L/a$  depuis l'origine), toute la conduite est dilatée avec l'eau immobile et sous pression.

### 3.4.4. Quatrième phase :

L'élasticité permet à la conduite, reprendre, de proche en proche du réservoir à la pompe, son diamètre initial.

Au bout du temps  $L/a$  (c'est-à-dire  $4 L/a$  depuis l'origine), nous nous trouvons dans la même situation qu'au moment de la disjonction du moteur de la pompe.

Le phénomène se produirait indéfiniment s'il n'était pas amorti par les pertes de charge régulières.

### 3.5. Moyens de protection des conduites contre le coup de bélier :

La protection d'une conduite en écoulement gravitaire peut être obtenue généralement d'une manière satisfaisante en imposant une vitesse d'ouverture et de fermeture des vannes suffisamment lente afin de limiter les surpressions et dépressions éventuelles à des valeurs raisonnables.

Toutefois, en présence d'une station de pompage, il est plus difficile de contrôler l'ampleur du phénomène étant donné que l'arrêt des pompes peut se produire subitement, par suite d'une interruption du courant qui alimente les moteurs électriques.

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

---

Afin de limiter les variations de la pression dans les conduites, les appareils anti-bélier devront avoir pour effet de limiter la dépression ainsi que la surpression.

Les dispositifs les plus utilisés sont :

- Les volants d'inertie;
- Les soupapes de décharge ;
- Les ventouses ;
- Les réservoirs d'air ;
- Les cheminés d'équilibre ;
- Vanne de fermeture lente.

### 3.5.1. Les ventouses :

Ils ont pour rôle principal l'évacuation de l'air contenue dans la conduite et permettre aussi l'admission de l'air dans ces conduites lorsque l'on procède à leur vidange ou généralement lorsqu'il y'a apparition de la cavitation en un point haut.

### 3.5.2. Soupape de décharge :

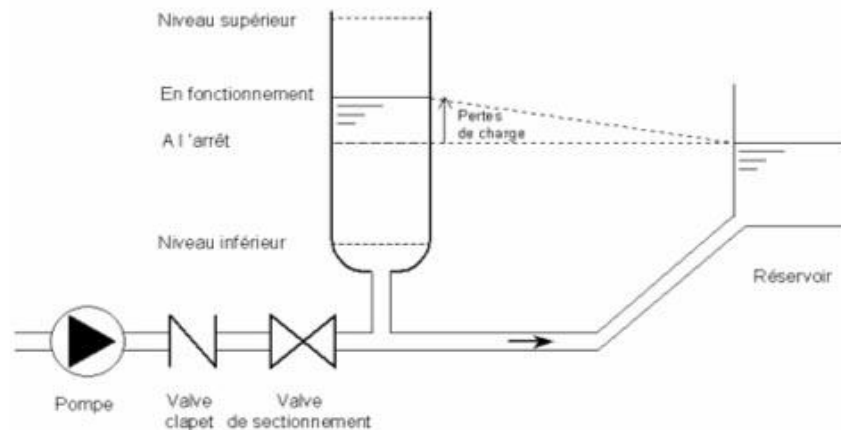
La soupape de décharge intervient uniquement dans la protection contre les surpressions, son utilisation nécessite un entretien permanent et une surveillance attentive.

- Conditions d'utilisation : Aucune restriction ;
- Fonction : Evacuation d'un débit en fonction du dépassement d'une pression ;
- Rôle : Ecrêter les pressions trop fortes.

### 3.5.3. Les cheminées d'équilibre :

Est un réservoir à l'air libre, elle intervient à la fois dans la protection contre les surpressions et les dépressions. Elle sert à injecter l'eau dans la conduite en cas de dépression et dans le réservoir en cas de surpression. Elle est établie pour des conditions topographiques favorables.

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier



**Figure 5.3.5.3-1 Les cheminées d'équilibre**

- Conditions d'utilisation : A priori aucune restriction sauf lors du transport d'eau potable dans le réseau ou il faudra veiller à la protection sanitaire. Pour limiter la taille de la cheminée, son utilisation n'est possible que dans le cas de faible hauteur de refoulement ;
- Fonction : Transformation d'un coup de bélier en phénomène d'oscillation en masse ;
- Rôle : Stockage/restitution d'énergie mécanique.

### 3.5.4. Réservoir d'air :

L'alimentation continue de veine liquide après disjonction du groupe peut être effectuée l'aide d'une réserve d'eau accumulée sous pression dans une capacité métallique disposée à la station de pompage et raccordée à la conduite de refoulement immédiatement à l'aval du clapet ; consiste un moyen permettant de protéger l'installation contre les dépressions et les surpressions.

#### ➤ *Principe de fonctionnement :*

Après disjonction du groupe électrique, la pompe ne fournit plus de pression ; le clapet se ferme, l'air contenu dans le réservoir d'air, se détend en refoulant de l'eau dans la conduite.

La vitesse de l'eau dans la conduite diminue jusqu'à s'annuler ; par conséquent, l'eau revient en arrière et remonte dans la cloche entraînant la compression de l'air, la dissipation rapide de l'énergie de l'eau s'obtient en interposant un organe d'étranglement entre la cloche à air et la conduite de refoulement.

Pour notre étude, on a choisi comme moyen de protection un réservoir d'air grâce à quelques avantages qu'il présente :

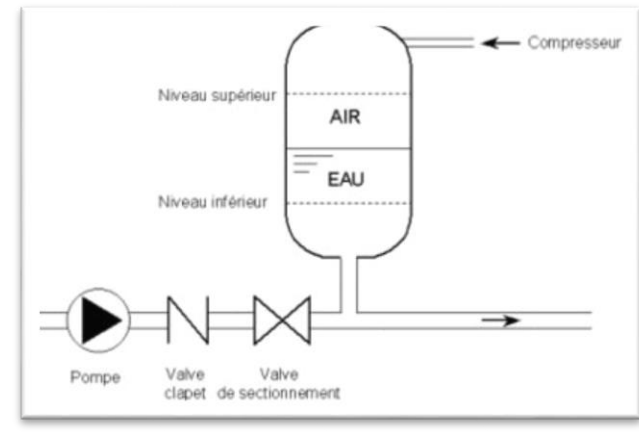
- Intervient dans la protection contre la dépression et la surpression ;
- Simple à l'installer et facile à contrôler ;

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

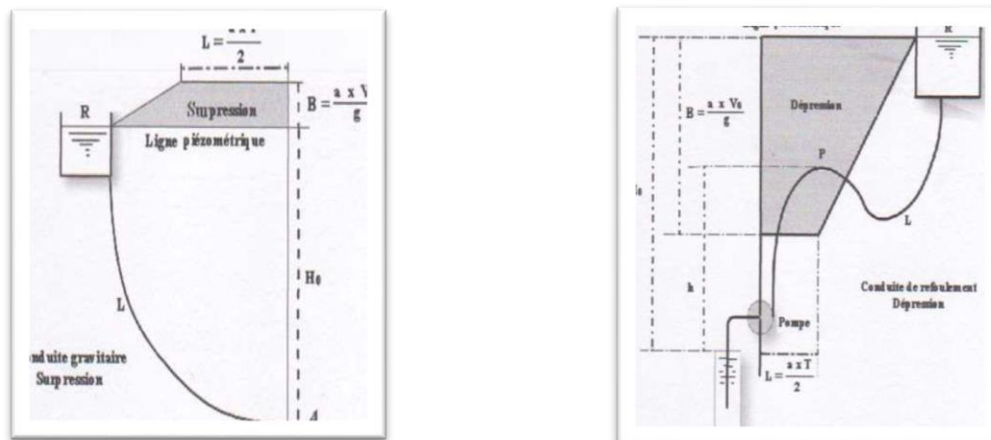
- Choisi, pour les moyennes et grandes hauteurs de refoulement.
- Il représente des dimensions réduites par rapport à d'autres dispositifs (cheminée d'équilibre) ;
- Il peut être préconisé comme solution dans les régions froides car il est facile à chauffer pour éviter les effets du gel ;
- Il peut être installé parallèlement au sol cela offre une meilleure résistance au vent et au tremblement de terre.

Comme il présente certains inconvénients qui sont comme suit :

- La nécessité de fournir de l'air comprimé constamment ;
- La nécessité de prévoir plusieurs équipements auxiliaires qui demandent une maintenance constante et des frais élevés.



**Figure 5.3.5.4-1le fonctionnement du réservoir d'air**



**Figure 5.3.5.4-2 Les valeurs de la surpression et de dépression dans les conduites gravitaires et de refoulement**

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

### 3.6. Etude du coup de bélier :

L'étude consiste à calculer les surpressions et les dépressions dans les différents tronçons des conduites de refoulement, et vérifier que ces valeurs ne dépassent pas la valeur de la pression de service.

On va utiliser le logiciel CELEBMAIL pour faire une simulation de notre projet pour un objectif calculer les surpressions et les dépressions dans les conduites ;

#### 3.6.1. CELEBMAIL

CELEBMAIL permet de modéliser le fonctionnement des réseaux sous pression pendant des phases d'écoulement dynamique, pouvant être très rapides

CELEBMAIL permet de dimensionner les organes ou les processus de protection adéquats pour lutter contre des pressions trop faibles ou trop fortes, comme un ballon anti-bélier

#### 3.6.2. Le moteur de calcul

La célérité de l'onde dans une conduite nue est calculée par la formule suivante :

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho * \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{D}{E * e}\right)}}$$

Avec :

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

$\varepsilon$  : Module d'élasticité de l'eau = 2,05 10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup>

E : module d'élasticité du matériau fonte = 1,7 10<sup>11</sup> N/m<sup>2</sup>

D : diamètre intérieur en m

e : épaisseur de la conduite en m

Le tableau suivant donne les résultats du calcul de la célérité de l'onde dans une conduite nue en fonction du diamètre

DN	80	100	150	200	250	300	600	700	800
<b>CELERITE</b> EN m/s	1329	1306	1255	1218	1190	1168	1088	1073	1060

**Tableau 3-1 Célérité de l'onde dans les conduites**

Il est généralement admis l'utilisation des valeurs suivantes pour le calcul des régimes transitoires.

# Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

## 3.6.3. Les Schémas :

Les Schémas des 03 tronçons sont représentés dans les figures qui suivent, les résultats de la simulation sont à l'annexe.

### ➤ Tronçon SP6-R7

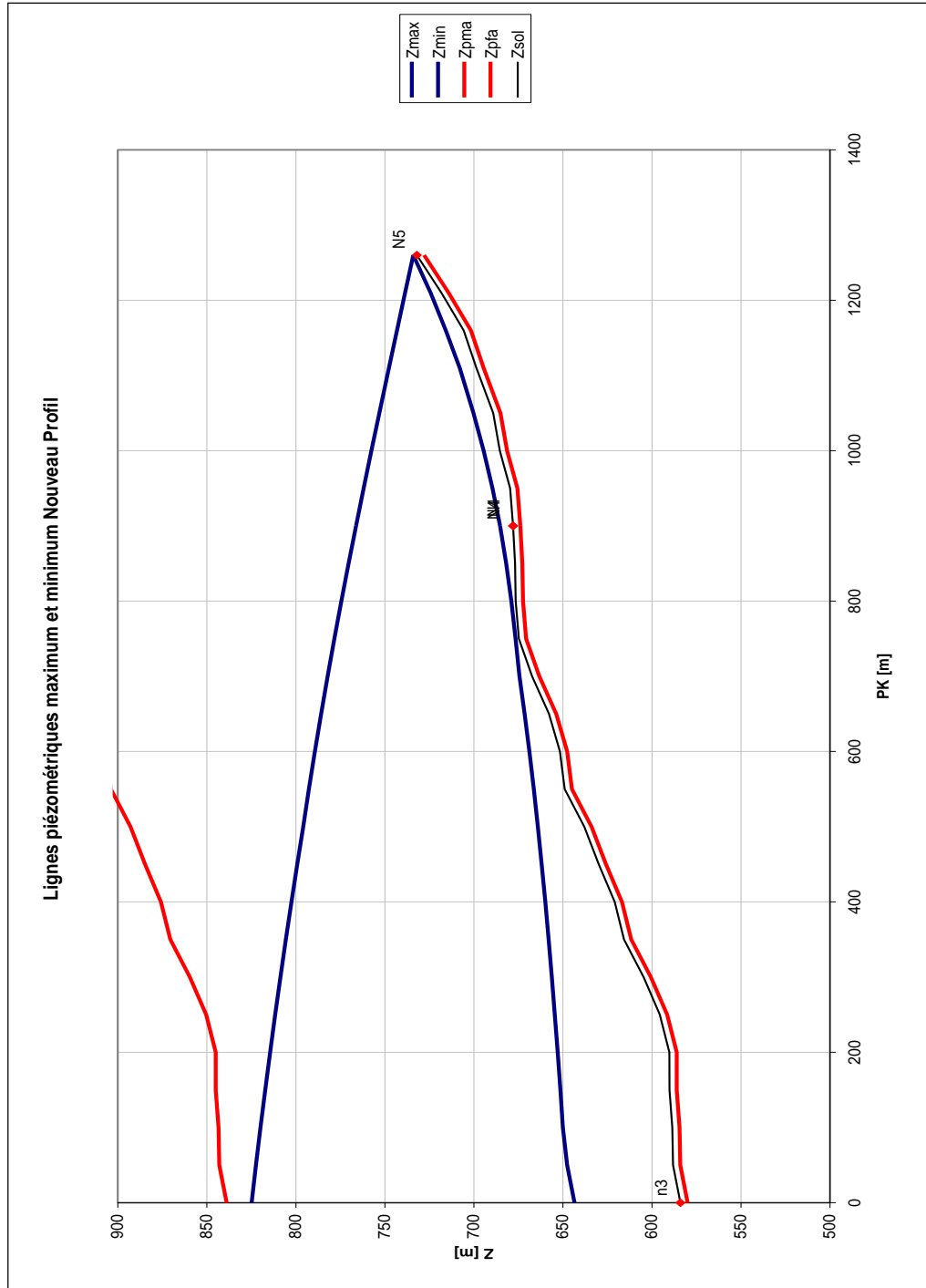
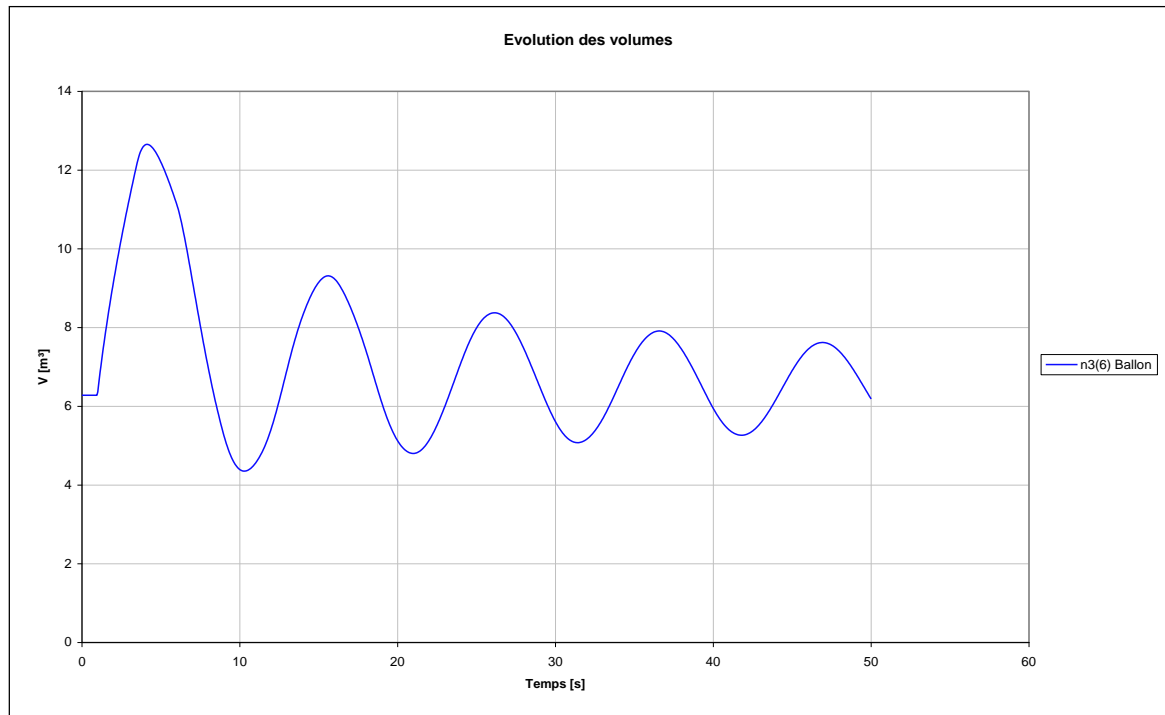
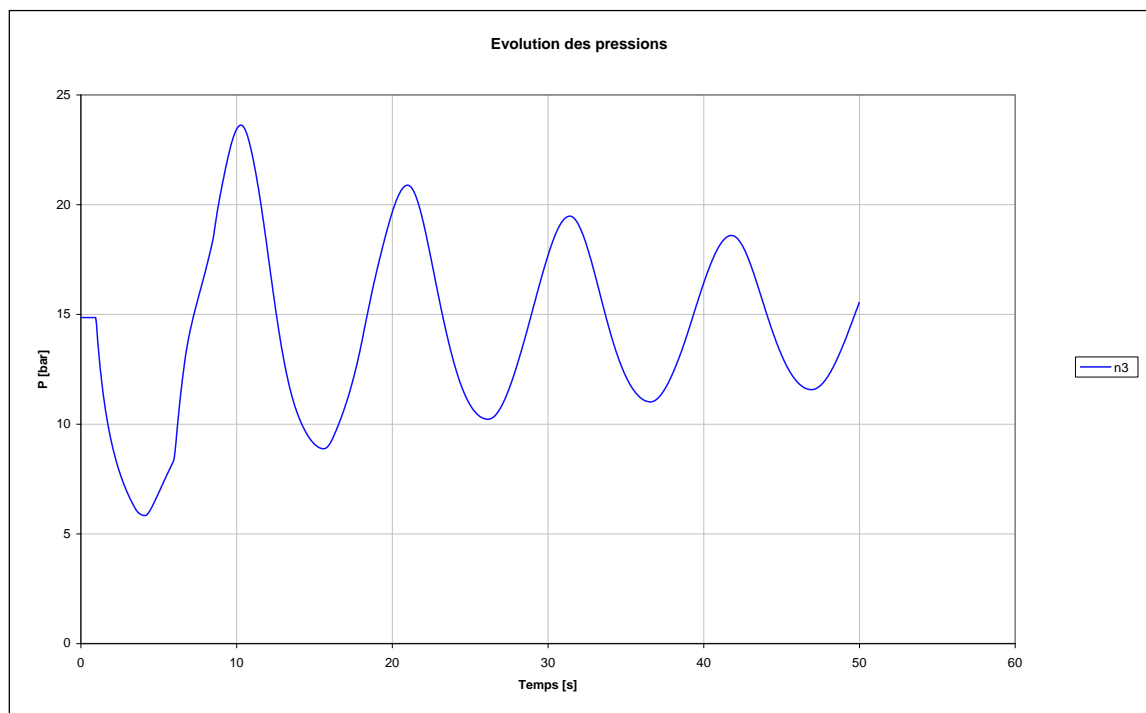


Figure 5.3.6.3-1 Ligne piézométrique max et min Du tronçon SP6- R7

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

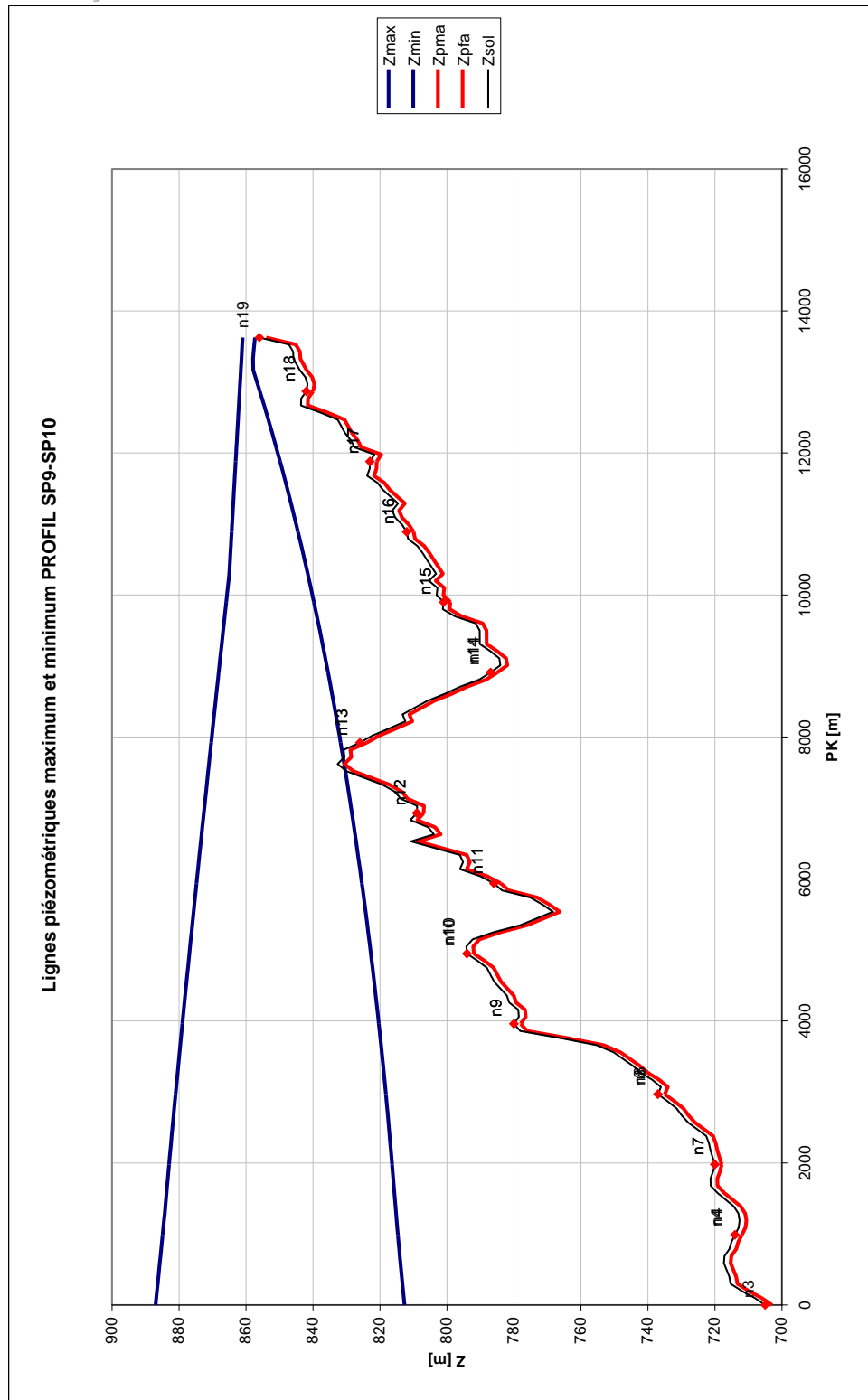


**Figure 5.3.6.3-2 Evolution des volumes Du tronçon SP6- R7**



**Figure 5.3.6.3-2 Evolution des Pressions Du tronçon SP6- R7**

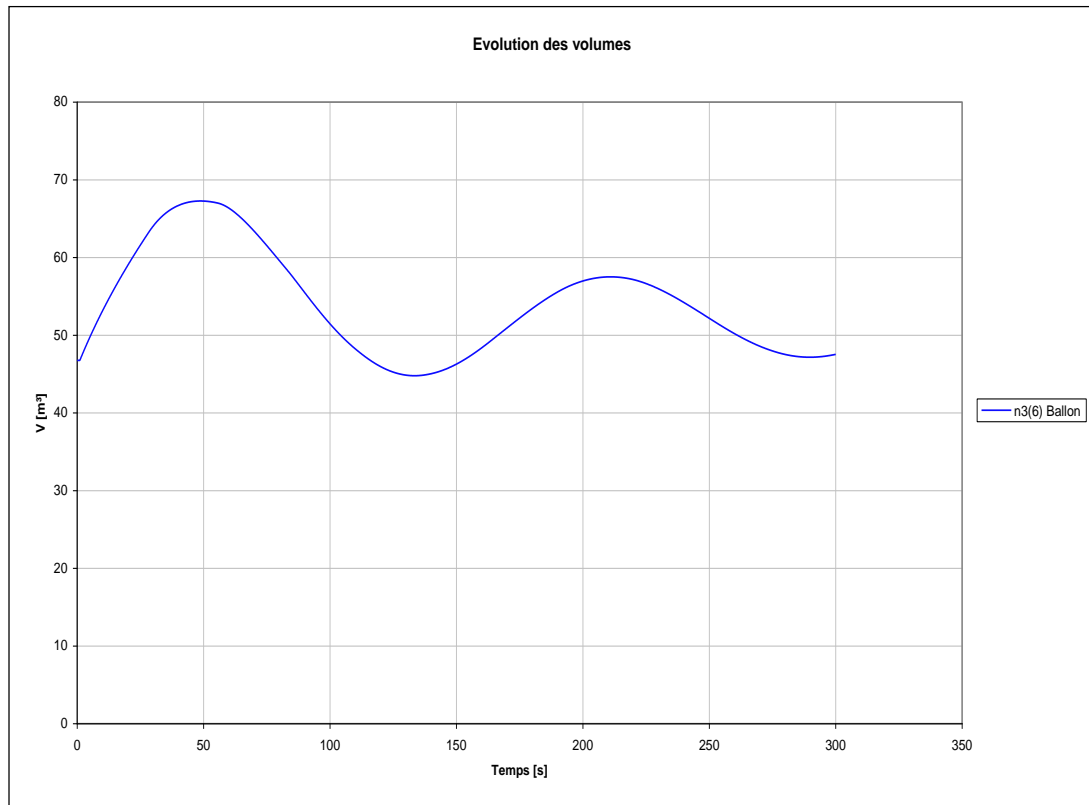
➤ *Tronçon SP9-SP10*



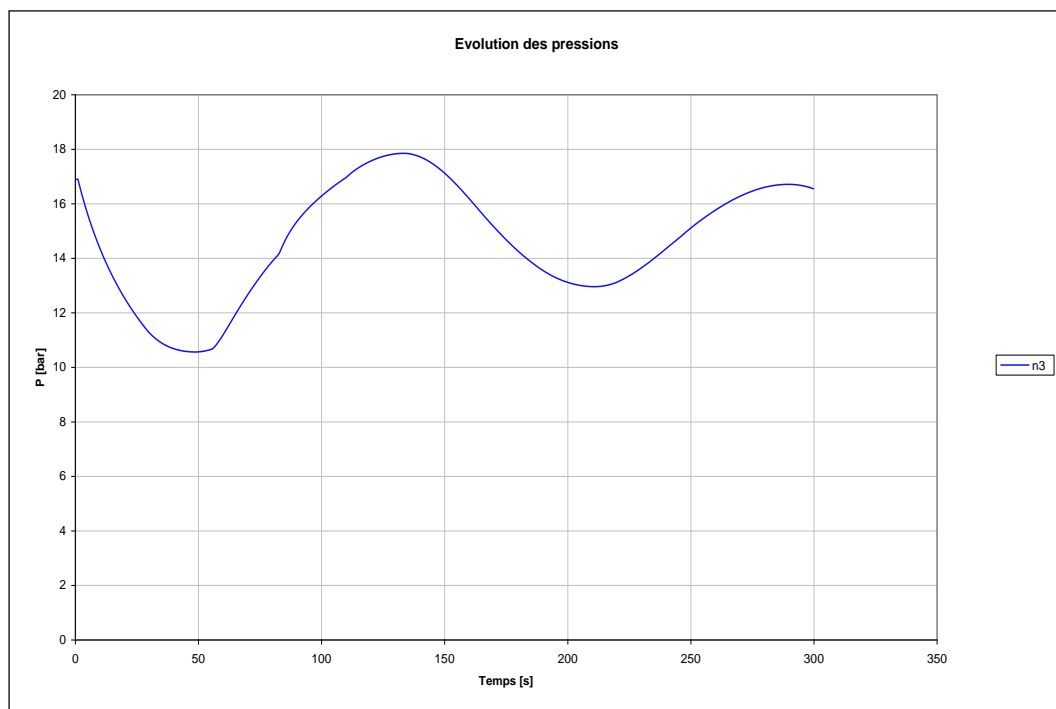
**Figure 5.3.6.3-4 Ligne piézométrique max et min Du tronçon SP9-SP10**



## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier



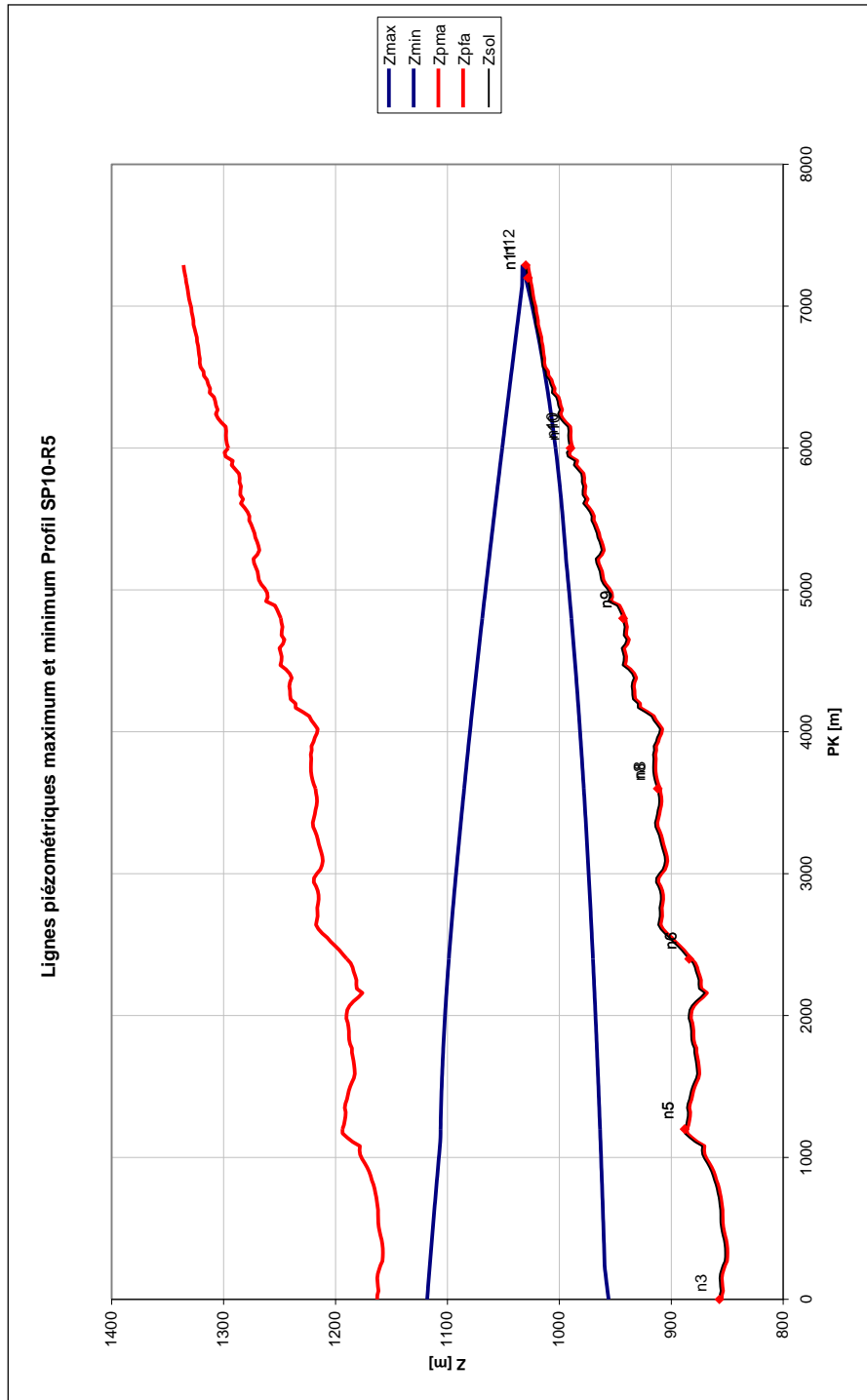
**Figure 5.3.6.3-5 Evolution des volumes Du tronçon SP9-SP10**



**Figure 5.3.6.3-6 Evolution des Pressions Du tronçon SP9-SP10**

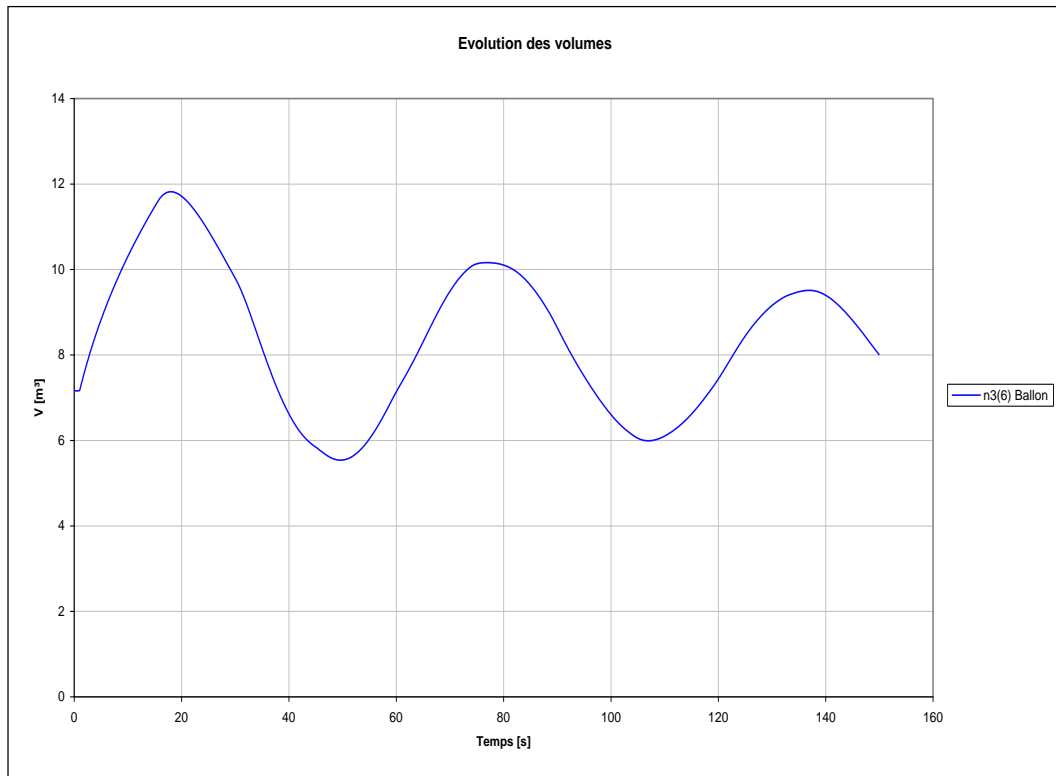
# Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

## ➤ Tronçon SP10-R5

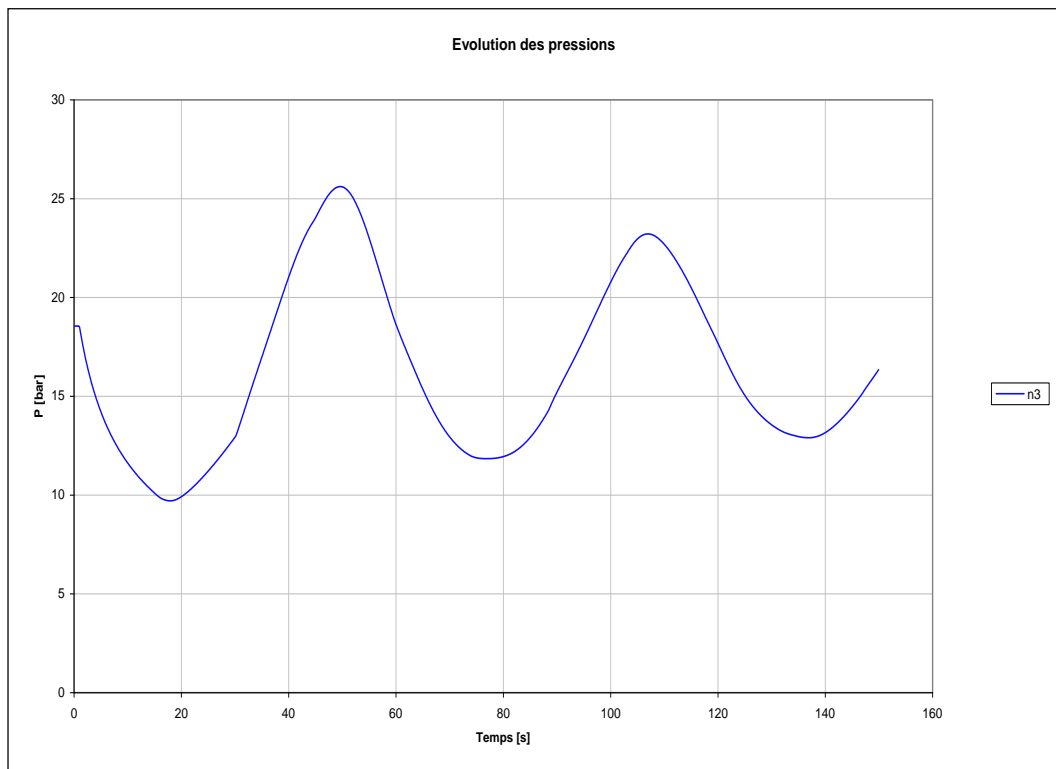


**Figure 5.3.6.3-7 Ligne piézométrique max et min Du tronçon SP10-R5**

# Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier



**Figure 5.3.6.3-8 Evolution des volumes Du tronçon SP10-R5**



**Figure 5.3.6.3-9 Evolution des Pressions Du tronçon SP10-R5**

## Chapitre V : Les Stations de pompage et Calcul et la Protection contre le coup de bélier

---

### **4. Conclusion**

Nous avons constaté qu'une modification doit être apportée sur la localisation du site de certaines stations de pompes, Aussi des solutions existent afin de réaliser des économies sur les conduites refoulées par les stations de pompage, ces solutions seront détaillées dans le chapitre 7.

Nous avons modélisées et simulé les tronçons les plus importants du projet afin de dimensionner les protections contre le coup de bélier par le logiciel CEBELMAIL.

# Chapitre VI

Vérifications et

Améliorations proposées

Améliorations proposées

### 1. Introduction

Ce chapitre est le chapitre le plus important de ce travail car c'est dans ce chapitre que nous allons détaillées les vérifications ainsi que les améliorations proposés

Une vérification de nos améliorations a été effectuée par le logiciel de simulation EPANET

### 2. Amélioration proposé de la conception de base

De manière générale, la conception du projet est relativement bien faite, toutefois certaines améliorations peuvent être proposées.

Dans ce qui suit, quelques propositions d'amélioration seront développées.

#### 2.1. Tracé des conduites

Des changements du tracé ont été apportés pour améliorer le profil de la conduite, éviter les obstacles et contourner les villes et les agglomérations.

Les sites de quelques ouvrages ont été changés. Tous les changements ont été réalisés dans le respect des cotes TN de l'APD. Les sites définitifs seront proposés avec le tracé en plan du projet pour approbation.

#### 2.2. Changement du diamètre des conduites

##### 2.2.1. Réduction du diamètre de la conduite R7-B9

La conduite principale entre le réservoir R7 et le nœud B9 est en DN 1800 mm. Il est possible de réduire le diamètre de la conduite DN 1800 mm à 1600 mm. En effet cette conduite alimente les axes d'Ain El Hadjel (lot 2) et Boughzoul (lot 3) ont un tronç commun. A partir du réservoir Feidh El Louz (R7), situé à la cote 736 m NGA, une conduite en DN 1800 mm alimente le point B9 situé à la cote 688 m NGA, d'où partent une conduite en DN 900 mm pour alimenter la station SP9 sur l'axe de Ain El Hadjel, à la cote 711,5 m NGA, et une conduite en DN 1400 mm pour alimenter la station de SP11, à la cote 611.7 m NGA et le réservoir de Tablat à la cote 563 m NGA. La pression résiduelle au point B9 est de 35 m. En adoptant le diamètre 1600 mm Cette pression devient 25 m, Après vérification, cette pression Résiduelle est suffisante pour assurer l'alimentation du lot 3.

Toutefois, la cote d'arrivée d'eau à la station SP9 devra être calée 5m plus bas afin d'assurer l'alimentation de cette station dans le cas le plus défavorable. Notons aussi que le site proposé de la station SP9 est à la cote 706 au lieu de 711 prévue dans l'APD.

## Chapitre VI : Vérifications et Améliorations proposées

TRONÇON	LONG. (M)	DEBIT À TRANSITER (L/S)	COTE DEPART (M)	COTE ARRIVEE (M)	DN 1800			DN 1600 (PROPOSE*)		
					PERTE DE CHARGE (M/KM)	LIGNE PIEZO AVAL (M)	PRESSION RESIDUELLE	PERTE DE CHARGE (M/KM)	LIGNE PIEZO AVAL (M)	PRESSION RESIDUELLE
R7 - SP9	20401				15,00			24,93		
R7 - B25 (Piquage SEK - El Mokrani)	13018	3353	736	654	8,79	723,21	69,21	16,11	719,89	61,89
B25 - b26 (Piquage Ain Bessem)	3082	3321	654	689	2,04	721,17	32,17	3,74	716,15	23,15
B26 - B9 (Départ lot 3)	1875	3121	589	688,9	1,10	720,07	31,17	2,01	714,14	21,24
B9 - SP9	2426	753	688,9	711,5	3,06	717,00	5,50	3,06	711,07	-4,43

**Tableau 6.2.2.1-Résultat des simulations du tronçon R7 - SP9 pour la variante 1600 mm**

### 2.2.2. Changement du diamètre de la conduite R5 – Ain El Hadjel.

La conduite principale entre le R5 et la ville d'Ain El Hadjel est une conduite télescopique de diamètre 600, 500 et 400 mm. La charge résiduelle est très importante. Il est possible d'envisager la réduction du diamètre de cette conduite en 500 et 400 mm. Toutefois, la vitesse d'écoulement et les pertes de charge seront relativement importantes sur le premier tronçon tout en restant admissibles pour les conduites en fonte.

TRONÇON	LONG. (M)	DEBIT TRANSITER (L/S)	DN (MM)	VITESSE (M/S)	PERTE DE CHARGE (M/KM)	DN (MM)	VITESSE (M/S)	PERTE DE CHARGE (M/KM)
<i>R5 - Ain El Hadjel</i>	55739							
<i>R5 - Sidi Aissa</i>	26868	495	600	1,75	4,48	500	2,52	11,51
<i>Sidi Aissa - Ain El Hadjel</i>	28871	217	500	1,11	2,26	400	1,73	7,17

**Tableau 6.2.2.2-1 Comparaison des 2 variantes pour le tronçon R5- Réservoir Ain El Hadjel**

Il est à noter que même avec le changement du diamètre, la limitation de la pression sur ce tronçon est nécessaire. Les réducteurs de pression seront maintenus ou remplacés par des brises charge comme développé dans ce qui suit.

## Chapitre VI : Vérifications et Améliorations proposées

---

### 2.3. Remplacement des réducteurs de pression par des brises charge

La conduite d'alimentation en eau potable des villes de Sidi Aissa et Ain El Hadjel est mise en charge par le réservoir du col de Dirah situé à la cote 1038 m NGA.

Les réservoirs des villes de Sidi Aissa et Ain El Hadjel étant respectivement aux cotes 710 m NGA et 616 m NGA, il s'ensuit une dénivelée de plus de 400 m, et dans certains passages jusqu'à 480 m.

Afin de remédier au problème de forte pression, l'APD a prévu l'installation de deux réducteurs de pression en ligne, au PK 10 après le col de Dirah et au PK 1 après le point B70.

Le réducteur de pression est un organe très efficace pour la maîtrise de la pression dans les réseaux de distribution.

Il permet d'abaisser la pression de quelques bars afin de protéger les équipements du réseau et de réduire les fuites. Toutefois il est déconseillé dans le cas où la pression totale dépasse la pression de service du réseau. En effet, la régulation de la pression se fait par un pilote hydraulique comportant une membrane en élastomère et en cas de détérioration de cette membrane, la pression intégrale est transmise à la partie aval du réseau.

Dans notre projet le dysfonctionnement des réducteurs de pression engendrera la détérioration de tous les équipements de la partie basse du réseau (vannes, ventouses ...).

Afin d'éviter cette situation, il est proposé de remplacer les réducteurs de pression par des bassins de brise charge en béton armé.

Le premier réducteur de pression (pk 10.000) sera remplacé par un nouveau réservoir, calé à la cote 840 m NGA. Il sera équipé d'un obturateur à disque.

Le deuxième réducteur est projeté à un km après le réservoir de Sidi Aissa, Vu que la conduite passe à proximité de ce réservoir, il est proposé d'utiliser ce dernier comme brise charge et y créer un départ vers Ain El Hadjel.

Cette modification se traduit principalement par la création d'un nouveau réservoir (qui peut servir de réservoir de distribution pour la ville de Dirah) et la suppression des deux réducteurs de pression.

### 2.4. Amélioration de la conception des ouvrages

Il s'agit des dispositions permettant d'apporter des améliorations dans la conception des ouvrages.

Il est proposé d'uniformiser les formes des réservoirs en adoptant la forme rectangulaire pour tous les réservoirs et bâches de reprise. Les réservoirs de grande capacité seront séparés par un couloir assurant la circulation des engins et ce, en vue de permettre l'intervention en cas de problème.

Une esquisse des plans des bâches et des réservoirs est jointe en annexe



## Chapitre VI : Vérifications et Améliorations proposées

### 2.4.1. Ouvrages alimentés par refoulement

Il est prévu d'équiper les arrivées des réservoirs alimentés par refoulement par des vannes motorisées. Comme indiqué au chapitre 3 (5.2), il est proposé de supprimer ces vannes et de les remplacer par une modification dans la conception de l'ouvrage pour assurer une alimentation par surverse et éviter la vidange de l'ouvrage en cas de problème sur la conduite amont. Ce dispositif qui est très fiable assure un meilleur fonctionnement de la station de pompage amont. En effet, la variation de la hauteur géométrique qui était de 10 m sera réduite à 5 m (selon le niveau d'eau de la bêche d'aspiration et le réservoir d'arrivée).

Cas 1 : Bâche d'aspiration niveau min et réservoir d'arrivée niveau max, la hauteur géométrique max.

Cas 2 : Bâche d'aspiration niveau max et réservoir d'arrivée niveau min, la hauteur géométrique min.

La différence est de 10 m. En assurant une arrivée par surverse, la différence sera limitée à 5 m.

### 3. Amélioration du fonctionnement des stations de pompage.

#### 3.1. Stations de pompage SP4 et SP6

Les stations SP1, SP4 et SP6 sont trois stations en série. Elles assurent l'alimentation du réservoir tampon R7. La station SP1 est équipé de 3 pompes de 1126 l/s, (3376/3), alors que les stations SP4 et SP6 sont équipées de 4 pompes de 838 l/s, (3353/4).

Pour faciliter le fonctionnement, il est proposé d'adopter un nombre identique de pompes pour SP1, SP4 et SP6. En effet avec un débit unitaire identique, on peut assurer un fonctionnement très souple, Le fonctionnement d'un nombre de pompes n à la SP6 engendre le fonctionnement du même nombre de pompes pour SP4 et SP1.

En adoptant (3+1) groupes électropompes, les caractéristiques deviendraient comme suit :

CARACTERISTIQUE	SP4 VERS R2	SP6 VERS R7
<i>Nombre de groupes électropompes</i>	3+1 (réserve)	3+1 (réserve)
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi</i>	1118	1118
<i>Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)</i>	2303	1712
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70%	70%
<i>Puissance absorbée aux bornes (KW)</i>	3290	2446
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	3400	2700

**Tableau 6.3.1-1 : Variante caractéristiques SP4 et SP6 avec (3+1) groupes**

## Chapitre VI : Vérifications et Améliorations proposées

Les diamètres des collecteurs principaux restent inchangés.

### 3.2. Station de pompage SP9

Le débit total de SP9 (753 l/s) est assuré par une seule pompe. Le principe de plusieurs pompes, adopté pour les autres stations n'a pas été appliqué pour SP9.

Pour s'adapter aux variations inter-saisonnières du débit, il serait plus convenable de préconiser plusieurs pompes. De plus, ceci est à même de réduire la puissance unitaire et de permettre un meilleur choix du nombre et de la puissance des transformateurs.

Il est donc proposé de prévoir trois groupes électropompes de débit unitaire 251 l/s.

La puissance de chaque moteur sera de 710 kW.

Les nouvelles caractéristiques sont récapitulées dans le tableau suivant.

<b>SP9 - CARACTERISTIQUE</b>	<b>VERS SP10</b>
<i>Nombre de groupes électropompes</i>	3+1 (réserve)
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi</i>	251
<i>Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)</i>	430
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70%
<i>Puissance absorbée aux bornes (KW)</i>	615
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	710

**Tableau 6.3.2-1 : Variante caractéristiques SP9 avec (3+1) groupes**

Les diamètres des collecteurs à considérer reste inchangés.

### 3.3. Station de pompage SP10

La station de pompage SP10 est alimentée par SP9.

Elle comprend deux lignes de refoulement, l'une vers le réservoir du col de Dirah et l'autre vers le réservoir de Sour El Ghozlane. Les débits sont respectivement 495 l/s et 246 l/s.

Le débit de chaque ligne est assuré par une seule pompe.

Comme pour SP9, il convient d'augmenter le nombre de pompes pour réduire la puissance unitaire, avoir plus de souplesse d'exploitation et un meilleur choix du nombre de transformateurs.

Il est donc proposé (2+1 secours) pour chaque ligne de refoulement.

Les débits unitaires seront de 248 l/s et 123 l/s respectivement pour la ligne de refoulement vers le réservoir du Col de Dirah et pour la ligne de refoulement vers le réservoir de Sour El Ghozlane.

La puissance unitaire sera respectivement de 710 kW et 200 kW.

## Chapitre VI : Vérifications et Améliorations proposées

<b>SP10 - CARACTERISTIQUE</b>	<b>VERS COL DE DIRAH</b>	<b>VERS SOUR EL GHOZLANE</b>
<i>Nombre de groupes électropompes</i>	2+1 (réserve)	2+1 (réserve)
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi</i>	248	123
<i>Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)</i>	470	130
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70%	70%
<i>Puissance absorbée aux bornes (KW)</i>	671	186
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	710	200

**Tableau 6.3.3-1 : Variante caractéristiques SP10 avec (2+1) groupes**

Les diamètres des collecteurs restent inchangés.

### 4. La Simulation et la vérification de l'écoulement sur EPANET

Pour mieux observer les vitesses dans les conduites, la pression dans les nœuds, nous avons opté pour une simulation et vérification sur le logiciel EPANET.

#### EPANET

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Un réseau est un ensemble de tuyaux, nœuds (jonctions de tuyau), pompes, vannes, bâches et réservoirs. EPANET calcule le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs, et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau. [EPANET 2.0 Simulation hydraulique et qualité pour les réseaux d'eau sous pression]

EPANET a pour objectif une meilleure compréhension de l'écoulement et de l'usage de l'eau dans les systèmes de distribution. Il peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse des systèmes de distribution. En voici quelques exemples: définition d'un programme de prélèvement d'échantillons, calage d'un modèle hydraulique, simulation du chlore résiduel, et estimation de l'exposition de la population à une substance. EPANET offre une aide à la recherche de stratégies alternatives pour gérer le réseau, comme par exemple:

- utilisation en alternance des différentes ressources du système,
- modifier le régime de pompage ou de marnage des réservoirs,
- préciser l'usage des stations de rechloration (ou autres retraitements) en réseau,

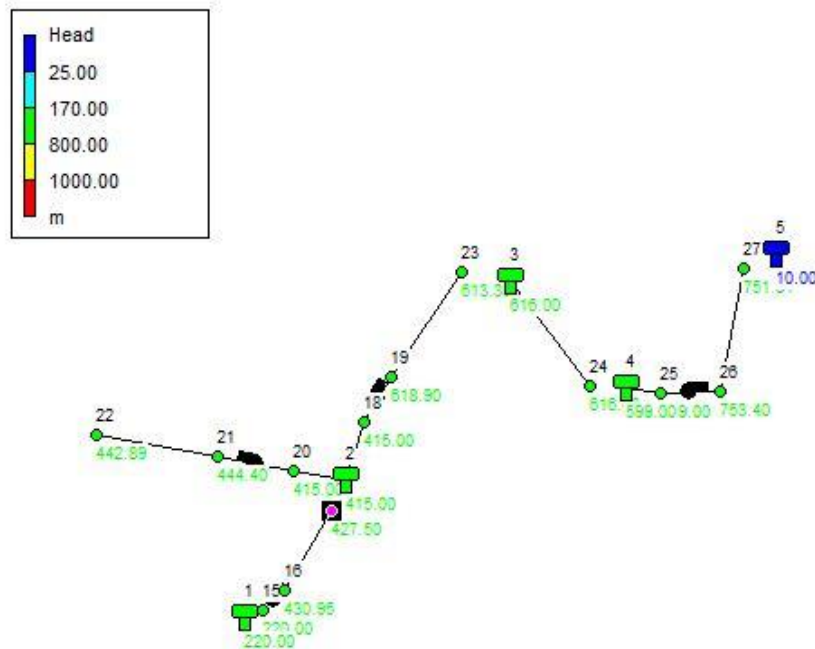
## Chapitre VI : Vérifications et Améliorations proposées

- planifier l'entretien et le remplacement de certaines canalisations.

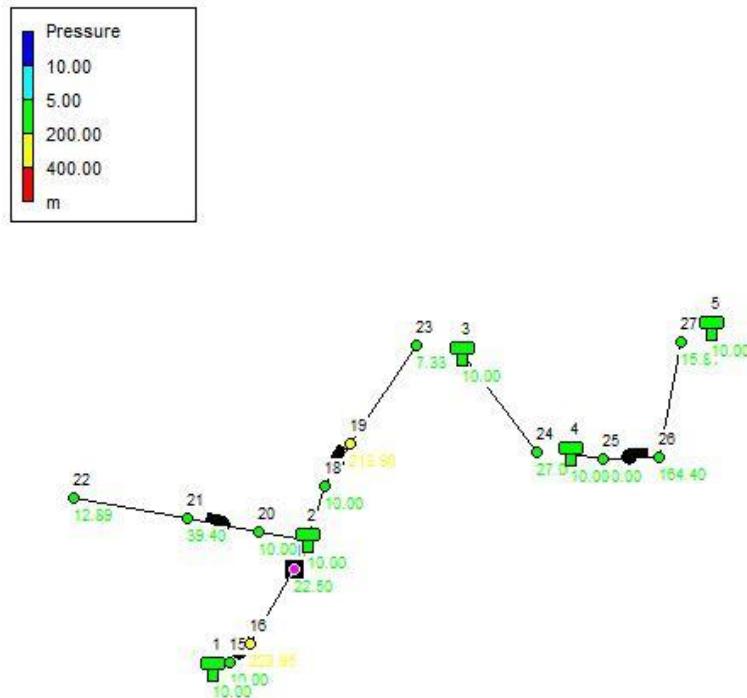
EPANET fournit un environnement intégré pour l'édition de données de réseau, pour l'exécution de simulations hydrauliques et de simulations qualité, et pour l'affichage des résultats sous plusieurs formats (des cartes avec des codes couleurs, des tableaux et des graphiques).

### Les Schémas :

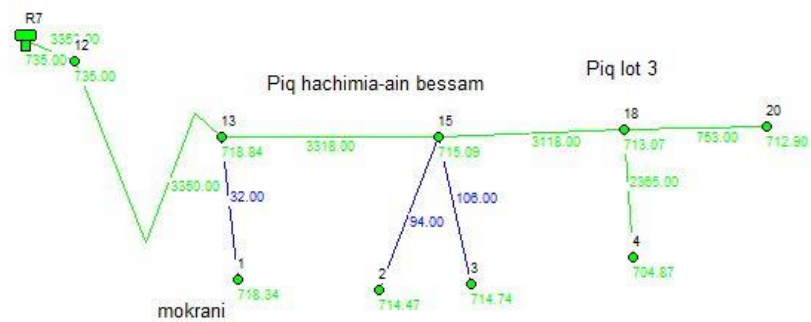
Les Schémas des différents tronçons sont représentés dans les figures qui suivent, On va utiliser ce logiciel pour faire la comparaison entre les différentes variantes proposé.



**Figure 6. 4-1 Tronçon Sp1-R7 Avec Variante de changement de nombres de pompes pour Sp4 et Sp6**



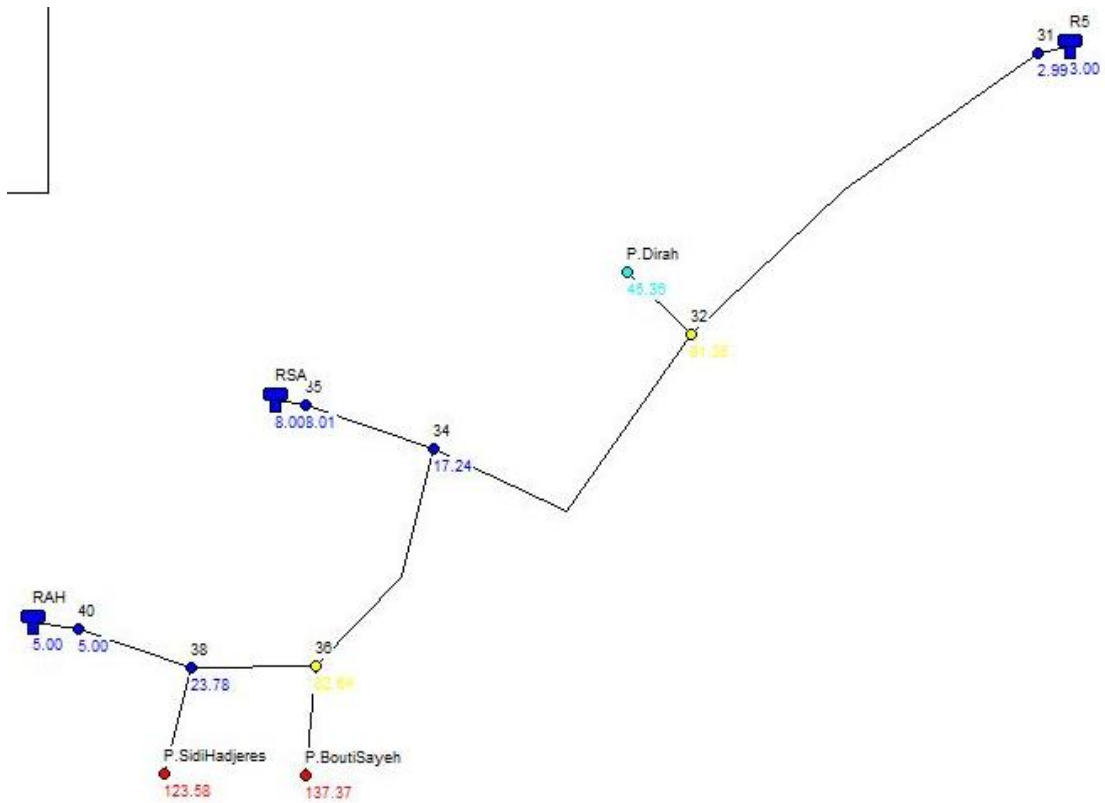
**Figure 6.4-2 Tronçon Sp1-R7 Avec Variante initial de pompes pour Sp4 et Sp6**



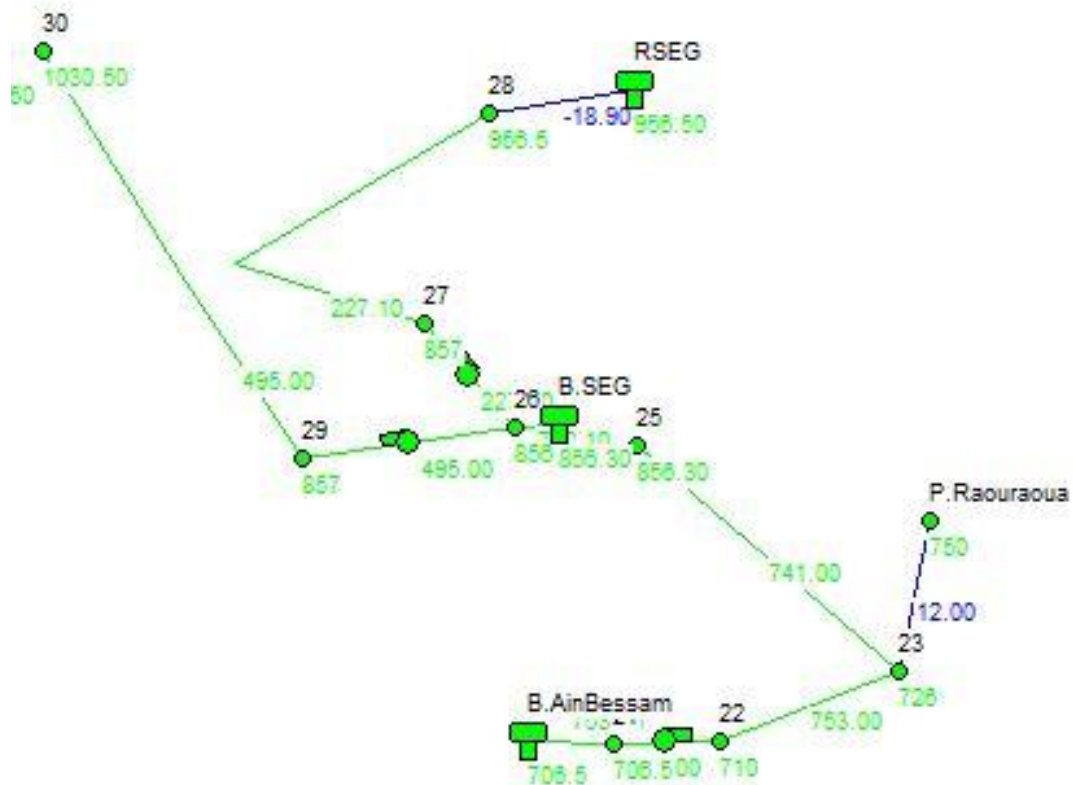
**Figure 6.4.3 Tronçon R7-B9 Avec Variante de changement de Diamètre (1600 DN)**



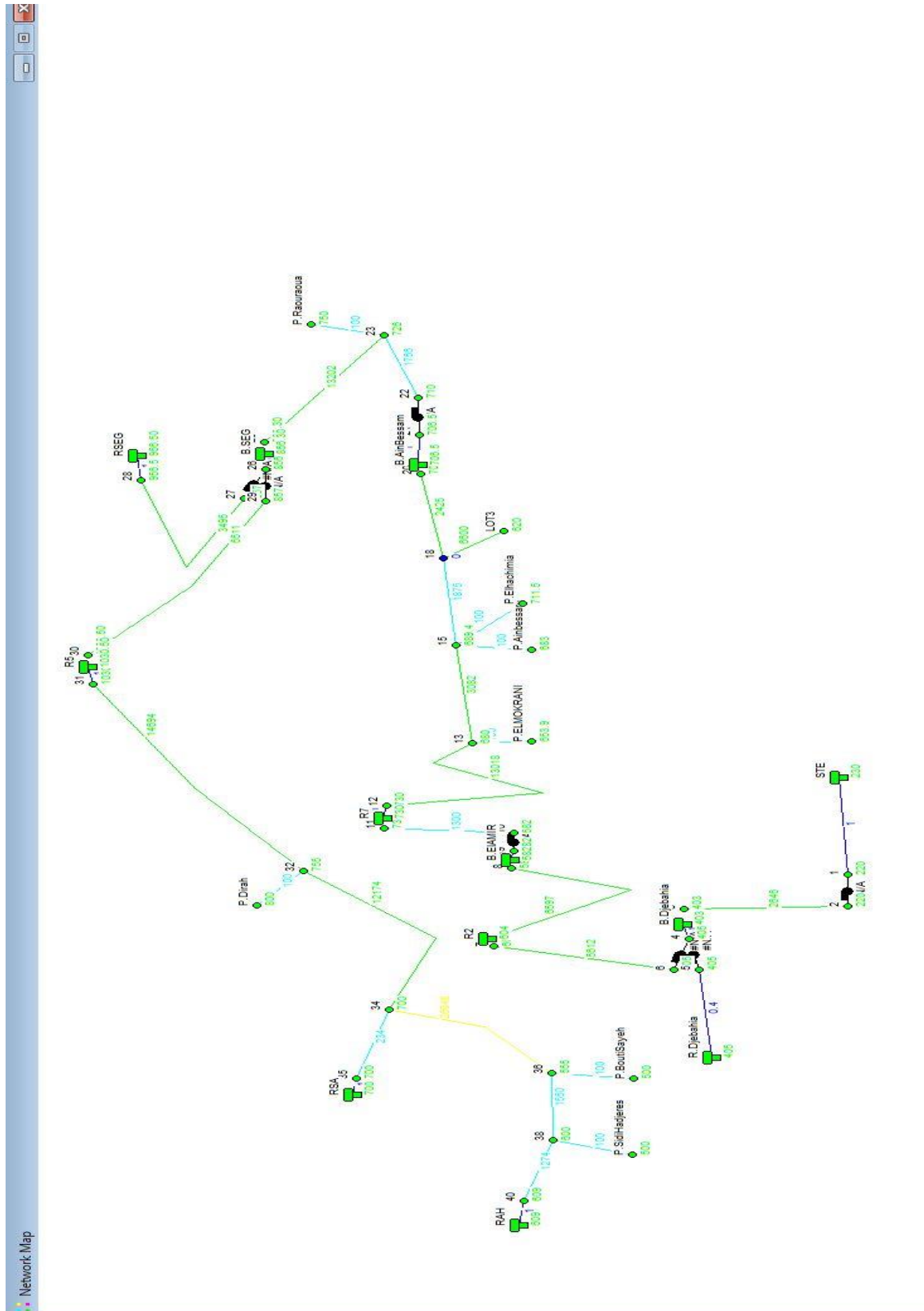
**Figure 6.4-4 Tronçon R7-B9 Avec Variante de changement de Diamètre (1800 DN)**



**Figure 6.4-5 Tronçon R7-B9 Avec Variante de changement de Diamètre (1600 DN)**



**Figure 6.4-6 Tronçon B90-R5 Avec Variante de pompes pour Sp9 et Sp10**



**Figure 6.4-7 la vérification pour tout le projet**



### **5. Conclusion**

Certains de nos solutions proposées ne sont pas réalisables à cause des problèmes techniques et administratifs.

Les solutions techniques économiques réalisables seront détaillées dans le chapitre suivant.

# Chapitre VII

Les Variantes et L'étude  
Technico-Economique

Technico-Economique

## Chapitre VII : Les Variantes et L'étude Technico-Economique

### 1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons évoquer les variantes économiques proposées en détails aussi une étude technico-économique sera présentée afin de faire le meilleur choix entre nos différentes variantes.

### 2. Les Variantes Proposé

Certaines de variantes que nous allons proposer dans ce qui suite seront réalisées en jouant sur le calcul du diamètre économique de quelques tronçons ainsi que sur le nombre et la puissance des pompes des stations de pompage du tronçon des conduites alimentées par refoulement.

#### 2.1. Changement du diamètre des conduites

Nous présentons les tronçons concernées par les modifications ainsi que les variantes proposées :

##### 2.1.1. Tronçon R7-B9 :

TRONÇON	LONG. (M)	DEBIT A TRANSITER (L/s)	COTE DEPART (M)	COTE ARRIVEE (M)	DN 1800			DN 1600 (PROPOSE*)		
					PERTE DE CHARGE (M/KM)	LIGNE PIEZO AVAL (M)	PRESSION RESIDUELLE	PERTE DE CHARGE (M/KM)	LIGNE PIEZO AVAL (M)	PRESSION RESIDUELLE
R7 - SP9	20401				15,00			24,93		
R7 - B25 (Piquage SEK - El Mokrani)	13018	3353	736	654	8,79	723,21	69,21	16,11	719,89	61,89
B25 - b26 (Piquage Ain Bessem)	3082	3321	654	689	2,04	721,17	32,17	3,74	716,15	23,15
B26 - B9 (Départ lot 3)	1875	3121	589	688,9	1,10	720,07	31,17	2,01	714,14	21,24

**Tableau 7.2.1.1-1 Comparaison entre les 2 variantes du tronçon R7 - SP9**

##### 2.1.2. Tronçon R5 – Ain El Hadjel

TRONÇON	LONG. (M)	DEBIT TRANSITER (L/s)	DN (MM)	VITESSE (M/s)	PERTE DE CHARGE (M/KM)	DN (MM)	VITESSE (M/s)	PERTE DE CHARGE (M/KM)
<i>R5 - Ain El Hadjel</i>	55739							
<i>R5 - Sidi Aissa</i>	26868	495	600	1,75	4,48	500	2,52	11,51

## Chapitre VII : Les Variantes et L'étude Technico-Economique

<i>Sidi Aissa - Ain El Hadjel</i>	28871	217	500	1,11	2,26	400	1,73	7,17
-----------------------------------	-------	-----	-----	------	------	-----	------	------

**Tableau 7.2.1.2-2 Comparaison entre les 2 variantes du tronçon R5 – Ain El Hadjel**

### 2.2. Changement du fonctionnement des stations de pompage

Nous allons présenter les différentes variantes proposées pour le fonctionnement des stations de pompages

#### 2.2.1. Stations de pompage SP4

SP4 GEOMETRIE	VERS R2	VERS R2
	(4+1)	(3+1)
<i>Niveau haut /bâche d'aspiration SP4 (m NGA)</i>	411,8	411,8
<i>Niveau bas /bâche d'aspiration SP4 (m NGA)</i>	406,1	406,1
<i>Niveau haut à l'arrivée (m NGA)</i>	610	610
<i>Niveau bas à l'arrivée (m NGA)</i>	606,3	606,3
<i>Hauteur géométrique maximum (m)</i>	203,9	203,9
<i>Hauteur géométrique minimum (m)</i>	194,5	194,5
<i>Longueur de la conduite (m)</i>	5612	5612
<i>DN de la conduite de refoulement (mm)</i>	1800/1600	1800/1600
<b>SP4 - HYDRAULIQUE</b>		
<i>Débit de dimensionnement (l/s)</i>	3353	3353
<i>Hauteur manométrique totale maximum (mCE)</i>	211	211
<b>SP4 - CARACTERISTIQUE</b>		
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi</i>	838	1118
<i>Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)</i>	1735	2503
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70%	70%
<i>Puissance absorbée aux bornes (KW)</i>	2479	3290
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	2700	3400
<i>Transformateurs pour un moteur (KV)</i>	2500	3200
<i>Aspiration Individuelle (Vanne + Joint de démontage)</i>	DN 900	DN 1000
<i>Refoulement Individuel (Vanne, clapet, Joint de démontage)</i>	DN 700	DN 900

**Tableau 7.2.2.1-1 Comparaison entre les 2 variantes du fonctionnement de Sp4**

## Chapitre VII : Les Variantes et L'étude Technico-Economique

### 2.2.2. Stations de pompage SP6

SP6 GEOMETRIE	VERS R7	VERS R7
	(4+1)	(3+1)
Niveau haut /bâche d'aspiration SP6 (m NGA)	589,1	589,1
Niveau bas /bâche d'aspiration SP6 (m NGA)	583,6	583,6
Niveau haut à l'arrivée (m NGA)	738	738
Niveau bas à l'arrivée (m NGA)	734,3	734,3
Hauteur géométrique maximum (m)	154,4	154,4
Hauteur géométrique minimum (m)	145,2	145,2
Longueur de la conduite (m)	1300	1300
DN de la conduite de refoulement (mm)	1600	1600
<b>SP6 - HYDRAULIQUE</b>		
Débit de dimensionnement (l/s)	3353	3353
Hauteur manométrique totale maximum (mCE)	156.1	156.1
<b>SP6 - CARACTERISTIQUE</b>		
Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi	838	1118
Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)	1283	1712
Rendement global moyen d'un groupe	70%	70%
Puissance absorbée aux bornes (KW)	1834	2446
Puissance nominale d'un moteur (KW)	2000	2700
Transformateurs pour un moteur (KV)	2500	2500
Aspiration Individuelle (Vanne + Joint de démontage)	DN 900	DN 1000
Refoulement Individuel (Vanne, clapet, Joint de démontage)	DN 700	DN 900

**Tableau 7.2.2.2-2 Comparaison entre les 2 variantes du fonctionnement de Sp6**

### 2.2.3. Stations de pompage SP9

SP9 GEOMETRIE	VERS SP10	VERS SP10
	(1+1)	(3+1)
Niveau haut /bâche d'aspiration SP9 (m NGA)	711.30	711.30
Niveau bas /bâche d'aspiration SP9 (m NGA)	707.90	707.90

## Chapitre VII : Les Variantes et L'étude Technico-Economique

Niveau haut à l'arrivée (m NGA)	861.30	861.30
Niveau bas à l'arrivée (m NGA)	858.60	858.60
Hauteur géométrique maximum (m)	153.40	153.40
Hauteur géométrique minimum (m)	147.30	147.30
Longueur de la conduite (m)	14958	14958
DN de la conduite de refoulement (mm)	900	900
<b>SP9 - HYDRAULIQUE</b>		
Débit de dimensionnement (l/s)	753	753
Hauteur manométrique totale maximum (mCE)	181.08	181.08
<b>SP9 - CARACTERISTIQUE</b>		
Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi	753	251
Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)	1338	430
Rendement global moyen d'un groupe	70%	70%
Puissance absorbée aux bornes (KW)	1911	615
Puissance nominale d'un moteur (KW)	2200	710
Transformateurs pour un moteur (KVA)	1250	1250
Aspiration Individuelle (Vanne + Joint de démontage)	DN 800	DN 500
Refoulement Individuel (Vanne, clapet, Joint de démontage)	DN 700	DN 400

**Tableau 7.2.2.3 1 Comparaison entre les 2 variantes du fonctionnement de Sp9**

### 2.2.4. Stations de pompage SP10

- *Sp10 Vers R5*

SP10 GEOMETRIE	VERS R5	VERS R5
	(1+1)	(2+1)
Niveau haut /bâche d'aspiration SP10 (m NGA)	861.30	861.30
Niveau bas /bâche d'aspiration SP10 (m NGA)	857.80	857.80
Niveau haut à l'arrivée (m NGA)	1036.00	1036.00
Niveau bas à l'arrivée (m NGA)	1032.75	1032.75
Hauteur géométrique maximum (m)	178.20	178.20

## Chapitre VII : Les Variantes et L'étude Technico-Economique

<i>Hauteur géométrique minimum (m)</i>	171.45	171.45
<i>Longueur de la conduite (m)</i>	6511	6511
<i>DN de la conduite de refoulement (mm)</i>	700	700
<b>SP10 - HYDRAULIQUE</b>		
<i>Débit de dimensionnement (l/s)</i>	496	496
<i>Hauteur manométrique totale maximum (mCE)</i>	198.67	198.67
<b>SP10 - CARACTERISTIQUE</b>		
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi</i>	496	248
<i>Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)</i>	967	470
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70 %	70%
<i>Puissance absorbée aux bornes (KW)</i>	1381	671
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	1500	710
<i>Transformateurs pour un moteur (KVA)</i>	1250	1250
<i>Aspiration Individuelle (Vanne + Joint de démontage)</i>	DN 800	DN 500
<i>Refoulement Individuel (Vanne, clapet, Joint de démontage)</i>	DN 600	DN 400

**Tableau 7.2.2.4-3 Comparaison entre les 2 variantes du fonctionnement de Sp10 Vers R5**

- *Sp10 Vers RSG*

<b>SP10 GEOMETRIE</b>	VERS RSG (1+1)	VERS RSG (2+1)
<i>Niveau haut /bâche d'aspiration SP10 (m NGA)</i>	861.30	861.30
<i>Niveau bas /bâche d'aspiration SP10 (m NGA)</i>	857.80	857.80
<i>Niveau haut à l'arrivée (m NGA)</i>	963.50	963.50
<i>Niveau bas à l'arrivée (m NGA)</i>	960.25	960.25
<i>Hauteur géométrique maximum (m)</i>	105.70	105.70
<i>Hauteur géométrique minimum (m)</i>	102,20	102,20
<i>Longueur de la conduite (m)</i>	3495	3495
<i>DN de la conduite de refoulement (mm)</i>	500	500
<b>SP9 - HYDRAULIQUE</b>		
<i>Débit de dimensionnement (l/s)</i>	246	246

<i>Hauteur manométrique totale maximum (mCE)</i>	122.25	122.25
<b>SP9 - CARACTERISTIQUE</b>		
<i>Débit d'une pompe (l/s) pour la H.M.T. maxi</i>	246	123
<i>Puissance théorique nécessaire/pompe (KW)</i>	295	130
<i>Rendement global moyen d'un groupe</i>	70 %	70%
<i>Puissance absorbée aux bornes (KW)</i>	421	186
<i>Puissance nominale d'un moteur (KW)</i>	450	200
<i>Transformateurs pour un moteur (KVA)</i>	1250	1000
<i>Aspiration Individuelle (Vanne + Joint de démontage)</i>	DN 500	DN 300
<i>Refolement Individuel (Vanne, clapet, Joint de démontage)</i>	DN 400	DN 300

**Tableau 7.2.2.4-2 Comparaison entre les 2 variantes du fonctionnement de Sp10 Vers RSG**

### 3. Etude Technico-Economique

#### 3.1. Méthode de Calcul

La méthode de calcul utilisée doit tenir compte du théorème suivant [Dupont, 1979] :

- Par refolement : des paramètres économiques et hydrauliques optimaux (Amortissement des installations et frais de pompage) ;
- Par gravitation : des paramètres hydrauliques (vitesse, pertes de charge, débit)

##### 3.1.1. Pour l'alimentation par Gravitation

Pour le dimensionnement des conduites dans les tronçons où l'écoulement se fait par gravité, la préoccupation principale est d'éviter à ce que le profil piézométrique coïncide avec le profil de la conduite, en effet la différence entre les deux doit être comprise entre 10 et 250 m.

Pour le choix du diamètre, nous commencerons par prendre une vitesse moyenne de 1m/s et en déduire le diamètre théorique correspondant, par la suite nous prendrons le diamètre commercial le plus approchant et vérifier si celui-ci vérifie toutes les conditions de vitesse et de pression.

##### 3.1.2. Pour l'alimentation par refolement

Lors d'un transfert par refolement, le choix du diamètre de la conduite passe par une étude technico-économique où intervient le coût de l'investissement et le coût de l'énergie du aux stations de pompage.

L'augmentation du diamètre aura pour conséquence une augmentation du prix d'investissement du projet, mais ce diamètre engendre des pertes de charge moindres ce qui donnera une consommation d'énergie moins importante.



## Chapitre VII : Les Variantes et L'étude Technico-Economique

### 3.1.2.1. Les Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement sont calculés comme suit :

$$Fa = PU * L * AM$$

Avec

$$AM = \frac{i}{(i+1)^n} + i$$

AM : l'amortissement annuel

i : le taux d'annuité

n : nombre d'année d'amortissement.

PU : le prix unitaire de la conduite (Da/ml)

L : la longueur de la conduite (m)

### 3.1.2.2. Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation sont calculés en passant par le calcul de la puissance (P) absorbée par la pompe en Watt (kW), puis le calcul de l'énergie consommée.

$$P = \frac{\rho * g * Hp * Q}{\eta}$$

Q: Debit (m3/s)

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

$\rho$ : La masse volumique de l'eau (kg/m<sup>3</sup>)

Hp : la hauteur de refoulement (m)

$\eta$ : Le rendement de la pompe (%).

$$E = t * 365 * P$$

E : l'énergie consommée par an (kWh).

t : nombre d'heures de pompage par jour.

$$Fe = E * e$$

e : le prix du kWh (DA).

### 3.1.3. Le coût global

Le coût global est la somme des frais d'amortissement et ceux de l'exploitation.

$$Cg = Fa + Fe$$

## Chapitre VII : Les Variantes et L'étude Technico-Economique

### 3.2. Application numérique :

i : le taux d'annuité	0.08
n : nombre d'année d'amortissement	20
PU : le prix unitaire de la conduite (Da/ml)	Annexe
e : le prix du kWh (DA)	4.179

**Tableau 7.3.2-1 Paramètres économique**

#### ✧ Par Gravitation

##### 3.2.1. Tronçon R7-B9 :

	<b>DN1800</b>	<b>DN1600</b>
<i>R7 - B25 (Piquage SEK - El Mokrani) (ml)</i>	13018	13018
<i>B25 - b26 (Piquage Ain Bessem) (ml)</i>	3082	3082
<i>B26 - B9 (Départ lot 3) (ml)</i>	1875	1875
<b>PU (DA/ml)</b>	<b>188,014.25</b>	<b>179,515.69</b>

PROFIT (DA) **152,761,616.00**

**Tableau 7.3.2.1-1 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du tronçon R7 - SP9**

##### 3.2.2. Tronçon R5 – Ain El Hadjel

	<b>DN600</b>	<b>DN500</b>
<i>R5-B70 (piquage Sidi Aissa) (ml)</i>	26868	26868
<i>PU (DA/ml)</i>	29386.11	22757.64
<b>Cg (DA)</b>	<b>789,546,003.48</b>	<b>611,452,271.52</b>

PROFIT (DA) **178,093,731.96**

**Tableau 7.3.2.2-2 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du tronçon R5-B70**

	<b>DN500</b>	<b>DN400</b>
<i>B70 (piquage Sidi Aissa) - RAH(ml)</i>	28871	28871
<i>PU (DA/ml)</i>	22757.64	18217.08

## Chapitre VII : Les Variantes et L'étude Technico-Economique

<b>Cg (DA)</b>	<b>657,035,824.44</b>	<b>525,945,316.68</b>
----------------	-----------------------	-----------------------

PROFIT (DA) **131,090,507.76**

Tableau 7.3.2.2-2 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du tronçon B70-RAH

### ↗ Par Refoulement

#### 3.2.3. Stations de pompage SP4 Vers R2

	SP4 VERS R2	
	(4+1)	(3+1)
<b>P (KW)</b>	13500	13600
<b>t (ans)</b>	20	20
<b>e (DA)</b>	4.179	4.179
<b>Fe (DA)</b>	<b>411,840,450.00</b>	<b>414,891,120.00</b>
<b>DN (mm)</b>	1600	1600
<b>L (m)</b>	5612	5612
<b>AM</b>	0.097163857	0.097163857
<b>i</b>	0.08	0.08
<b>n (ans)</b>	20	20
<b>Pu (DA/ml)</b>	179,515.69	179,515.69
<b>Fa (DA)</b>	<b>97,886,955.09</b>	<b>97,886,955.09</b>
<b>Cg (DA)</b>	<b>509,727,405.09</b>	<b>512,778,075.09</b>

PROFIT (DA) **(-3,050,670.00)**

Tableau 7.3.2.3.1 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du SP4 vers R2

#### 3.2.4. Stations de pompage SP6 vers R7

	SP6 VERS R7	
	(4+1)	(3+1)
<b>P (KW)</b>	10000	10800
<b>t (ans)</b>	20	20
<b>e (DA)</b>	4.179	4.179
<b>Fe (DA)</b>	<b>305,067,000.00</b>	<b>329,472,360.00</b>
<b>DN (mm)</b>	1600.00	1600.00
<b>L (m)</b>	1300.00	1300.00
<b>AM</b>	0.097163857	0.097163857
<b>i</b>	0.08	0.08
<b>n (ans)</b>	20	20
<b>Pu (DA/ml)</b>	179,515.69	179,515.69
<b>Fa (DA)</b>	<b>22,675,167.79</b>	<b>22,675,167.79</b>
<b>Cg (DA)</b>	<b>327,742,167.79</b>	<b>352,147,527.79</b>

PROFIT (DA) **(-24,405,360.00)**

Tableau 7.3.2.4.1 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du SP6 vers R7

## Chapitre VII : Les Variantes et L'étude Technico-Economique

### 3.2.5. Stations de pompage SP9 vers SP10

	<b>SP9 VERS SP10</b>	
	(1+1)	(3+1)
<i>P (KW)</i>	4400	2840
<i>t (ans)</i>	20	20
<i>e (DA)</i>	4.179	4.179
<b><i>Fe (DA)</i></b>	<b>134,229,480.00</b>	<b>86,639,028.00</b>
<i>DN (mm)</i>	900.00	900.00
<i>L (m)</i>	14958.00	14958.00
<i>AM</i>	0.097163857	0.097163857
<i>i</i>	0.08	0.08
<i>n (ans)</i>	20	20
<i>Pu (DA/ml)</i>	55330.02	55330.02
<b><i>Fa (DA)</i></b>	<b>80,415,376.65</b>	<b>80,415,376.65</b>
<b><i>Cg (DA)</i></b>	<b>214,644,856.65</b>	<b>167,054,404.65</b>
<b>PROFIT (DA) 47,590,452.00</b>		

Tableau 7.3.2.5.1 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du SP9 vers SP10

### 3.2.6. Stations de pompage SP10 vers R5

	<b>SP10 VERS R5</b>	
	(1+1)	(2+1)
<i>P (KW)</i>	3000	2130
<i>t (ans)</i>	20	20
<i>e (DA)</i>	4.179	4.179
<b><i>Fe (DA)</i></b>	<b>91,520,100.00</b>	<b>64,979,271.00</b>
<i>DN (mm)</i>	700.00	700.00
<i>L (m)</i>	6511.00	6511.00
<i>AM</i>	0.10	0.10
<i>i</i>	0.08	0.08
<i>n (ans)</i>	20.00	20.00
<i>Pu (DA/ml)</i>	39309.75	39309.75
<b><i>Fa (DA)</i></b>	<b>24,868,679.28</b>	<b>24,868,679.28</b>
<b><i>Cg (DA)</i></b>	<b>116,388,779.28</b>	<b>89,847,950.28</b>
<b>PROFIT (DA) 26,540,829.00</b>		

Tableau 7.3.2.6.1 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du SP10 vers R5

## Chapitre VII : Les Variantes et L'étude Technico-Economique

### 3.2.7. Stations de pompage SP10 vers R5

	SP10 VERS RSG	
	(1+1)	(2+1)
<i>P (KW)</i>	900	600
<i>t (ans)</i>	20	20
<i>e (DA)</i>	4.12	4.12
<i>Fe (DA)</i>	<b>27,068,400.00</b>	<b>18,045,600.00</b>
<i>DN (mm)</i>	500.00	500.00
<i>L (m)</i>	3495.00	3495.00
<i>AM</i>	0.10	0.10
<i>i</i>	0.08	0.08
<i>n (ans)</i>	20.00	20.00
<i>Pu (DA/ml)</i>	22757.64	22757.64
<i>Fa (DA)</i>	<b>7,728,214.14</b>	<b>7,728,214.14</b>
<i>Cg (DA)</i>	<b>34,796,614.14</b>	<b>25,773,814.14</b>
	<b>PROFIT (DA) 9,022,800.00</b>	

Tableau 7.3.2.7.1 Comparaison Eco-technique entre les 2 variantes du SP10 vers RSG

#### 4. Comparaison technico-économique entre les Différents variantes

Pour le choix de la variante la mieux adaptée, une comparaison technico-économique d'impose, les calculs effectués précédemment faciliteront cette tâche.

##### 4.1. Comparaison Economique

Après la réalisation de notre étude nous avons constaté que certaines de nos variant sont économiquement profitable dégagent ainsi un profit alors que d'autre pourrait engendrer des pertes financières.

Les variantes rentables :

- DN 1600 pour le tronçons R7-B9 Avec un profit de **152,761,616.00** DA
- DN 500 pour le tronçons R5-B70 Avec un profit de **178,093,731.96** DA
- DN 400 pour le tronçons B70- RAH Avec un profit de **131,090,507.76** DA
- Changement de nombres des pompes Stations de pompage SP9 vers SP10 Avec un profit de **47,590,452.00** DA
- Changement de nombres des pompes Stations de pompage SP10 vers R5 Avec un profit de **26,540,829.00** DA
- Changement de nombres des pompes Stations de pompage SP10 vers RSG Avec un profit de **9,022,800.00** DA

Nous devons présent vérifier ces variantes d'un point de vue technique

##### 4.2. Comparaison Technique

L'avantage des variantes Concerné le fonctionnement des stations des pompages est que :

## Chapitre VII : Les Variantes et L'étude Technico-Economique

---

Quand on augmente le nombre de pompes la puissance unitaire réduite aussi on va avoir plus de souplesse d'exploitation et un meilleur choix du nombre de transformateurs.

L'avantage des variantes Concerné le changement des diamètres des conduites du tronçon R5 – Ain El Hadjel est que :

Même avec le changement du diamètre, la limitation de la pression sur ce tronçon est nécessaire ; La charge résiduelle est très importante. Il est possible d'envisager la réduction du diamètre de cette conduite. Toutefois, la vitesse d'écoulement et les pertes de charge seront relativement importantes sur le premier tronçon tout en restant admissibles pour les conduites en fonte.

L'avantage des variantes Concerné le changement des diamètres des conduites du tronçon R7-B9 est que :

La pression Résiduelle va rester suffisante pour assurer l'alimentation du lot 3

### 4.3. Résultat de L'Etude Technico-Economique

On va réduire la diamètre de conduit du tronçon R7-B9 (1600 mm) , aussi on va réduire les diamètres des conduites du tronçon R5-Ain El Hadjel , A la fin on va appliquer la changement des nombres des pompes sur tous les stations de pompage sauf ( Sp4 et Sp6) .

Avec ce solution le cout de projet va réduire avec **545,099,936.72 DA = 5.5 M€**

## 5. Conclusion

Nous avons constaté que les couts prévue par l'étude proposée par l'ANBT pouvaient être réduits, Quelques variantes que nous avons proposées ne sont pas rentables, ces solutions seront refusées

Et L'étude technico-économique nous permettra de choisir la bonne variante qui nous permettra de réaliser des économies sur ce projet.

**Conclusion**

**Générale**

**REU6LS16**

## CONCLUSION GENERALE

---

Après la vérification de l'étude initiale du projet, principalement par rapport à l'estimation de la population et la demande d'eau nous avons trouvé que l'étude nécessitait une actualisation afin que le projet soit réalisable et réponde au besoin de l'horizon 2020.

Suite à l'actualisation nous avons adapter le projet aux besoins futures en redimensionnant les réservoirs existant, en vérifions le dimensionnement des conduites réalisés par l'APD et on actualisons les matériaux utilisés pour les conduites ,nous avons aussi observer que les tracés devait subir une modification à cause de la nature du terrain ,puis nous avons vérifié le fonctionnement des stations de pompage et proposé quelques solutions afin d'améliorer ce fonctionnement .

Nous avons aussi calculé la protection nécessaire contre le coup de bélier sur les tronçons les plus importants grâce au logiciel CEBILMAIL.

Quelques variantes ont aussi été proposé afin d'améliorer ce projet d'un point de vue technique et économique nous avons ensuite sélectionnées celle qui pouvait être rentable puis valider leur réalisation grâce au logiciel EPANET.

A fin de notre travail on est arrivé à notre objective (essayer d'améliorer ce projet) ;

Et nous avons réussi à trouver les différentes variantes qui nous rendent capables de faire de ce projet un bénéfice de 550 millions de dinars algérien qui a considéré comme un très grand nombre peut être réalisable.



# Bibliographie

---

## Liste des livres

[L1] DUPONT.A (1979) : HYDRAULIQUE URBAINE, OUVRAGES DE TRANSPORT, ELEVATION ET DISTRIBUTION DES EAUX TOME 2, EDITION EYROLLES, PARIS.

[L2] DUPONT. A (1979-1981) : HYDRAULIQUE URBAINE, HYDROLOGIE-CAPTAGE ET TRAITEMENT DES EAUX, OUVRAGES DE TRANSPORT, ELEVATION ET DISTRIBUTION DES EAUX, PARIS EYROLLES.

[L3] DUPONT.A (1988) : HYDRAULIQUE URBAINE, OUVRAGES DE TRANSPORT, ELEVATION ET DISTRIBUTION DES EAUX TOME 2, 6EME EDITION EYROLLES, PARIS.

[L4] Mlle.BENMAMAR SAIDA (2013): HYDRODYNAMIQUE STATIQUE

[L5] Mlle.BENMAMAR SAIDA (2013): ALIMENTATION EN EAUX POTABLE

[L6]HEBBOUDJ.R & SEGHOUANI.N (2013) : MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

[L7] CEBELMAIL MANUAL GUIDE

[L8]EPANET MANUAL GUIDE

[L9]GARR M. JONES PE DEE, ROBERT L. SANKS PHD PE (2008):PUMPING STATION DESIGN

[L10]Mlle.BENMAMER SAIDA (2013): CALCUL DE PROTECTION CONTRE COUP DE BELIER

## Liste des sites internet et liens

[S0] <http://www.dcwboaira.dz/>

[S1] <http://wilaya-bouira.dz/>

[S2] <http://www.msila-dz.org/>

[S3] <http://www.peri.com/>

[S4] <http://www.geohive.com/>

## Liste des Logiciels utilisés

[G1] Feuille Microsoft Office Excel 2007

[G2] MATLAB 7.8.0 (R2009a) [MATrix LABoratory]

[G3] EPANET 2.0

[G4] CEBELMAIL 3.2.1

[G5] AutoCAD 2012

[G6] Google Earth

## Bibliographie

---

### **Autres supports**

AGENCE NATIONALE DE L'EAU POTABLE ET INDUSTRIELLE ET DE  
L'ASSAINISSEMENT

L'AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES EN EAU

SONELGAZ

ANBT : LES DONNEES DE BARRAGE KOUDIET

### Liste Des Annexes

**Annexe 1 : Carte pluviométrique de l'aire de l'étude**

**Annexe 2 : le tracé Après l'actualisation et la modification**

**Annexe 3 : Schéma Verticale du tracé**

**Annexe 4 : Les Plans des Réservoirs tampons**

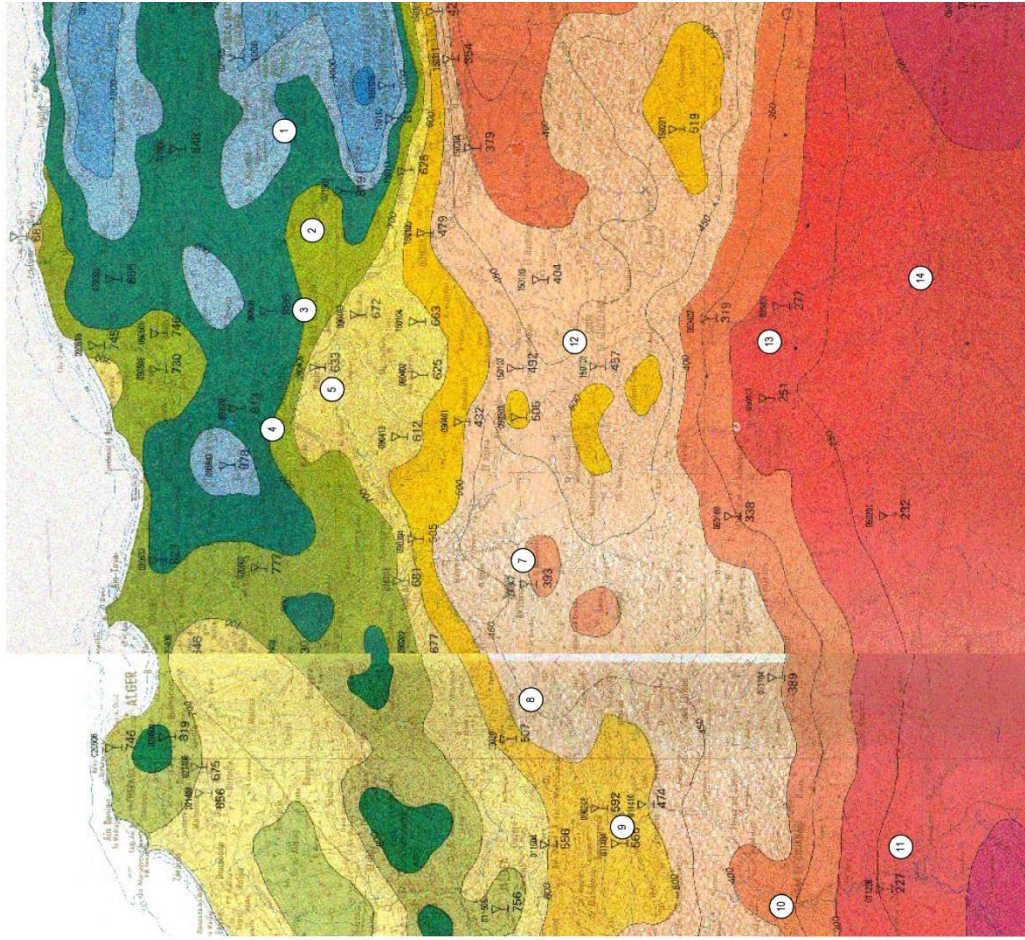
**Annexe 5 : Evaluation sommaire de la variante changement du nombre de pompes des 4 stations.**

**Annexe 6 : Les Résultats de la Simulation Sur CEBELMAIL**

**Annexe 7 : Les Prix Unitaire Pour Les Conduites (DA/ml)**

Annexe 1 - Carte pluviométrique de l'aire de l'étude

**CARTE PLUVIOMETRIQUE**  
Moyennes annuelles 1922-1960 / 1969-1989



Avril 2002

**LEGENDE**

Graduation des isohyètes	Plage de pluviosité	Graduation des isohyètes	Plage de pluviosité
150 mm	moins de 200 mm	750 mm	de 600 à 700 mm
200 mm	de 200 à 300 mm	800 mm	de 700 à 800 mm
250 mm	de 300 à 400 mm	900 mm	de 800 à 900 mm
300 mm	de 400 à 500 mm	1000 mm	de 900 à 1000 mm
350 mm	de 500 à 600 mm	1200 mm	de 1000 à 1200 mm
400 mm	de 600 à 700 mm	1400 mm	de 1200 à 1400 mm
450 mm	de 700 à 800 mm	1600 mm	de 1400 à 1600 mm
500 mm	de 800 à 900 mm	1800 mm	de 1600 à 1800 mm
600 mm	de 900 à 1000 mm	2000 mm	plus de 1800 mm

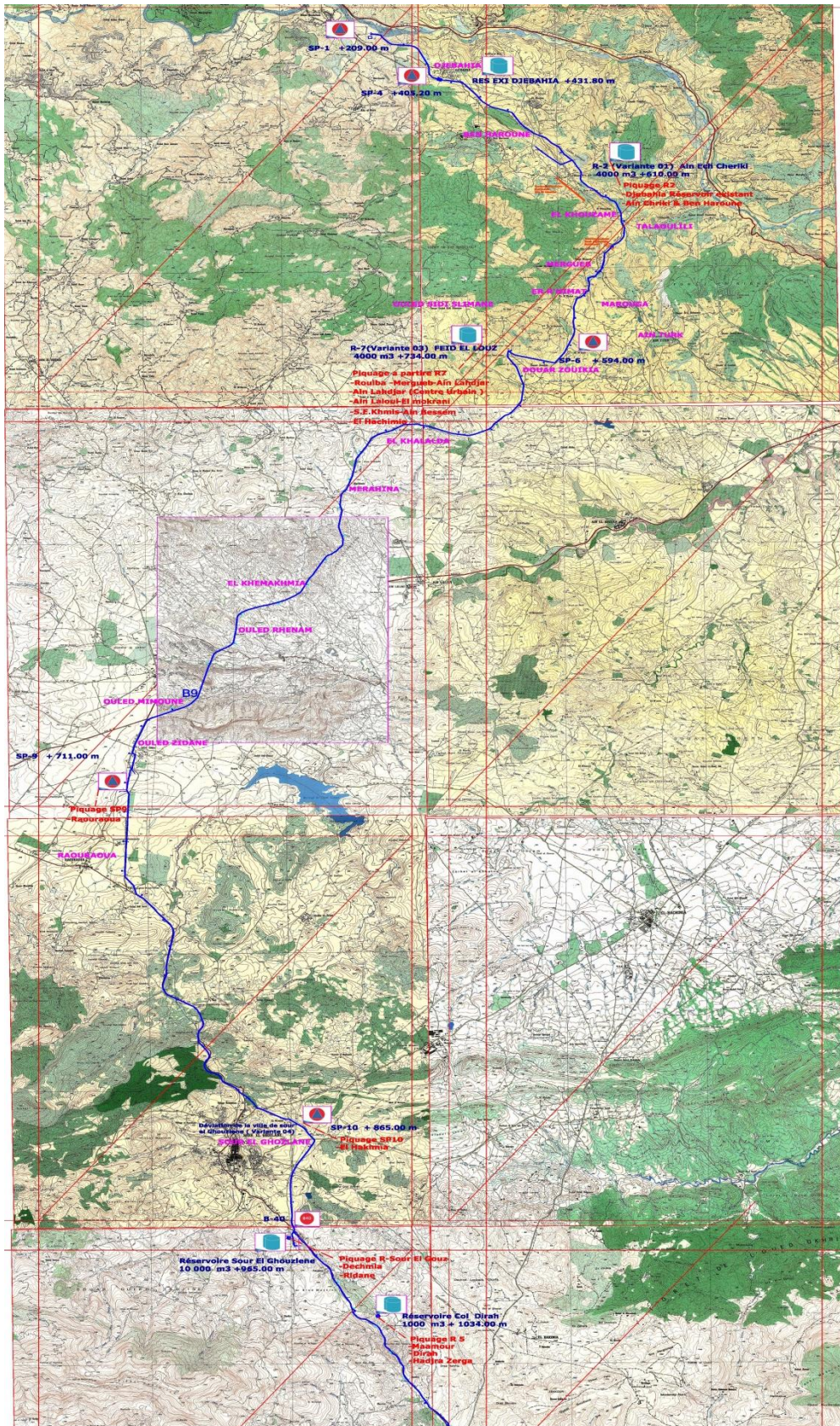
**Symboles**  
 (code de l'état) a° de l'Etat de l'Algérie (1° partie)  
 Pluviosité  
 733 Pluie moyenne interannuelle en millimètres.

- |                  |                      |
|------------------|----------------------|
| 1: Ouadhia       | 8: El Omria          |
| 2: Boghni        | 9: Berrouaghia       |
| 3: Dira el Mizan | 10: Ksar El Boukhari |
| 4: Lakhdaria     | 11: Boughzoul        |
| 5: Kadiria       | 12: Sour El Ghozlane |
| 6: Tablat        | 13: Sidi Aissa       |
| 7: Ben Slimane   | 14: Ain El Hadjel    |

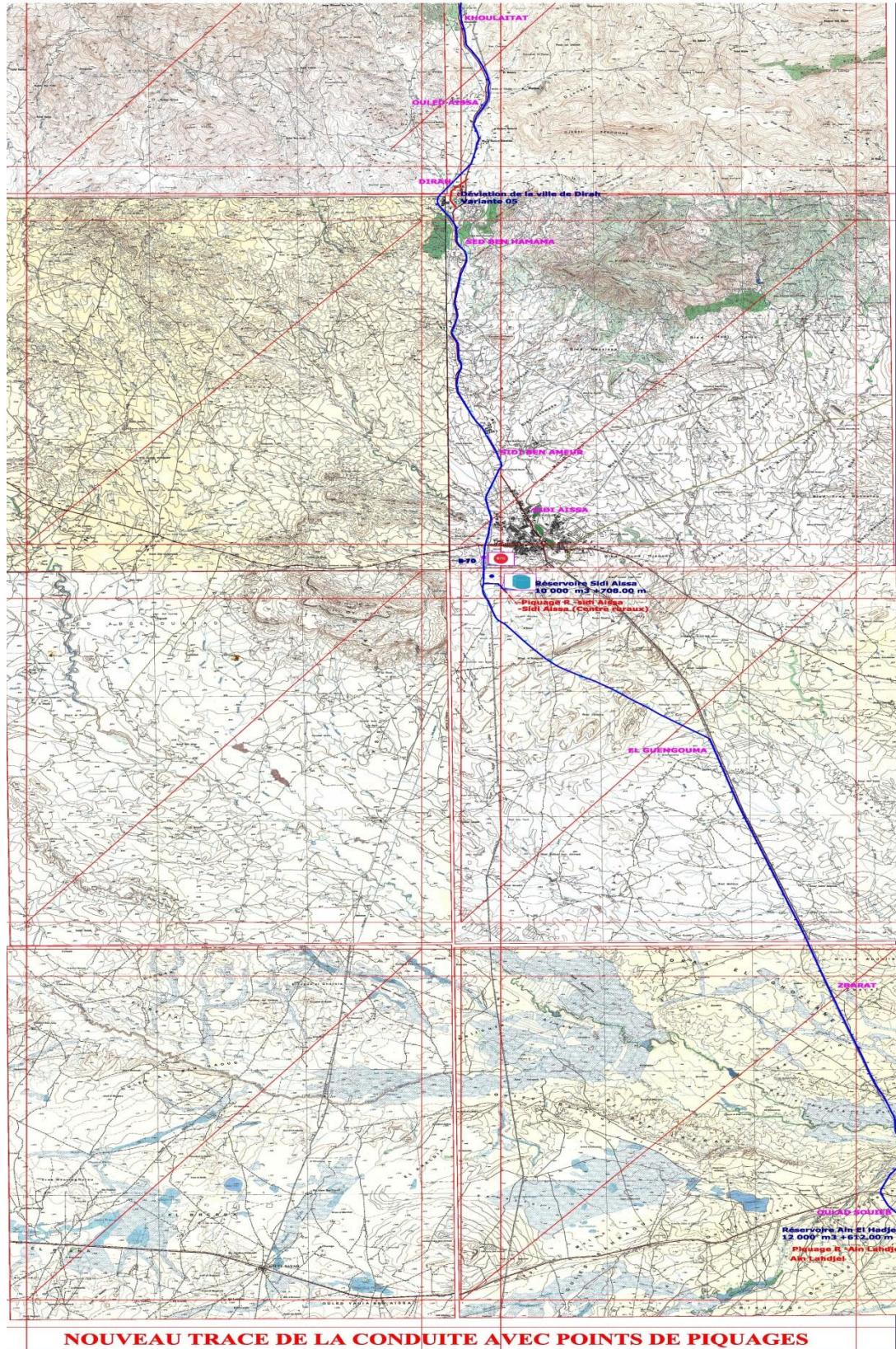
# Annexes

## Annexe 2 – le tracé Après l'actualisation et la modification

### Annexe 2.1 – Partie 1 du tracé Après l'actualisation et la modification



### Annexe 2.2 Partie 2 du tracé Après l'actualisation et la modification



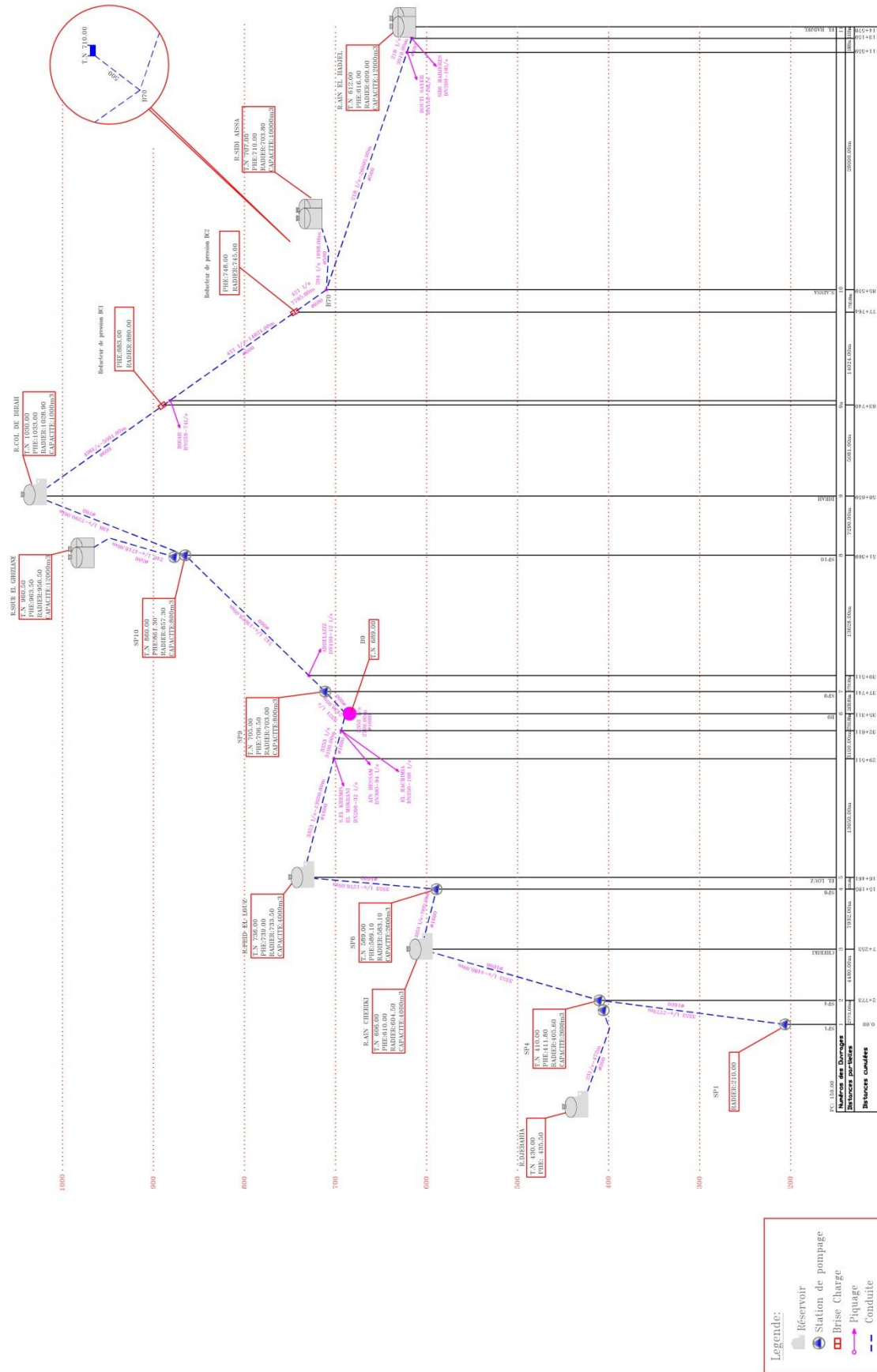
**NOUVEAU TRACE DE LA CONDUITE AVEC POINTS DE PIQUAGES**

**LEGENDE**

-  **Réservoir**
-  **Station de pompage**

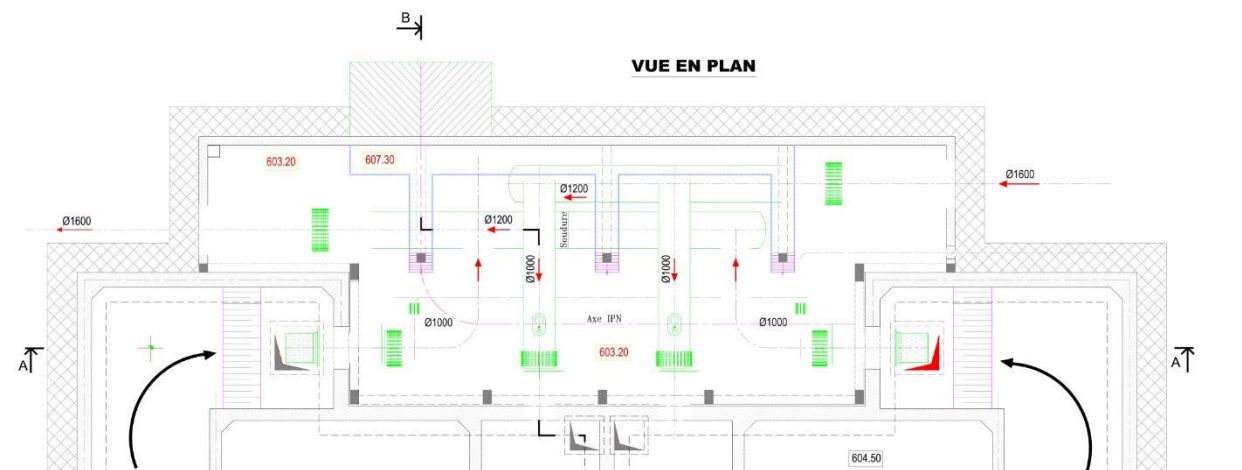
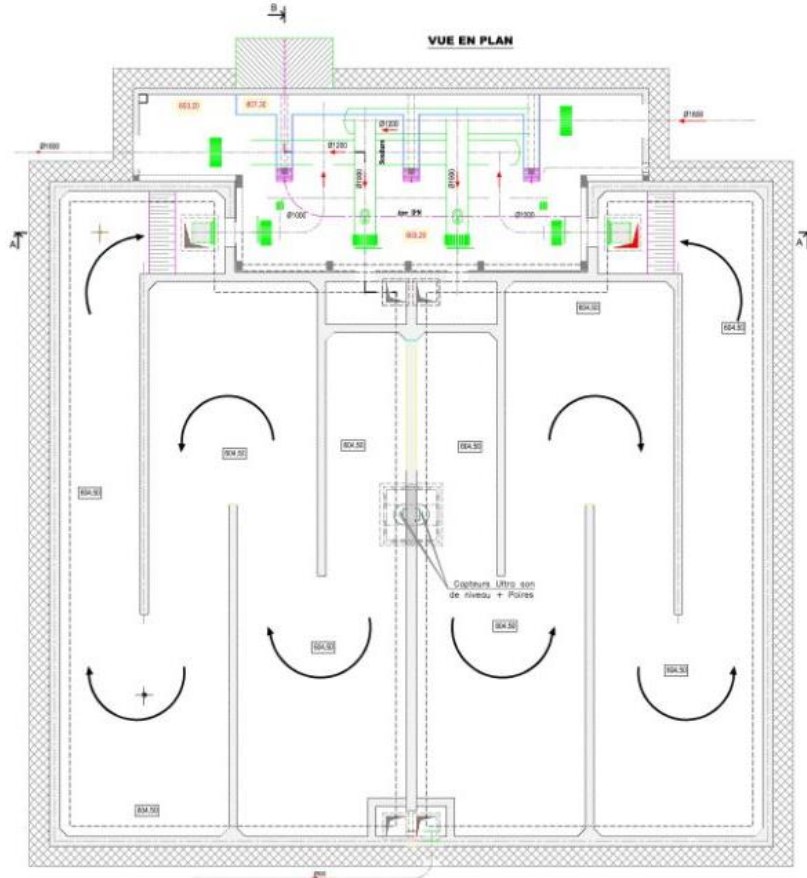
-  **Piquages**
-  **Ville à Proximité De La Conduite**

Annexe 3 Schéma Verticale du tracé



## Annexe 4 Les Plans Des Réservoirs tampons

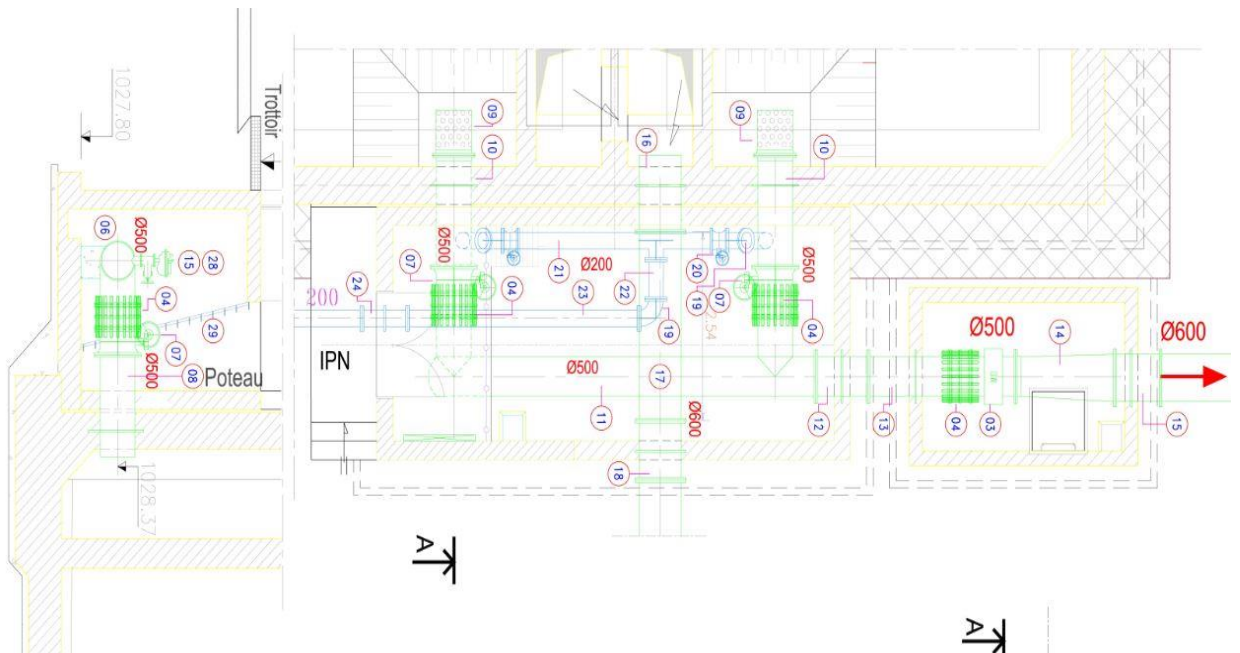
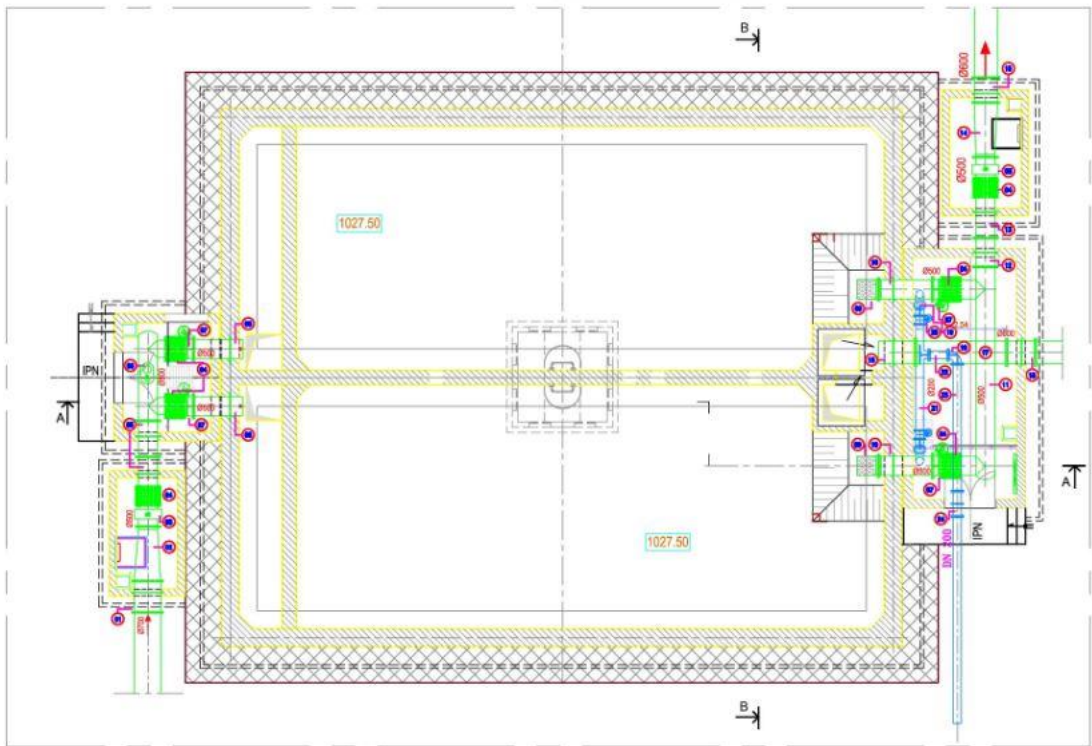
➤ R2 :



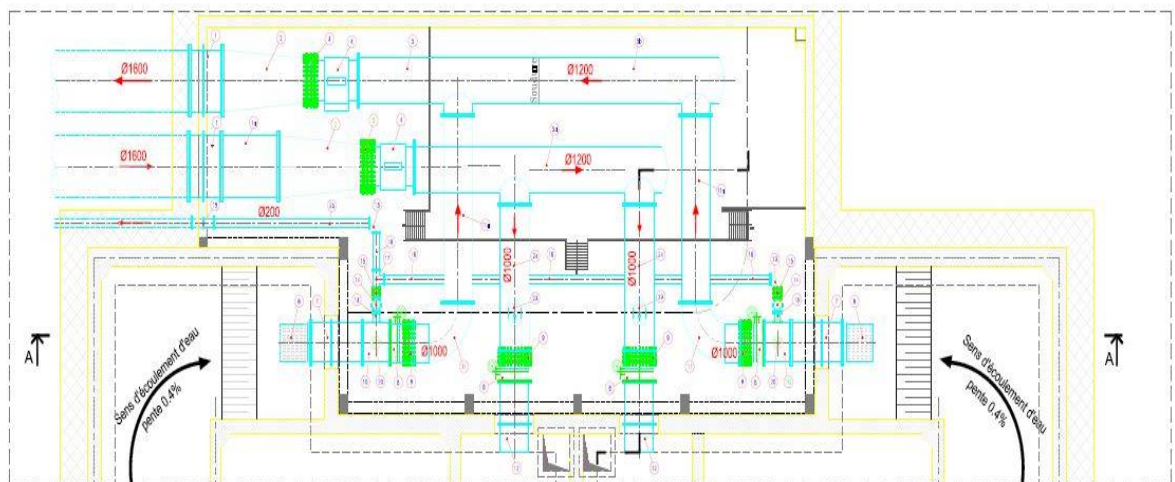
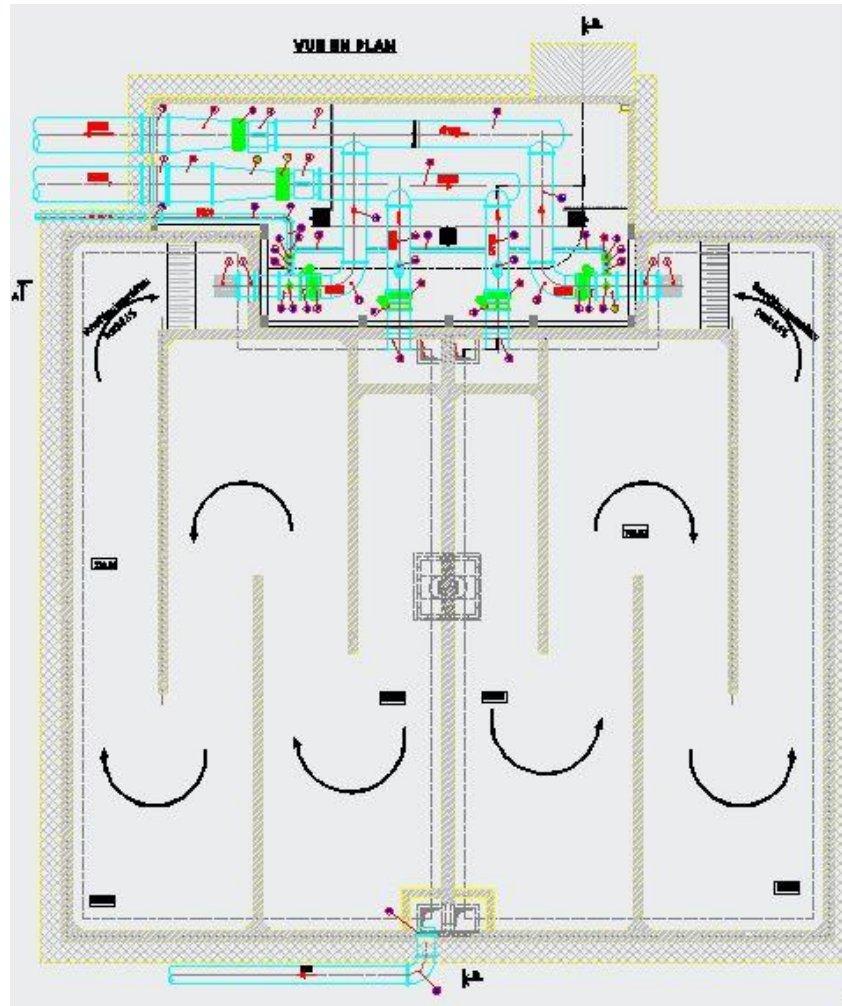


➤ R5

PLAN CLE



➤ R7



**Annexe 5**

**Evaluation sommaire de la variante changement du nombre de pompes des 4 stations.**

Désignation	SP4 Solution 1		SP4 Solution 2	
	Caractéristiques	Nbre.	Caractéristiques	Nbre.
<b>Pompes</b>	Q U : 838 l/s	4+1	QU : 1118 l/s	3+1
<b>Moteurs</b>	Puissance 2700 kW	5	P : 3400 kW	4
<b>Collecteur d'aspiration/refoulement</b>	DN 1800/1600	1	DN 1800/1600	1
<b>Aspiration Individuelle (Vanne + Joint de démontage)</b>	DN 900	Nbre. 5	DN 1000	Nbr. 4
<b>Refoulement Individuel (Vanne, clapet, Joint de démontage)</b>	DN 700	Nbre. 5	DN900	Nbre. 4
<b>Transformateurs</b>	PU : 2500 kVA	Nbre. 5	PU 3200 kVA	Nbre. 5
<b>GC</b>	Surface : 900 m <sup>2</sup>		Surface : 900 m <sup>2</sup>	

Il est à noter que le nombre et la puissance des transformateurs de la solution 2 sont à considérer quel que soit le choix pour les pompes.

Désignation	SP6 Solution 1		SP6 Solution 2	
	Caractéristiques	Nbre.	Caractéristiques	Nbre.
<b>Pompes</b>	Q U : 838 l/s	4+1	QU : 1118 l/s	3+1
<b>Moteurs</b>	Puissance 2000 kW	5	P : 2700 kW	4
<b>Collecteur d'aspiration/refoulement</b>	DN 1800/1600	1	DN 1800/1600	1
<b>Aspiration Individuelle (Vanne + Joint de démontage)</b>	DN 900	Nbre. 5	DN 1000	Nbr. 4
<b>Refoulement Individuel (Vanne, clapet, Joint de démontage)</b>	DN 700	Nbre. 5	DN900	Nbre. 4
<b>Transformateurs</b>	PU : 2500 kVA	Nbre. 4	PU 2500 kVA	Nbre. 5
<b>GC</b>	Surface : 900 m <sup>2</sup>		Surface : 900 m <sup>2</sup>	

Il est à noter que le nombre et la puissance des transformateurs de la solution 2 sont à considérer quel que soit le choix pour les pompes.

## Annexes

Désignation	SP9 Solution 1		SP9 Solution 2	
	Caractéristiques	Nbre.	Caractéristiques	Nbre.
<b>Pompes</b>	Q U : 753 l/s	1+1	QU : 251 l/s	3+1
<b>Moteurs</b>	Puissance 2200 kW	2	P : 710 kW	4
<b>Collecteur d'aspiration/refoulement</b>	DN 900/700	1	DN 900/700	1
<b>Aspiration Individuelle (Vanne + Joint de démontage)</b>	DN 800	Nbre. 2	DN 500	Nbr. 4
<b>Refoulement Individuel (Vanne, clapet, Joint de démontage)</b>	DN 700	Nbre. 2	DN 400	Nbre. 4
<b>Transformateurs</b>	PU : 1250 kVA	Nbre. 2	PU 1000 kVA	Nbre. 3
<b>GC</b>	Surface : 500 m <sup>2</sup>		Surface : 570 m <sup>2</sup>	

Il est à noter que le nombre et la puissance des transformateurs de la solution 2 sont à considérer quel que soit le choix pour les pompes.

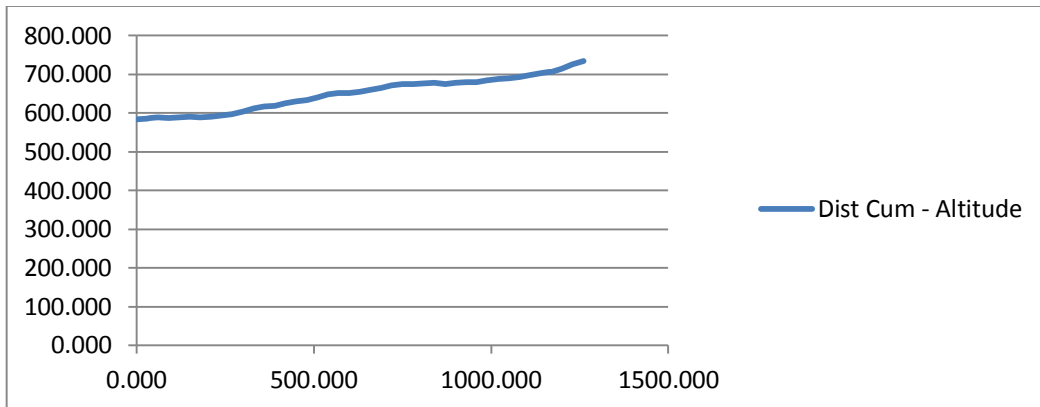
Désignation	SP10 – R5 - Solution 1		SP10 – R5 - Solution 2	
	Caractéristiques	Nbre.	Caractéristiques	Nbre.
<b>Pompes</b>	Q U : 496 l/s	1+1	QU : 248 l/s	2+1
<b>Moteurs</b>	Puissance 1500 kW	2	P : 710 kW	3
<b>Collecteur d'aspiration/refoulement</b>	DN 900/600	1	DN 900/600	1
<b>Aspiration Individuelle (Vanne + Joint de démontage)</b>	DN 800	Nbre. 2	DN 500	Nbr. 3
<b>Refoulement Individuel (Vanne, clapet, Joint de démontage)</b>	DN 600	Nbre. 2	DN 400	Nbre. 3
Désignation	SP10 – RSG - Solution 1		SP10 – RSG - Solution 2	
	Caractéristiques	Nbre.	Caractéristiques	Nbre.
<b>Pompes</b>	Q U : 246 l/s	1+1	QU : 123l/s	2+1
<b>Moteurs</b>	Puissance 450 kW	2	P : 200 kW	3
<b>Collecteur d'aspiration/refoulement</b>	DN 900/400	1	DN 900/400	1
<b>Aspiration Individuelle (Vanne + Joint de démontage)</b>	DN 500	Nbre. 2	DN 400	Nbr. 3
<b>Refoulement Individuel (Vanne, clapet, Joint de démontage)</b>	DN 400	Nbre. 2	DN 300	Nbre. 3
<b>Transformateurs</b>	PU : 1250 kVA	Nbre. 2	PU 1000 kVA	Nbre. 3
<b>GC</b>	Surface : 620 m <sup>2</sup>		Surface : 720 m <sup>2</sup>	

Il est à noter que le nombre et la puissance des transformateurs de la solution 2 sont à considérer quel que soit le choix pour les pompes.

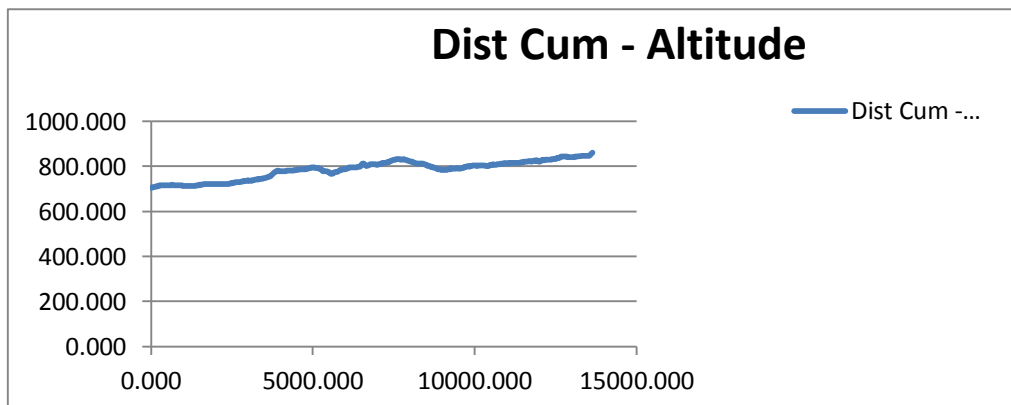
## Annexe 6

### Les Résultats de la Simulation Sur CEBELMAIL

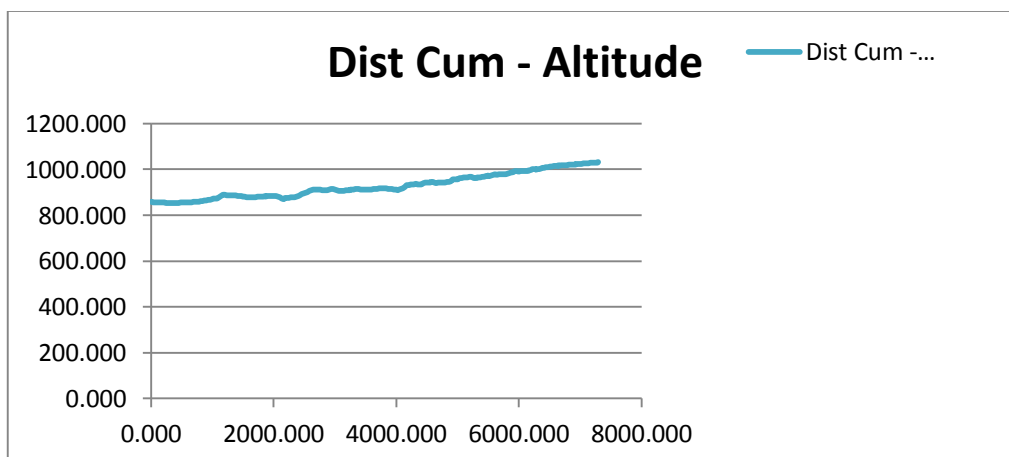
#### Annexe 6.1 STATION DE POMPAGE SP6 VERS RESERVOIR R7



#### Annexe 6.2 STATION DE POMPAGE SP9 VERS SP10



#### Annexe 6.3 STATION DE POMPAGE SP10 VERS R5



## Annexes

Sp9 vers Sp10	Dist Cumulé	Dist Cum - Altitude	Sp10 vers R5	Dist Cumulé	Dist Cum - Altitude	SP6 Vers R7	Dist Cumulé	Dist Cum - Altitude
1	0.000	705.288	1	0.000	857.555	1	0.000	583.590
2	30.000	706.235	2	14.471	857.641	2	30.000	585.499
3	59.117	706.684	3	30.000	856.731	3	38.424	586.521
4	60.000	706.708	4	32.287	856.602	4	60.000	589.510
5	90.000	707.613	5	60.000	855.723	5	90.000	588.086
6	120.000	709.127	6	90.000	856.233	6	120.000	589.519
7	150.000	710.044	7	120.000	856.879	7	150.000	590.150
8	180.000	711.159	8	136.517	856.906	8	180.000	589.187
9	210.000	712.416	9	150.000	856.841	9	210.000	590.657
10	240.000	713.838	10	180.000	856.395	10	240.000	594.657
11	270.000	714.993	11	210.000	855.224	11	270.000	597.292
12	284.124	715.178	12	219.582	854.828	12	300.000	604.654
13	300.000	715.304	13	240.000	854.011	13	330.000	611.541
14	330.000	715.083	14	270.000	852.256	14	360.000	617.700
15	360.000	715.213	15	300.000	851.873	15	390.000	618.973
16	390.000	715.531	16	330.000	851.849	16	420.000	624.754
17	420.000	716.022	17	360.000	851.902	17	450.000	629.835
18	450.000	716.044	18	390.000	852.365	18	480.000	633.672
19	480.000	716.517	19	420.000	852.999	19	510.000	640.138
20	510.000	716.878	20	450.000	853.984	20	540.000	647.730
21	540.000	717.243	21	480.000	854.854	21	570.000	651.536
22	570.000	717.307	22	510.000	855.494	22	600.000	651.688
23	600.000	717.317	23	540.000	855.923	23	630.000	654.840
24	630.000	717.240	24	570.000	856.053	24	660.000	659.263
25	660.000	717.477	25	600.000	856.104	25	690.000	665.153
26	690.000	717.153	26	630.000	856.166	26	720.000	671.597
27	720.000	717.052	27	660.000	856.704	27	750.000	674.755
28	750.000	716.795	28	690.000	857.154	28	780.000	675.216
29	780.000	715.791	29	720.000	857.675	29	810.000	677.126
30	810.000	715.400	30	750.000	858.539	30	840.000	677.688
31	840.000	715.303	31	780.000	859.269	31	870.000	675.235
32	870.000	715.218	32	784.102	859.377	32	900.000	677.688
33	900.000	714.967	33	810.000	860.294	33	930.000	679.683
34	930.000	714.693	34	840.000	861.682	34	960.000	679.599
35	960.000	714.616	35	870.000	862.786	35	990.000	684.294
36	982.192	714.402	36	900.000	864.148	36	991.439	684.528
37	990.000	714.306	37	930.000	865.841	37	1020.000	687.392
38	1020.000	713.927	38	960.000	867.986	38	1050.000	689.153
39	1050.000	713.474	39	990.000	870.359	39	1080.000	692.343
40	1080.000	712.977	40	1020.000	872.199	40	1110.000	698.576
41	1110.000	712.816	41	1050.000	872.721	41	1140.000	703.513

## Annexes

42	1140.000	712.804	42	1080.000	872.333	42	1162.728	706.032
43	1170.000	712.647	43	1082.704	872.541	43	1170.000	706.935
44	1200.000	712.623	44	1110.000	878.783	44	1200.000	714.453
45	1230.000	712.741	45	1140.000	883.663	45	1230.000	725.845
46	1260.000	712.924	46	1170.000	887.846	46	1260.000	733.927
47	1290.000	712.969	47	1200.000	887.776			
48	1320.000	713.389	48	1230.000	886.621			
49	1350.000	713.651	49	1260.000	885.914			
50	1380.000	714.114	50	1290.000	885.237			
51	1410.000	714.830	51	1320.000	885.079			
52	1440.000	715.741	52	1336.133	885.631			
53	1470.000	716.834	53	1350.000	885.884			
54	1483.454	717.201	54	1380.000	885.318			
55	1500.000	717.615	55	1410.000	883.961			
56	1530.000	718.082	56	1440.000	883.126			
57	1560.000	718.656	57	1470.000	882.261			
58	1590.000	719.533	58	1500.000	881.021			
59	1620.000	720.377	59	1530.000	879.541			
60	1650.000	721.004	60	1560.000	877.716			
61	1680.000	721.237	61	1590.000	876.878			
62	1710.000	721.252	62	1620.000	877.132			
63	1734.895	721.300	63	1650.000	877.574			
64	1740.000	721.328	64	1680.000	878.089			
65	1770.000	721.457	65	1710.000	878.816			
66	1800.000	721.029	66	1740.000	879.456			
67	1830.000	720.934	67	1770.000	879.485			
68	1860.000	720.720	68	1800.000	881.188			
69	1890.000	720.450	69	1820.629	881.723			
70	1920.000	720.427	70	1830.000	881.996			
71	1950.000	720.575	71	1860.000	882.202			
72	1980.000	720.492	72	1868.597	882.149			
73	2010.000	720.635	73	1890.000	882.221			
74	2040.000	720.535	74	1920.000	882.574			
75	2045.058	720.553	75	1950.000	883.223			
76	2055.938	720.603	76	1980.000	884.479			
77	2070.000	720.635	77	2010.000	884.286			
78	2100.000	720.847	78	2040.000	883.668			
79	2130.000	720.764	79	2070.000	881.575			
80	2160.000	721.042	80	2100.000	878.113			
81	2190.000	721.450	81	2130.000	873.749			
82	2220.000	721.753	82	2132.509	873.377			
83	2250.000	721.837	83	2160.000	870.133			
84	2280.000	721.801	84	2190.000	875.150			
85	2310.000	721.713	85	2220.000	875.600			

## Annexes

86	2340.000	722.155	86	2250.000	875.470
87	2370.000	722.495	87	2280.000	876.595
88	2400.000	722.780	88	2310.000	877.954
89	2430.000	723.412	89	2340.000	878.901
90	2460.000	724.792	90	2370.000	880.595
91	2490.000	725.864	91	2377.750	881.030
92	2520.000	726.781	92	2400.000	883.624
93	2550.000	727.543	93	2430.000	887.463
94	2580.000	728.229	94	2460.000	890.592
95	2610.000	728.747	95	2490.000	894.322
96	2640.000	729.426	96	2520.000	898.360
97	2670.000	729.874	97	2550.000	901.628
98	2700.000	730.312	98	2580.000	905.991
99	2730.000	730.764	99	2610.000	909.439
100	2760.000	731.249	100	2613.796	909.789
101	2790.000	731.938	101	2640.000	911.625
102	2820.000	732.721	102	2647.815	911.948
103	2850.000	733.555	103	2670.000	910.880
104	2880.000	734.441	104	2700.000	910.191
105	2892.129	734.836	105	2730.000	910.222
106	2910.000	735.365	106	2760.000	910.459
107	2940.000	736.042	107	2790.000	909.783
108	2970.000	736.794	108	2820.000	909.282
109	3000.000	737.394	109	2850.000	909.351
110	3030.000	736.324	110	2880.000	910.101
111	3060.000	735.892	111	2910.000	911.491
112	3090.000	736.512	112	2940.000	913.589
113	3104.431	736.837	113	2970.000	913.377
114	3120.000	737.395	114	3000.000	910.844
115	3150.000	737.942	115	3030.000	907.686
116	3180.000	738.997	116	3060.000	906.268
117	3210.000	740.111	117	3090.000	905.533
118	3240.000	741.524	118	3120.000	905.884
119	3270.000	741.995	119	3150.000	906.851
120	3300.000	742.911	120	3180.000	908.009
121	3305.960	743.088	121	3210.000	909.088
122	3330.000	743.764	122	3240.000	909.992
123	3360.000	744.387	123	3249.056	910.239
124	3390.000	744.776	124	3267.119	910.817
125	3420.000	745.653	125	3270.000	910.942
126	3438.483	746.012	126	3300.000	912.454
127	3450.000	746.334	127	3330.000	914.113
128	3480.000	747.310	128	3360.000	914.476
129	3510.000	748.346	129	3390.000	913.522



## Annexes

130	3540.000	749.420	130	3420.000	912.682
131	3566.656	750.514	131	3450.000	912.039
132	3570.000	750.645	132	3480.000	911.063
133	3600.000	752.103	133	3510.000	910.662
134	3630.000	753.920	134	3540.000	910.864
135	3660.000	755.298	135	3570.000	911.613
136	3690.000	756.341	136	3588.795	912.163
137	3720.000	760.168	137	3600.000	912.504
138	3750.000	764.656	138	3630.000	913.557
139	3780.000	769.273	139	3660.000	914.754
140	3784.717	770.002	140	3663.530	914.845
141	3810.000	773.582	141	3690.000	915.516
142	3840.000	776.849	142	3720.000	916.074
143	3870.000	778.745	143	3750.000	916.190
144	3883.530	779.292	144	3754.034	916.177
145	3900.000	779.813	145	3780.000	916.036
146	3930.000	779.986	146	3810.000	915.891
147	3940.537	779.925	147	3840.000	916.275
148	3960.000	779.840	148	3870.000	915.383
149	3990.000	779.516	149	3900.000	915.636
150	4020.000	779.652	150	3928.909	913.577
151	4036.050	779.350	151	3930.000	913.725
152	4050.000	778.899	152	3960.000	912.621
153	4080.000	777.810	153	3990.000	910.759
154	4095.675	777.672	154	4003.841	910.818
155	4110.000	777.737	155	4020.000	910.012
156	4140.000	777.925	156	4050.000	912.697
157	4170.000	779.114	157	4080.000	915.624
158	4200.000	780.220	158	4110.000	917.591
159	4230.000	780.858	159	4137.757	922.722
160	4260.000	781.401	160	4140.000	923.302
161	4290.000	781.441	161	4170.000	929.833
162	4315.853	781.740	162	4200.000	929.921
163	4320.000	781.795	163	4210.721	931.729
164	4325.844	781.868	164	4230.000	934.189
165	4350.000	782.147	165	4260.000	934.788
166	4380.000	782.078	166	4290.000	934.883
167	4410.000	782.177	167	4320.000	935.415
168	4440.000	784.042	168	4325.295	935.933
169	4470.000	785.008	169	4350.000	934.893
170	4486.428	785.572	170	4377.941	933.270
171	4500.000	785.307	171	4380.000	933.275
172	4530.000	785.587	172	4387.372	933.261
173	4530.867	785.599	173	4400.338	934.135

## Annexes

174	4560.000	785.965	174	4410.000	935.007
175	4590.000	786.310	175	4440.000	938.407
176	4620.000	786.697	176	4470.000	943.412
177	4650.000	786.997	177	4470.820	943.466
178	4680.000	787.255	178	4500.000	942.500
179	4710.000	787.469	179	4530.000	942.310
180	4740.000	787.929	180	4560.000	943.222
181	4770.000	788.452	181	4563.768	943.738
182	4800.000	789.593	182	4590.000	944.262
183	4830.000	790.151	183	4600.551	943.711
184	4860.000	791.270	184	4620.000	941.143
185	4890.000	792.330	185	4650.000	939.783
186	4920.000	793.743	186	4653.792	940.095
187	4925.158	793.860	187	4680.000	942.360
188	4950.000	794.324	188	4706.088	942.958
189	4980.000	794.768	189	4710.000	942.137
190	5010.000	795.263	190	4740.000	941.578
191	5040.000	794.449	191	4770.000	942.509
192	5042.584	794.318	192	4800.000	943.475
193	5070.000	793.836	193	4830.000	944.614
194	5100.000	793.921	194	4860.000	946.357
195	5130.000	793.291	195	4890.000	948.275
196	5160.000	791.846	196	4920.000	956.254
197	5190.000	789.946	197	4950.000	954.826
198	5220.000	788.053	198	4980.000	955.176
199	5250.000	786.167	199	4981.960	955.334
200	5280.000	785.074	200	5010.000	957.375
201	5310.000	779.910	201	5015.828	957.707
202	5340.000	777.431	202	5040.000	960.558
203	5370.000	779.509	203	5070.000	962.577
204	5400.000	779.577	204	5100.000	963.272
205	5430.000	778.724	205	5128.524	963.856
206	5434.702	778.506	206	5130.000	963.876
207	5460.000	776.943	207	5160.000	965.373
208	5490.000	775.007	208	5190.000	966.928
209	5520.000	769.263	209	5220.000	967.493
210	5550.000	767.870	210	5224.490	967.390
211	5580.000	767.730	211	5250.000	963.997
212	5589.983	765.913	212	5271.820	962.779
213	5597.015	765.794	213	5280.000	962.161
214	5609.090	767.663	214	5310.000	963.087
215	5610.000	767.741	215	5321.316	963.608
216	5640.000	771.472	216	5340.000	964.236
217	5670.000	773.570	217	5370.000	965.841

## Annexes

---

218	5700.000	774.452	218	5400.000	966.543
219	5730.000	774.904	219	5430.000	968.022
220	5760.000	775.432	220	5460.000	969.434
221	5790.000	777.250	221	5490.000	971.323
222	5820.000	780.904	222	5493.744	971.553
223	5850.000	784.858	223	5520.000	971.132
224	5880.000	785.573	224	5521.760	971.210
225	5910.000	786.349	225	5550.000	972.733
226	5940.000	786.494	226	5580.000	975.448
227	5945.080	786.655	227	5610.000	978.693
228	5970.000	787.293	228	5640.000	976.720
229	6000.000	788.154	229	5670.000	979.201
230	6030.000	789.536	230	5687.093	979.059
231	6057.092	790.880	231	5700.000	979.181
232	6060.000	790.885	232	5730.000	978.672
233	6089.452	793.759	233	5760.000	979.924
234	6090.000	793.821	234	5790.000	979.792
235	6120.000	795.483	235	5820.000	980.412
236	6150.000	796.449	236	5850.000	983.721
237	6180.000	796.346	237	5852.645	984.160
238	6210.000	794.743	238	5880.000	987.019
239	6240.000	795.189	239	5910.000	985.924
240	6270.000	795.835	240	5940.000	992.391
241	6300.000	794.802	241	5970.000	993.337
242	6330.000	795.907	242	6000.000	990.562
243	6360.000	796.573	243	6030.000	991.217
244	6390.000	796.998	244	6060.000	991.862
245	6420.000	797.843	245	6090.000	992.098
246	6450.000	798.517	246	6094.853	992.157
247	6476.995	800.689	247	6120.000	991.805
248	6480.000	800.786	248	6150.000	992.290
249	6510.000	809.186	249	6157.168	994.053
250	6540.000	811.518	250	6178.931	995.987
251	6564.153	810.869	251	6180.000	996.124
252	6570.000	811.934	252	6210.000	999.187
253	6600.000	807.472	253	6218.565	1001.707
254	6630.000	803.886	254	6240.000	1001.122
255	6660.000	802.345	255	6270.000	999.542
256	6682.897	803.958	256	6281.587	999.190
257	6690.000	804.220	257	6300.000	1000.940
258	6720.000	805.106	258	6330.000	1001.635
259	6750.000	806.554	259	6360.000	1002.826
260	6780.000	809.240	260	6390.000	1006.601
261	6810.000	810.580	261	6397.807	1006.720

## Annexes

262	6825.379	810.862	262	6420.000	1006.240
263	6840.000	810.962	263	6441.784	1008.452
264	6870.000	810.841	264	6450.000	1007.919
265	6900.000	810.716	265	6480.000	1009.042
266	6930.000	809.421	266	6510.000	1011.767
267	6960.000	806.240	267	6540.000	1012.111
268	6990.000	807.466	268	6570.000	1014.712
269	7020.000	808.607	269	6574.336	1014.804
270	7025.609	808.860	270	6589.889	1015.556
271	7050.000	809.004	271	6600.000	1015.481
272	7080.000	809.565	272	6630.000	1015.348
273	7110.000	813.073	273	6648.880	1017.133
274	7118.359	813.384	274	6660.000	1016.124
275	7140.000	814.092	275	6684.208	1016.969
276	7170.000	814.693	276	6690.000	1016.554
277	7181.279	814.746	277	6720.000	1016.975
278	7200.000	814.935	278	6750.000	1017.847
279	7230.000	815.478	279	6780.000	1018.124
280	7260.000	816.124	280	6789.997	1018.455
281	7290.000	817.168	281	6810.000	1019.163
282	7320.000	818.729	282	6840.000	1020.004
283	7350.000	820.340	283	6870.000	1021.067
284	7380.000	821.448	284	6900.000	1021.172
285	7410.000	823.778	285	6927.821	1021.706
286	7440.000	826.912	286	6930.000	1021.854
287	7470.000	828.273	287	6960.000	1022.716
288	7500.000	829.603	288	6990.000	1023.001
289	7530.000	830.209	289	7020.000	1024.028
290	7562.078	830.834	290	7023.399	1024.175
291	7590.000	831.873	291	7050.000	1024.959
292	7620.000	832.636	292	7080.000	1025.636
293	7650.000	831.779	293	7109.601	1026.131
294	7680.000	831.535	294	7110.000	1026.140
295	7710.000	830.840	295	7140.000	1026.729
296	7740.000	830.056	296	7170.000	1027.558
297	7770.000	829.494	297	7178.594	1027.627
298	7800.000	831.194	298	7200.000	1028.124
299	7830.000	830.665	299	7230.000	1028.831
300	7860.000	828.976	300	7260.000	1029.497
301	7890.000	827.575	301	7283.920	1030.123
302	7920.000	826.230	302	7290.000	1030.282
303	7950.000	825.160	303	7290.644	1030.297
304	7980.000	823.627			
305	8010.000	822.400			

## Annexes

---

306	8040.000	822.090
307	8070.000	820.721
308	8100.000	818.635
309	8130.000	816.587
310	8160.000	814.903
311	8190.000	813.399
312	8220.000	812.399
313	8250.000	811.381
314	8280.000	811.920
315	8288.533	811.559
316	8310.000	813.096
317	8340.000	813.612
318	8342.309	813.449
319	8342.778	813.456
320	8370.000	813.267
321	8400.000	812.118
322	8430.000	809.893
323	8460.000	808.579
324	8490.000	807.078
325	8520.000	805.256
326	8528.795	804.724
327	8550.000	803.498
328	8580.000	802.169
329	8610.000	800.601
330	8640.000	798.756
331	8670.000	797.518
332	8700.000	796.413
333	8730.000	795.140
334	8760.000	793.404
335	8790.000	791.522
336	8820.000	789.740
337	8850.000	787.838
338	8880.000	787.019
339	8908.818	786.592
340	8910.000	786.558
341	8940.000	786.028
342	8970.000	784.881
343	9000.000	784.377
344	9003.692	784.327
345	9030.000	783.115
346	9060.000	783.598
347	9090.000	783.803
348	9120.000	784.656
349	9123.852	784.833

## Annexes

---

350	9150.000	785.724
351	9180.000	787.428
352	9184.271	788.081
353	9210.000	787.059
354	9240.000	787.909
355	9243.559	788.001
356	9270.000	791.824
357	9300.000	789.941
358	9330.000	790.666
359	9360.000	789.995
360	9390.000	789.639
361	9404.783	790.089
362	9420.000	790.104
363	9450.000	792.119
364	9480.000	792.258
365	9510.000	789.212
366	9512.818	789.251
367	9540.000	789.728
368	9570.000	790.420
369	9600.000	791.383
370	9630.000	792.442
371	9660.000	795.553
372	9676.281	796.847
373	9690.000	797.315
374	9720.000	798.159
375	9750.000	798.691
376	9780.000	801.065
377	9810.000	801.328
378	9840.000	799.088
379	9870.000	800.541
380	9900.000	801.525
381	9930.000	802.953
382	9958.819	802.993
383	9960.000	802.988
384	9990.000	803.015
385	10020.000	803.174
386	10050.000	802.846
387	10080.000	802.668
388	10110.000	802.918
389	10140.000	803.597
390	10170.000	804.758
391	10200.000	805.366
392	10230.000	805.296
393	10260.000	804.449

## Annexes

---

394	10290.000	803.487
395	10292.230	803.412
396	10320.000	802.816
397	10350.000	802.353
398	10361.867	802.201
399	10380.000	802.186
400	10410.000	802.585
401	10440.000	803.661
402	10456.694	804.844
403	10470.000	804.673
404	10500.000	806.498
405	10530.000	805.633
406	10531.213	805.756
407	10560.000	809.234
408	10579.945	806.988
409	10590.000	807.230
410	10620.000	807.800
411	10650.000	808.240
412	10660.838	808.352
413	10680.000	808.660
414	10691.508	808.858
415	10710.000	810.100
416	10728.125	809.952
417	10740.000	809.350
418	10770.000	810.552
419	10800.000	812.055
420	10807.987	812.134
421	10830.000	810.680
422	10860.000	811.537
423	10890.000	813.127
424	10920.000	815.089
425	10947.194	812.921
426	10950.000	813.170
427	10980.000	813.827
428	11008.938	812.541
429	11010.000	812.654
430	11040.000	815.118
431	11065.038	813.362
432	11070.000	813.736
433	11100.000	816.285
434	11130.000	815.784
435	11143.702	816.254
436	11160.000	816.711
437	11190.000	816.322

## Annexes

---

438	11220.000	814.267
439	11222.578	814.314
440	11250.000	815.589
441	11280.000	814.560
442	11310.000	814.664
443	11340.000	814.953
444	11370.000	815.640
445	11400.000	816.697
446	11410.199	816.858
447	11430.000	817.685
448	11460.000	818.779
449	11490.000	819.235
450	11520.000	820.045
451	11550.000	821.922
452	11580.000	820.722
453	11585.618	820.543
454	11610.000	820.988
455	11640.000	820.996
456	11670.000	823.386
457	11695.414	824.435
458	11700.000	824.281
459	11730.000	822.448
460	11748.505	822.457
461	11760.000	822.563
462	11790.000	823.305
463	11820.000	823.366
464	11837.600	824.295
465	11850.000	827.077
466	11851.976	827.158
467	11880.000	827.686
468	11910.000	823.409
469	11940.000	825.644
470	11970.000	822.168
471	12000.000	820.595
472	12004.005	821.191
473	12030.000	823.723
474	12060.000	826.721
475	12083.482	827.737
476	12090.000	827.899
477	12120.000	828.333
478	12135.607	827.935
479	12150.000	827.847
480	12180.000	828.675
481	12210.000	829.248



## Annexes

---

482	12240.000	829.836
483	12270.000	830.287
484	12300.000	830.563
485	12330.000	830.750
486	12360.000	830.948
487	12389.266	831.219
488	12390.000	831.224
489	12420.000	831.495
490	12450.000	831.997
491	12476.535	832.831
492	12480.000	832.944
493	12510.000	834.054
494	12540.000	835.801
495	12570.000	837.716
496	12600.000	838.580
497	12630.000	839.107
498	12632.325	839.415
499	12660.000	843.029
500	12690.000	844.690
501	12720.000	844.090
502	12750.000	843.631
503	12780.000	843.477
504	12810.000	843.931
505	12840.000	843.443
506	12870.000	841.869
507	12899.600	841.957
508	12900.000	841.954
509	12930.000	841.959
510	12951.236	842.012
511	12960.000	841.982
512	12990.000	840.934
513	13020.000	841.121
514	13050.000	841.998
515	13080.000	842.410
516	13110.000	842.902
517	13140.000	843.432
518	13170.000	843.957
519	13320.000	845.770
520	13350.000	845.884
521	13380.000	845.676
522	13410.000	845.715
523	13440.000	846.049
524	13463.858	846.357
525	13470.000	847.501

## Annexes

---

### Annexe 7 Les Prix Unitaire Pour Les Conduites (DA/ml)

<b>Conduites en fonte ductile DN100</b>	<b>ml</b>	<b>4517.35</b>
<b>Conduites en fonte ductile DN150</b>	<b>ml</b>	<b>7077.51</b>
<b>Conduites en fonte ductile DN200</b>	<b>ml</b>	<b>8656.06</b>
<b>Conduites en fonte ductile DN250</b>	<b>ml</b>	<b>11141.84</b>
<b>Conduites en fonte ductile DN300</b>	<b>ml</b>	<b>13382.88</b>
<b>Conduites en fonte ductile DN400</b>	<b>ml</b>	<b>18217.08</b>
<b>Conduites en fonte ductile DN500</b>	<b>ml</b>	<b>22757.64</b>
<b>Conduites en fonte ductile DN600</b>	<b>ml</b>	<b>29386.11</b>
<b>Conduites en fonte ductile DN700</b>	<b>ml</b>	<b>39309.75</b>
<b>Conduites en fonte ductile DN900</b>	<b>ml</b>	<b>55330.02</b>
<b>Conduites en fonte ductile DN1600</b>	<b>ml</b>	<b>179,515.69</b>
<b>Conduites en fonte ductile DN1800</b>	<b>ml</b>	<b>188,014.25</b>