

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان -

Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen

Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique



Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique

Option: Eau, Sol, Aménagement

Thème

**TRANSFERT DES EAUX À PARTIR DES FORAGES ALBIENS
VERS LA STATION DE TRAITEMENT DES EAUX DE OUED
SOUF**

Présenté par:

Mr. AFRA Abdallah

Devant le jury composé de:

Mr. TERKI HASSAINE TAHA EL AMINE

Président

Mme. BOUKLI HACENE CHERIFA

Examinatrice

Mr. ADJIM MOHAMED

Examineur

Mr. ROUSSAT BOUHRIT

Encadreur

Mr. BENZERHOUNI FETHI

Co Encadreur

Promotion : 2016 - 2017

**Au nom d'Allah, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux.
Louange à ALLAH, seigneur de l'univers qui nous guide vers le
chemin droit.**

Remerciements

*J'ai redevable pour l'élaboration de ce mémoire à Monsieur l'encadreur **Rouissat Bouchrit** qui a bien voulu suivre et diriger patiemment ce travail. Je tiens à remercier mon co-encadreur Monsieur **Benzerhouni Fethi**, ses conseils précieux, ses justes critiques témoignant de l'intérêt qu'il lui portait ont été un encouragement permanent.*

Je remercie également Monsieur le président de jury d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse. Nous exprimons nos respectueux dévouements aux membres de jury, pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de jurer la commission d'examen de notre travail.

*A tous nos enseignants qui nous ont transmis le meilleur de leur savoir et en particulier **Bouchelkia. H** pour ses conseils et son soutien infaillible durant les moments durs. Un grand merci, pour Madame **Boukli . H.C** pour ses conseils et son aide Au cours de la période d'étude. Je tiens à remercier sincèrement et du profond du cœur monsieur **Derrar** pour son aide et générosité permanente en cas de besoin.*

Je remercie les plus sincères à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Afra Abdallah

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

△ celle qu'est la seule chose qui me compte dans ce monde qu'elle veille toute sa vie pour nous et grâce à elle j'ai réalisé mes rêves, celle qui m'a poussé vers le chemin du savoir, celle qui représente pour moi l'exemple du sacrifice, du dévouement et de l'honnêteté.

MA MERE : *La prunelle de mes yeux*

△ celui qui m'a été une épaule sur laquelle je suis toujours appuyée durant toutes ces années de mes études pour arriver à un niveau pareil

MON PERE : *Le plus chère à mon cœur.*

*△ mes chères princesses sœurs : **Amina ,Zineb et Keltoum***

*△ mon cher Frère : **Abd el basset***

Qui aucun mot ne pourra exprimer comment je les aime,

*△ la lumière de notre maison **Mohamed ouvais et Assil jourri***

△ mes Chères amis, surtout :

Tayeb, Zaki, Abdellatif, Habib, Abd samed, Othman, Ismail, Yassin, Abdo ,moussa

*A tous mes collèges et surtout **SARA***

Résumé

La population de la ville d'el Oued sera de 174 529 habitants en 2017 et atteindra 338 346 en 2040. Les besoins en eau des différents secteurs à cet horizon seront de 82 000 m³/j environ, alors que le besoin en capacités de stockage pour cette même échéance sera de 64 000 m³. Les productions d'eau potable actuelles avoisinent les 25 000 m³/j et sont dans leur quasi-totalité issues de ressources souterraines. En terme de capacités de stockage, la ville dispose actuellement d'une capacité globale de 14 000 m³.

C'est autour de ces indicateurs que le présent travail s'articule en procédant au dimensionnement hydraulique de nouveaux transferts d'eau issus de forages récemment exploités. Les eaux de ces forages, débitant chacun 150 l/s environ, sont agressives chimiquement, à température élevée (60°C) et les pressions de sortie forages avoisinent les 20 bars. Ces critères ont obligé le passage des transferts par une station de refroidissement et déminéralisation dont la pression d'entrée ne doit pas dépasser 1 bar. Trois variantes ont été étudiées sur le plan de conception hydraulique : Turbinage des eaux pour l'autonomie énergétique de la station, réduction de pression à l'amont des transferts, réduction de la pression à l'aval des transferts. Les profils piézométriques des variantes étudiées ont permis en finalité de dresser une analyse économique comparative entre les variantes pour le choix de la variante la plus rationnelle sur le plan technique et économique.

Mots clés: El Oued, transfert, station de refroidissement et de déminéralisation, forages, analyse économique.

بلغ عدد سكان مدينة الواد 529 174 نسمة في عام 2017 وسيصل إلى 338346 في عام 2040. والاحتياجات المائية لمختلف القطاعات في هذا الأفق تقدر ب 82000 متر مكعب/ يوم في حين أن الحاجة إلى سعة التخزين لنفس الاستحقاق سيكون 64000 متر مكعب. يقدر إنتاج مياه الشرب حاليا حوالي 25000 متر مكعب/ يوم وتكاد كل من الموارد الجوفية. من حيث سعة التخزين، توفر مدينة الواد حاليا بطاقة إجمالية قدرها 14000 متر مكعب.

وحول هذه المؤشرات التي يتمحور عليها هذا العمل عن طريق تنفيذ التصميم الهيدروليكي لنقل مياه جديدة من الحفر تعمل في الآونة الأخيرة. مياه هذه الآبار تبدأ كل منها 150 لتر / ثانية والعدوانية كيميائيا عند درجة حرارة مرتفعة (60 درجة مئوية) و الضغوط الخارجة من الآبار هي حوالي 20 بار. وقد أجبرت هذه المعايير مرور الانتقالات عن طريق محطة التبريد والتنقية التي يجب أن لا تتجاوز 1 بار ضغط الإدخال. وقد تم دراسة ثلاثة بدائل على خطة التصميم الهيدروليكي توربينات المياه للاستقلال في مجال الطاقة من المحطة، والحد من الضغط القبلي نقل المنبع، والحد من الضغط البعدي نقل المصب. درس بيزومتريك المتغيرات المسموح بها في الغرض لوضع التحليل الاقتصادي المقارن بين المتغيرات لاختيار البديل الأكثر عقلانية تقنيا واقتصاديا.

كلمات المفتاح: الواد، نقل، محطة التبريد والتنقية، الحفر، والتحليل الاقتصادي

Chapitre I : CHOIX DES MATERIAUX

I.INTRODUCTION.....	3
II.CRITERS DE CONCEPTION ET DE CHOIX.....	3
III. DEFFERENT TYPES DES CONDUITS	3
III.1 L'acier.....	3
III.1.1.Généralités	3
III.1.2. Caractéristiques.....	4
a) Tenue à la corrosion.....	4
b) Protection cathodique.....	4
c) Caractéristiques hydrauliques.....	5
d) Gamme de tuyaux.....	5
e) Types de joint.....	5
f) Les pièces spéciales.....	5
III.2. Canalisation en fonte.....	6
III.2.1 Généralités.....	6
a) La fonte grise.....	6
b) La fonte ductile.....	6
III.2.2 Gamme des tuyaux	7
a) Tuyaux en fonte ductile.....	7
b) Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse DN 60 - 2000.....	9
c) Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 – 700.....	12
d) Tuyaux en fonte ductile, PUX DN 600 – 2000	14
III.3 Conduites en béton	15
III.3.1Généralité.....	15
III.3.2 Différent type des conduites en béton.....	15
a)Le tuyau en béton a âme en tôle d'acier.....	15
b) Tuyau frette béton (FB).....	16
c) le tuyau en béton précontraint a âme en tôle d'acier (FTI).....	17
III.4 Conduites en PEHD.....	18
III.4.1Généralités.....	18
III.4.2. Avantages des canalisations PEHD	19
III.4.3.Caractéristique des canalisations en PEHD.....	19
a) Diamètre extérieur nominal (dn).....	19
b) Epaisseur nominale de la paroi (e_n).....	20
c) Tolérance.....	20
d) Pression nominale PN.....	20
e) Pression maximale de service (PMS)	20
f) Contrainte minimale requise (MRS)	20
g) Dilatation.....	20
III.4.4 techniques d'assemblage des tubes PEHD.....	20
a)Électrosoudage.....	21

b)Bout à bout.....	21
III.4.5. manutention, transport et stockage des tubes PEHD.....	21
III.5. Conduites PVC.....	21
III.5.1. Généralité.....	21
III.5.2. dimensions des tubes PVC pression.....	22
III.5.3 Propriétés physiques du tubes pvc.....	23
III.5.4.pressions maximales de services.....	23
III.6. Les conduites en polyester renforcée de fibres de verre PRV.....	25
III.6.1.Généralité.....	25
III.6.2 Caractéristiques et avantages.....	26
III.6.3 Gamme de tuyaux.....	27
III.6.4.Caractéristiques des tuyaux.....	27
III.6.5 Système de raccordement.....	28
a) Manchon à joint REKA.....	28
b) Emboitement Bout-à-Bout	28
c) Emboitement par Bride.....	29
IV. COMPARAISON ENTRE LES DIFFERENT TYPES DE CANALISATION.....	29
V. CONCLUSION.....	31

Chapitre II : NOTIONS THEORIQUE

I. INTRODUCTION.....	32
II.DEFINITIONS ET TYPES.....	32
II.1 ADDUCTION GRAVITAIRE.....	32
II.1.1. Charge hydraulique.....	33
II.1.2. Perte de charge linéaire.....	33
II.1.3. Perte de charge singulière.....	34
II.1.4. Ligne piézométrique et ligne de charge.....	34
a) Ligne piézométrique.....	34
b) Ligne de charge.....	34
II.1.5. Détermination du diamètre avantageux.....	35
II.2. ADDUCTION PAR REFOULEMENT.....	36
II.2.1. Calcul du diamètre économique	36
II.2.2. Pertes de charge dans les conduites.....	37
a) Pertes de charge linéaires.....	37
b) Pertes de charge singulières.....	38
c) Pertes de charge totales (ΔH_t).....	38
II.2.3. Calcul de la hauteur manométrique totale.....	38
II.2.4. Vitesse d'écoulement dans les conduites.....	38
II.2.5. Calcul de la puissance des stations de pompage.....	38

II.2.6. Calcul de l'énergie consommée par le GEP.....	39
II.2.7. Calcul du prix de l'énergie.....	39
II.2.8. Frais d'amortissement.....	40
III.OUVRAGE EN LIGNE	40
III.1 .Ventouses	40
III.2. Vannes d'isolement et de décharge.....	42
III.3. Clapets.....	42
III.4 .Brise charge.....	42
III.5. Protection des canalisations contre les coups de bélier	44
III.5.1. Description du phénomène	44
III.5.2. Evaluation des coups de bélier	44
III.5.3. Type de protection contre les coups de bélier.....	45
a. Le volant d'inertie.....	45
b. Les soupapes de décharge	47
c. Les ventouses (Les reniflards).....	47
d. Les réservoirs d'air.....	48
IV. STATION POMPAGE	49
IV.1. Conception	49
IV.1.1.Critères de l'emplacement de la station de pompage	49
IV.1.2.Critères généraux de définition des pompes.....	50
a. La vitesse de rotation	50
b. Le débit Q d'une pompe	50
c. La hauteur H produite par la pompe	50
d. Les puissances	51
IV.1.3. Choix du nombre de pompes	51
IV.2. Courbes caractéristiques des pompes.....	51
IV.2.1. Point de fonctionnement	53
IV.3.Couplage des pompes	54
V.CONCLUSION	55

Chapitre III: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.INTRODUCTION.....	57
II.HISTORIQUE ET SITUATION GEOGRAPHIQUE	57
III.HYDROGEOLOGIE.....	59
III.1.Nappe phréatique superficielle	59
III.2. Nappes profondes.....	60
III.2.1.Complexe terminal (CT).....	60
III.2.2.Continental Intercalaire (Barrémien-Albien) (CI).....	60
IV.RELIEF DU SOUF.....	61
V.HYDROCHIMIQUE DES EAUX.....	61

V.1.Le facies chimique.....	62
V.2.Digramme de SCHOELLER BERKALOFF.....	62
V.3.Balance ionique.....	63
VI. DESCRIPTION DE L'ETAT DE SECTEUR DE L'EAU DE LA VILLE D' EL OUED .	63
VI.1.Forages.....	63
VI.2.Ouvrages de stockage.....	64
VI.3.Estimation des besoins actuels et futurs.....	64
IV.3.1.Consommations.....	65
IV.3.2.Méthode de calcul retenue.....	65
IV.3.3. Estimation de la population actuelle et future.....	65
VII.CONCLUSION.....	68

Chapitre IV:CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

I.INTRODUCTION.....	69
II.DONNEESSUR LE PROJET DE TRANSFERT.....	69
II.1. Les forages.....	69
II.2. Qualité des eaux.....	69
II.3. Schéma du transfert.....	70
II.4. Qualité des sols dans l'emprise du transfert	70
III. PARAMETRES DE CONCEPTION DES TRANSFERTS.....	70
IV. CALCULS HYDRAULIQUES DU TRANSFERT.....	71
IV.1. Calcul des pertes des charges	71
IV.2. Calcul hydrauliques.....	72
IV.2.1. Variante turbinage des eaux.....	72
IV.2.2.Variante régulation amont de la pression.....	81
IV.2.3. Variante régulateur de pression aval.....	90
IV.2.4.Analyse des profils piézométrique en fonction de l'emplacement des réducteurs de pression.....	99
VIII. ETUDE ECONOMIQUE COMPARATIVE.....	100
VIII.1. Evaluation des prix de revient.....	100
VIII.2. Calcul économique.....	103
VIII.2.1. Variante turbinage des eaux.....	103
VIII.2.2.Variante régulation amont de la pression.....	105
VIII.2.3.Variante régulation aval de la pression.....	106
VIII.2.4. Analyse comparative des variantes.....	107
IX. CONCLUSION.....	109

Liste des tableaux

Tableau I.1 : caractéristiques des tuyaux en fonte ductile.....	9
Tableau I.2 : caractéristiques des Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse DN 60 – 2000.....	11
Tableau I.3 : caractéristiques des Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 – 700	13
Tableau I.4 : caractéristiques des Tuyaux en fonte ductile, PUX DN 600 - 2000.....	14
Tableau I.5. Donnée toutes les caractéristiques des conduites PVC.....	22
Tableau I.6. Caractéristiques des tubes pvc pression.....	23
Tableau I.7. corrélation entre les pressions maximales de service et les caractéristiques des tubes avec pression.....	24
Tableau I.8. Caractéristiques des canalisations PRV.....	27
Tableau I.9. comparaison entre les différents types de conduits.....	30
Tableau III.1: Balance ionique des forages.....	63
Tableau III.2: Liste des sites de production d'eau de la ville d'El-Oued.....	63
Tableau III.3: Liste des ouvrages de stockage de la ville d'El-Oued.....	64
Tableau III.4: Calcul de l'évolution de la population et des consommations à l'horizon 2040.....	66
Tableau. IV.1 : Données sur les forages.....	69
Tableau. IV.2: Comparaison entre les concentrations dans l'eau brute avec les concentrations maximales de la norme algérienne.....	69
Tableau. IV.3 : Principaux paramètres pour la conception du transfert.....	71
Tableau. IV.4 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de turbinage des eaux)- conduite neuve (n=0.05 mm).....	73
Tableau. IV.5 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de turbinage des eaux)- conduite usée (n=0.1 mm).....	74
Tableau. IV.6 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation - conduite neuve (cas de turbinage des eaux)- conduite neuve (n=0.05 mm).....	76
Tableau. IV.7 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation -conduite neuve (cas de turbinage des eaux)- conduite usée (n=0.1 mm).....	77
Tableau. IV.8 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage 19mars-station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de turbinage des eaux)- conduite neuve (n=0.05 mm).....	79
Tableau. IV.9 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage 19mars-station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de turbinage des eaux)- conduite usée (n=0.1 mm).....	80
Tableau. IV.10: valeur des puissances fournies par les turbines au niveau de la station de refroidissement et déminéralisation.....	81

Tableau. IV.11: Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de régulateur amant)- conduite neuve (n=0.05 mm).....	82
Tableau. IV.12 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de régulateur amant)- conduite usée (n=0.1 mm).....	83
Tableau. IV.13 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de régulateur amant)-conduite neuve (n=0.05 mm).....	85
Tableau. IV.14 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de régulateur amant)- conduite usée (n=0.1 mm).....	86
Tableau. IV.15 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de régulateur amant)- conduite neuve (n=0.05 mm).....	88
Tableau. IV.16 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de régulateur amant)- conduite usée (n=0.1 mm).....	88
Tableau. IV.17 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage chouhada -station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de régulateur aval)- conduite neuve (n=0.05 mm).....	91
Tableau. IV.18 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage chouhada -station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de régulateur aval)- conduite usée (n=0.1 mm).....	92
Tableau . IV.19: Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage Route touggort -station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de régulateur aval)-conduite neuve (n=0.05 mm).....	94
Tableau. IV.20 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage Route touggort -station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de régulateur aval)-conduite usée (n=0.1 mm).....	95
Tableau. IV.21 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage 19 mars -station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de régulateur aval)- conduite neuve (n=0.05 mm).....	97
Tableau. IV.22 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage 19 mars -station de refroidissement et déminéralisation conduite neuve (cas de régulateur aval)- conduite usée (n=0.1 mm).....	97
Tableau IV.23: Longueurs des tronçons combinées aux pressions nominales de la canalisation de transfert forage chouhada- station de déminéralisation et refroidissement.....	99
Tableau IV.24: Longueurs des tronçons combinées aux pressions nominales de la canalisation de transfert forage route touggort- station de déminéralisation et refroidissement.....	99
Tableau IV.25: Longueurs des tronçons combinées aux pressions nominales de la canalisation de transfert forage 19 mars- station de déminéralisation et refroidissement.....	100
Tableau IV.26 Calcul de prix global (fonte ductile (PN25) D= 400 mm).....	101
Tableau IV.27: Calcul de prix global (fonte ductile (PN16) D= 400 mm).....	102

Tableau IV.28: Calcul de prix global (fonte ductile (PN10) D= 400 mm).....	102
Tableau IV.29: Calcul de coût de transfert forage chouhada- station de déminéralisation et refroidissement - variante turbinage des eaux.....	103
Tableau IV.30: Calcul de coût de transfert forage route touggort- station de déminéralisation et refroidissement - variante turbinage des eaux.....	103
Tableau IV.31: Calcul de coût de transfert forage 19 mars- station de déminéralisation et refroidissement - variante turbinage des eaux.....	104
Tableau IV.32 : Calcul des rendement électriques du turbinage.....	104
Tableau IV.33 : Calcul des financier de turbinage.....	104
Tableau IV.34: Calcul de coût de transfert forage chouhada- station de déminéralisation et refroidissement - cas de régulation amont de la pression.....	105
Tableau IV.35: Calcul de coût de transfert forage route touggort- station de déminéralisation et refroidissement - cas de régulation amont de la pression.....	105
Tableau IV.36: Calcul de coût de transfert forage 19 mars- station de déminéralisation et refroidissement - cas de régulation amont de la pression.....	105
Tableau IV.37: Calcul de coût de transfert forage chouhada- station de déminéralisation et refroidissement - cas de régulation aval de la pression.....	106
Tableau IV.38: Calcul de coût de transfert forage touggort- station de déminéralisation et refroidissement - cas de régulation aval de la pression.....	106
Tableau IV.39: Calcul de coût de transfert forage 19 mars- station de déminéralisation et refroidissement - cas de régulation aval de la pression.....	106
Tableau IV.40: Comparaison économique entre les variantes.....	108

Liste des figures

Figure I.1: Structure de la fonte grise et de la fonte ductile.....	7
Figure I.2.grandeurs des canalisations en fonte ductile.....	9
Figure I.3:Composant des canalisations en béton armé à âme tôle en acier.....	16
Figure I.4: Composants de canalisation (FB)	17
Figure I.5: Composants de canalisation (FTI).....	18
Figure I.6: Coefficient de détirage en fonction de température pour pvc pression.....	25
Figure I.7: les grandeurs de canalisation PRV.....	27
Figure II.1 : Schéma d'une adduction par refoulement.....	36
Figure II.2: Ventouse à boule flottant	41
Figure II.3: Types de ventouses : a) ventouse à petites quantités d'air b) ventouse à grandes quantités d'air c) ventouse universelle.....	41
Figure II.4: Clapet à battant	42
Figure II.5: Brise charge avec jet débouchant à l'air libre.....	43
Figure II.6: Brise charge avec contre poids liquide.....	43
Figure II.7: Volant d'inertie pour la protection anti-bélier	46
Figure II.8 : Concentration de la masse du Volant d'inertie	46
Figure II.9 : Soupape de décharge.....	47
Figure II.10: Fonctionnement d'une soupape de décharge	47
Figure II.11: Ventouse à trois fonctions	48
Figure II.12 : Réservoir d'air pour la protection anti-bélier	49
Figure II.13: Corrélation Débit-Hauteur.	52
Figure II.14: Corrélation puissance-Débit.....	52
Figure II.15: Corrélation Rendement-Débit.....	52
Figure II.16: Corrélation NPSH-Débit	53
Figure II.17 : Point de fonctionnement au début	54
Figure II.18 : Point de fonctionnement après le changement	54
Figure II.19: Courbe d'assemblage de deux pompes en série.....	55
Figure II.20: Courbe d'assemblage de deux pompes en parallèle	55
Figure III.1: Situation géographique de la wilaya.....	58
Figure III.2. Carte géographique du Souf (DUBOST, 2002 modifié par ALLAL, 2008).....	59
Figure III.3: Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972).....	60
Figure III.4: Coupe hydrogéologique de la région.....	61
Figure III.5. Diagramme de Piper des eaux de la nappe de C I(Région d'Oued Souf, Janvier.2014).....	62
Figure III.6: Diagramme de SCHOELER BERKALOFF des eaux de la nappe de CI(Région d'Oued Souf. Janvier.2014).....	62
Figure III.7 : Evolution des besoins journaliers en m^3/j	66
Figure III.8 : Balance entre la production et la consommation.....	67
Figure III.9 : Balance entre la capacité des stockages disponible et réglementaire.....	67

Figure IV.1: schématise sommairement l'ossature du transfert des eaux des forages vers la ville d'EL Oued via la station de refroidissement et déminéralisation.....	70
Figure IV.2: Profil piézométrique -conduite forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation- cas de turbinage des eaux-conduite neuve (n=0.05 mm).....	75
Figure IV.3: Profil piézométrique -conduite forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation- cas de turbinage des eaux-conduite usée (n=0.1 mm).....	75
Figure IV.4: Profil piézométrique -conduite (forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation)- cas de turbinage des eaux-conduite neuve (n=0.05 mm).....	78
Figure IV.5: Profil piézométrique -conduite (forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation)- cas de turbinage des eaux-conduite usée (n=0.1 mm).....	78
Figure IV.6: Profil piézométrique -conduite (forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation)- cas de turbinage des eaux-conduite neuve (n=0.05 mm).....	80
Figure IV.7: Profil piézométrique -conduite (forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation)- cas de turbinage des eaux-conduite usée (n=0.1 mm).....	80
Figure IV.8: Profil piézométrique -conduite forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression amont -conduite neuve (n=0.05 mm).....	84
Figure IV.9: Profil piézométrique -conduite forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression amont -conduite usée (n=0.1 mm).....	84
Figure IV.10: Profil piézométrique -conduite forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression amont -conduite neuve (n=0.05 mm).....	87
Figure IV.11: Profil piézométrique -conduite forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression amont -conduite usée (n=0.1 mm).....	87
Figure IV.12: Profil piézométrique -conduite forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression amont -conduite neuve (n=0.05 mm).....	89
Figure IV.13: Profil piézométrique -conduite forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression amont -conduite usée (n=0.1 mm).....	89
Figure IV.14: Profil piézométrique -conduite forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression aval -conduite neuve (n=0.05 mm).....	93
Figure IV.15: Profil piézométrique -conduite forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression aval -conduite usée (n=0.1 mm).....	93
Figure IV.16: Profil piézométrique -conduite forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression aval -conduite neuve (n=0.05 mm).....	96
Figure IV.17: Profil piézométrique -conduite forage touggort-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression aval -conduite usée (n=0.1 mm).....	96
Figure IV.18: Profil piézométrique -conduite forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression aval -conduite neuve (n=0.05 mm).....	98
Figure IV.19: Profil piézométrique -conduite forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression aval -conduite usée (n=0.1 mm).....	98
Figure IV.20: Composants des coûts pour la conduite D=400 mm, PN=25.....	101
Figure IV.21: Composants des coûts pour la conduite D=400 mm, PN=16.....	102
Figure IV.22: Composants des coût pour la conduite D=400 mm, PN=10.....	103
Figure IV.23: Comparaison des coûts d'investissement des différentes variantes.....	109

Liste de photos

Photo. I.1 Stockage des tuyaux en fonte ductile	8
Photo I.2: Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse.....	10
Photo I.3 Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 – 700	12
Photo I.4. Aire de stockage pour de canalisations en PEHD.....	19
Photo I.5: Production de canalisation de pvc pression.....	22
Photo I.6: Production des conduits PRV.....	26
Photo I.7: Manchon à joint REKA.....	28
Photo I.8: Application du joint laminé pour conduites PRV.....	29
Photo I.9: Installation de la bride sur conduites PRV.....	29

Introduction générale

Introduction générale

Les ressources en eau possèdent souvent un caractère épars géographiquement et temporellement. Les zones démunies en potentialités hydriques locales ont souvent besoin d'un apport d'autres zones.

Les schémas d'affectation doivent être réfléchis dans le cadre de systèmes globaux et non d'une manière intrinsèque et fragmentée. Ainsi, les transferts d'eau ont souvent constituées des solutions efficaces pour solutionner le déséquilibre de la balance offre – demande. Ils permettent également une souplesse en termes d'affectation et utilisation.

Vu le développement futur de la ville d'El Oued et ses ressources limitées, l'augmentation des besoins en eau des divers secteurs à long terme et vu l'accroissement de la population actuellement alimentée par des forages, la recherche d'autres sources d'approvisionnement en eau est une nécessité capitale. Cette réflexion a constitué le noyau de notre travail par l'étude d'un transfert d'eau vers la ville à partir de trois forages (Chouhada, Touggort et 19 mars) débitant chacun 150 l/s environ avec une pression de sortie forages de 20 bars. L'élaboration des études des trois transferts à partir des forages ne pouvait se faire sans une revue bibliographique liée à l'ensemble des paramètres, critères de choix des types de canalisation et installations des transferts d'eau. Cette partie était d'un grand intérêt pour la compréhension et la maîtrise des aspects de dimensionnement et de conception des transferts d'eau.

La deuxième partie du travail a été consacrée à la présentation et l'étude des caractéristiques de la région à desservir, notamment l'aspect évolution démographique, élément principal définissant, les besoins futurs en eau et les différentes potentialités quantitatives et qualitatives des ressources souterraines. Cette partie du travail a été couronnée, en fonction de l'évolution des besoins à l'horizon 2040 des différents secteurs, par l'élaboration de la balance ressources/besoins et ressources/capacités de stockage permettant d'offrir une opportunité aux transferts à étudier.

La dernière partie du travail, constituant le noyau du mémoire s'est intéressée à la conception et au dimensionnement des infrastructures de transfert. Les pressions de sortie forages, la température des eaux et leur qualité chimique ont conditionnés le choix du type des canalisations de transfert. L'ensemble des calculs et dimensionnements hydrauliques ont été

Introduction générale

élaborés débouchant sur la production des profils piézométriques des trois transferts. En fonction des exigences de pression au site de raccordement des transferts (Station de refroidissement et de déminéralisation) fixées à une pression ne dépassant pas 1 bar, plusieurs variantes de transferts ont été analysées :

- Transferts avec turbinage des eaux,
- Transferts avec installation de réducteur de pression amont,
- Transferts avec installation de réducteur de pression aval,

Les profils piézométriques élaborés ont permis l'évaluation des pressions nominales des canalisations combinées aux longueurs des tronçons. Ces informations ont été à l'origine de la production de la balance économique comparative entre les variantes.

Pour réaliser tout ce travail, fort intéressant pour la clôture de notre formation, le mémoire a été structuré en quatre chapitres à savoir :

- Chapitre 1 : Choix de matériaux
- Chapitre 2 : Notion théorique
- Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude
- Chapitre 4 : Etude hydraulique et économique

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

I. INTRODUCTION

Les matériaux utilisables pour les réseaux d'eau potable sont les suivants :

- ✓ Acier,
- ✓ Fonte,
- ✓ Béton,
- ✓ Polyester renforcé de fibres de verre (PRV),
- ✓ Polyéthylène haute densité (PE-HD),
- ✓ Polychlorure de vinyle (PVC).

II. CRITERES DE CONCEPTION ET DE CHOIX

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

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

III. DEFFERENT TYPES DES CONDUITS

III.1 L'acier

III.1.1. Généralités

L'acier est constitué de fer combiné au carbone, le pourcentage de carbone étant compris entre 0,1 et 1,5 %. L'acier inoxydable présente une très bonne tenue à la corrosion, selon sa qualité. Cependant son coût le réserve à des éléments d'ouvrage et non à des canalisations de transfert de fort linéaire. Par exemple, on le trouvera pour les échelles de réservoir, les refoulements de pompes immergées ou les installations agroalimentaires, mais les « tuyaux » acier sont généralement entendus en acier non inoxydable, galvanisé ou non.

L'inox est un alliage d'acier particulier alors que la galvanisation est un procédé de traitement s'appliquant à la surface du matériau.

Les tuyaux en acier galvanisé sont à proscrire pour les réseaux d'eau potable. Lorsqu'il est mélangé avec du laiton jaune, l'acier galvanisé déclenche la dézincification. Par ailleurs une action électrolytique a lieu lorsqu'il est combiné avec des métaux non ferreux comme le

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

civre et le laiton. L'acier galvanisé ne doit jamais être utilisé sous terre à moins d'être bien couvert, ce qui peut être gênant pour de nombreux emplois. Les tuyaux en acier galvanisé peuvent contenir du plomb, qui corrode rapidement et réduit la durée de vie de la tuyauterie. De plus, le plomb est toxique et peut engendrer des cas de saturnisme. Par ailleurs, l'acier galvanisé peut laisser des aspérités à l'intérieur des tuyaux, ce qui entraîne de graves défaillances et des arrêts qui peuvent être coûteux à réparer.

Toutes les pièces métalliques, qui doivent être galvanisées, doivent l'être selon le procédé à chaud, selon les exigences des normes. La couche de zinc doit avoir au moins une masse minimale de 610 g/m².

III.1.2. Caractéristiques

a) Tenue à la corrosion

La tenue à la corrosion de l'acier est relativement faible d'autant plus qu'on a affaire le plus souvent à des conduites soudées ou vissées donc conductrices sur de grandes longueurs. Les tuyaux seront donc protégés à l'intérieur et à l'extérieur.

i.) Revêtement intérieur

Le revêtement le plus répandu est le mortier de ciment appliqué en usine par centrifugation ou par projection centrifuge et lissage. Ce dernier procédé peut être réalisé sur site.

La conservation du revêtement intérieur au droit du joint dans le cas de joints soudés est une difficulté qu'il faudra envisager.

Des revêtements à base de peintures époxy peuvent être utilisés.

ii) Revêtement extérieur

Dans le cas de traversées des milieux agressifs (marécages, tourbières, eaux usées, ...) on préconisera un revêtement extérieur de l'un des types suivants :

✓ Revêtement C

Il est composé d'un primaire d'accrochage, d'une armature en fibre de verre qui constitue l'armature interne noyée dans une couche d'émail bitumineux (dérivé de la houille) appelé BRAI et est installé sur site.

✓ Revêtement polyéthylène

Il est constitué grâce à l'application par extrusion à chaud d'un revêtement polyéthylène sur les tubes préalablement grenillés ou sablés avant livraison sur site de pose.

b) Protection cathodique

Le revêtement extérieur qui équipe les canalisations enterrées suffit dans la plupart des cas, en

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

raison de ses propriétés diélectriques, à assurer l'excellente tenue des conduites dans le sol.

Dans le cas d'une agressivité marquée du milieu (vase, marécage, marais salant, bras de mer, ...) ou de sollicitations électriques extérieures (courants vagabonds), il est nécessaire d'effectuer une protection électrique complémentaire dite "protection cathodique" qui évitera les risques de corrosion externe sur les canalisations aciers enterrées.

Tous les ouvrages métalliques enterrés ou en contact avec un électrolyte (tel que l'eau de mer) sont soumis aux phénomènes de corrosion.

c) Caractéristiques hydrauliques

Les caractéristiques hydrauliques du tube acier sont celles de son revêtement intérieur, c'est-à-dire celles du mortier de ciment, dans la pratique on prend $K = 0,1 \text{ mm}$.

d) Gamme de tuyaux

- ✓ Diamètres nominaux : 80 à 1600 mm, longueur utile : 10 ou 12 m
- ✓ Pression nominale maximum : 64 bars

e) Types de joint

- ✓ La soudure bout à bout

Il s'agit de rabouter les 2 extrémités des tuyaux préalablement mises à nu, brossées et chanfreinées. Le soudage est réalisé en plusieurs passes suivant l'épaisseur du tube. La première passe est la passe de pénétration et les passes supplémentaires sont les passes de remplissage.

- ✓ Le joint "S"

Pour ce type de joints les tuyaux sont tulipés.

Les tubes doivent être emboîtés à fond, avant d'effectuer la soudure à clin.

- ✓ Assemblage par virole

Après avoir rabouté deux tuyaux à bout lisse, un anneau d'acier recouvre symétriquement les 2 extrémités du tube. L'anneau est ensuite soudé sur les parois externes des tuyaux.

- ✓ Emboîtement et joint automatique

Il est constitué pour l'essentiel d'une bague d'étanchéité placée à l'extrémité de la tulipe. Sa mise en œuvre est aisée et ne nécessite pas de main d'œuvre qualifiée.

f) Les pièces spéciales

Coude, Réduction, Tés à 2 emboîtements et Tubulure bride, Tés à 3 emboîtements, Bride à emboîtement, Manchette d'ancrage. (DIRECTIVE TECHNIQUE, 2013)

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

III.2. Canalisation en fonte

III.2.1 Généralités

a) La fonte grise

Depuis la fin du XIX e siècle, la fonte a été sans doute un des premiers matériaux de canalisations et un des plus répandus dans le monde pour véhiculer l'eau de distribution publique. Différents types de fonte grise se sont succédés avec des conduites coulées ou centrifugées, dont beaucoup sont encore en service (leur longévité peut dépasser 100 ans). Leur inconvénient principal réside dans leur fragilité vis-à-vis des mouvements de terrain, des coups de bélier et des surcharges occasionnées par les transports routiers dans les voies où elles sont posées. En effet, dans la fonte « grise », le carbone se présentait sous forme de lamelles qui rendaient le matériau cassant.

- La longueur utile des tuyaux est de 6 m. Tous les diamètres sont disponibles, de 0,060 m jusqu'à 1,250 m. La pression de service varie de 40 à 60 bars. Ces tuyaux ont une rugosité (ks) de 0,1 mm.(ROUISSAT, 2016).

b) La fonte ductile

La fonte ductile est un alliage fer/carbone/silicium, dans lequel le carbone existe à l'état pur, sous forme de graphite sphéroïdal.

- ✓ Des propriétés mécaniques exceptionnelles

- Elasticité ($R_e \geq 270$ MPa)
- Résistance à la rupture ($R_m \geq 420$ MPa)
- Résistance aux chocs
- Capacité importante d'allongement (> 10 %)

- ✓ Un matériau naturel entièrement recyclable

Alliage de fer, de carbone et de silicium, la fonte ductile est un matériau noble et réutilisable à 100%, sans limite et indéfiniment.

C'est-à-dire qu'elle est entièrement recyclable sans perte de ses propriétés et pour le même usage, dans des filières industrielles non contraignantes et non dangereuses.(publication)

a) Fonte ductile versus fonte grise

L'ajout d'une certaine quantité de magnésium à la fonte grise provoque la cristallisation du carbone sous forme de sphères également appelés nodules.

La fonte grise possède les caractéristiques suivantes:

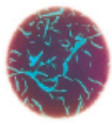
- ✓ résistance à la compression,
- ✓ aptitude au moulage,

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

- ✓ résistance à l'abrasion,
- ✓ usinabilité,
- ✓ résistance à la fatigue.

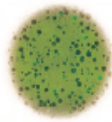
La fonte ductile a une structure différente de celle de la fonte grise et présente les caractéristiques complémentaires suivantes:

- ✓ haute limite élastique,
- ✓ résistance à la traction,
- ✓ résistance aux chocs,
- ✓ allongement important,



Dans la fonte grise, le carbone se présente sous forme de lamelles qui rendent ce matériau cassant.

La cristallisation du graphite sous forme de sphères est due à l'introduction de magnésium dans une fonte de base d'excellente qualité.



Dans la fonte ductile, les particules de graphite apparaissent comme de petites sphères qui éliminent tout risque de propagation des ruptures. Elle est «ductile» et résistante.

figure I.1: Structure de la fonte grise et de la fonte ductile

III.2.2 Gamme des tuyaux

a) Tuyaux en fonte ductile

Grâce à sa durabilité et à son coefficient de sécurité élevé, la fonte ductile a démontré depuis plusieurs dizaines d'années son adaptabilité à tous les types de terrains. Se basant sur des études poussées ainsi que sur sa connaissance approfondie des interactions souterraines et sa compétence au niveau des alliages, La protection des tuyaux est compatible avec plus de 95% des terrains communément rencontrés et dispense des études de sols systématiques. La canalisation peut traverser sans risque des terrains corrosifs sans nécessiter de protection complémentaire, ce qui simplifie la gestion des stocks des canalisations.

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX



Photo. I.1 Stockage des tuyaux en fonte ductile

i) Revêtement extérieur

Le revêtement extérieur des tuyaux est constitué d'une couche de 400 gr/m² d'un alliage de zinc et d'aluminium (85/15). La couche de finition est constituée d'un bouche-pore époxy de couleur bleue. La quantité doublée d'alliage protecteur et la nature de cet alliage permettent d'élargir la zone d'application par rapport au revêtement zinc.

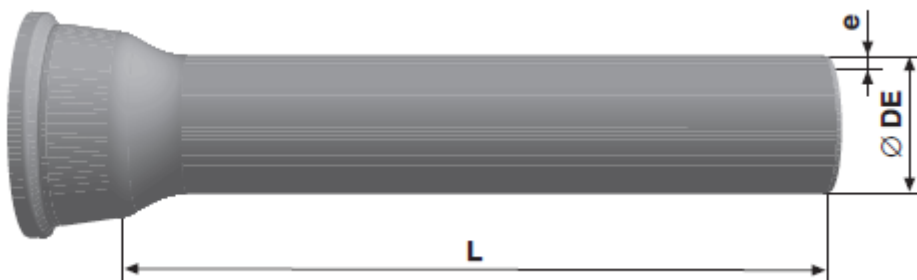
Des essais dans des milieux agressifs démontrent que la protection zinc-aluminium protège le tuyau, même quand ce dernier est endommagé.

ii) Revêtement intérieur

La protection intérieure des tuyaux est constituée d'un mortier de ciment appliqué par centrifugation assurant:

- ✓ d'excellentes conditions d'écoulement hydraulique,
- ✓ le maintien de la qualité de l'eau potable transportée,
- ✓ une protection efficace de la paroi du tuyau.

iii) Grandeurs des Tuyaux en fonte ductile



CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

Figure I.2.grandeurs des canalisations en fonte ductile

Tableau I.1 : caractéristiques des tuyaux en fonte ductile

DN mm	L m	DE mm	e fonte		Masse moy. Par tuyau kg	Masse moy. Métrique kg
			C40 mm	C30 mm		
60	6	77	4.8	-	59.5	992
80	6	98	4.8	-	77.4	12.9
100	6	118	4.8	-	94.3	15.7
125	6	144	4.8	-	116.4	19.4
150	6	170	5.0	-	143.1	23.9
200	6	222	5.4	-	200.4	33.4
250	6	274	5.8	-	263.2	43.9
300	6	326	6.2	-	332.9	55.5
350	6	378	-	6.3	407.6	67.9
400	6	429	-	6.4	475.7	79.3
450	6	480	-	6.9	562.0	93.7
500	6	532	-	7.4	659.3	109.9
600	6	635	-	8.6	894.7	149.1

iv) Joints disponibles

✓ Non verrouillé:

DN 60 – 600 Standard

DN 80 – 300 Tyton

✓ Verrouillé:

DN 60 – 600 Standard Vi,

DN 80 – 300 Tyton Sit ou Tyton Sit +,

DN 350 – 600 Standard V+i,

DN 350 – 600 Standard Ve,

DN 350 – 600 Universal Standard Vi,

DN 350 – 600 Universal Standard Ve,

b) Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse DN 60 - 2000:

Les tuyaux classiques revêtus extérieurement de zinc et d'une couche de peinture bitumineuse ont prouvé leur efficacité pendant de nombreuses années. Ils offrent la solution pour les grands diamètres. Ces tuyaux sont principalement utilisés pour des applications dans le domaine de l'eau potable.



Photo I.2: Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse

i) Revêtement extérieur

Le revêtement zinc est constitué:

- ✓ d'une couche de zinc métallique de minimum 200 g/m^2 appliquée par projection, ce qui représente une amélioration de 50 % par rapport aux exigences de la norme. Il s'agit d'une protection active grâce à l'action galvanique de la pile fer-zinc.
- ✓ d'une couche de finition de peinture bitumineuse.

En contact du terrain environnant, le zinc se transforme lentement en une couche protectrice dense, adhérente, imperméable et continue de sels de zinc insolubles. Le bouche-pores favorise la formation d'une couche stable et insoluble.

Des mesures peuvent être effectuées in situ pour déterminer la protection adéquate.

ii) Revêtement intérieur

La protection intérieure des tuyaux est constituée d'un mortier de ciment appliqué par centrifugation assurant:

- ✓ d'excellentes conditions d'écoulement hydraulique,
- ✓ le maintien de la qualité de l'eau potable transportée,
- ✓ une protection efficace de la paroi du tuyau.

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

iii. Grandeurs des Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse DN 60 - 2000

Le tableau I.2 donne les caractéristiques des canalisation en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse DN 60 - 2000

Tableau I.2 : caractéristiques des Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse
DN 60 - 2000

DN mm	L mm	DE mm	e fonte mm	Masse moy. Par tuyau kg	Masse moy. Métrique m
60	6.00	77	6.0	60.1	10.0
80	6.00	98	6.0	78.2	13.0
100	6.00	118	6.1	95.4	15.9
125	6.00	144	6.2	118.0	19.7
150	6.00	170	6.3	145.0	24.2
200	6.00	222	6.4	203.0	33.8
250	6.00	274	6.8	267.0	44.5
300	6.00	326	7.2	337.0	56.2
350	6.00	378	7.7	480.0	80.0
400	6.00	429	8.1	567.0	94.5
450	6.00	480	8.6	671.0	111.8
500	6.00	532	9.0	775.0	129.2
600	6.00	635	9.9	1007.0	167.8
700	6.00	738	10.8	1515.0	216.4
800	7.00	842	11.7	1856.0	265.1
900	7.00	945	12.6	1856.0	317.6
1000	7.00	1048	13.5	2223.0	374.4
1000	7.00	1048	13.5	2621.0	373.0
1100	8.27	1151	14.4	3604.0	435.8
1200	8.27	1255	15.3	4153.0	502.8
1400	8.26	1462	17.1	5543.0	676.8
1500	8.19	1565	18.0	6236.0	762.3
1600	8.18	1668	18.9	6942.0	48.7
1800	8.17	1875	20.7	8430.0	1031.8
2000	8.13	2082	22.5	10093.0	1241.5

iv) Joints disponibles:

✓ Non verrouillé:

DN 60 – 2000 Standard,

DN 80 – 300 Tyton,

✓ Verrouillé:

DN 60 – 600 Standard Vi,

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

DN 80 – 300 Tyton Sit ou Tyton Sit +,
DN 350 – 600 Standard V+i,
DN 350 – 600 Universal Standard Vi,
DN 350 – 1200 Universal Standard Ve,
DN 350 – 1200 Standard Ve,
DN 1400 – 1800 Pamlock,
DN 2000.

c) Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 - 700

Les tuyaux TT revêtus extérieurement de polyéthylène coextrudé sont adaptés aux sols corrosifs (sols marins, tourbeux,...) ou présentant un risque de courants vagabonds.



Photo I.3 Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 - 700

i) Revêtement extérieur

Le revêtement en polyéthylène est appliqué en usine sur la surface extérieure du fût en fonte par l'intermédiaire d'une couche d'adhésif thermo fusible selon une technique de coextrusion. Le polyéthylène extrudé isole le tuyau du sous-sol corrosif. Une manchette protège les jonctions.

L'épaisseur minimale du polyéthylène est de:

- ✓ 1,8 mm pour DN 80 – 100,
- ✓ 2,0 mm pour DN 125 – 250,
- ✓ 2,2 mm pour DN 300 – 700,

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

Le revêtement extérieur du tuyau est composé:

- ✓ de polyéthylène coextrudé (min. 1,8 mm),
- ✓ d'une couche d'adhésif,
- ✓ d'une couche de zinc métallisé,

ii) Revêtement intérieur

La protection intérieure des tuyaux est constituée d'un mortier de ciment appliqué par centrifugation assurant:

- ✓ d'excellentes conditions d'écoulement hydraulique,
- ✓ le maintien de la qualité de l'eau potable transportée,
- ✓ une protection efficace de la paroi du tuyau.

iii) Grandeurs des Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 - 700

Le tableau I.3 donne les caractéristiques des canalisation en fonte ductile, TT DN 80 - 700

Tableau I.3 : caractéristiques des Tuyaux en fonte ductile, TT DN 80 - 700

DN mm	L m	DE mm	e fonte			Masse moy. Par tuyau kg	Masse moy. Métrique kg
			K9 mm	C30 mm	C40 mm		
80	60	98	6.0	4.8	-	93.3	15.6
100	60	118	6.0	4.8	-	114.1	19.0
125	60	144	6.3	4.8	-	145.1	24.2
150	60	170	6.0	5.0	-	169.7	28.3
200	60	222	6.3	5.4	-	232.1	38.7
250	60	274	6.8	5.8	-	306.5	51.1
300	60	326	7.2	6.2	-	388.6	64.8
350	60	378	7.7	-	6.3	489.9	81.7
400	60	429	8.1	-	6.4	581.7	97.0
450				-	6.9		
500	60	532	9.0	-	7.4	796.6	132.8
600	60	635	9.9	-	8.6	1019.0	169.9
700	60	738	10.8	-	-	1343.0	223.8

iv) Joints disponibles:

- ✓ Non verrouillé:

DN 80 – 700 Standard,

DN 80 – 300 Tyton,

- ✓ Verrouillé:

DN 80 – 600 Standard Vi,

DN 80 – 300 Tyton Sit ou Tyton Sit +,

DN 350 – 600 Universal Standard Vi,

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

DN 350 – 700 Universal Standard Ve,

d) Tuyaux en fonte ductile, PUX DN 600 - 2000

Lorsque la corrosivité des sols nécessite une protection complémentaire, on recourt à une protection de type PUX pour les tuyaux de grands diamètres.

i) Revêtement extérieur

Ces tuyaux sont extérieurement revêtus d'une couche de polyuréthane appliquée par projection, épaisseur 900 μ (minimum 700 μ). Un revêtement époxy est appliqué sur le bout-uni et l'intérieur de l'emboîture. Ces tuyaux sont adaptés aux sols extrêmement agressifs.

ii) Revêtement intérieur

La protection intérieure des tuyaux est constituée d'un mortier de ciment appliqué par centrifugation assurant:

- ✓ d'excellentes conditions d'écoulement hydraulique,
- ✓ le maintien de la qualité de l'eau potable transportée,
- ✓ une protection efficace de la paroi du tuyau.

c) Grandeurs des Tuyaux en fonte ductile, PUX DN 600 - 2000

Le tableau I.4 donne les caractéristiques des canalisations en fonte ductile, PUX DN 600 - 2000

Tableau I.4 : caractéristiques des Tuyaux en fonte ductile, PUX DN 600 - 2000

DN mm	L mm	DE mm	e fonte mm	Masse moy. Par tuyau kg	Masse moy. Métrique m
600	6.00	635	9.9	1018	169.7
700	7.00	738	10.8	1517	216.7
800	7.00	842	11.7	1862	266.0
900	7.00	945	12.6	2235	319.3
1000	7.00	1048	13.5	2641	377.3
1100	8.25	1151	14.4	3621	438.9
1200	8.25	1255	15.3	4161	504.4
1400	8.17	1462	17.1	5599	685.3
1500	8.16	1565	18.0	6295	771.4
1600	8.16	1668	18.9	7005	858.5
1800	8.14	1875	20.7	8501	1044.3
2000	8.13	2082	22.5	10173	1251.3

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

iv) Joints disponibles:

- ✓ Non verrouillé:

DN 600 – 2000 Standard

- ✓ Verrouillé:

DN 600 – Standard Vi,

DN 600 – Universal Standard Vi,

DN 600 – 1200 Universal Standard Ve,

DN 1400 – 1800 Standard Pamlock,

DN 2000, (SAINT-GOBAIN, 2016)

III.3 Conduites en béton

III.3.1 Généralité

D'une façon générale, les tuyaux béton utilisés sur les réseaux d'eau potable, comportent une épaisseur importante de béton renforcée en son milieu par des armatures d'acier.

Cette armature peut être constituée :

- ✓ d'un tube médian complet en acier qui assure l'étanchéité du tuyau (tuyau âme-tôle), dans ce cas on a, en fait, un tuyau d'acier avec revêtement intérieur et extérieur béton
- ✓ de fils disposés longitudinalement et circonférenciellement tendus ou non ; dans ce cas, l'étanchéité n'est réellement assurée que par le béton.

Le tuyau à âme en tôle est donc un tuyau à tube médian en tôle d'acier avec double revêtement en béton armé. Il se compose :

- ✓ d'un tube médian en tôle d'acier soudée.
- ✓ d'un revêtement extérieur en béton armé. -d'un revêtement intérieur en béton.
(DIRECTIVE TECHNIQUE, 2013)

III.3.2 Différent type des conduites en béton

a) Le tuyau en béton a âme en tôle d'acier

Les tuyaux sont constitués par :

- ✓ Une âme en tôle d'acier cintrée et soudée longitudinalement,
- ✓ Une armature de revêtement constituée de spires à pas constant et de génératrices,
- ✓ Un revêtement extérieur et intérieur en béton enrobant parfaitement les armatures.

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

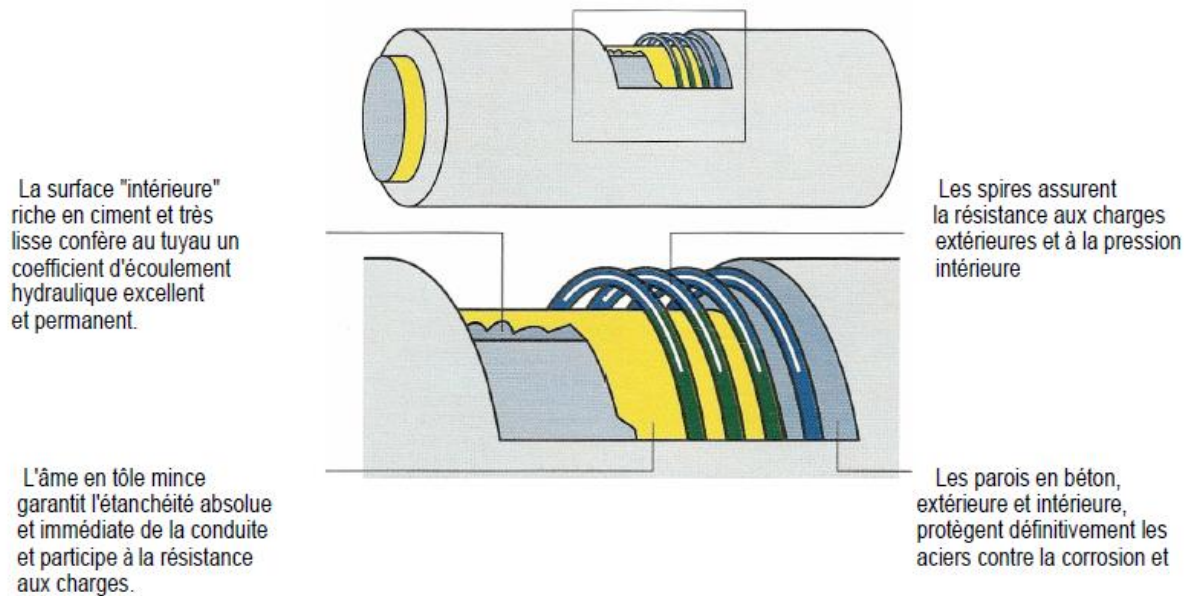


Figure I.3: Composant des canalisations en béton armé à âme tôle en acier.

i) Caractéristiques dimensionnelles :

- ✓ Diamètre : 400 mm à 2500 mm,
- ✓ Longueur : selon demande du client source. (BONNA BETON, 2016)

b) Tuyau frette béton (FB)

i) Caractéristiques du produit

Le tuyau précontraint « F.B. » est un tuyau fretté sur corps en béton. Il est précontraint longitudinalement et tangentiellement par des fils d'acier à haute résistance.

Il est constitué par:

- ✓ Un tube primaire en béton centrifugé ou moulé, précontraint longitudinalement,
- ✓ Un frettage en acier à haute résistance enroulé sous tension contrôlée autour du tube primaire auquel il confère la précontrainte tangentielle,
- ✓ Un revêtement extérieur en béton vibré à haute fréquence destiné à soustraire les spires de précontrainte à l'influence des agents extérieurs. Ancré au béton primaire et aux spires de précontrainte, il fait partie intégrante de la paroi et contribue à la résistance du tuyau.

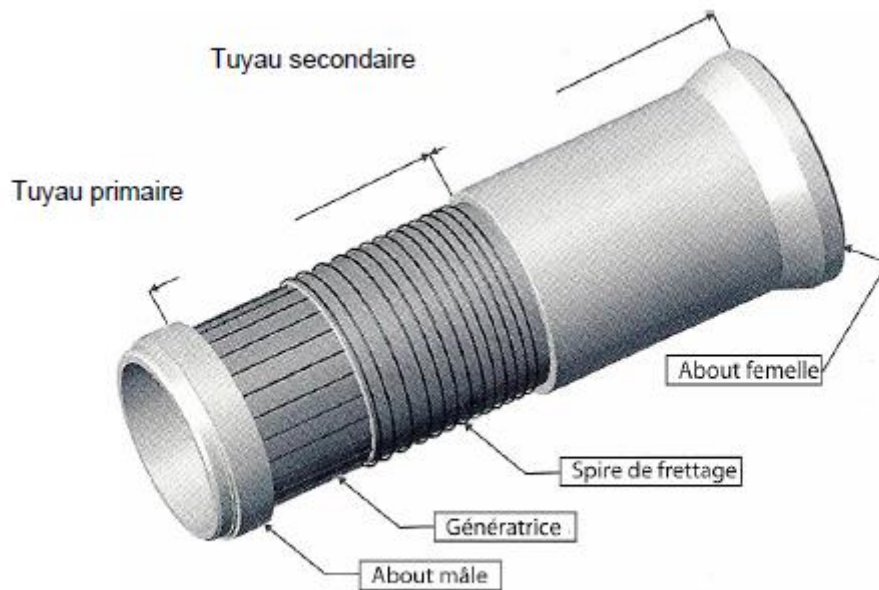


Figure I.4: Composants des canalisation (FB)

ii) Caractéristiques dimensionnelles

- ✓ Diamètre : 400 mm à 2000 mm,
- ✓ Longueur : de 6 m à 7 m. (BONNA BETON, 2016).

c) le tuyau en béton précontraint à âme en tôle d'acier (FTI)

i) Caractéristiques du produit

- ✓ Une âme en tôle munie de bagues d'about soudées à ses extrémités,
- ✓ Un revêtement intérieur (centrifugé ou moulé) et un revêtement extérieur (moulé) protégeant l'âme en tôle et formant le primaire,
- ✓ Une armature à haute résistance à la traction obtenue par enroulement hélicoïdal d'un fil d'acier, sous tension contrôlée, autour du primaire, assurant une précontrainte circonférentielle. Le pas et le diamètre du fil sont adaptés aux conditions d'utilisation,
- ✓ Un revêtement en béton vibré de forte compacité.

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

Un enroulement de fil d'acier à haute résistance à la traction

Enroulé sous tension, contrôlée autour du primaire auquel il confère sa précontrainte circulaire ; il assure la résistance du tuyau aux charges extérieures et à la pression intérieure.

Un primaire en béton (extérieur)

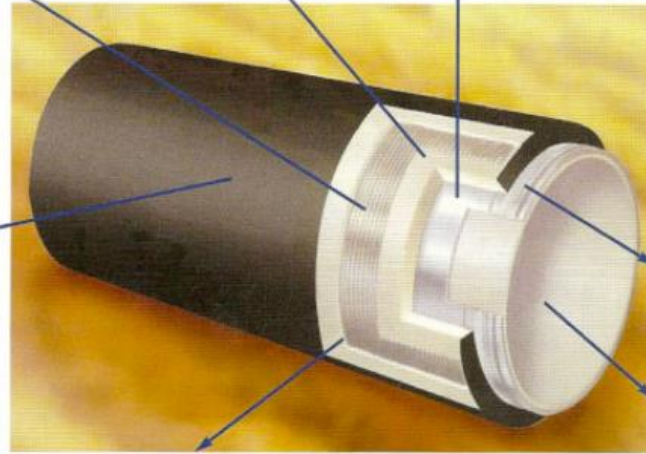
Moulé sous vibration à haute fréquence, il est conçu pour fournir au tuyau une inertie suffisante afin de supporter les effets de précontrainte.

Une âme en tôle soudée

Conçue pour garantir une étanchéité absolue, il empêche l'infiltration de l'eau et de son oxygène dans la paroi du tuyau, tout en lui apportant une résistance longitudinale élevée.

Une protection extérieure

Elle protège si besoin est, la tôle en acier des agents agressifs extérieurs (peinture, feuille de polyéthylène).



Un joint souple E.R.

Pour l'étanchéité à l'eau et à la déflexion.

Un primaire en béton (intérieur)

Surface intérieure en béton très lisse riche en ciment, elle confère au tuyau un coefficient d'écoulement hydraulique excellent, et protège la tôle en acier contre les risques de corrosion et d'abrasion.

Un revêtement extérieur en béton

Vibré à haute fréquence ou appliqué par projection, il est destiné protéger les spires de précontraintes de l'influence des agents extérieurs. Ancré sur le béton primaire et sur les spires de précontrainte, il constitue une partie solidaire de la paroi et contribue à la résistance du tuyau.

Figure I.5: Composants des canalisations (FTI)

i. Caractéristiques dimensionnelles :

- ✓ Diamètre : 200 mm à 4000 mm,
- ✓ Longueur : 2,34 m à 6,15 m. (BONNA BETON, 2016).

III.4 Conduites en PEHD

III.4.1 Généralités

Les tubes PEHD sont aussi utilisés pour la distribution d'eau potable (lignes principales et branchements).

Matière : le polyéthylène utilisé dans la fabrication des tubes distribuant l'eau potable est de qualité organoleptique. Il supporte une résistance minimum correspondant à au moins 8 mégapascals pendant 50 ans.

Le PEHD est insensible à la corrosion et permet aux tubes fabriqués

- ✓ d'être résistants aux chocs et d'être non cassants,
- ✓ Le stockage doit se faire en position horizontale. (NF, 2016)



Photo I.4. Aire de stockage pour de canalisations en PEHD

III.4.2. Avantages des canalisations PEHD

- ✓ flexibilité : aptitude à suivre les mouvements du terrain,
- ✓ soudabilité : réseau continu étanche et homogène,
- ✓ longévité : coûts d'exploitation réduits,
- ✓ inertie chimique et électrique : pas de corrosion, stabilité du réseau en milieu agressif,
- ✓ excellentes propriétés mécaniques : résistance aux chocs, au gel, tenue aux U.V.,
- ✓ légèreté et grande longueur : mise en œuvre facile et mécanisable,
- ✓ faible coefficient de rugosité : pertes de charge réduites,
- ✓ fiabilité des réseaux : jonctions adaptées à l'application pour une meilleure étanchéité,
- ✓ respect de l'environnement : recyclage,
- ✓ faible coefficient de frottement : tirage de câble plus facile.

III.4.3. Caractéristique des canalisations en PEHD

a) Diamètre extérieur nominal (dn)

Valeur correspondant à celle, mesurée en mm, du diamètre extérieur moyen des tubes qui constituent la partie principale de la canalisation considérée.

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

b) Epaisseur nominale de la proie (e_n)

Désignation numérique de l'épaisseur de la paroi d'un composant, qui est un nombre pratique et approximativement égal à la côte de fabrication en millimètres.

c) Tolérance

Ecart admis de la valeur spécifiée d'une quantité exprimée comme étant la différence entre les valeurs maximale et minimale admises.

d) Pression nominale PN

La pression nominale d'un élément de canalisation est exprimée par un numéro de référence qui indique l'aptitude de cet élément à résister à une pression intérieure. Elle correspond à la valeur en bars d'une pression d'eau intérieure maintenue constante, que l'élément de canalisation qui transporte l'eau à 20°C, doit supporter sans défaillance et avec une sécurité convenable pendant 50 ans.

e) Pression maximale de service (PMS) :

La pression maximale de service d'un élément de canalisation est la pression maximale admissible en service dans cet élément.

f) Contrainte minimale requise (MRS) :

La contrainte minimum (MRS) requise du PE, permet de calculer la résistance hydrostatique a long terme a 20°C par la formule ci-après avec $C = 1.25$ qui est le coefficient de sécurité de l'eau :

$$S = \frac{MRS}{C}$$

g) Dilatation

Le polyéthylène subit une dilatation importante, due a l'influence des écarts de température. Cette dernière risque d'être la cause de contraintes, entraînant soit des déformations, soit des arrachements...

Afin de contrer cet effet, il peut être important de prévoir des dispositifs pour absorber la dilatation (manchons ou lyres). C'est notamment le cas lors de la pose aérienne ou de fortes différences sont a prévoir entre la température extérieure de pose et la température finale liée a celle du fluide.

Le coefficient de dilatation du PEHD est égal a : 0.2 mm/m/°C.(INTERPLAT, 2016).

III.4.4 techniques d'assemblage des tubes PEHD

Les tubes PEHD doivent être assemblées, soit par :

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

✓ Électrosoudage,

✓ Bout à bout.

a) Électrosoudage

Cette technique consiste à réaliser des assemblages au moyen de raccords électrosoudables.

Ces raccords peuvent se présenter sous forme de manchon, té, té-réduit, coude, etc....

b) Bout à bout

Cette technique consiste à assembler par élément chauffant des tubes et/ou des raccords en PEHD d'épaisseurs identiques. Cette technique ne peut être utilisée qu'à partir du diamètre 110 mm. Chaque technique doit être exécutée par un personnel qualifié et doté de machines et outillages appropriés.

III.4.5. manutention, transport et stockage des tubes PEHD

Il est recommandé de porter le plus grand soin lors des chargements et déchargements des tubes PEHD. Ces opérations peuvent se faire manuellement ou à l'aide d'un chariot élévateur, après mise sous forme de fardeau. Tout contact avec une pièce métallique qui risque de blesser les tubes ou leur porter préjudice doit être évité.

Pour le transport, les camions utilisés doivent avoir des planchers propres, sans parties saillantes. Les tubes doivent reposer sur toute leur longueur. Eviter de poser les tubes à proximité du pot d'échappement ou toute autre source de chaleur.

L'aire de stockage doit être propre, plane et suffisamment stabilisée pour admettre la circulation des engins de manutention. Pour un stockage prolongé, les tubes doivent être mis sous abris.

Lors du stockage, il faut veiller à stocker les tubes et les couronnes à plat. La hauteur maximale de gerbage est de 1 mètre.

(Cahier des prescriptions techniques Tubes PEHD en AEP, 2010)

III.5. Conduites PVC

III.5.1. Généralité:

Les tubes PVC pression est destinés à l'adduction et branchement d'eau potable.

Les tubes sont commercialisés en longueurs de 6 m ou 5.8 m. Ils sont de couleur gris foncé.

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX



Photo I.5: Production des canalisation de pvc pression

III.5.2. dimensions des tubes PVC pression

Le tableau I.5 donne toutes les caractéristiques des conduites PVC pression

Tableau I.5. Donné toutes les caractéristiques des conduites PVC

Diamètre Extérieur (mm)	Epaisseurs Nominales (mm)			
	PN6	PN10	PN16	PN25
20	-	-	1.5	2.3
25	-	1.5	1.9	2.8
32	-	1.8	2.4	3.6
40	-	2.4	3.0	4.5
50	-	2.4	3.7	5.5
63	2.0	3.0	4.7	-
75	2.3	3.6	5.5	-
90	2.8	4.3	6.6	-
110	3.2/2.7	5.3	8.1/6.6	-
125	3.7/3.1	6.0	7.4	-
140	3.1	6.1	8.3	-
160	3.8	6.2	9.5	-
200	4.7	7.7	11.9	-

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

225	5.3	8.6	13.4	-
250	5.9	9.6	14.8	-
280	6.9	10.7	16.6	-
315	7.4	12.1	18.7	-
355	8.7	13.6	21.1	-
400	9.8	15.3	23.7	-
450	11.0	17.2	26.7	-
500	12.3	19.1	-	-
560	13.7	21.4	-	-
630	15.4	24.1	-	-

III.5.3 Propriétés physiques du tubes pvc

Le tube PVC pression possède les caractéristiques motionnée sur le tableau I.6 :

Tableau I.6. Caractéristiques des tubes pvc pression

Masse Volumique	Kg/m ³	1350-1460
Résistance a la traction	MPA	≥ 45
Allongement	%	≥ 80
Module d'élasticité	MPA	≥ 3000
Point Vicat	deg.C	≥ 80
Dilatation Linéaire	MM/M/deg.C	≤ 0.07
Alimentarité		Qualité Alimentaire
Retrait Longitudinal à 150 °c	%	≤ 5
Résistance a la pression interne à 20 °c	Sous la pression d'essai donnée dans le tableau suivant, tenue minimale : 1h	
Résistance a la pression interne à 60 °c	Sous la pression d'essai donnée dans le tableau suivant, tenue minimale : 10h	
	Sous la pression d'essai donnée dans le tableau suivant, tenue minimale : 1000h	

III.5.4. pressions maximales de services

La pression maximale de service (PMS) est directement reliée à la pression nominale (PN) et aux paramètres d'utilisation spécifiés dans le tableau I.7.:

Tableau I.7. corrélation entre les pressions maximales de service et les caractéristiques des tubes avec pression

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

Application		Paramètre d'utilisation			PMS en fonction de la PN				
		Type d'assemblage	Action corrosive fluide véhiculé	TMS	PN2 5	PN1 6	PN1 0	PN 6	
Conduite de l'eau destiné à l'alimentation humaine	Adduction gravitaire	Collage ou bague d'étanchéité	S	≤25 °c	25	16	10	6	
				≤40 °c	16	10	6	4	
	Adduction par refoulement Branchement	Bague d'étanchéité	S	≤25 °c	25	16	10	6	
				≤40 °c	16	10	6	4	
				≤25 °c	16	10	6	4	
				≤40 °c	10	6	4	2.5	
	Distribution à l'intérieur des bâtiments	Collage ou bague d'étanchéité	S	≤25 °c	16	10	6	6	
				≤40 °c	10	6	4	4	
Evacuation sous pression des eaux usées	Refoulement	Collage ou bague d'étanchéité	S	≤25 °c	25	16	10	4	
				≤40 °c	16	10	6	2.5	
Conduite de liquide alimentaires, eaux thermales et liquides industriels	Refoulement	Bague d'étanchéité	S	≤25 °c	16	10	6	4	
				≤40 °c	10	6	4	2.5	
				≤60 °c	6	4	2.5	-	
				L	≤25 °c	10	6	4	2.5
					≤40 °c	6	4	2.5	-
					≤60 °c	4	2.5	4	-
	Collage	S	≤25 °c	10	6	4	2.5		
			≤40 °c	6	4	2.5	-		
			≤60 °c	4	2.5	4	-		
			L	≤25 °c	6	4	2.5	-	
≤40 °c	4	2.5		-	-				

S : résistance satisfaisante
L : résistance limitée

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

Pour de l'eau alimentaire jusqu'à 45°C, la pression de fonctionnement admissible est déterminée à partir de la pression nominale et d'un coefficient de détimbrage f_T , de la façon suivante :

$$[PFA] = f_T * [PN]$$

Ce coefficient de détimbrage est basé sur une expérience de longue durée et des résultats des essais. Il varie avec la température de l'eau selon la figure I.6:

Exemple : Considérons un tube PVC de PN 12,5 à utiliser à 40°C, la pression de fonctionnement maximale admissible, à 40°C, en utilisation continue est de :
 $0,71 \times 12,5 = 8,88 \text{ bar.}$ (SOTICI, 2015).

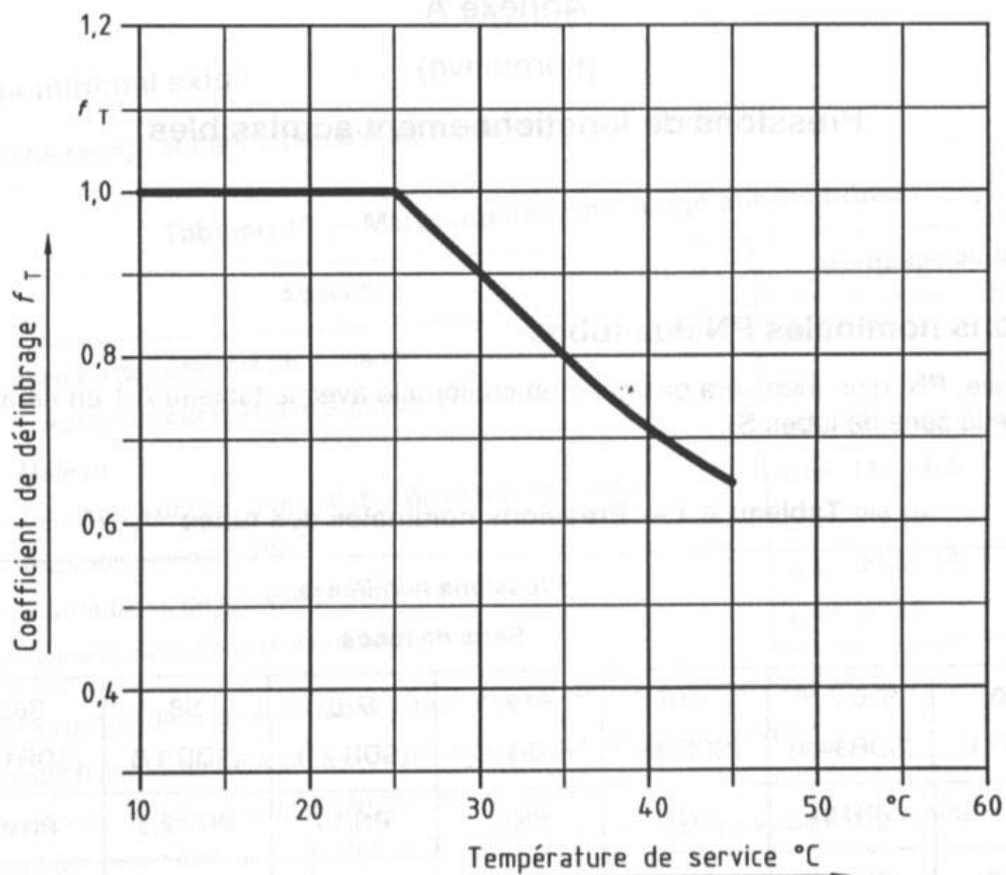


Figure I.6: Coefficient de détimbrage en fonction de température pour pvc pression

III.6. Les conduites en polyester renforcée de fibres de verre PRV

III.6.1. Généralité:

Polyester Renforcée de fibres de Verre (PRV), est utilisé dans les applications suivantes:

- ✓ Réseaux d'adduction d'eau potable,

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

- ✓ Réseaux d'assainissement,
- ✓ Conduites forcées,
- ✓ Fonçage et micro tunnelier,
- ✓ Conduites de refroidissement.

Matières premières:

- ✓ la résine,
- ✓ la fibre de verre,
- ✓ le sable de silice,
- ✓ les matières premières auxiliaires.



Photo I.6: Production des conduits PRV

III.6.2 Caractéristiques et avantages

- ✓ Faible poids et système d'assemblage simple réduisent le temps de pose,
- ✓ Structure de la paroi homogène grâce au process de centrifugation breveté,
- ✓ Faibles incrustations et dépôts de boues,
- ✓ Résistance à l'abrasion élevée,
- ✓ Résistance à la corrosion,
- ✓ Surface intérieure lisse (rugosité ≤ 0.1 mm),
- ✓ Haute résistance au gel et aux hautes températures,
- ✓ Très faible coefficient d'expansion thermique,
- ✓ Haute résistance aux UV,
- ✓ Résistance mécanique élevée,
- ✓ Résistance chimique élevée,
- ✓ Longue durée de vie,
- ✓ Déviation angulaire possible dans les manchons,
- ✓ Nombreuses pièces de raccord disponibles, dont les regards de visite (sans soudure),
- ✓ Facilité de manutention sur site,
- ✓ Installation indépendante des conditions météorologiques,

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

- ✓ Faible vitesse de propagation des ondes (cas des coups de béliers).

III.6.3 Gamme de tuyaux

- ✓ Tuyaux pression DN 150 - 1000 PN 6, 10,
- ✓ Tuyaux pression DN 1100 - 3600 PN 6, 10,
- ✓ Tuyaux pression DN 150 - 1000 PN 16, 20,
- ✓ Tuyaux pression DN 1100 - 3600 PN 16, 20,
- ✓ Tuyaux pression DN 150 - 1000 PN 25, 32,
- ✓ Tuyaux pression verrouillés DN 200 - 1200 PN 6, 10,
- ✓ Tuyaux de fonçage pression Dext 427 - 752 PN 6.

Les caractéristiques des conduite PRV sont résumé en ce qui suit:

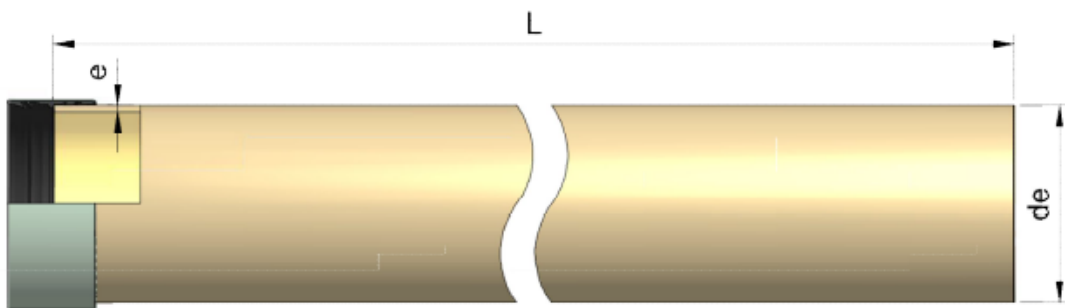


Figure I.7: les grandeurs de canalisation PRV.

e: Epaisseur de paroi.

L: Longueur.

de: Diamètre extérieur du tube.

La longueur standard des tuyaux est de 6m. Longueurs de 1 , 2 et 3 m disponibles sur demande.(HOBAS, 2016)

III.6.4.Caractéristiques des tuyaux:

Tableau I.8. Caractéristiques des canalisations PRV

DN	Série diametre	De (mm)	PN 25				PN 32			
			SN 10000		SN 20000		SN 10000		SN 20000	
			M (kg/m)	E (mm)	M (kg/m)	E (mm)	M (kg/m)	E (mm)	M (kg/m)	E (mm)
150	B2	168	4	6	5	7	5	7	5	7
200	B2	220	8	7	9	9	9	2	9	9
250	B2	272	11	8	14	10	13	10	13	10
300	B2 B4	324	15	10	20	12	17	11	19	12
350	B2	376	20	11	26	13	23	12	24	13
400	B3	401	23	12	29	14	26	13	27	14
400	B2	427	26	12	33	15	28	13	30	14
450	B2	478	29	12	38	15	35	15	35	15

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

500	B3	501	32	13	41	16	37	15	38	15
500	B2	530	35	13	44	17	41	16	42	16
550	-	550	38	14	51	18	45	16	45	16
600	B1	616	46	15	61	19	54	18	55	18
650	-	650	51	16	68	20	60	18	60	19
700	B1	718	60	17	84	22	71	20	72	20
750	-	752	66	18	91	23	77	21	79	21
800	B1	820	77	19	104	24	93	23	94	23
860	-	860	84	19	113	25	101	24	103	24
900	B1	924	95	21	129	27	115	25	117	25
960	-	960	102	21	139	28	123	26	126	26
1000	B1	1026	118	23	157	29	139	27	142	28

III.6.5 Système de raccordement

a) Manchon à joint REKA

Les tuyaux PRV sont faciles à emboîter grâce au manchon en PRV à joint REKA profilé en élastomère. L'étanchéité hydraulique est assurée par la compression des deux joints insérés au niveau des deux côtés du manchon contre la surface extérieure des conduites.



Photo I.7: Manchon à joint REKA

b) Emboitement Bout-à-Bout

La jonction se compose d'une stratification des tissus de verre selon la largeur et la longueur spécifiées avec une imprégnation de résine. Le joint laminé obtenu est un joint permanent assurant une continuité dans les deux directions axiales et circonférentielles.



Photo I.8: Application du joint laminé pour conduites PRV

c) Emboitement par Bride

L'emboitement se fait dans ce cas avec des brides en PRV. Les brides sont raccordées entre elles par boulonnage. Aussi, les brides PRV peuvent être utilisées comme pièces de raccordement avec les brides d'un autre matériau et ce en répondant aux exigences des normes de perçage requises. L'étanchéité est assurée dans ce cas à l'aide d'un joint élastomère torique ou plat. (SAPHIR, 2016)

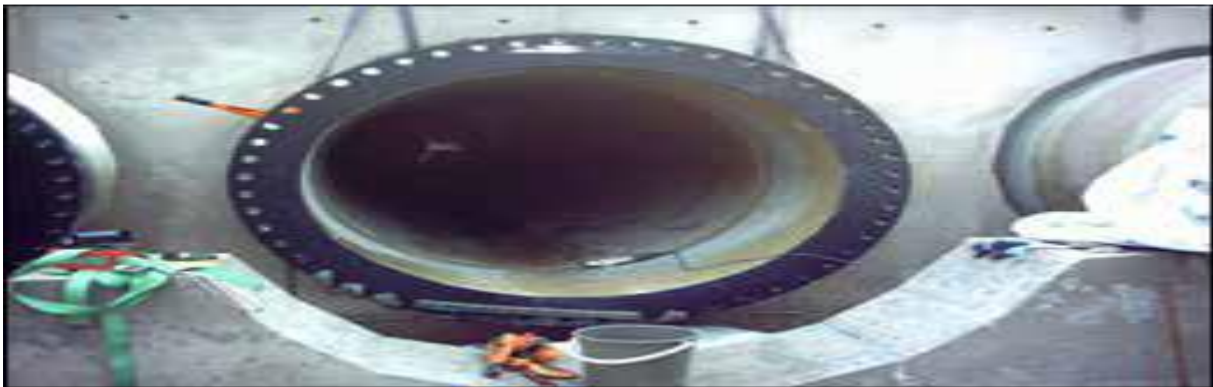


Photo I.9: Installation de la bride sur conduites PRV

IV. COMPARAISON ENTRE LES DIFFERENT TYPES DE CANALISATION

Une échelle d'intensité relative aux degrés de recommandation pour l'utilisation des différents types de canalisations, le tableau I.9 donne pour chaque type le degré de recommandation pour l'utilisation de la canalisation.

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

Tableau I.9. Comparaison ente les différent type des conduits

Critères Matériau	Confmité sanitaire	Resistace aux charges	Corrosion	Système verrouillé	Pose sans tranchée	Variation thermique	Conception	Maintenance	Coût global
Fonte	++	+++	++	++	+	+++	+++	++	+
PVC	+++	+	+++	+	+	+	++	++	+++
PEHD	+++	++	+++	+++	+++	+	+++	++	++
Acier	++	+++	+	+++	++	++	++	+	+
Béton	++	+++	++	+++	+	+++	+	+	+
+ Moins recommandé +++ Plus recommandé									

CHAPITRE I : CHOIX DES MATERIAUX

V. CONCLUSION

Ce chapitre a englobé un volet important pour les transferts d'eau. Il s'agit des critères de choix liés aux types de canalisations à projeter. L'analyse doit être multicritères et plusieurs paramètres interviennent pour le choix définitif à savoir: agressivité des sols, agressivités des eaux véhiculées, relief, pressions de services et critères économiques relatifs à l'investissement initial et aux frais de maintenance. Une revue bibliographique de l'ensemble des types de canalisations destinées aux transferts d'eau a été largement détaillée avec des orientations en terme de paramètres décisionnels pour le choix du type de canalisations à adopter pour la conception des transferts d'eau. la pondération entre les paramètres de choix dépend étroitement de l'ampleur des transferts et de leur caractère stratégique et un ou plusieurs critères peuvent dominer en fonction des spécificités de chaque conception.

I. INTRODUCTION

Ce chapitre est consacré à l'analyse des transferts d'eau et leur utilité dans le cadre de la liaison des zones à ressources disponibles et celles nécessitant un renforcement pour un équilibre hydrique. Il décrit l'ensemble des installations et systèmes constituant les transferts d'eau, soit en mode gravitaire ou forcé ainsi que le rôle de chacun de ces éléments.(BENSAADA, 2014)

II.DEFINITIONS ET TYPES

Littéralement, les transferts d'eau représentent le transport d'un volume d'eau d'un lieu géographique vers un autre, souvent d'un lieu de captage vers un lieu de distribution et d'utilisation. Ces ouvrages sont composés d'un moyen de transport (canalisation ou canal), d'un moyen de propulsion (gravité ou pompage) et d'éventuels ouvrages intermédiaires de prise d'eau, de stockage ou/et de régulation/sécurisation.

Ils peuvent se caractériser sous différentes échelles (débits, distance...) et remplir des objectifs qualitatifs et/ou quantitatifs.(SOGREAH, 2010)

D'après leur fonctionnement, les adductions peuvent être classées en deux groupes :

- ✓ Adduction gravitaire,
- ✓ Adduction par refoulement.

II.1 ADDUCTION GRAVITAIRE

C'est un écoulement à surface libre ou en charge lorsque la cote source est supérieure à la cote du réservoir.

Dans une adduction gravitaire, le point de captage se situe à une altitude supérieure à celle du réservoir de desserte de l'agglomération et l'écoulement peut être à surface libre, c'est-à-dire sans pression, grâce à la pente, ordinairement uniforme sur tout le parcours ou en charge.

Un écoulement gravitaire est un écoulement, qui se fait sous l'action d'une force extérieure qui lui sera appliquée (conditionné par la pente, pesanteur) dans le cas d'une canalisation gravitaire ; la source d'eau doit se situer à une côte supérieure à celle du réservoir d'accueil.(VALIRON, 1989)

L'adduction gravitaire s'effectue, soit par aqueduc, soit par conduite forcée ou en charge.

Avec des aqueducs (ou des canaux à ciel ouvert), l'écoulement est à surface libre, c'est-à-dire sans pression, grâce à la pente, il est généralement uniforme sur tout le parcours, que l'on aura étudié pour pouvoir transiter le débit voulu :

- ✓ Faible pente et sensiblement constante,
- ✓ Les aqueducs ne doivent pas se mettre en charge,

- ✓ Longueurs des aqueducs généralement grandes,
- ✓ Faible vitesse donc grande section transversale,
- ✓ Systèmes particuliers selon topographie naturelle: sur arcades, en siphon, en tunnel,
- ✓ Des pertes possibles d'eau: évaporation, infiltration possible,
- ✓ Qualité des eaux: possibilité de drainage de la pollution.

Avec des conduites en charge, l'écoulement est à section pleine, c'est-à-dire sous pression. Ce mode d'adduction a les avantages suivants :

- ✓ permet d'avoir des vitesses plus grandes que dans le cas des aqueducs ;
- ✓ l'eau est isolée du milieu extérieur: moins de pertes et pas de risque de pollution ;
- ✓ pas de contraintes en ce qui concerne la pente de la conduite.

Il est évident que, dans ces conduites en charge, la perte de charge est plus importante que dans les aqueducs.(MOUSSA, 2002)

II.1.1. Charge hydraulique

La charge hydraulique (en m) dans une section quelconque d'une conduite est définie par:

$$H = \alpha \frac{U^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + Z$$

U : est la vitesse moyenne de l'eau dans la conduite (débit / section), en m/s,

P : est la pression moyenne dans la conduite, en Pa,

g : est l'accélération de la pesanteur (m/s²),

z : est la cote moyenne de la conduite, en m,

ρ : est la masse volumique de l'eau,

α : est un coefficient dû à la non homogénéité des vitesses dans la section ($\approx 1,05$), il est souvent égal à 1.(DUPONT, 1979)

II.1.2. Perte de charge linéaire

On définit la perte de charge linéaire J (en m) par l'expression universelle suivante (formule dite de Darcy-Weisbach) :

$$J = \lambda \frac{L}{D} \frac{U^2}{2g}$$

- ✓ L est la longueur totale de la conduite (en m),
- ✓ λ est le coefficient de perte de charge. Ce Coefficient est donné en fonction du nombre de Reynolds ($Re = U.D / \nu$) et de la rugosité relative k_s / D ,
- ✓ k_s étant la rugosité de la conduite,
- ✓ ν est la viscosité cinématique de l'eau (Pour l'eau $\approx 10^{-6}$ m²/s) à 20°C.

II.1.3. Perte de charge singulière

Les singularités rencontrées sur les canalisations sont généralement des changements de la section de la conduite (élargissements, rétrécissements, diaphragmes, ...) ou des changements de la direction de l'écoulement (coudes, dérivations, robinets, vannes,...). Ces singularités se comportent comme des " ouvrages courts " et provoquent des pertes de charges locales. (BENSAADA, 2014)

La perte de charge locale provoquée par ces singularités peut généralement se mettre sous la forme :

$$H = \alpha \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + Z$$

K est un coefficient qui dépend de la forme et des dimensions de la singularité.

II.1.4. Ligne piézométrique et ligne de charge

La charge hydraulique peut être répartie en deux différentes grandeurs: $H = H^* + H_d$

Avec :

$$H^* = \frac{P}{\rho g} + Z$$

et

$$H_d = \frac{v^2}{2g}$$

H^* est la "charge statique" et H_d est appelée " charge dynamique ".

a) Ligne piézométrique

La courbe représentant, sur la verticale, la ligne des niveaux de la charge statique H^* en fonction de la longueur (le long d'une conduite ou d'une canalisation, suivant le sens de l'écoulement), est appelée la ligne piézométrique.

b) Ligne de charge

La courbe représentant la ligne des niveaux de la charge totale H le long d'une conduite, suivant le sens de l'écoulement, est appelée la ligne de charge (ou d'énergie).

La ligne de charge est déduite de la ligne piézométrique par une translation vers le haut égale en chaque point à la valeur locale de $(\frac{v^2}{2g})$.

La perte de charge J (ou ΔH) entre deux points est alors la différence des cotes de la ligne de

charge en ces deux points. La perte de charge fait que la ligne de charge soit toujours descendante.

En pratique, pour les conduites réelles d'adductions, nous pouvons confondre les deux lignes (De charge et piézométrique) puisque le terme de vitesse ($\frac{v^2}{2g}$) reste généralement faible par rapport à la charge statique. (DUPONT, 1979)

II.1.5. Détermination du diamètre avantageux

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

$$\Delta H_t = \frac{K' L_{eq} Q^\beta}{D_{av}^m}$$

ΔH : Perte de charge totale (m),

K' : Coefficient de perte de charge,

L_{eq} : Longueur équivalente de la conduite (m),

L_g : Longueur géométrique de la conduite (m),

L_e : Longueur équivalente des pertes de charge singulière j(m).

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à 15% des pertes de charge linéaires.

$$\Delta H_t = 1.15 \Delta H_p^{lin} \Rightarrow L_{eq} = 1.15 L_g$$

ΔH_t : Perte de charge totale (m),

$\Delta H_{lin p}$: Perte de charge linéaire (m).

On suppose par hypothèse que la charge disponible entre le réservoir et la bêche d'aspiration ($H_d = C_p R - C_p B$), égale à la perte de charge totale. (ABDI, 2011)

Avec

H_d : la charge disponible,

$C_p R$: la cote piézométrique du réservoir,

$C_p B$: la cote piézométrique de la bêche d'aspiration,

Le diamètre avantageux est calculé à base de la formule suivante :

$$D_{av} = \sqrt[m]{\frac{K' L_{eq} Q^\beta}{\Delta H}}$$

Avec :

D_{av} : Diamètre avantageux calculé de la conduite (m),

Q : Débit véhiculé par la conduite (m^3/s),

L_{eq} : Longueur équivalente de la conduite (m),

ΔH : la perte de charge (charge disponible) (m),

β : Exposant tenant compte du régime d'écoulement,

m : Exposant tenant compte du type du matériau.

II.2. ADDUCTION PAR REFOULEMENT

Dans une adduction par refoulement, le captage se situe à un niveau inférieur à celui du réservoir de distribution. Les eaux de captage (ou traitées) sont relevées par une station de pompage dans cette conduite de refoulement. (DUPONT, 1979)

Le refoulement des eaux se fait par une station de pompage (ou usine élévatoire) qui comporte principalement:

- ✓ la salle d'arrivée d'eau (ou bêche d'aspiration),
- ✓ la salle des commandes,
- ✓ la salle des machines, comportant généralement plusieurs groupes élévatoires [03].

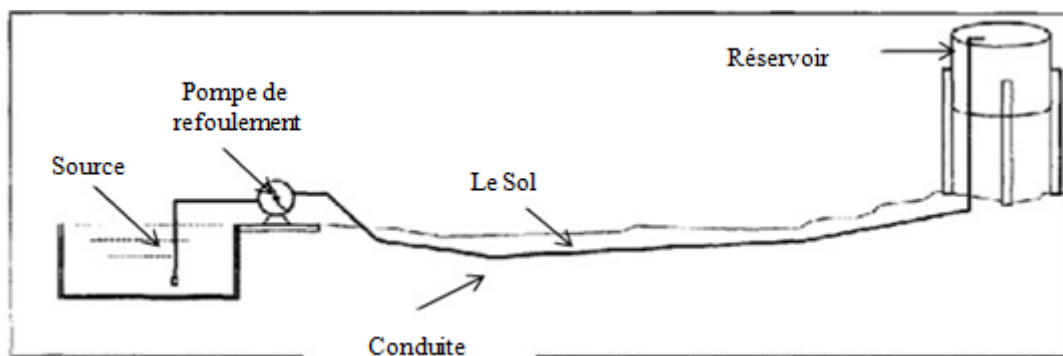


Figure II.1 : Schéma d'une adduction par refoulement.

II.2.1. Calcul du diamètre économique

Il existe divers formules qui donne le diamètre économique pour les petits et grands projets, on a choisie les formules suivant: (SAHOULI, 2004)

- ✓ Formule de BRESSE

$$D = 1.5 \cdot (Q)^{1/2}$$

- ✓ Formule de BONNIN

$$D = \sqrt{Q}$$

✓ Formule de MUNIER

$$D = (1 + 0.02n) \cdot (Q)^{1/2}$$

Avec :

D : Diamètre de la conduite (m),

Q : Débit en (m³/s).

II.2.2. Pertes de charge dans les conduites

a) Pertes de charge linéaires

La perte de charge linéaire (*J*) le long d'une conduite lors du transport d'un débit constant *Q* ; se calcul selon l'expression suivante de *DARCY* :

$$J = \lambda \cdot l \cdot V^2 / 2 \cdot g \cdot D$$

Avec :

λ : Coefficient de pertes de charge linéaire,

D : Diamètre intérieur de la conduite en [m],

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

V : Vitesse moyenne du liquide dans la conduite en [m/s].

Le coefficient de perte de charge linéaire (λ) est défini par la formule de COLBROOK suivante pour un écoulement turbulent rugueux :

$$(\lambda)^{-1/2} = -2 \cdot \text{LOG} [(K/3,71 \cdot D) + (2,51 / (\text{Re} \cdot \lambda^{1/2}))]$$

Avec :

K : Rugosité moyenne de la paroi intérieure du tuyau en [mm],

Re : Nombre de REYNOLDS égale à $(V \cdot d / \nu)$,

v : Etant la viscosité cinématique du liquide.

b) Pertes de charge singulières:

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes, clapets, Té,.....etc.). Elles sont estimées à 15 % des pertes de charge linéaires. (DUPONT, 1979)

$$\Delta H_s = 0,15 \Delta H_l$$

c) Pertes de charge totales (ΔH_t)

Ce sont la somme des pertes de charge linéaires et les pertes de charge singulières, alors:

$$\Delta H_t = \Delta H_s + \Delta H_l = 0,15 \times \Delta H_l + \Delta H_l \Rightarrow \Delta H_t = 1,15 \times \Delta H_l$$

II.2.3. Calcul de la hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique totale est la somme des pertes de charge et de la hauteur géométrique

$$HMT = H_g + \Delta H_a + \Delta H_r \Rightarrow HMT = H_g + \Delta H_t$$

H_g : la hauteur géométrique en (m) ,

ΔH_a : pertes de charge à l'aspiration en (m) ,

ΔH_r : pertes de charge au refoulement en (m) ,

ΔH_t : la perte de charge totale en (m).

II.2.4. Vitesse d'écoulement dans les conduites

Dans l'objectif d'éviter la cavitation dans les conduites et d'assurer une meilleure sécurité de fonctionnement du réseau , la vitesse d'écoulement sera limitée à 2 m/s pour les tuyaux de diamètres inférieur à 1000 mm et à 3 m/s pour les diamètres supérieurs (DN>1000 mm).

Afin d'éviter les phénomènes de dépôt continue des conduites, la vitesse minimale d'écoulement doit être supérieur ou égale à 0,5 m/s.

II.2.5. Calcul de la puissance des stations de pompage

Pour les stations de pompage ; la puissance absorbé est calculée par la formule suivante: (SAHOULI, 2004)

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta G}$$

Avec :

P : Puissance absorbée (Watt) ;

H : Hauteur manométrique total (m) égale à la hauteur géométrique, (Hg) augmentée des pertes de charge totales (J),

Q : Débit de dimensionnement (L/s),

η_G : Rendement global moyen des Groupes Electro-Pompes,

ρ : Masse volumique de l'eau,

g : Accélération de la pesanteur.

II.2.6. Calcul de l'énergie consommée par le GEP

On calcul l'énergie consommée par le GEP pour une année ; par la formule suivante :

$$E = P \cdot T \cdot 365$$

Avec :

E : Energie consommée en (KWH),

P : Puissance absorbée par le GEP en (KW),

T : Temps de pompage (24 h).

II.2.7. Calcul du prix de l'énergie

On calcul le coût de l'énergie consommée par la formule suivante :

$$Pr = C \cdot E$$

Avec :

Pr : Prix de l'énergie totale en (D.A),

C : Prix du KWh de l'énergie en (D.A),

E : Energie consommée en KWh.

II.2.8. Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement en (DA) sont donnés par la formule suivante:

$$F_{amor} = P_c \times A$$

P_c : le prix de la conduite en (DA) ;

A : amortissement annuel en (%), il est donné par la formule suivante :

$$A = \left(\frac{i}{(i + 1)^n - 1} + i \right) \times 100$$

Avec :

i : le taux d'anuité annuel.

n : nombre d'années d'amortissement. (SAHOULI, 2004)

III. OUVRAGE EN LIGNE :

III.1. Ventouses

Lorsque la conduite présente des points hauts, il faut pouvoir éliminer l'air présent lors du remplissage, et éventuellement entraîné par l'eau. On dispose alors au points hauts des ventouses à boule flottante qui évacuent l'air et obturent leur orifice dès que tout l'air est éliminé.(BONNIN, 1982)

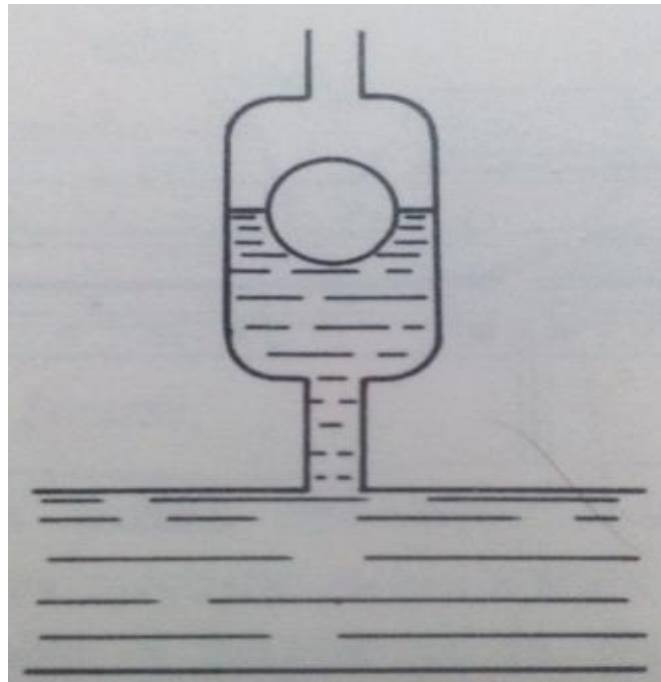


Figure II.2: Ventouse à boule flottant

Trois types de ventouses sont utilisés :

- ✓ ventouses pour petites quantités d'air,
- ✓ ventouses pour grandes quantités d'air,
- ✓ ventouses universelles.

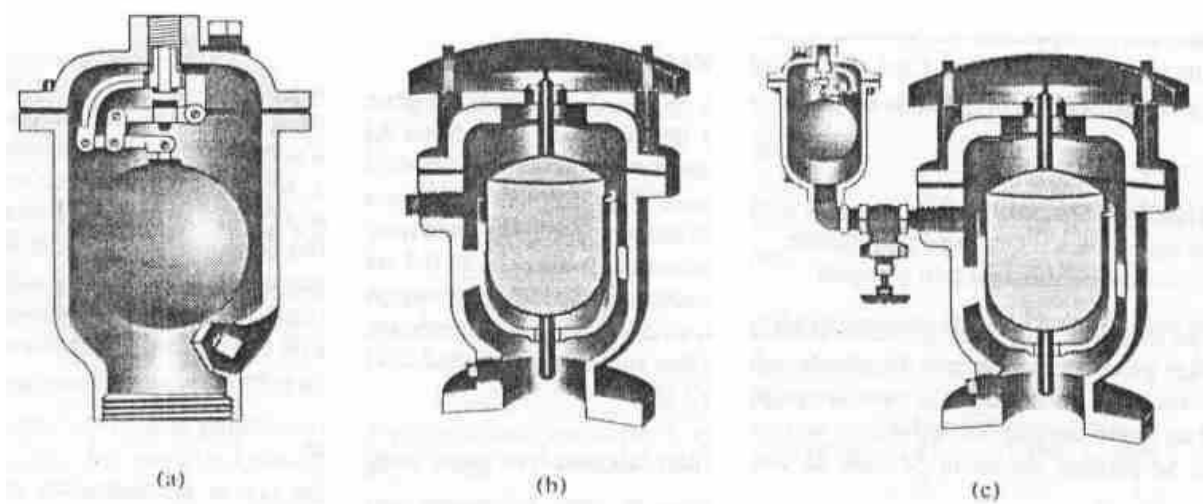


Figure II.3: Types de ventouses : a) ventouse à petites quantités d'air b) ventouse à grandes quantités d'air c) ventouse universelle

III.2. Vannes d'isolement et de décharge

On utilise des robinets vannes pour isoler une conduite d'amenée, en particulier pour réparation, et des robinets, placé aux points bas, pour la vidange. (Bonnin, 1982).

III.3. Clapets

les clapets évitent le retour de l'eau vers l'amont (en particulier lors de l'arrêt, volontaire ou non, des pompes). Sur les conduites d'adduction, on utilise des clapets à battant Figure II.4

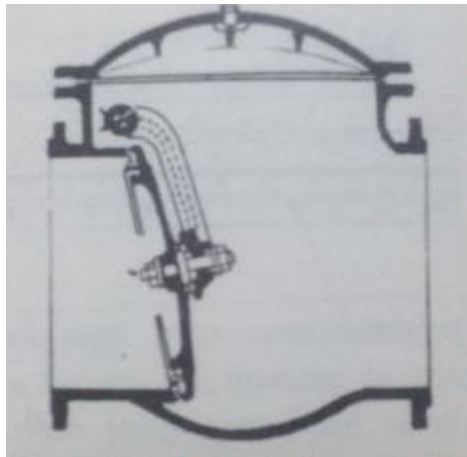


Figure II.4: Clapet à battant

III.4 .Brise charge

Un brise charge n'est autre qu'un réservoir intermédiaire dans lequel une partie de l'énergie du jet d'eau, à son entrée, est brisée par une vanne pointeau V (Figure II.5) donnant lieu ainsi à une perte de charge singulière. La partie restante étant transformée en énergie potentielle avec un niveau en aval N.

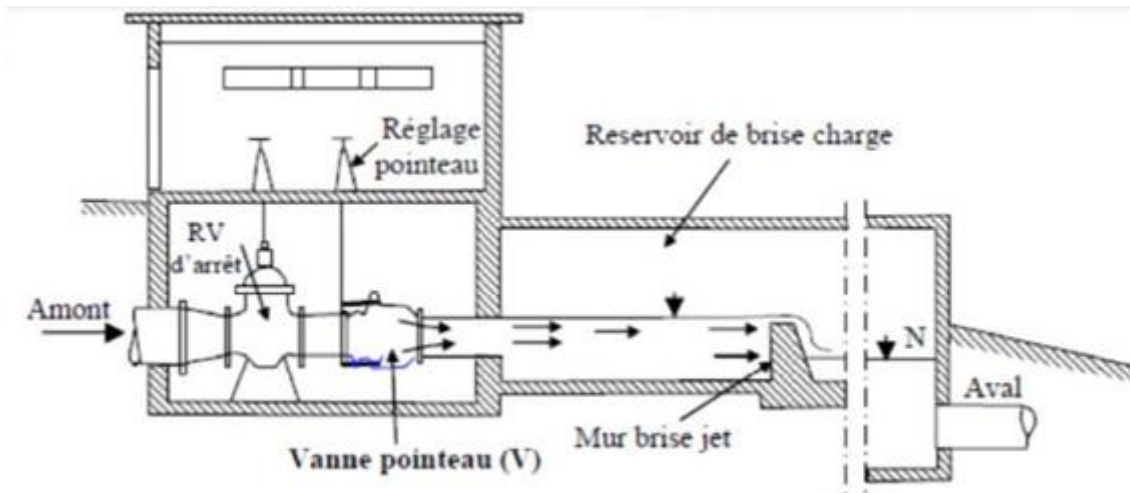


Figure II.5: Brise charge avec jet débouchant à l'air libre.(Dupont A,1971)

Le jet à la sortie de la vanne V peut déboucher à l'air libre (Figure II.6) ou dans l'eau. Dans ce dernier cas le jet d'eau se trouve amortie par la masse d'eau. Dans ce cas l'obturateur de la vanne pointeau (V) est solidaire à un levier OAB, articulé en O, et portant en B un contre-poids en tôle. Celui-ci peut être rempli d'eau par une conduite souple qui relie le fond du contre-poids à la chambre. Ainsi, il y a toujours correspondance des niveaux d'eau dans le contre-poids et dans la chambre. (Dupont A,1971)

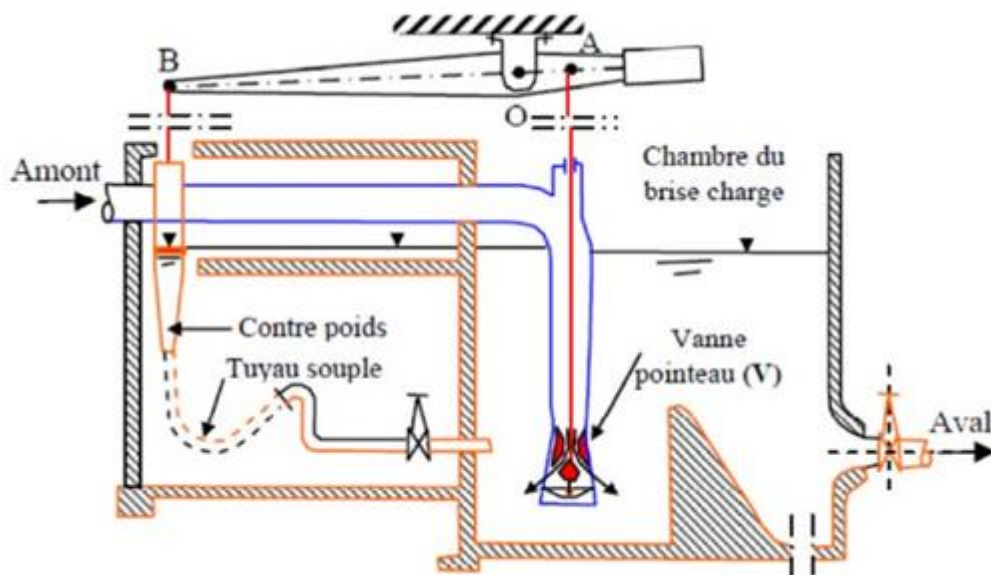


Figure II.6: Brise charge avec contre poids liquide. (Dupont A,1971)

Si le débit en aval diminue par suite d'une manœuvre de la vanne aval, le niveau d'eau dans le réservoir du brise-charge tend à augmenter. Ce qui correspond à une augmentation du niveau et du poids d'eau dans le contre-poids qui fait abaisser le levier qui tend à fermer la vanne V.

III.5. Protection des canalisations contre le coups de bélier

III.5.1. Description du phénomène

Lorsque l'on modifie le régime d'écoulement dans une conduite en charge, cette modification se propage, vers l'amont comme vers l'aval, sous forme d'une onde (de pression et de débit), qui se déplace avec une vitesse a appelée *célérité*.

Cette célérité est importante; dans les conduites, son ordre de grandeur est le kilomètre par seconde. On peut l'évaluer plus précisément en connaissant la compressibilité ε et la masse volumique de l'eau ϑ , ainsi que le module d'élasticité E de la conduite, son diamètre D et son épaisseur e , au moyen de la formule:

$$a = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\vartheta}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{D}{e} + \frac{\varepsilon}{E}}}$$

Dans le pratique, la célérité des ondes dans les tuyaux varie entre 700 et 1300 m/s; elle d'autant plus forte que la pression de service est plus élevée (car l'épaisseur e est alors plus forte).

III.5.2. Evaluation des coups de bélier

Pour une fermeture rapide, la surpression produit ne dépend pas du temps T de la fermeture; elle a pour valeur :

$$\Delta p = \vartheta a U_0$$

Où U_0 est la vitesse moyenne avant fermeture. Exprimé en hauteur d'eau, elle a pour valeur:

$$\Delta H = \frac{a U_0}{g}$$

Au contraire, la surpression due à une fermeture lente est inversement proportionnelle au temps mis à fermer la vanne (en admettant que le débit varie linéairement pendant le temps); c'est ce qui exprime la formule de Michaud:

$$\Delta p = \frac{2 \vartheta L U_0}{T}$$

soit:

$$\Delta H = \frac{2 L U_0}{g T}$$

où l'on voit qu'elle ne dépend pas de la célérité a .

Donnons de ces formules deux applications numériques :

- ✓ Dans une conduite de 1000m de longueur où la célérité vaut 1000 m/s, une fermeture sera rapide si elle dure moins de 2 s; dans ce cas, pour une vitesse de 1 m/s, la surpression atteint 100 m d'eau.
- ✓ Dans une conduite de 6 km de longueur où la vitesse de l'eau est de 1 m/s, pour éviter une surpression supérieure à 20 m d'eau, la formule de Michaud requiert une diminution linéaire du débit en un temps minimal de 60 s.

III.5.3. Type de protection contre les coups de bélier

Les appareils anti-bélier devront avoir essentiellement pour effet de limiter la surpression et la dépression. Les principaux types de protection anti-bélier sont explicités dans ce qui suit.

a. Le volant d'inertie

La spécificité de ce moyen est qu'il continue à assurer l'alimentation de la veine liquide, et ce malgré l'arrêt du moteur actionnant la pompe. Ce volant (Figure II.7) qui est placé sur l'arbre du groupe, restitue l'énergie cinétique accumulée pendant la marche en régime normal au moment de la disjonction et permet ainsi de prolonger le temps d'arrêt de l'ensemble du groupe, et donc, de diminuer l'intensité du coup de bélier. En d'autres termes, la vitesse de rotation diminue lentement et il en est de même de son débit. La masse du volant est généralement accumulée près de la périphérie (Figure II.8). Le volant d'inertie est généralement peu ou non utilisable, pour les raisons suivantes :

Ce procédé est utilisé seulement pour limiter les dépressions.

- ✓ Dans le cas d'une conduite de refoulement assez grande, il faut envisager des volants avec des poids considérables, et par conséquent le système ne sera en aucun cas économique,

- ✓ Par ailleurs, plus le volant est lourd, plus le moteur doit être puissant pour pouvoir vaincre, au démarrage, l'inertie de ce volant, ce qui peut conduire à des appels d'intensité de courant inadmissibles,
- ✓ Ce procédé est finalement utilisé pour la protection des conduites à longueurs de refoulement faibles ou moyennes et qui n'excèdent pas quelques centaines de mètres.

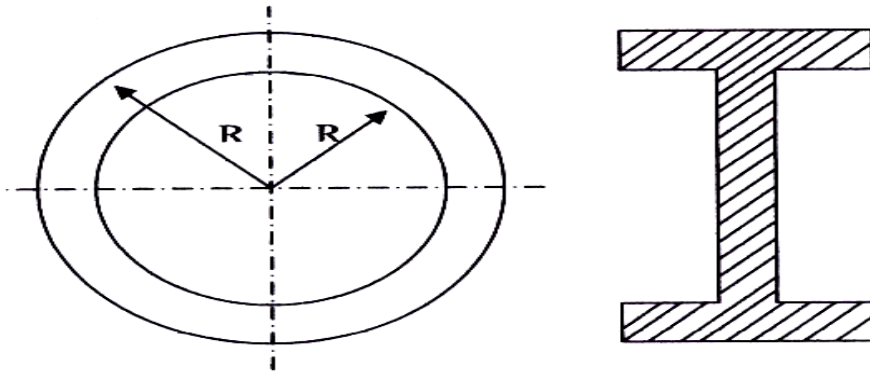


Figure II.7: Volant d'inertie pour la protection anti-bélier

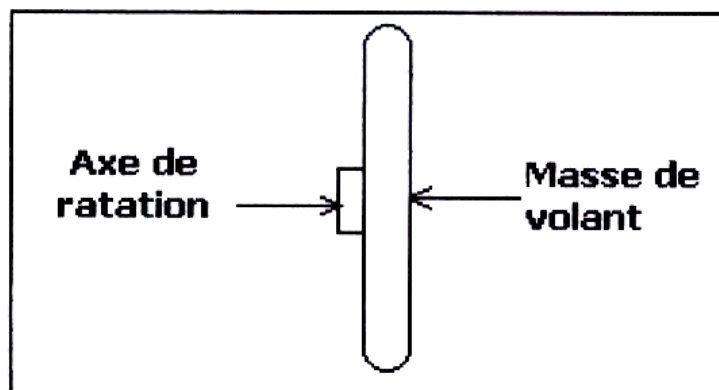


Figure II.8 : Concentration de la masse du Volant d'inertie

b. Les soupapes de décharge

Le rôle d'une soupape (Figure II.9) et (Figure II.10) consiste à dévier un certain débit à l'extérieur de la conduite à protéger, dès que la pression atteint une certaine valeur de réglage estimée généralement à environ **1.04** à **1.10** de la pression maximale admissible. L'ouverture doit pouvoir s'effectuer très rapidement pour que l'opération soit efficace.

- ✓ Les soupapes permettent la protection contre les surpressions uniquement,
- ✓ Le nombre de soupapes dépend de l'importance de l'installation et est compris généralement entre **1** et **6**,
- ✓ L'utilisation des soupapes nécessite une surveillance attentive et un entretien continu,
- ✓ Il faut aussi prévoir l'évacuation vers l'extérieur de l'eau libérée.

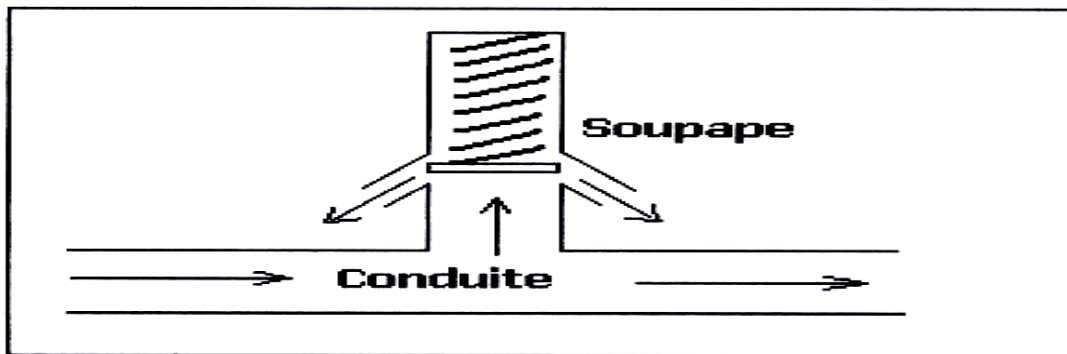


Figure II.9 : Soupape de décharge

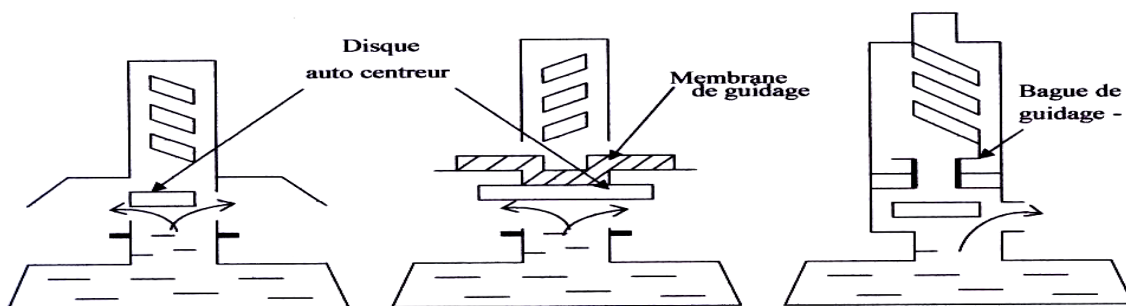
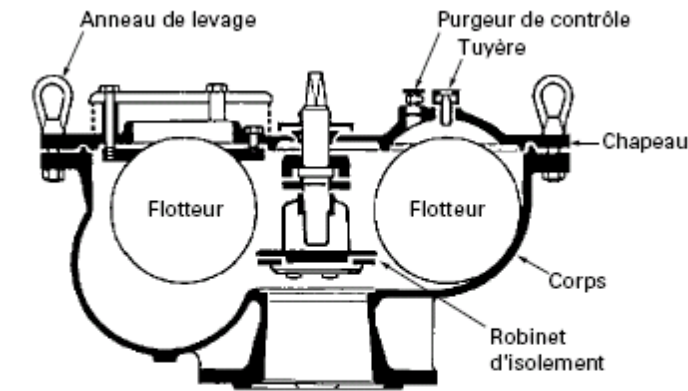


Figure II.10: Fonctionnement d'une soupape de décharge

c. Les ventouses (Les reniflards)

On distingue des ventouses à trois fonctions (Figure II.11), à savoir, l'évacuation de l'air contenu dans les conduites, l'admission de l'air dans ces conduites lorsqu'on procède à leur vidange et l'élimination des poches d'air qui se manifestent aux points hauts du circuit (qui peuvent provoquer des coups de bélier), d'où leur installation en des points hauts.



Ⓐ ventouse à trois fonctions
(purge des poches, entrée rapide d'air, sortie rapide d'air)

Figure II.11: Ventouse à trois fonctions

d. Les réservoirs d'air

Le réservoir d'air est l'appareil le plus utilisé pour la protection contre le coup de bélier. C'est un récipient contenant de l'air comprimé dans sa partie supérieure et de l'eau dans sa partie inférieure. Ces appareils sont aussi appelés "accumulateur, cloche à air, ballon d'air, réservoir anti-bélier, ...etc." (Figure II.12). Par ailleurs, un compresseur d'air est habituellement utilisé pour garder le volume d'air dans certaines limites (à cause des fuites) d'une part, et d'autre part, un clapet anti-retour est souvent prévu entre la pompe et le ballon d'air. Ce dispositif est très simple et protégera l'installation aussi bien contre les dépressions que contre les surpressions.

Suite à une disjonction, le clapet se ferme et à ce moment là, la pression de l'air de la cloche est encore supérieure à celle qui s'exerce à l'autre extrémité de la conduite ; ainsi, une partie de l'eau de la cloche est chassée dans la conduite. Après diminution progressive, puis annulation de sa vitesse, l'eau de la conduite revient en arrière et remonte dans la cloche, et ainsi de suite. La dissipation de l'énergie de l'eau peut être obtenue par le passage de celle-ci à travers un organe d'étranglement disposé à la base de la cloche. A cause du remplissage ou de la vidange du réservoir anti-bélier, l'air dans ce dispositif se comprime ou se dilate, et l'amplitude de la surpression et de la dépression seront réduites suite à la variation graduelle de la vitesse d'écoulement dans la conduite.

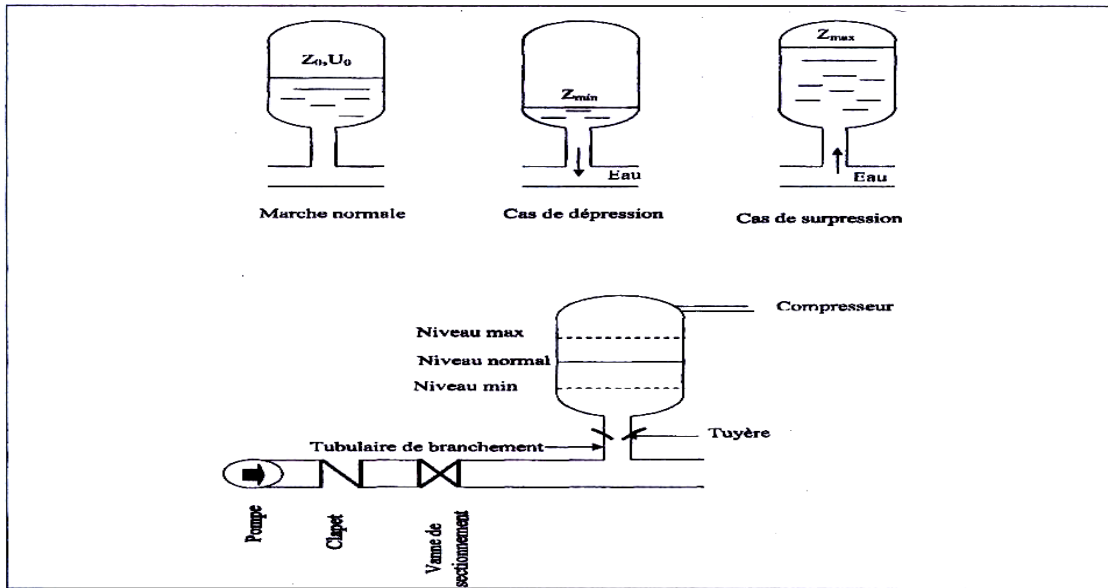


Figure II.12 : Réservoir d'air pour la protection anti-bélier

IV. STATION POMPAGE

IV.1. Conception

En fonction de la topographie de la région d'étude et l'emplacement de la source d'alimentation, l'alimentation de réservoir à partir de cette dernière se fait par refoulement, et parfois nécessiter la construction d'une station de pompage qui permet de fournir une charge pour faire face à l'aspect accidentel du terrain.

IV.1.1. Critères de l'emplacement de la station de pompage

Les critères liés à l'emplacement des stations de pompage peuvent être résumés en:

- ✓ Eviter les zones instables (sismiques ou inondables),
 - ✓ Respecter les normes de distances (distance minimale entre aéroport et une station de pompage de 30km),
 - ✓ Pour les terrassements et l'implantation de la station de pompage il est nécessaire de :
 - Prévoir l'accès pour tous les ouvrages,
 - Prévoir une plate forme avec un revêtement routier (bitume),
 - Utiliser les moyens de dérivation des eaux pluviales (drainage),
 - Prévoir une cote de planché de rez-de-chaussée qui dépasse celle de plate forme de 0,15m à 0,5m,
 - Prévoir la verdure autour de la station de pompage pour l'environnement.
- (BENSAADA, 2014)

IV.1.2. Critères généraux de définition des pompes

Les critères les plus importants des pompes sont :

a. La vitesse de rotation

C'est le nombre de tours qu'effectue la pompe par unités de temps . cette vitesse est notée par N; l'unité de mesure la plus utilisée est le tour par minute (tr/mn).

Le déplacement angulaire w qu'effectue une pompe pendant l'unité de temps s'appelle vitesse angulaire:

$$w = \frac{2 \pi N}{60}$$

b. Le débit Q d'une pompe

C'est le volume qu'une pompe peut ou doit fournir par unité de temps. La notion de débit est utilisé surtout dans le cas des turbopompes. Dans le cas des pompes volumétriques on utilise beaucoup plus la notion de cylindrée notée C_i : c'est le volume que débite une pompe pour un tour de rotation (m^3/tr) :

$$C_i = \frac{Q}{N}$$

c. La hauteur H produite par la pompe

Cette hauteur est la différence entre la hauteur total du liquide au refoulement H_r et la hauteur totale à l'aspiration H_a :

$$H = H_r - H_a$$

Avec

$$H_a = \frac{P_a}{\rho g} + z_a + \frac{v_a^2 \alpha_a}{2g}$$

$$H_r = \frac{P_r}{\rho g} + z_r + \frac{v_r^2 \alpha_r}{2g}$$

Comme généralement on a :

$z_a = z_r$,et les termes en $\frac{v_l^2 \alpha_l}{2g}$ sont négligeables devant ceux des pressions, on aura alors :

$$H = \frac{P_r - P_a}{\rho g}$$

La hauteur H crée par une pompe est fonction de la vitesse de rotation N et du débit Q . La fonction $H(Q)$ pour une vitesse de rotation N constante donnée est appelée caractéristique la pompe.

d. Les puissances

La puissance disponible au niveau de l'arbre d'entraînement de la roue de la pompe est la puissance absorbée P_a de cette pompe. Cette puissance est exactement la puissance utile du moteur d'entraînement de la pompe.

La puissance transmise au fluide et ce de la part de la pompe est appelée puissance hydraulique utile P_u .

$$P_u = \rho g Q H$$

Le rapport de la puissance utile P_u à la puissance absorbée est le rendement de la pompe n_p :

$$n_p = \frac{P_u}{P_a} = \frac{\rho g Q H}{P_a}$$

(Ouragh, 1990)

IV.1.3. Choix du nombre de pompes

Le choix de nombre de pompes se fait sur la base de plusieurs critères, qui sont :

- ✓ Nombre de pompes minimal,
- ✓ Meilleur rendement,
- ✓ Charge nette d'aspiration requise (NPSH)_r minimale,
- ✓ Nombre d'étage minimal,
- ✓ Puissance absorbée minimale. (ABDI, 2011)

IV.2. Courbes caractéristiques des pompes

Les courbes principales qui caractérisent une pompe centrifuge et qui expriment ses performances pour une vitesse de rotation et un diamètre de la roue donnés sont (BENSAADA, 2014):

- ✓ La courbe débit-hauteur [H-Q] qui exprime les variations des différentes hauteurs de relèvement en fonction du débit,
- ✓ La des puissances absorbées pour les différents débits [$P_{abs} - Q$],
- ✓ La courbe du rendement pour les différents débits [$\eta_p - Q$],
- ✓ La courbe des (NPSH)_r pour les différents débits [(NPSH)_r - Q].

Le modèle des courbes de corrélation des différents paramètres est donné au niveau des figures allant de (Figure II.13) / (Figure II.14).

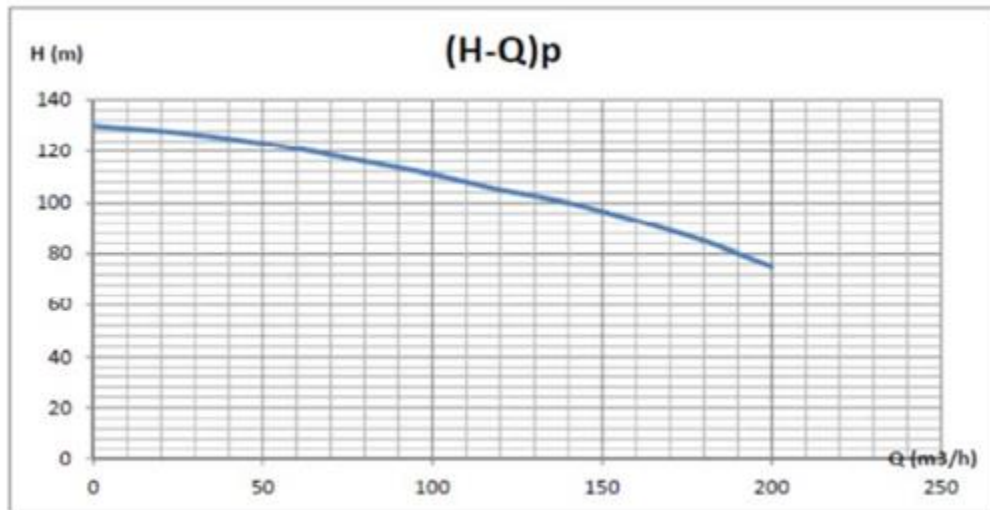


Figure II.13: Corrélation Débit-Hauteur.

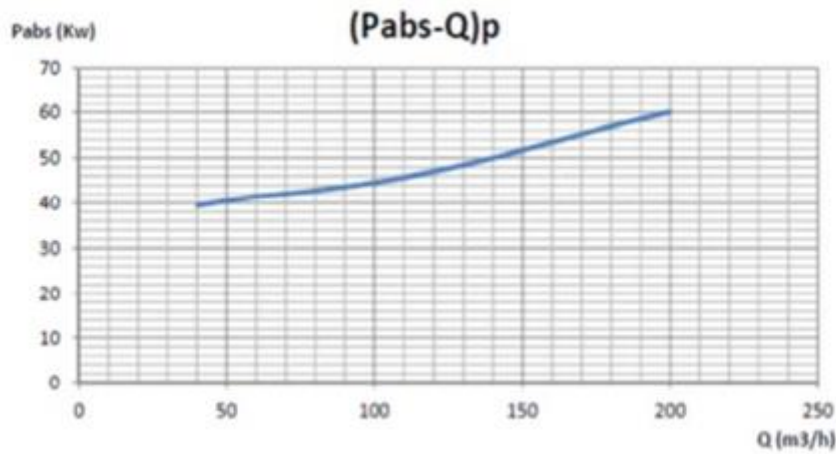


Figure II.14: Corrélation puissance-Débit.

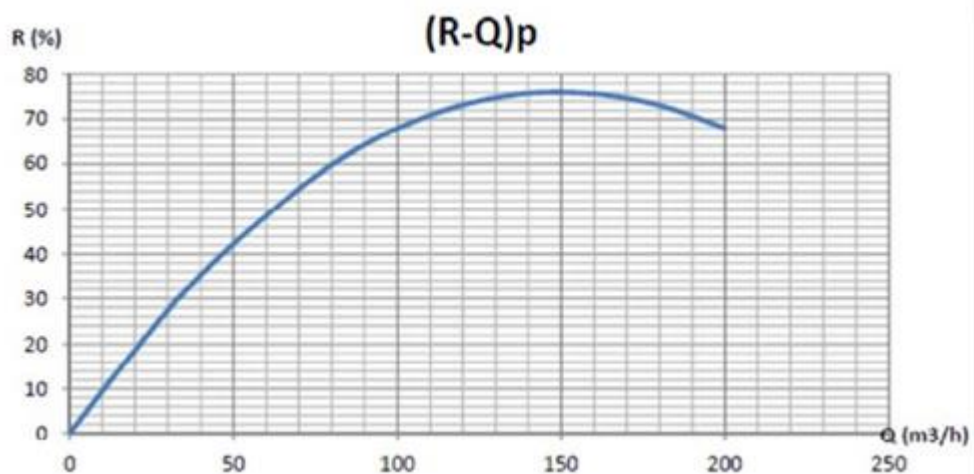


Figure II.15: Corrélation Rendement-Débit

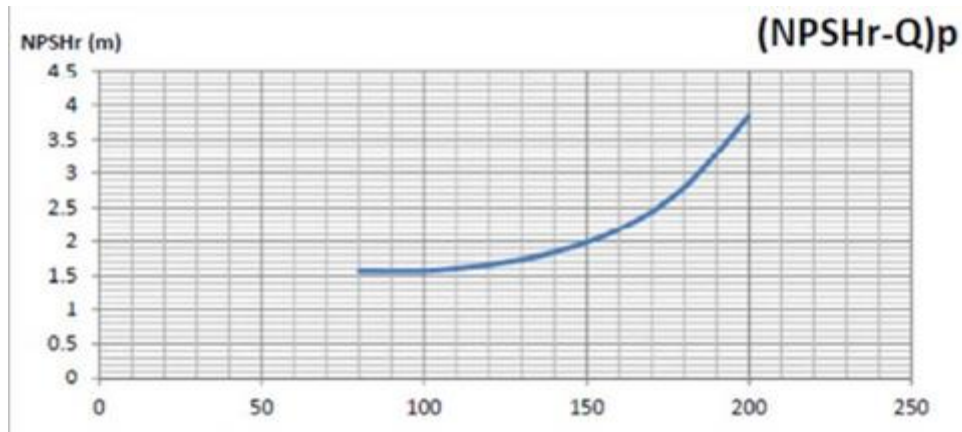


Figure II.16: Corrélation NPSH-Débit

IV.2.1. Point de fonctionnement

Le point auquel la courbe de pompe et la courbe réseau se croisent est le point de fonctionnement actuel du réseau de chauffage ou d'alimentation en eau.

Cela signifie qu'à ce point, il y a équilibre entre la génération de puissance de la pompe et la consommation d'énergie requise pour surmonter la résistance dans le système de tuyaux. Cela génère le débit que la pompe peut produire.

Il faut faire attention à ne pas dépasser une valeur de débit minimale. Sinon la pompe pourrait surchauffer et être endommagée. Les spécifications du fabricant doivent être respectées. Un point de fonctionnement situé en dehors de la courbe de pompe endommagera le moteur.

Le point de fonctionnement varie en permanence en raison des fluctuations de débit au cours du fonctionnement.

Tous les autres points de fonctionnement apparaissant en fonctionnement réel sont situés à gauche de ce point de fonctionnement prévu sur la courbe.

Les deux illustrations à droite indiquent que le changement de point de fonctionnement provient du changement de résistance du réseau.

Si le point de fonctionnement se décale vers la gauche du point de sélection, la hauteur de refoulement de la pompe augmentera nécessairement.

L'installation de pompes à débit variable adapte la hauteur de refoulement et le débit à la charge requise. Elle réduit également les coûts de fonctionnement de manière importante.

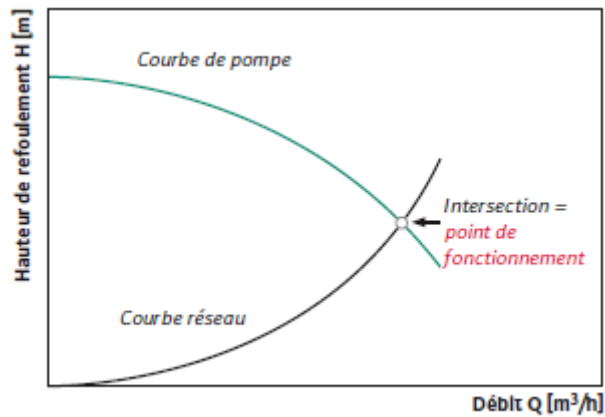


Figure II.17 : Point de fonctionnement au début

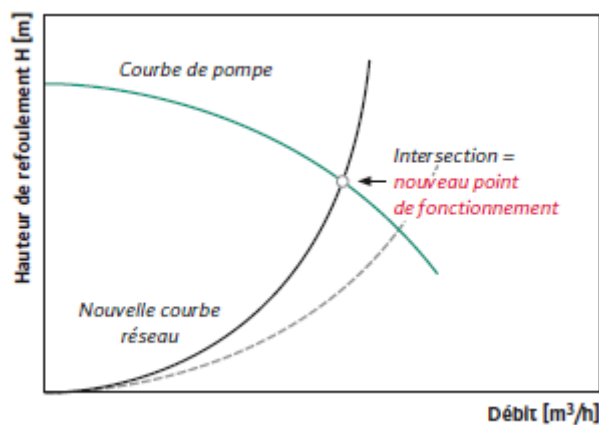


Figure II.18 : Point de fonctionnement après le changement

(WILO, 2006)

IV.3. Couplage des pompes

Il est facile de déduire la caractéristique d'un ensemble des pompes de celles de chacune d'elles.

✓ Couplage en série:

Lorsque les pompes sont branchées en série, c.-à-d. que le même débit les traverse, la caractéristique résultante (Figure II.19) s'obtient en ajoutant les hauteurs de refoulement pour chaque valeur de débit.

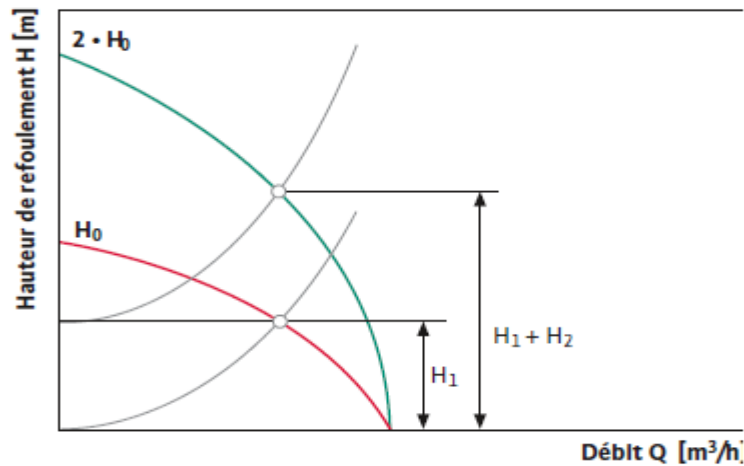


Figure II.19: Courbe d'assemblage de deux pompes en série

✓ Couplage en parallèle :

Lorsque les pompes sont branchées en parallèle, pour une même hauteur fournie, leur débit s'ajoute (Figure II.20).

Il est souvent préférable de ne coupler que des pompes identiques, pour le couplage en série, s'assurer que la pompe peut supporter toute la pression à laquelle elle sera soumise. (BONNIN, 1982)

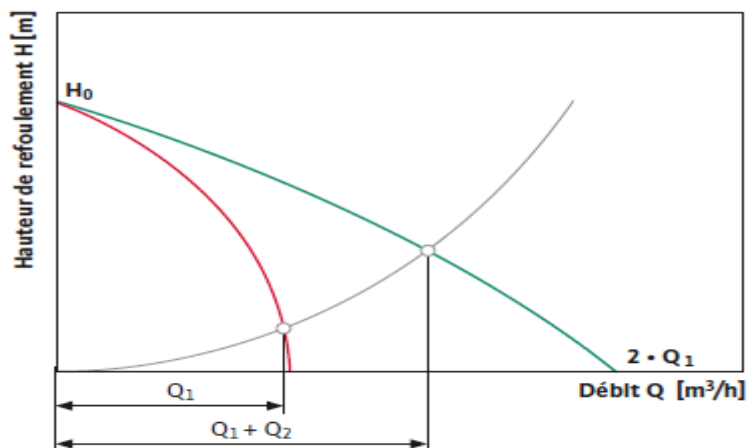


Figure II.20: Courbe d'assemblage de deux pompes en parallèle

V.CONCLUSION.

Ce chapitre a été orienté vers l'ensemble des aspects liés aux dimensionnement et conception des transferts d'eau, objet de notre mémoire. Il a traité les paramètres et critères hydrauliques servant aux dimensionnement des canalisations de transferts, installations, ouvrages en ligne

et protection contre les coups de bélier. Les aspects abordés dans cette partie du travail ont constitué des bases fondamentales pour leur application au cas de transferts des eaux à étudier ultérieurement.

I. INTRODUCTION

Le paysage traditionnel du souf est marqué par la beauté. Beauté spécifique, car l'originalité du souf, établissement humain créé dans un erg, est grande. Mais sa splendeur n'est pas seulement dans le mouvement des dunes ocres ou blanches de l'erg, elle est aussi dans une création humaine, inattendue.

El Oued: la ville aux mille coupoles, capitale du Souf, son architecture s'y distingue de celle des autres villes sahariennes, Au lieu des terrasses, ce sont des coupoles qui couvrent les maisons. mais ses efforts ne sont pas vains car l'ensoleillement est maximum.(TAHRAOUI, 2014).

II. HISTORIQUE ET SITUATION GEOGRAPHIQUE

La wilaya d'El Oued se trouve au Sud-Est de l'Algérie. Elle devint une commune depuis 1957, une wilaya depuis janvier 1984. Ce découpage a pour but de faciliter les conditions de vie sociale, culturelle, professionnelle et de limiter les difficultés dues à l'isolement. Aujourd'hui elle se repose sur une superficie égale à $44\,586\text{ km}^2$ divisé en 30 communes avec une population de 750 840 habitants et une densité de $16,84\text{ hab/km}^2$

Les limites de la Wilaya sont :

- ✓ A l'Est par la république Tunisienne,
- ✓ Au Nord –Est par la wilaya de tebessa,
- ✓ Au Nord par la wilaya de Khenchla et Biskra,
- ✓ Au Nord-Ouest par la wilaya de Biskra,
- ✓ A l'Ouest par la wilaya de Djelfa,
- ✓ Au Sud-Ouest et Sud par la wilaya de Ouargla.

Géographiquement la wilaya d' El Oued est limitée par les coordonnées suivantes :

- ✓ Longitudes $X1 = 05^{\circ}30'$ et $X2 = 07^{\circ}00'$ Est,
- ✓ Latitudes $Y1 = 35^{\circ}30'$ et $Y2 = 37^{\circ}00'$ Nord.

El' Oued c'est la région du bas Sahara, il est un petit morceau d'un immense territoire géomorphologique qui constitue le grand Erg oriental, vaste étendue de sable $200\,000\text{ km}^2$, constituée par les alluvions des oueds qui au cours de Quaternaire ont désagrégé les reliefs situés plus au sud (massif central saharien) et ont épandu leurs matériaux sur le grand pan incliné qui s'ouvrait en direction des chotts, c'est matériaux sont remodelés inlassablement sur place par les vents sahariens, en dunes de types variés.

Les contraintes de l'erg sont grandes: pas d'eaux superficielles, pas de sources, difficultés de circulation.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Pour le saharien, l'erg est le territoire le moins attractif, dans un Sahara très peu peuplé, l'erg est un territoire vide.

Les Soufis ne se sont pas implantés de localiser n'importe où dans le Grand Erg, ils ont choisi le centre Nord dans le secteur qui combine un couvert végétale dense et une nappe phréatique proche et abondante: les eaux souterraines s'y sont progressivement concentrées.

Plus au Sud, les dunes se dénudent et deviennent vives, la nappe est faible et profonde.

Plus au nord, les terrains se salent à proximité des grands Chotts Melhrir et Merouane.(MIMOUN, 2014).

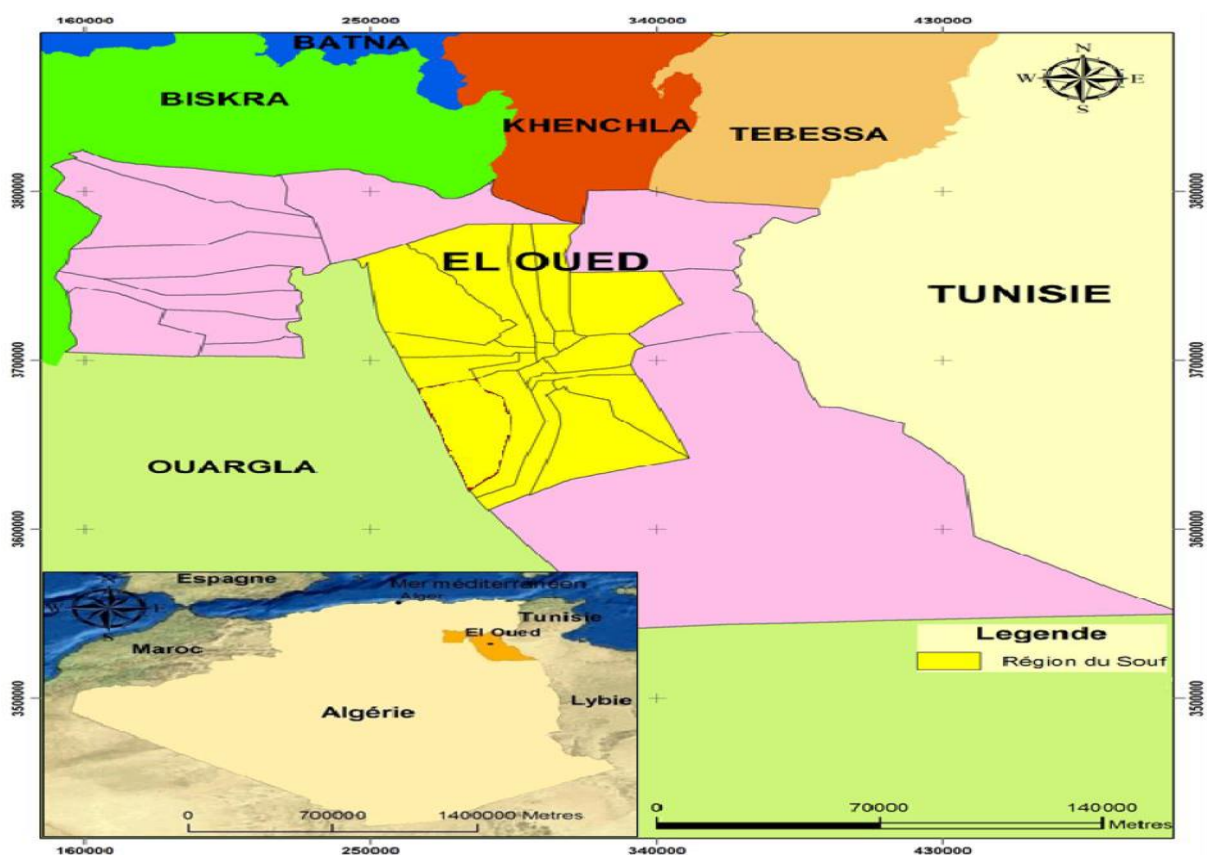


Figure III.1: Situation géographique de la wilaya.(TAHRAOUI, 2014)

La Figure III.2 donne un aperçu géologique de la région d'étude.

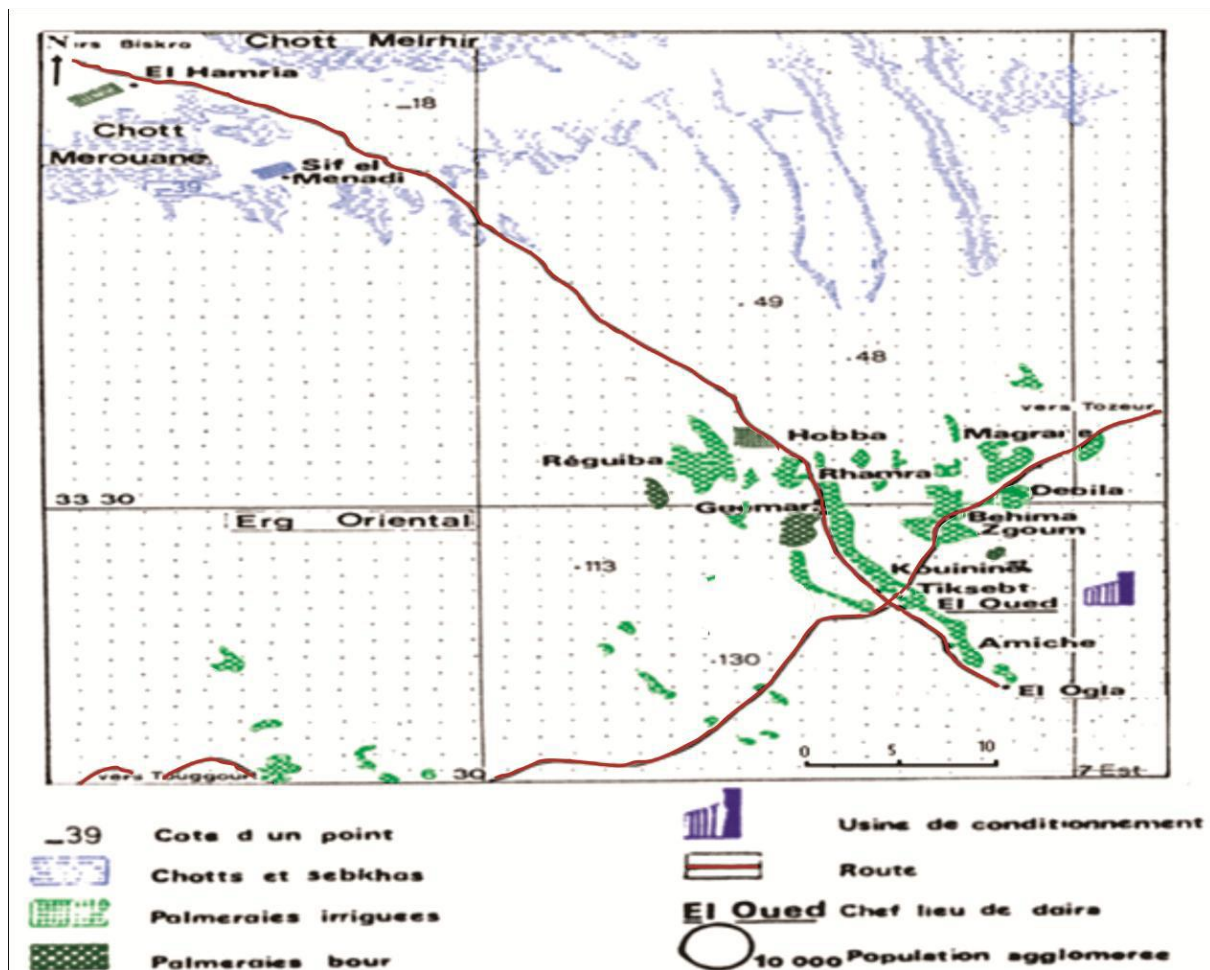


Figure III.2: Carte géographique du Souf (DUBOST, 2002 modifié par ALLAL, 2008)

III.HYDROGEOLOGIE

Les formations géologiques dans la région du Souf présentent une succession régulière allant du Crétacé inférieur jusqu'au Mi-Pliocène, ainsi qu'à celui du quaternaire qui renferment de grands aquifères selon l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques d'Ouargla (2005). On distingue :

III.1.Nappe phréatique superficielle

Cette nappe se trouve partout dans le Souf, elle est semi-captive et repose sur un plancher argilo-gypseux du Pontien supérieur. Elle est constituée principalement par des dépôts de sable quaternaire. Son épaisseur atteint les 67 mètres et sa profondeur varie de 10 à 40 mètres selon la topographie du terrain et sa salinité oscille entre 5 et 7 g/l (D.R.E., 2010). Elle est actuellement exploitée pour l'irrigation.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

III.2. Nappes profondes

Elles sont constituées par deux grands réservoirs de deux bassins sédimentaires : le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire qui sont exploités dans le cadre de l'irrigation et de l'alimentation en eau potable (D.R.E., 2010).

III.2.1. Complexe terminal (CT)

Il est constitué par des calcaires sénoniens de sable du mio-pliocène. L'épaisseur de la nappe est d'une centaine de mètres et de profondeur variable allant de 100 à 500 mètres, débitant en moyenne 25 à 35 l/s. Sa température est de l'ordre de 23 à 25 °C. avec une salinité de 3 à 5 g/l (D.R.E., 2010).

III.2.2. Continental Intercalaire (Barrémien-Albien) (CI)

Cette nappe est contenue dans les argiles sableuses et les grès du Continental Intercalaire.

Il s'agit d'une eau fossile emmagasinée au cours des périodes pluviales du quaternaire. Elle se situe entre le massif du Tassili et de l'Atlas saharien, couvrant une étendue de 600.000 km² avec une épaisseur importante de plusieurs centaines de mètres.

Elle est artésienne, débitant 200 à 250 l/s et caractérisée par une température élevée de 58 à 70 °C, avec une salinité de 1,5 à 2 g/l (D.R.E, 2010).

La Figure III.3 donne une coupe de synthèse hydrogéologique à travers le Sahara.

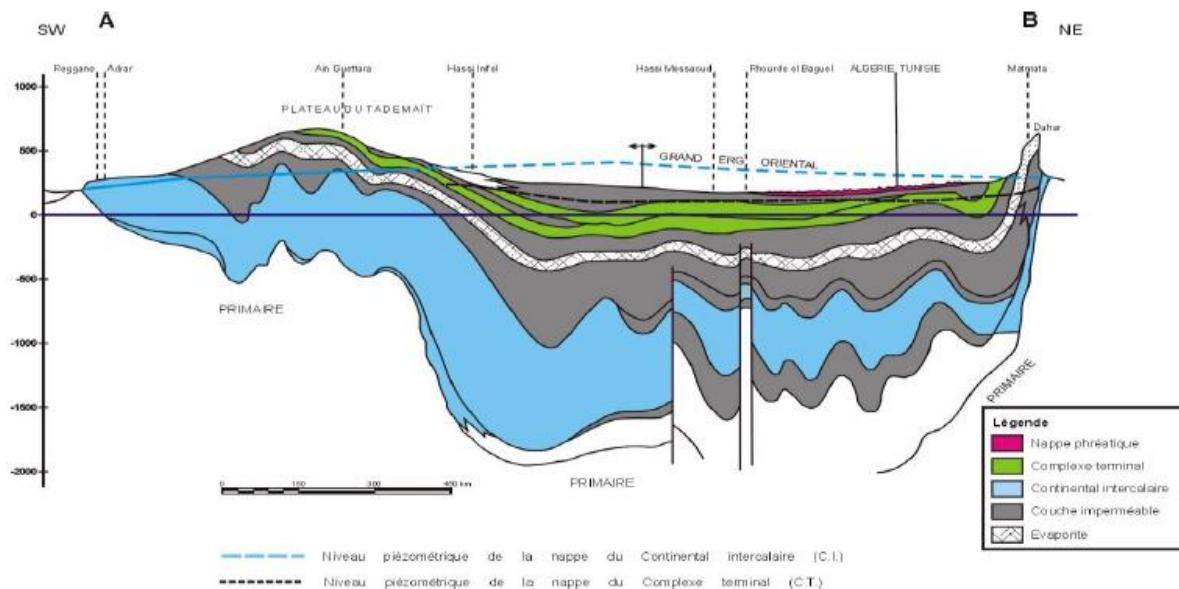
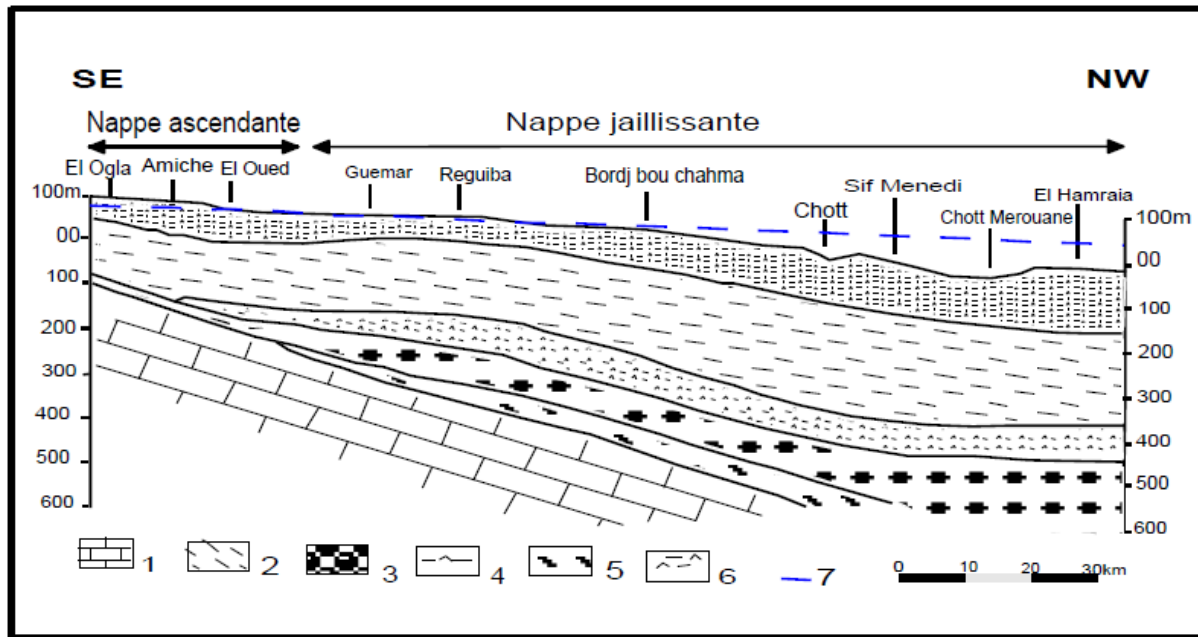


Figure III.3: Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972)

La figure III.4 résume une coupe hydrogéologique dans la région .



1- calcaire de l'Eocène inférieur marin et de l'Eocène moyen évaporitique. 2- Argiles sableuses et marnes de la base du continental terminal. 3- Sable grossiers à graviers du Pontien inférieur. 4- Argiles et gypse dominants. 5- Argiles et sable dominants. 6- Argile sable et gypse (les trois derniers étages appartiennent au Mio-Pliocène supérieur). 7- Niveau hydrostatique de la nappe du Pontien inférieur.

Figure III.4: Coupe hydrogéologique de la région.

IV. RELIEF DU SOUF

La configuration du relief de la vallée du Souf est sablonneuse avec des dunes qui peuvent atteindre une centaine de mètres de hauteur. Ce relief est assez accentué et se présente sous un double aspect dont l'un est un Erg occupant les 3/4 de la surface totale et l'autre sous forme de dépressions fermées entourées de dunes. Le Souf tout entier est presque compris entre deux lignes : 80 mètres à l'Est et 120 mètres à l'Ouest.(BENDOYEM, 2015)

V. HYDROCHIMIQUE DES EAUX

L'étude hydro chimique est basée sur l'interprétation des analyses chimiques des échantillons prélevés en janvier 2014 au niveau de 17 échantillons, 14 échantillons pour la nappe (CT) et 3 pour la nappe (CI). Ces analyses ont été réalisées au laboratoire de chimie des eaux (ADE) d'El-Oued. Elles ont portées sur les éléments chimiques majeurs suivants:

- ✓ Les cations: Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++} et K^{+} ,
- ✓ Les anions: HCO_3^- , SO_4^- , et Cl^- .

Les analyses ont révélé l'absence des ions CO_3^- dans les eaux prélevées. Ainsi l'interprétation des résultats analytiques va nous permettre de classer les eaux selon différentes méthodes et d'établir un certain nombre de cartes de répartition spatiale des éléments chimiques.

V.1.Le facies chimique

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La figure III.5 donne le diagramme de piper pour les 3 forages de nappe CI.

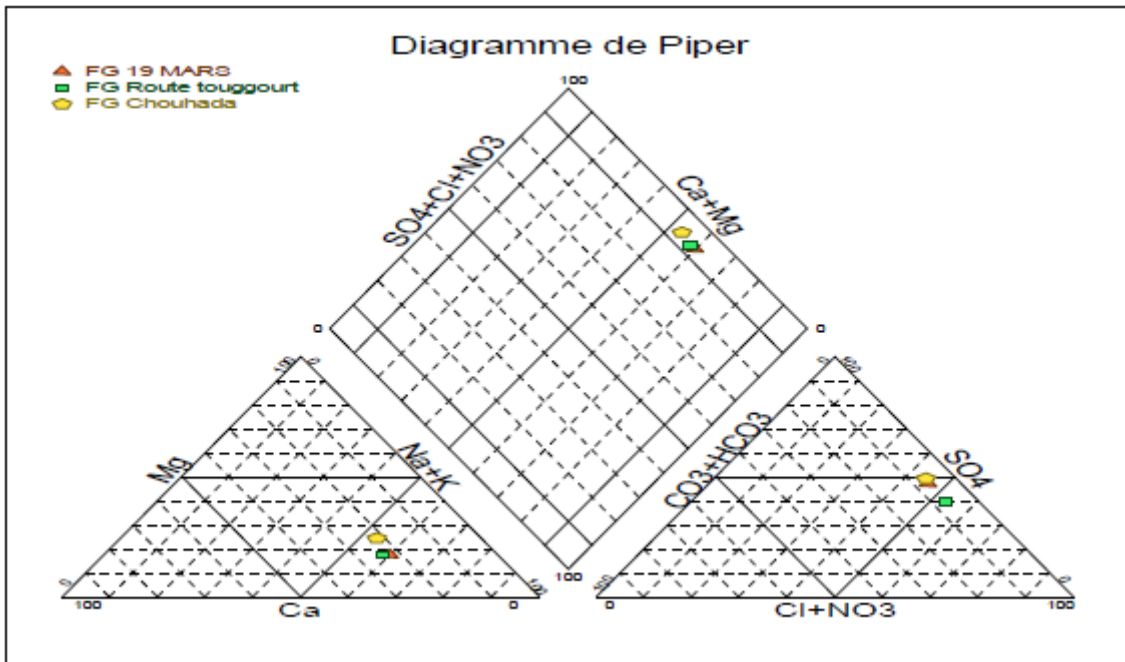


Figure III.5: Diagramme de Piper des eaux de la nappe de C I (Région d'Oued Souf, Janvier. 2014)

V.2. Diagramme de SCHOELLER BERKALOFF

Le diagramme de Schoeller Berkaloff permet la représentation de plusieurs analyses sur le même graphique. Il y a superposition des droites obtenues si les concentrations sont identiques et décalage relatif des droites les unes au dessus des autres dans le cas contraire.

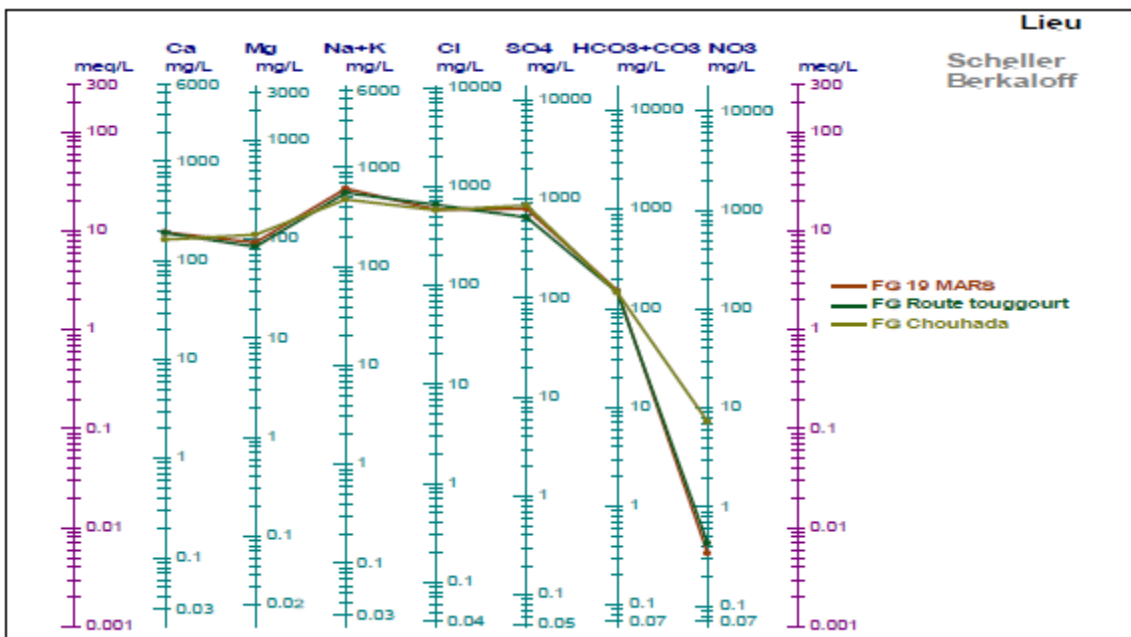


Figure III.6: Diagramme de SCHOELLER BERKALOFF des eaux de la nappe de CI (Région d'Oued Souf. Janvier.2014)

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

V.3. Balance ionique

On calcule la balance ionique pour déterminer le pourcentage des erreurs pendant les analyses (la fiabilité des analyses), le pourcentage des erreurs tolérés théoriquement devrais être inférieur ou égale 8% ,et se calcule comme suit:

$$\frac{\text{la somme des cations} - \text{la somme des anions}}{\text{la somme des cations} + \text{la somme des anions}} \times 100$$

Tableau III.1: Balance ionique des forages :

CH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺⁺	K ⁺	Cation	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Anion	La somme	Résultat %
1 CI	9.82	7.70	51.36	2.6	71.5	4.92	16.9	52	73.84	145.34	-1.6107
2 CI	9.62	7.09	45.90	2.7	65.29	4.68	13.6	38	56.48	121.77	7.238
3 CI	8.22	9.32	40.23	1.9	59.69	4.72	18.2	34	56.88	116.57	2.419

D'après les résultats de la qualité des eaux, un dépassement important par rapport au normes algérienne est enregistré. Les eaux des forages nécessitent donc un traitement avant leur distribution.

VI. DESCRIPTION DE L'ETAT DE SECTEUR DE L'EAU DE LA VILLE D' EL OUED

VI.1. Forages

Les ressources en eau sont situées au niveau même de l'agglomération et sont constituées par 12 forages, moins profonds (274 m à 345 m), qui sollicitent l'aquifère Pontien.(ADE).

Tableau III.2: Liste des sites de production d'eau de la ville d'El-Oued.

Désignation	Débit (l/s)
Forage Chouhada 01	~ 12 l/s
Forage 400 Logements	~ 14 l/s
Forage Nadour	~ 37 l/s
Forage Chott	~ 26 l/s
Forage Sidi Mastour	~ 33 l/s
Forage Université	~ 20 l/s
Forage Tiksebt oust	~ 23 l/s

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Forage 08 Mai	~ 28 l/s
Forage bouhmid 01	~ 18 l/s
Forage bouhmid 02	~ 18 l/s
Forage 19 Mars 02	~23 l/s
Forage Chouhada 02	~26 l/s
TOTAL	~278 l/s

VI.2.Ouvrages de stockage

Les ouvrages de stockage sont des châteaux d'eau (réservoirs surélevés). La liste des ouvrages est présentée dans le tableau III.3.

Tableau III.3: Liste des ouvrages de stockage de la ville d'El-Oued

Forages	Capacité (m³)
Château d'eau 19 MARS	1 500 m ³
Château d'eau 400 LOGEMENTS	1 000 m ³
Château d'eau CHOUAHADA	1 000 m ³
Château d'eau CHOTT	1 000 m ³
Château d'eau EL GARA	1 000 m ³
Château d'eau SIDI-MESTOUR	1 000 m ³
Château d'eau NADOUR	1 500 m ³
Château d'eau TIKSEPT OUEST	1 500 m ³
Château d'eau 08 mai	1 500 m ³
Château d'eau université (projeté)	1 500 m ³
Total	14 000 m³

(Source ADE)

VI.3.Estimation des besoins actuels et futurs

On désigne par besoins, la somme :

- ✓ De la consommation des abonnés, également désignée par « demande en eau » ou « dotation»,
- ✓ Des pertes physiques.

Les besoins correspondent donc aux volumes à produire et à injecter en tête de réseaux.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Dans les calculs, les pertes sont traduites par le rendement qui correspond au relation suivant (%):

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Consommation}}{\text{Besoin}}$$

VI.3.1. Consommations

Les usages identifiés sont :

- ✓ La consommation de type domestique (principal usage),
- ✓ La consommation de l'administration et des équipements,
- ✓ Les industries disposent a priori de leurs propres ressources en eau.

VI.3.2. Méthode de calcul retenue

La consommation a été estimée sur la base des hypothèses suivantes (Source ADE):

- ✓ Les projections de population
- ✓ Consommation domestique : 200 l/j/hab.
- ✓ Consommation pour l'administration, le commerce et l'industrie (petite industrie)

20% de la consommation totale.

VI.3.3. Estimation de la population actuelle et future

L'évolution de la population est donnée par la formule suivante :

$$P = P_0(1+T/100)^n$$

P : Population future,

P₀ : Population de départ,

T : Taux d'accroissement de la population : 2.92 % (selon APC El Oued),

n : Nombre d'années séparant les deux horizons.

La population actuelle et future a été estimée sur la base :

- ✓ Du recensement de 2008,
- ✓ Des taux de croissances est égale : 2,92%,

La calcul de la consommation à été effectué en considérant :

- ✓ Consommation domestique= Population (hab) × Dotation (200 l/j/hab),
- ✓ Consommation équipement= Consommation domestique × 20%,
- ✓ Consommation global= Consommation domestique + Consommation équipement.

Tableau III.4: Calcul de l'évolution de la population et des consommations à l'horizon 2040.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

	2008	2017	2025	2040
Population estimée (hab)	134 700	174 529	219 718	338 346
Consommation domestique (m ³ /j)	26 940	34 905.6	43 943.6	67 669.2
Consommation pour l'administration, le commerce et l'industrie (m ³ /j)	5 388	6 981.1	8 788.72	13 533.84
Total (m ³ /j)	32 328	41 886.7	52 732.3	81 203.04
Ceaf de point	1.63	1.61	1.60	1.58
Consommation maximale journalier (m ³ /j)	52 670	67 586	84 435	128 426
50 % de consommation maximale journalier (m ³ /j)	26 335	33 793	42 217	64 213

La figure III.7 donne l'évolution des besoins journaliers à l'Horizon 2040

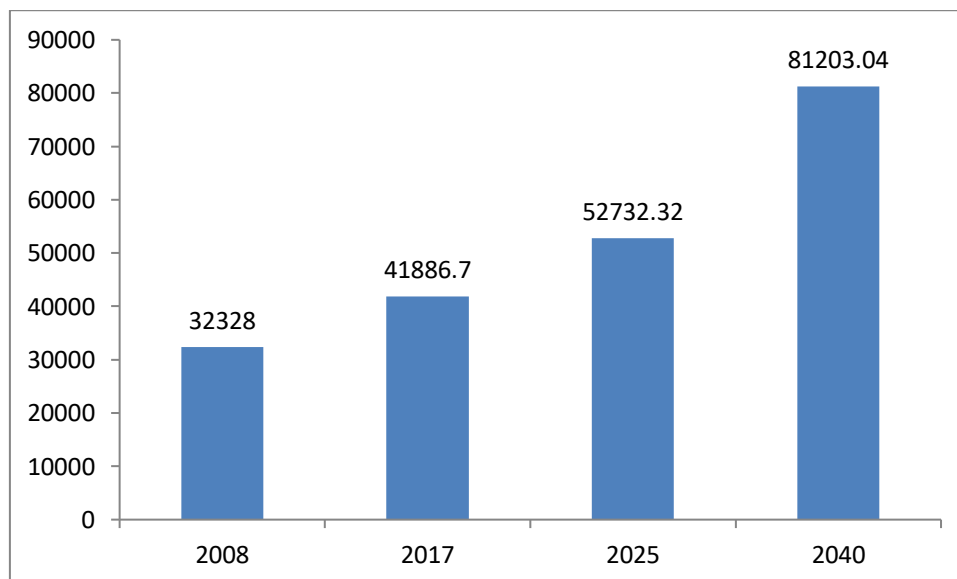


Figure III.7 : Evolution des besoins journaliers en m³/j.

Les figures III.8 et III.9 donne respectivement les balances relatives aux besoins futures comparés aux productions ainsi que les capacités de stockage.

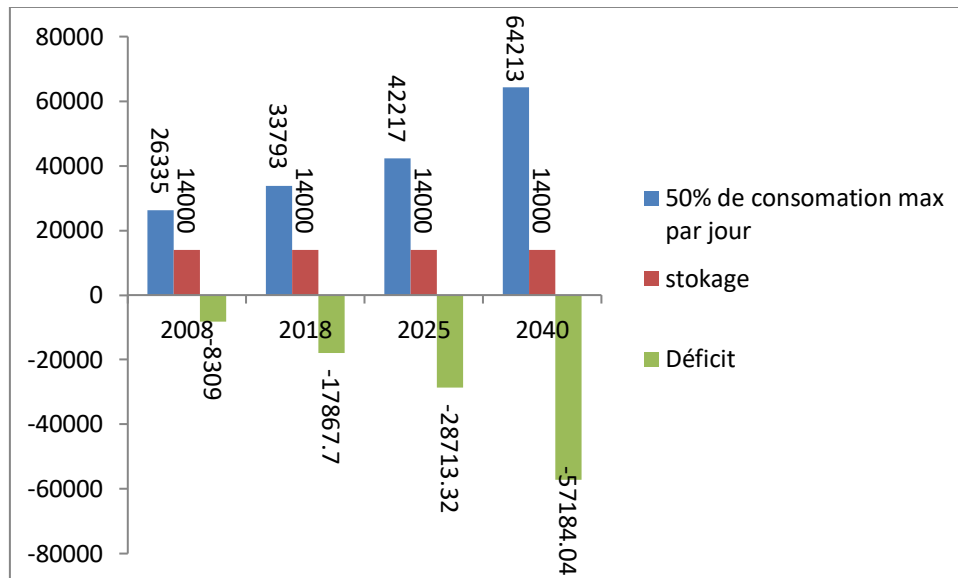


Figure III.8 : Balance entre la production et la consommation.

D'après les figures, des écarts importants sont déjà enregistrés en terme de satisfaction des besoins en eau et en terme de capacités de stockage.

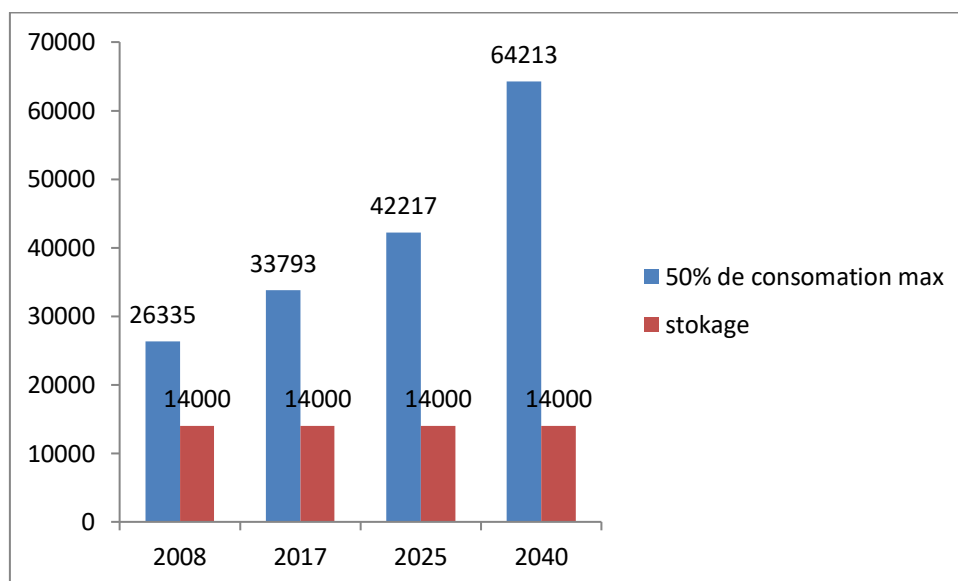


Figure III.9 : Balance entre la capacité des stockages disponible et réglementaire.

VII. CONCLUSION

L'objet principal du travail élaboré dans le cadre de ce mémoire est le transfert des eaux du des forages Chouhada, Touggort et 19 mars vers la ville d'El Oued. Pour des raisons liées à la définition et à la connaissance de la zone d'étude, nous avons abordé dans ce chapitre l'ensemble des caractéristiques de la zone concernées par le transfert et en particulier les ressources souterraines et la chimie des eaux. Une attention particulière a été accordée à l'aspect au patrimoine hydraulique de la ville d'El Oued avec la définition des sources de

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

productions, des réseaux d'eau potable et des ouvrages de stockage. L'estimation des besoins des divers secteurs à une échéance fixée (2040) a permis par la suite d'évaluer la balance ressources/besoins et de définir les capacités de stockage à réaliser pour la prise en charge de la régulation de la nouvelle ressource transférée. En dressant un bilan entre les productions et les besoins, nous constatons qu'un écart important est enregistré tant sur le plan de la production que sur le plan des capacités de stockage.

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

I. INTRODUCTION

Dans le présent chapitre, les investigations vont être consacrées aux différents calculs et conceptions hydrauliques relatifs aux solutions de transfert des eaux depuis les nouveaux points de mobilisation souterraine vers la ville d'El Oued enregistrant aussi bien des déficits au niveau des dotations qu'au niveau des ouvrages de stockage. La nouvelle mobilisation concerne la mise en service de trois forages artésiens (P=20 bars à la sortie) de débits respectifs :

- ✓ Forages EL chouhada: 145 l/s,
- ✓ Forage Route Touggourt: 150 l/s,
- ✓ Forage 19 Mars: 150 l/s.

Les eaux mobilisées par ces forages seront acheminées vers une station de refroidissement et déminéralisation avant d'être adductionnées vers les ouvrages de stockage de la ville.

II. DONNEES SUR LE PROJET DE TRANSFERT

II.1. Les forages

Au niveau du tableau IV.1 il est présenté les données sur les forages (pression, température, débit, distance par rapport à la station de refroidissement et déminéralisation).

Tableau. IV.1 : Données sur les forages

Forages	Pression (bar)	Température (c°)	Débit (l/s)	Distance station-forage (km)
Elchouhada	20	60	145	2.140
Route touggourt	20	60	150	4
19 mars	20	60	150	0.100

II.2. Qualité des eaux

Les eaux mobilisées au niveau des forages sont des eaux saumâtres, riches en sulfate, chlorures et en calcaires.

Tableau. IV.2: Comparaison entre les concentrations dans l'eau brute avec les concentrations maximales de la norme algérienne

Paramètres physico-chimiques	Concentration dans l'eau brute	Concentrations maximales de la norme algérienne
PH	7.15	6.5-8.5
Conductivité $\mu\text{S/cm}$	2837	2800
Calcium (mg/l)	256.512	200
Magnésium (mg/l)	53.471	150
Sodium (mg/l)	/	200
Potassium (mg/l)	/	20
Ammonium (mg/l)	/	0.5
Baryum (mg/l)	/	1
Strontium (mg/l)	-	
Bicarbonate (mg/l)	128.10	
Hydrogénocarbonates (mg/l)	/	
Sulfates (mg/l)	810	400
Chlorure (mg/l)	590.04	500
Fluorure (mg/l)	/	
Nitrate (mg/l)	/	50
Bore (mg/l)	-	
Dureté total (TH)	860	500
Dureté Permanente	/	/
Titre alcalin complet	110	/
Silicate (mg/l)	35.3	/
CO_2 (mg/l)	-	/
TDS (mg/l)	1419	

II.3. Schéma du transfert

La figure IV.1 schématise sommairement l'ossature du transfert des eaux des forages vers la ville d'EL Oued via la station de refroidissement et déminéralisation.

II.4. Qualité des sols dans l'emprise du transfert

D'après les données recueillies sur le cahier des prescriptions techniques, les sols traversés par la conduite de transfert sont agressifs. Cette contrainte exige l'adoption de conduites en fonte ductile. Ce choix est également motivé par les fortes pressions et températures des eaux. Aussi, la canalisation de transfert sera revêtue intérieurement pour tenir compte de l'agressivité des eaux transférées. (C.P.T.P, 2016)

III. PARAMETRES DE CONCEPTION DES TRANSFERTS

Tenant compte des pressions importantes au niveau des têtes des forages, certains paramètres de conception ont été considérés en l'occurrence:

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

- ✓ Utiliser l'énergie de l'eau en tête des forages pour turbiner les eaux et utiliser l'énergie produite pour une autonomie énergétique de la station de refroidissement et déminéralisation,
- ✓ Réguler les pressions par la projection d'un réducteur de pression en tête de forages afin d'agir sur les pressions nominales de la canalisation de transfert,
- ✓ Réguler les pressions à l'entrée de la station pour des exigences liées à son fonctionnement.

IV. CALCULS HYDRAULIQUES DU TRANSFERT

IV.1. Calcul des pertes des charges

En se basant sur la démarche des calculs hydrauliques des conduites de transfert présentée au niveau du chapitre II, le tableau IV.3 récapitule l'ensemble des paramètres qui seront utilisés pour la conception hydraulique du transfert.

Il a été également pris en considération la variation de la rugosité de la conduite en fonction de son âge.

Tableau. IV.3 : Principaux paramètres pour la conception du transfert

Paramètres	Conduite neuve	Conduite usée
Rugosité (mm)	0.05	0.1
Viscosité cinématique (m^2/s)	$4.67.10^{-7}$	$4.67.10^{-7}$
Débit (l/s)	(145-150)	(145-150)
Diamètre (mm)	400	400
Vitesse (m/s)	1.154	1.154
Nombre de REYNOLDS	988437	988437
Lambda Nikuradse	0.01250042	0.01436989
Pertes des charges linéaires (unitaire)	0.00212118	0.00243841
Pertes des charges totales (unitaire)	0.0024394	0.00280417

IV.2. Calcul hydrauliques

IV.2.1. Variante turbinage des eaux

En se basant sur les données topographiques du profil en long relatives au tronçon forages-station de refroidissement et déminéralisation, il a été procédé aux différents calculs hydrauliques englobant :

- ✓ Calcul des pertes de charge,
- ✓ Calcul des côtes piézométriques,
- ✓ Calcul des charges résiduelles ou pressions au sol,
- ✓ Calcul des pressions nominales de la canalisation de transfert.

Chaque paramètre est déduit des relations ci-dessous :

$$\text{Côte piézométrique} = \text{côte terrain naturel} + \text{pression.}$$

$$\text{Charge résiduelle} = \text{côte piézométrique} - \text{côte terrain naturel.}$$

$$\text{Pression dans la conduite} = \text{côte piézométrique} - \text{pertes des charges.}$$

L'entrée de la station de refroidissement et déminéralisation, la pression ne doit pas dépassée 1 bars.

Les tableaux de IV.4 à IV.9 donnent l'ensemble des calculs hydrauliques pour les trois forages et pour deux types de rugosités conduite neuve ($n=0.05$ mm) et conduite usée ($n=0.1$ mm).cas de turbinage des eaux.

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.4 :Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage choudada-station de refroidissement et déminéralisation (cas de turbinage des eaux)- conduite neuve (n=0.05 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	0	280.85	280.85	80.85	80.85	200	200	20	25
1	1	2	32.13	32.13	0.07837792	280.85	280.77	80.85	79.65	200	201.12	20	25
2	2	3	69.42	101.55	0.16934315	280.77	280.60	79.65	80.6	201.12	200.00	20	25
3	3	4	15.59	117.14	0.03803025	280.60	280.56	80.6	80.4	200.00	200.16	20	25
4	4	5	40.25	157.39	0.09818585	280.56	280.47	80.4	82.83	200.16	197.64	20	25
5	5	6	62.91	220.3	0.15346265	280.47	280.31	82.83	80.26	197.64	200.05	20	25
6	6	7	74.13	294.43	0.18083272	280.31	280.13	80.26	80.51	200.05	199.62	20	25
7	7	8	164.04	458.47	0.40015918	280.13	279.73	80.51	81.15	199.62	198.58	20	25
8	8	9	153.09	611.56	0.37344775	279.73	279.36	81.15	83.52	198.58	195.84	20	25
9	9	10	159.75	771.31	0.38969415	279.36	278.97	83.52	88.1	195.84	190.87	19	25
10	10	11	138.14	909.45	0.33697872	278.97	278.63	88.1	91.84	190.87	186.79	19	25
11	11	12	233.18	1142.63	0.56881929	278.63	278.06	91.84	98.05	186.79	180.01	18	25
12	12	13	263.05	1405.68	0.64168417	278.06	277.42	98.05	99.6	180.01	177.82	18	25
13	13	14	329.27	1734.95	0.80322124	277.42	276.62	99.6	100.17	177.82	176.45	18	25
14	14	15	34.06	1769.01	0.08308596	276.62	276.53	100.17	99.56	176.45	176.97	18	25
15	15	16	107.67	1876.68	0.2626502	276.53	276.27	99.56	97.7	176.97	178.57	18	25
16	16	17	262.58	2139.26	0.64053765	276.27	275.63	97.7	100.72	178.57	174.91	18	25

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.5 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage choudada-station de refroidissement et déminéralisation (cas de turbinage des eaux)- conduite usée (n=0.1 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	0	280.85	280.85	80.85	80.85	200	200	20	25
1	1	2	32.13	32.13	0.09009798	280.85	280.76	80.85	79.65	200	201.11	20	25
2	2	3	69.42	101.55	0.19466548	280.76	280.57	79.65	80.6	201.11	199.97	20	25
3	3	4	15.59	117.14	0.04371701	280.57	280.52	80.6	80.4	199.97	200.12	20	25
4	4	5	40.25	157.39	0.11286784	280.52	280.41	80.4	82.83	200.12	197.58	20	25
5	5	6	62.91	220.3	0.17641033	280.41	280.23	82.83	80.26	197.58	199.97	20	25
6	6	7	74.13	294.43	0.20787312	280.23	280.02	80.26	80.51	199.97	199.51	20	25
7	7	8	164.04	458.47	0.45999605	280.02	279.56	80.51	81.15	199.51	198.41	20	25
8	8	9	153.09	611.56	0.42929039	279.56	279.14	81.15	83.52	198.41	195.62	20	25
9	9	10	159.75	771.31	0.44796616	279.14	278.69	83.52	88.1	195.62	190.59	19	25
10	10	11	138.14	909.45	0.38736804	278.69	278.30	88.1	91.84	190.59	186.46	19	25
11	11	12	233.18	1142.63	0.65387636	278.30	277.65	91.84	98.05	186.46	179.60	18	25
12	12	13	263.05	1405.68	0.73763692	277.65	276.91	98.05	99.6	179.60	177.31	18	25
13	13	14	329.27	1734.95	0.92332906	276.91	275.98	99.6	100.17	177.31	175.81	18	25
14	14	15	34.06	1769.01	0.09551003	275.98	275.89	100.17	99.56	175.81	176.33	18	25
15	15	16	107.67	1876.68	0.30192498	275.89	275.59	99.56	97.7	176.33	177.89	18	25
16	16	17	262.58	2139.26	0.73631896	275.59	274.85	97.7	100.72	177.89	174.13	18	25

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Les figures de IV.2 et IV.3 donnent les profils piézométriques du transfert pour les deux rugosités de la canalisation de transfert.

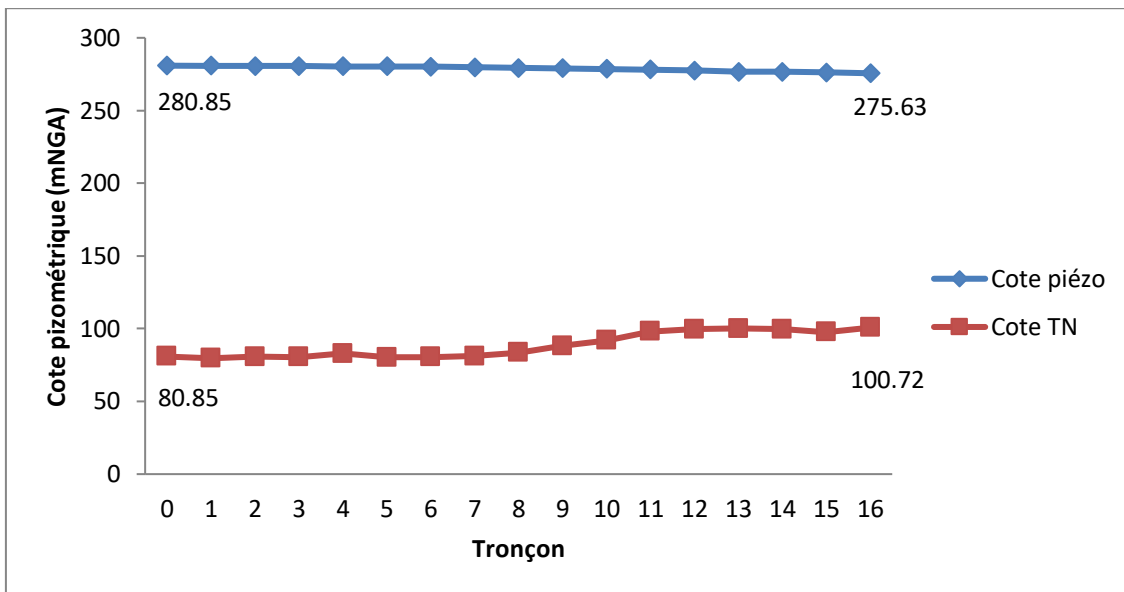


Figure IV.2: Profil piézométrique -conduite forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation- cas de turbinage des eaux-conduite neuve ($n=0.05$ mm).

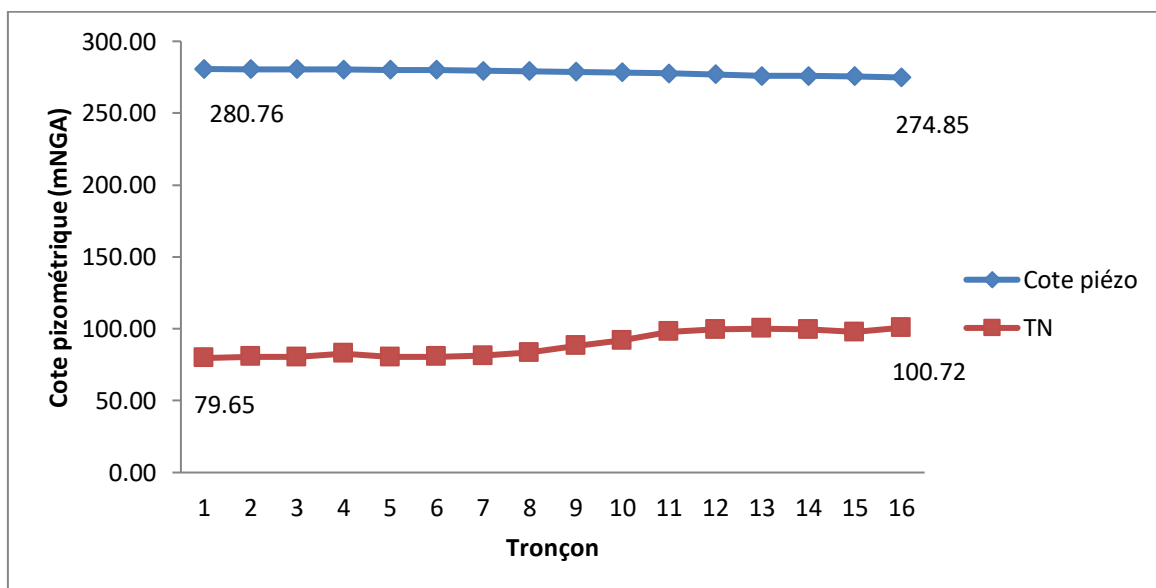


Figure IV.3: Profil piézométrique -conduite forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation- cas de turbinage des eaux-conduite usée ($n=0.1$ mm).

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.6 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation (cas de turbinage des eaux)- conduite neuve (n=0.05 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	0	283.85	283.85	83.85	83.85	200	200	20	25
1	1	2	96.8	96.8	0.23613392	283.85	283.61	83.5	82.36	200	201.25	20	25
2	2	3	154.39	251.19	0.37661897	283.61	283.24	82.36	82.6	201.25	200.64	20	25
3	3	4	100.89	352.08	0.24611107	283.24	282.99	82.6	84.29	200.64	198.70	20	25
4	4	5	252.73	604.81	0.61650956	282.99	282.37	84.29	83.7	198.70	198.67	20	25
5	5	6	182.73	787.54	0.44575156	282.37	281.93	83.7	84.6	198.67	197.33	20	25
6	6	7	238.81	1026.35	0.58255311	281.93	281.35	84.6	86.4	197.33	194.95	20	25
7	7	8	184.63	1210.98	0.45038642	281.35	280.90	86.4	87.9	194.95	193.00	19	25
8	8	9	246.53	1457.51	0.60138528	280.90	280.29	87.9	84.94	193.00	195.35	19	25
9	9	10	215.04	1672.55	0.52456858	280.29	279.77	84.94	85.02	195.35	194.75	20	25
10	10	11	193.93	1866.48	0.47307284	279.77	279.30	85.02	82	194.75	197.30	20	25
11	11	12	221.03	2087.51	0.53918058	279.30	278.76	82	83.61	197.30	195.15	20	25
12	12	13	245.1	2332.61	0.59789694	278.76	278.16	83.61	81	195.15	197.16	20	25
13	13	14	210.03	2542.64	0.51234718	278.16	277.65	81	88.22	197.16	189.43	19	25
14	14	15	267.4	2810.04	0.65229556	277.65	277.00	88.22	90.78	189.43	186.22	19	25
15	15	16	462.62	3272.66	1.12851523	277.00	275.87	90.78	96	186.22	179.87	18	25
16	16	17	209.79	3482.45	0.51176173	275.87	275.35	96	95.65	179.87	179.70	18	25
17	17	18	259.91	3742.36	0.63402445	275.35	274.72	95.65	97.2	179.70	177.52	18	25
18	18	19	240.73	3983.09	0.58723676	274.72	274.13	97.2	100.72	177.52	173.41	18	25

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.7 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation (cas de turbinage des eaux)- conduite usée (n=0.1 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arretée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	0	283.5	283.5	83.5	83.5	200	200	20	25
1	1	2	96.8	96.8	0.27144366	283.5	283.23	83.5	82.36	200	200.87	20	25
2	2	3	154.39	251.19	0.43293581	283.23	282.80	82.36	82.6	200.87	200.20	20	25
3	3	4	100.89	352.08	0.28291271	282.80	282.51	82.6	84.29	200.20	198.22	20	25
4	4	5	252.73	604.81	0.70869788	282.51	281.80	84.29	83.7	198.22	198.10	20	25
5	5	6	182.73	787.54	0.51240598	281.80	281.29	83.7	84.6	198.10	196.69	20	25
6	6	7	238.81	1026.35	0.66966384	281.29	280.62	84.6	86.4	196.69	194.22	20	25
7	7	8	184.63	1210.98	0.51773391	280.62	280.10	86.4	87.9	194.22	192.20	19	25
8	8	9	246.53	1457.51	0.69131203	280.10	279.41	87.9	84.94	192.20	194.47	19	25
9	9	10	215.04	1672.55	0.60300872	279.41	278.81	84.94	85.02	194.47	193.79	19	25
10	10	11	193.93	1866.48	0.54381269	278.81	278.27	85.02	82	193.79	196.27	20	25
11	11	12	221.03	2087.51	0.6198057	278.27	277.65	82	83.61	196.27	194.04	20	25
12	12	13	245.1	2332.61	0.68730207	277.65	276.96	83.61	81	194.04	195.96	19	25
13	13	14	210.03	2542.64	0.58895983	276.96	276.37	81	88.22	195.96	188.15	19	25
14	14	15	267.4	2810.04	0.74983506	276.37	275.62	88.22	90.78	188.15	184.84	19	25
15	15	16	462.62	3272.66	1.29726513	275.62	274.32	90.78	96	184.84	178.32	18	25
16	16	17	209.79	3482.45	0.58828682	274.32	273.73	96	95.65	178.32	178.08	18	25
17	17	18	259.91	3742.36	0.72883182	273.73	273.01	95.65	97.2	178.08	175.81	18	25
18	18	19	240.73	3983.09	0.67504784	273.01	272.33	97.2	100.72	175.81	171.61	17	25

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Les figures de IV.4 et IV.5 donnent les profils piézométriques du transfert pour les deux rugosités de la canalisation de transfert.

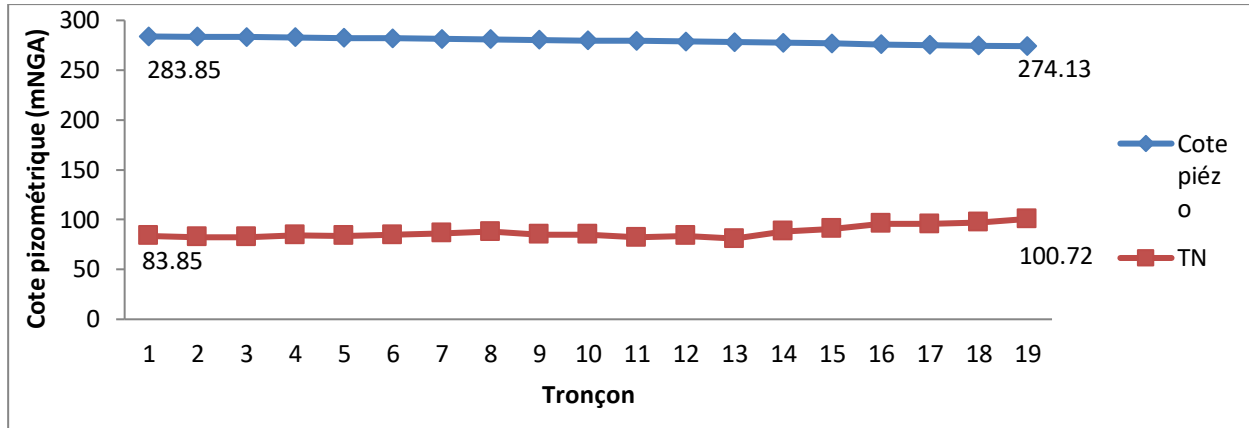


Figure IV.4: Profil piézométrique -conduite (forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation) - cas de turbinage des eaux-conduite neuve (n=0.05 mm).

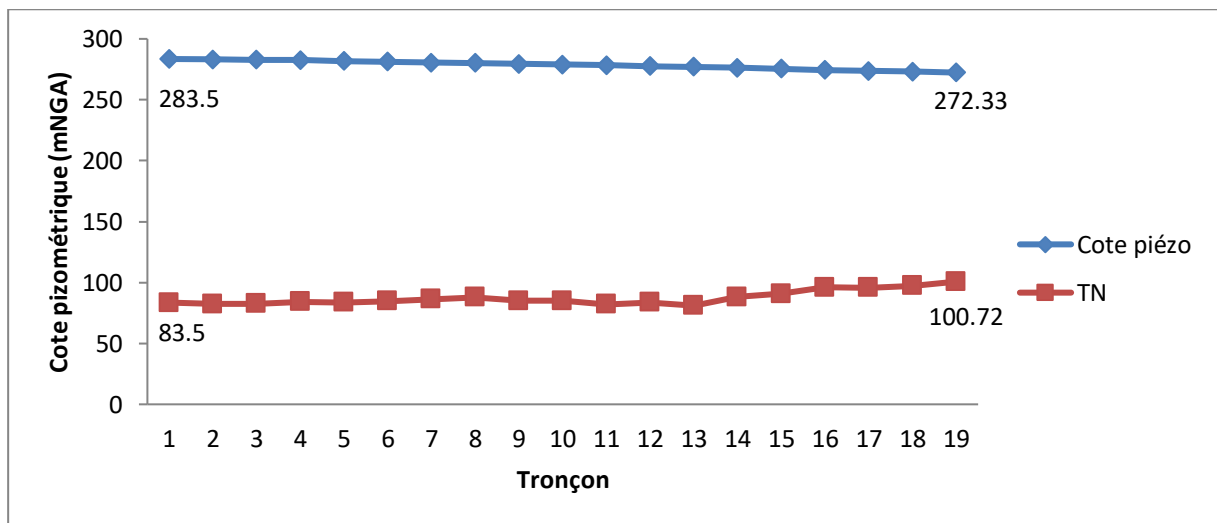


Figure IV.5: Profil piézométrique -conduite (forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation) - cas de turbinage des eaux-conduite utilisée (n=0.1 mm).

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.8 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage 19mars-station de refroidissement et déminéralisation (cas de turbinage des eaux)- conduite neuve (n=0.05 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0		300.77	300.77	100.77	100.77	200	200	20	25
1	1	2	101.13	101.13	0.24669652	300.77	300.52	100.77	100.5	200	200.0	20	25

Tableau. IV.9 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage 19mars-station de refroidissement et déminéralisation (cas de turbinage des eaux)- conduite usée (n=0.1 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	0	300.77	300.77	100.77	100.77	200	200	20	25
1	1	2	101.13	101.13	0.28358571	300.77	300.49	100.77	100.5	200	199.99	20	25

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Les figures de IV.6 et IV.7 donnent les profils piézométriques du transfert pour les deux rugosités de la canalisation de transfert.

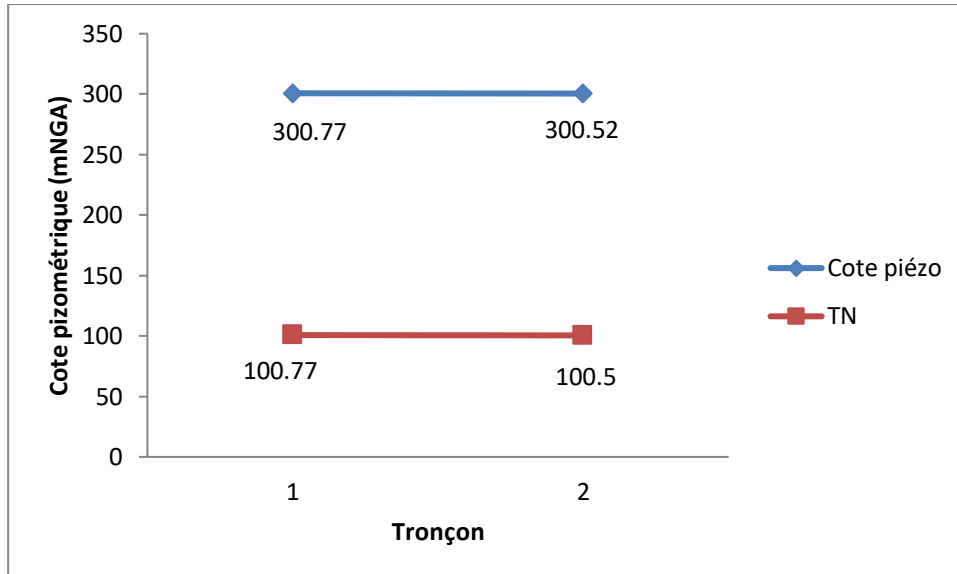


Figure IV.6: Profil piézométrique -conduite (forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation) - cas de turbinage des eaux-conduite neuve ($n=0.05$ mm).

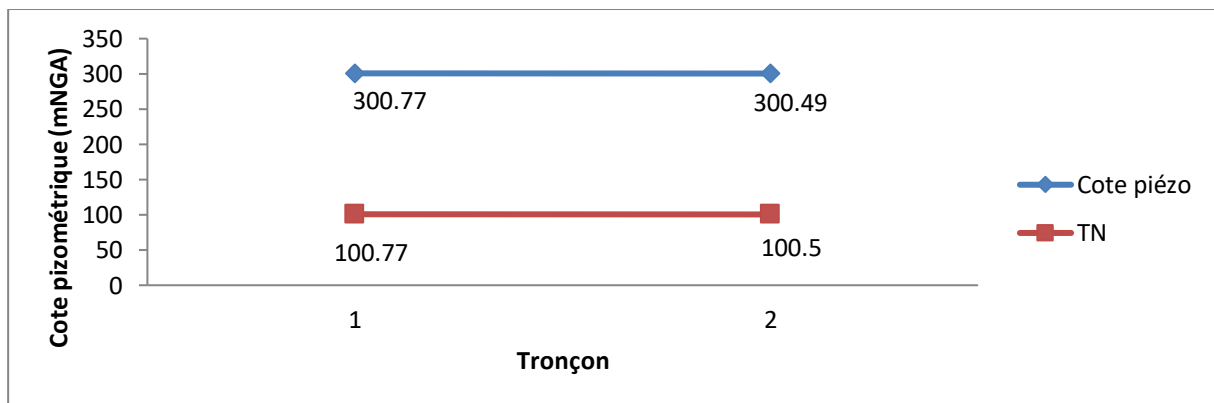


Figure IV.7: Profil piézométrique -conduite (forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation) - cas de turbinage des eaux-conduite usée ($n=0.1$ mm).

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Les calculs des puissances fournies par les turbines pour les trois forages sont consignés sur le tableau IV.10 en fonction des éléments suivants :

$$P=Q.H.g.\eta$$

P: puissance (kw),

H: la charge (m),

g: accélération de la pesanteur,

η : valeur de rendement du turbine.

Tableau. IV.10: valeur des puissances fournies par les turbins au niveau de la station de refroidissement et déminéralisation.

	Conduite neuve	Conduite usée
Forages	Puissances de turbines (Kwh)	
Route touggort	204.138	202.01929
Chouhada	205.904	204.9858
19 mars	234.2628	233.08

IV.2.2.Variante régulation amont de la pression

Pour des raisons liées au branchement des transferts au niveau de la station de refroidissement et déminéralisation ($P \leq 1$ bars), et afin d'économiser sur les pressions nominales des canalisations, une 2^{eme} variante a été étudiées avec implantation d'un réducteur de pression a l'amont (sortie forages) du transfert.

Tenant compte des pertes de charges le long du transfert, la pression de sortie a été calée selon une valeur, à partir de laquelle on déduit les pertes de charges pour atteindre une pression à l'entrée de la station de refroidissement et déminéralisation au maximum $P= 1$ bars.

Les tableaux de IV.11 à IV.16 donnent l'ensemble des calculs hydrauliques pour les trois forages, conduite neuve ($n=0.05$ mm) et conduite usée ($n=0.1$ mm), cas de régulateur amont de la pression.

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.11: Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage choudada-station de refroidissement et déminéralisation (cas de régulateur amant)- conduite neuve (n=0.05 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	164.91	280.85	115.94	80.85	80.85	200	35.09	20	25
1	1	2	32.13	32.13	0.07837792	115.94	115.86	80.85	79.65	35.09	36.21	4	10
2	2	3	69.42	101.55	0.16934315	115.86	115.69	79.65	80.6	36.21	35.09	4	10
3	3	4	15.59	117.14	0.03803025	115.69	115.65	80.6	80.4	35.09	35.25	4	10
4	4	5	40.25	157.39	0.09818585	115.65	115.56	80.4	82.83	35.25	32.73	3	10
5	5	6	62.91	220.3	0.15346265	115.56	115.40	82.83	80.26	32.73	35.14	3	10
6	6	7	74.13	294.43	0.18083272	115.40	115.22	80.26	80.51	35.14	34.71	3	10
7	7	8	164.04	458.47	0.40015918	115.22	114.82	80.51	81.15	34.71	33.67	3	10
8	8	9	153.09	611.56	0.37344775	114.82	114.45	81.15	83.52	33.67	30.93	3	10
9	9	10	159.75	771.31	0.38969415	114.45	114.06	83.52	88.1	30.93	25.96	3	10
10	10	11	138.14	909.45	0.33697872	114.06	113.72	88.1	91.84	25.96	21.88	2	10
11	11	12	233.18	1142.63	0.56881929	113.72	113.15	91.84	98.05	21.88	15.10	2	10
12	12	13	263.05	1405.68	0.64168417	113.15	112.51	98.05	99.6	15.10	12.91	1	10
13	13	14	329.27	1734.95	0.80322124	112.51	111.71	99.6	100.17	12.91	11.54	1	10
14	14	15	34.06	1769.01	0.08308596	111.71	111.62	100.17	99.56	11.54	12.06	1	10
15	15	16	107.67	1876.68	0.2626502	111.62	111.36	99.56	97.7	12.06	13.66	1	10
16	16	17	262.58	2139.26	0.64053765	111.36	110.72	97.7	100.72	13.66	10.00	1	10

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.12 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage chohada-station de refroidissement et déminéralisation (cas de régulateur amant)- conduite usée (n=0.1 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	164.13	280.85	116.72	80.85	80.85	200	35.87	20	25
1	1	2	32.13	32.13	0.09009798	116.72	116.63	80.85	79.65	35.87	36.98	4	10
2	2	3	69.42	101.55	0.19466548	116.63	116.44	79.65	80.6	36.98	35.84	4	10
3	3	4	15.59	117.14	0.04371701	116.44	116.39	80.6	80.4	35.84	35.99	4	10
4	4	5	40.25	157.39	0.11286784	116.39	116.28	80.4	82.83	35.99	33.45	3	10
5	5	6	62.91	220.3	0.17641033	116.28	116.10	82.83	80.26	33.45	35.84	3	10
6	6	7	74.13	294.43	0.20787312	116.10	115.89	80.26	80.51	35.84	35.38	4	10
7	7	8	164.04	458.47	0.45999605	115.89	115.43	80.51	81.15	35.38	34.28	3	10
8	8	9	153.09	611.56	0.42929039	115.43	115.01	81.15	83.52	34.28	31.49	3	10
9	9	10	159.75	771.31	0.44796616	115.01	114.56	83.52	88.1	31.49	26.46	3	10
10	10	11	138.14	909.45	0.38736804	114.56	114.17	88.1	91.84	26.46	22.33	2	10
11	11	12	233.18	1142.63	0.65387636	114.17	113.52	91.84	98.05	22.33	15.47	2	10
12	12	13	263.05	1405.68	0.73763692	113.52	112.78	98.05	99.6	15.47	13.18	1	10
13	13	14	329.27	1734.95	0.92332906	112.78	111.85	99.6	100.17	13.18	11.68	1	10
14	14	15	34.06	1769.01	0.09551003	111.85	111.76	100.17	99.56	11.68	12.20	1	10
15	15	16	107.67	1876.68	0.30192498	111.76	111.46	99.56	97.7	12.20	13.76	1	10
16	16	17	262.58	2139.26	0.73631896	111.46	110.72	97.7	100.72	13.76	10.00	1	10

Les figures de IV.8 et IV.9 donnent les profils piézométriques du transfert pour les deux rugosités de la canalisation de transfert.

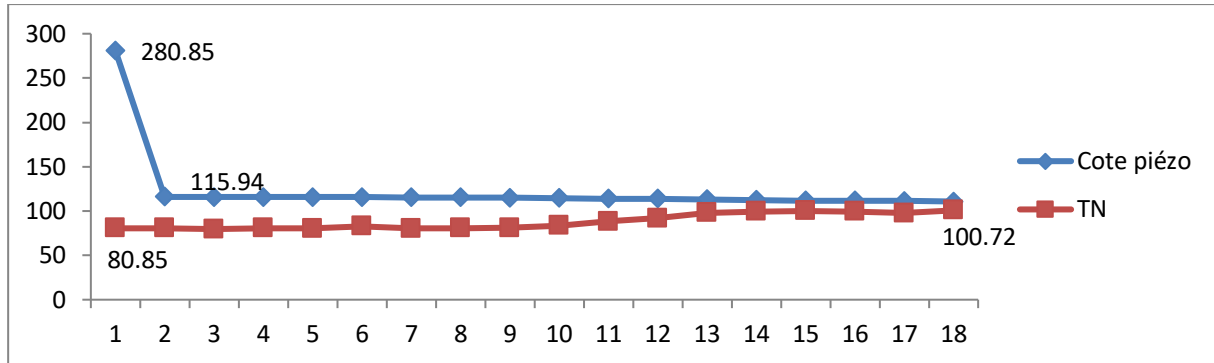


Figure IV.8: Profil piézométrique -conduite forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression amont -conduite neuve ($n=0.05$ mm).

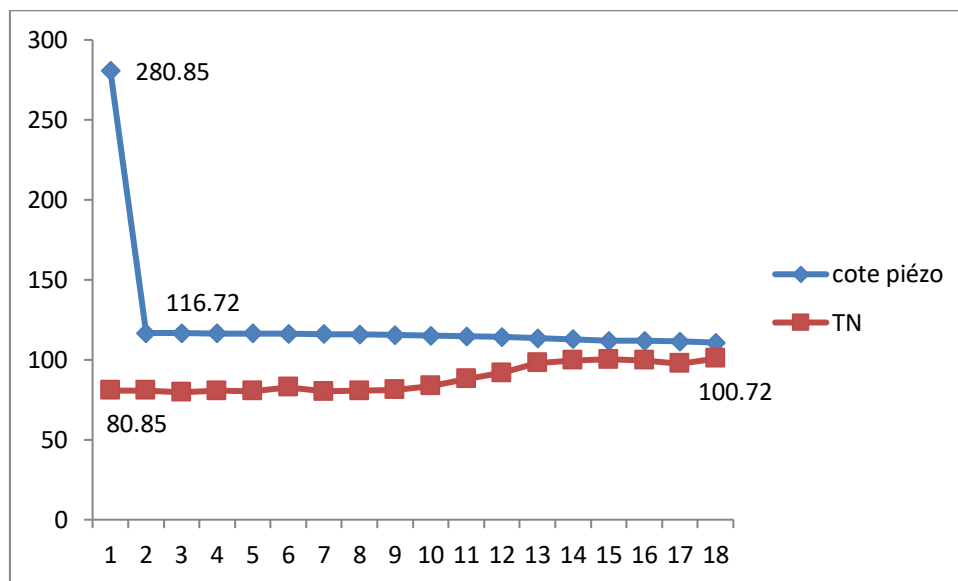


Figure IV.9: Profil piézométrique -conduite forage chouhada-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression amont -conduite usée ($n=0.1$ mm).

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.13 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation (cas de régulateur amant)- conduite neuve (n=0.05 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	163.41	283.85	120.44	83.85	83.85	200	36.59	20	25
1	1	2	96.8	96.8	0.23613392	120.44	120.20	83.5	82.36	36.59	37.84	4	10
2	2	3	154.39	251.19	0.37661897	120.20	119.83	82.36	82.6	37.84	37.23	4	10
3	3	4	100.89	352.08	0.24611107	119.83	119.58	82.6	84.29	37.23	35.29	4	10
4	4	5	252.73	604.81	0.61650956	119.58	118.96	84.29	83.7	35.29	35.26	4	10
5	5	6	182.73	787.54	0.44575156	118.96	118.52	83.7	84.6	35.26	33.92	3	10
6	6	7	238.81	1026.35	0.58255311	118.52	117.94	84.6	86.4	33.92	31.54	3	10
7	7	8	184.63	1210.98	0.45038642	117.94	117.49	86.4	87.9	31.54	29.59	3	10
8	8	9	246.53	1457.51	0.60138528	117.49	116.88	87.9	84.94	29.59	31.94	3	10
9	9	10	215.04	1672.55	0.52456858	116.88	116.36	84.94	85.02	31.94	31.34	3	10
10	10	11	193.93	1866.48	0.47307284	116.36	115.89	85.02	82	31.34	33.89	3	10
11	11	12	221.03	2087.51	0.53918058	115.89	115.35	82	83.61	33.89	31.74	3	10
12	12	13	245.1	2332.61	0.59789694	115.35	114.75	83.61	81	31.74	33.75	3	10
13	13	14	210.03	2542.64	0.51234718	114.75	114.24	81	88.22	33.75	26.02	3	10
14	14	15	267.4	2810.04	0.65229556	114.24	113.59	88.22	90.78	26.02	22.81	2	10
15	15	16	462.62	3272.66	1.12851523	113.59	112.46	90.78	96	22.81	16.46	2	10
16	16	17	209.79	3482.45	0.51176173	112.46	111.94	96	95.65	16.46	16.29	2	10
17	17	18	259.91	3742.36	0.63402445	111.94	111.31	95.65	97.2	16.29	14.11	2	10
18	18	19	240.73	3983.09	0.58723676	111.31	110.72	97.2	100.72	14.11	10.00	1	10

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.14 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation (cas de régulateur amant)- conduite usée (n=0.1 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arretée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	161.96	283.85	121.89	83.85	83.85	200	38.04	20	25
1	1	2	96.8	96.8	0.27144366	121.89	121.62	83.5	82.36	38.04	39.26	4	10
2	2	3	154.39	251.19	0.43293581	121.62	121.19	82.36	82.6	39.26	38.59	4	10
3	3	4	100.89	352.08	0.28291271	121.19	120.90	82.6	84.29	38.59	36.61	4	10
4	4	5	252.73	604.81	0.70869788	120.90	120.19	84.29	83.7	36.61	36.49	4	10
5	5	6	182.73	787.54	0.51240598	120.19	119.68	83.7	84.6	36.49	35.08	4	10
6	6	7	238.81	1026.35	0.66966384	119.68	119.01	84.6	86.4	35.08	32.61	3	10
7	7	8	184.63	1210.98	0.51773391	119.01	118.49	86.4	87.9	32.61	30.59	3	10
8	8	9	246.53	1457.51	0.69131203	118.49	117.80	87.9	84.94	30.59	32.86	3	10
9	9	10	215.04	1672.55	0.60300872	117.80	117.20	84.94	85.02	32.86	32.18	3	10
10	10	11	193.93	1866.48	0.54381269	117.20	116.66	85.02	82	32.18	34.66	3	10
11	11	12	221.03	2087.51	0.6198057	116.66	116.04	82	83.61	34.66	32.43	3	10
12	12	13	245.1	2332.61	0.68730207	116.04	115.35	83.61	81	32.43	34.35	3	10
13	13	14	210.03	2542.64	0.58895983	115.35	114.76	81	88.22	34.35	26.54	3	10
14	14	15	267.4	2810.04	0.74983506	114.76	114.01	88.22	90.78	26.54	23.23	2	10
15	15	16	462.62	3272.66	1.29726513	114.01	112.71	90.78	96	23.23	16.71	2	10
16	16	17	209.79	3482.45	0.58828682	112.71	112.12	96	95.65	16.71	16.47	2	10
17	17	18	259.91	3742.36	0.72883182	112.12	111.40	95.65	97.2	16.47	14.20	2	10
18	18	19	240.73	3983.09	0.67504784	111.40	110.72	97.2	100.72	14.20	10.00	1	10

Les figures de IV.10 et IV.11 donnent les profils piézométriques du transfert pour les deux rugosités de la canalisation de transfert.

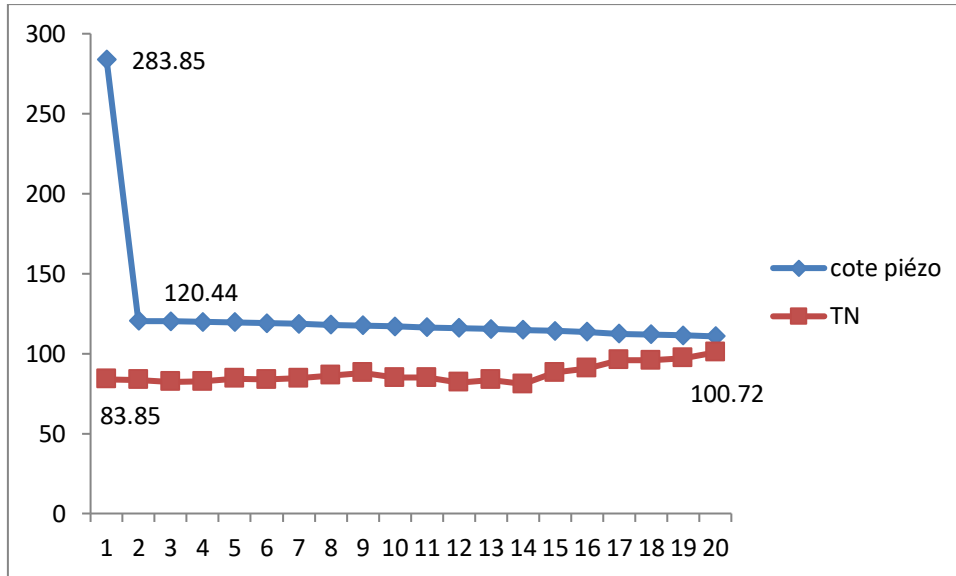


Figure IV.10: Profil piézométrique -conduite forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression amont -conduite neuve ($n=0.05$ mm).

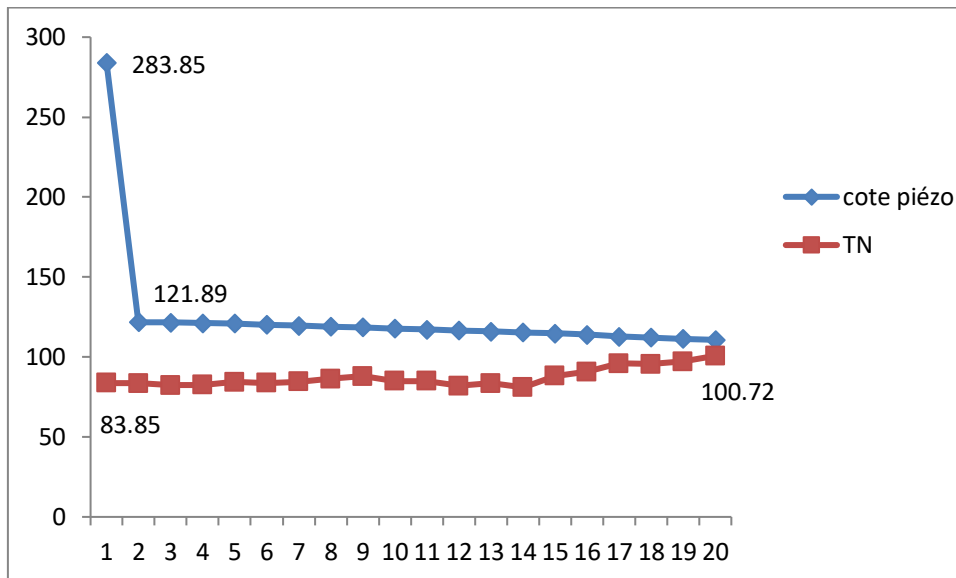


Figure IV.11: Profil piézométrique -conduite forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression amont -conduite usée ($n=0.1$ mm).

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.15 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation (cas de régulateur amant)- conduite neuve (n=0.05 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	190.02	300.77	110.75	100.77	100.77	200	9.98	20	25
1	1	2	101.13	101.13	0.24669652	110.75	110.50	100.77	100.5	9.98	10.00	1	10

Tableau. IV.16 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation (cas de régulateur amant)- conduite utilisée (n=0.1 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	189.99	300.77	110.78	100.77	100.77	200	10.01	20	25
1	1	2	101.13	101.13	0.28358571	110.78	110.50	100.77	100.5	10.01	10.00	1	10

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Les figures de IV.12 et IV.13 donnent les profils piézométriques du transfert pour les deux rugosités de la canalisation de transfert.

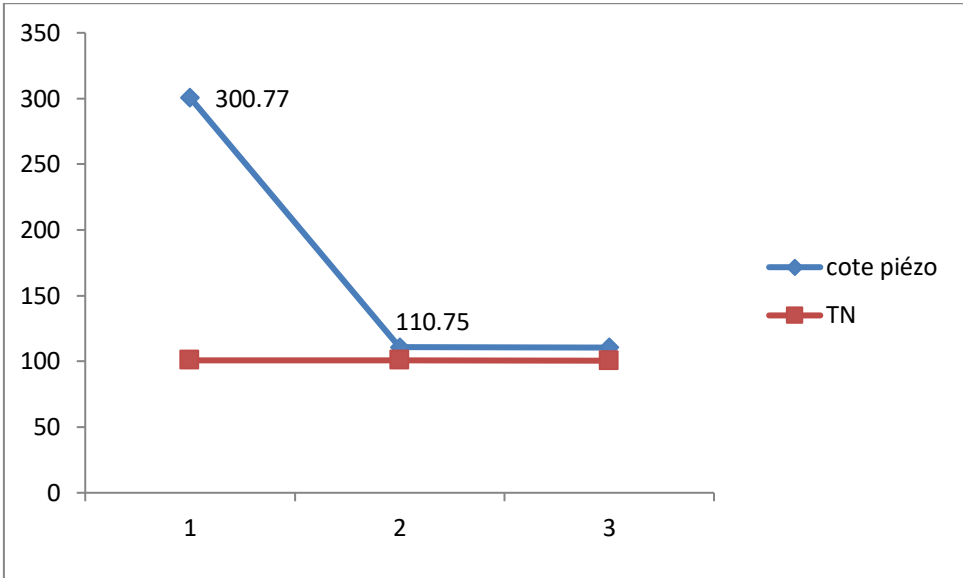


Figure IV.12: Profil piézométrique -conduite forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression amont -conduite neuve (n=0.05 mm).

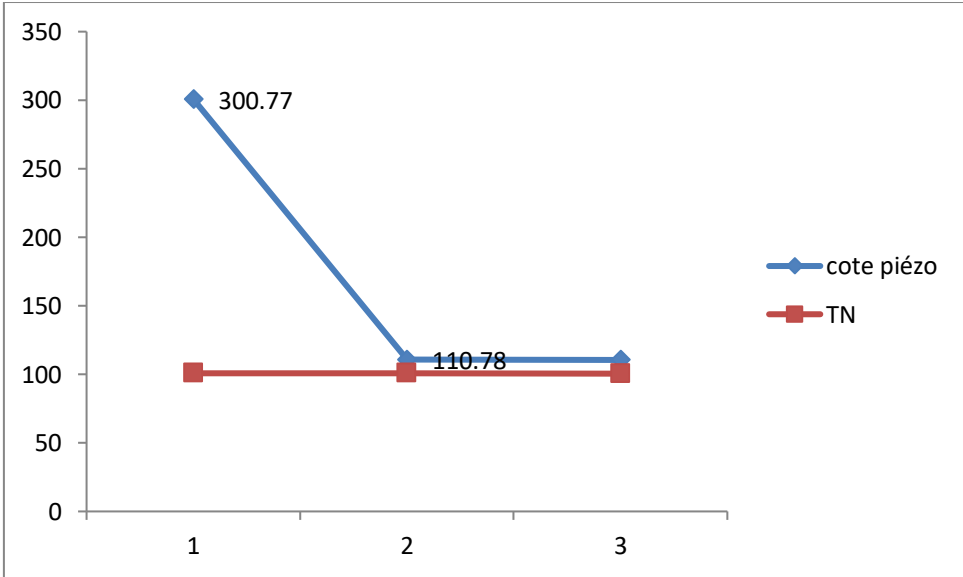


Figure IV.13: Profil piézométrique -conduite forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression amont -conduite usée (n=0.1 mm).

IV.2.3. Variante régulateur de pression aval

Une autre variante a été étudiée en régulant la pression à l'entrée de la station de refroidissement et déminéralisation. La pression d'entrée avant régulateur correspond à la cote piézométrique du transfert en ce point. La pression de sortie est fixée à 1 bars.

Les tableaux de IV.11 à IV.16 donnent l'ensemble des calculs hydrauliques pour les trois forages et pour conduite neuve ($n=0.05$ mm) et conduite usée ($n=0.1$ mm).

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.17 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage chohada -station de refroidissement et déminéralisation (cas de régulateur aval)- conduite neuve (n=0.05 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	0	280.85	280.85	80.85	80.85	200	200	20	25
1	1	2	32.13	32.13	0.07837792	280.85	280.77	80.85	79.65	200	201.12	20	25
2	2	3	69.42	101.55	0.16934315	280.77	280.60	79.65	80.6	201.12	200.00	20	25
3	3	4	15.59	117.14	0.03803025	280.60	280.56	80.6	80.4	200.00	200.16	20	25
4	4	5	40.25	157.39	0.09818585	280.56	280.47	80.4	82.83	200.16	197.64	20	25
5	5	6	62.91	220.3	0.15346265	280.47	280.31	82.83	80.26	197.64	200.05	20	25
6	6	7	74.13	294.43	0.18083272	280.31	280.13	80.26	80.51	200.05	199.62	20	25
7	7	8	164.04	458.47	0.40015918	280.13	279.73	80.51	81.15	199.62	198.58	20	25
8	8	9	153.09	611.56	0.37344775	279.73	279.36	81.15	83.52	198.58	195.84	20	25
9	9	10	159.75	771.31	0.38969415	279.36	278.97	83.52	88.1	195.84	190.87	19	25
10	10	11	138.14	909.45	0.33697872	278.97	278.63	88.1	91.84	190.87	186.79	19	25
11	11	12	233.18	1142.63	0.56881929	278.63	278.06	91.84	98.05	186.79	180.01	18	25
12	12	13	263.05	1405.68	0.64168417	278.06	277.42	98.05	99.6	180.01	177.82	18	25
13	13	14	329.27	1734.95	0.80322124	277.42	276.62	99.6	100.17	177.82	176.45	18	25
14	14	15	34.06	1769.01	0.08308596	276.62	276.53	100.17	99.56	176.45	176.97	18	25
15	15	16	107.67	1876.68	0.2626502	276.53	276.27	99.56	97.7	176.97	178.57	18	25
16	16	17	262.58	2139.26	165.55	276.27	110.72	97.7	100.72	178.57	10.00	18	25

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.18 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage choudada -station de refroidissement et déminéralisation (cas de régulateur aval)- conduite usée (n=0.1 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	0	280.85	280.85	80.85	80.85	200	200	20	25
1	1	2	32.13	32.13	0.09009798	280.85	280.76	80.85	79.65	200	201.11	20	25
2	2	3	69.42	101.55	0.19466548	280.76	280.57	79.65	80.6	201.11	199.97	20	25
3	3	4	15.59	117.14	0.04371701	280.57	280.52	80.6	80.4	199.97	200.12	20	25
4	4	5	40.25	157.39	0.11286784	280.52	280.41	80.4	82.83	200.12	197.58	20	25
5	5	6	62.91	220.3	0.17641033	280.41	280.23	82.83	80.26	197.58	199.97	20	25
6	6	7	74.13	294.43	0.20787312	280.23	280.02	80.26	80.51	199.97	199.51	20	25
7	7	8	164.04	458.47	0.45999605	280.02	279.56	80.51	81.15	199.51	198.41	20	25
8	8	9	153.09	611.56	0.42929039	279.56	279.14	81.15	83.52	198.41	195.62	20	25
9	9	10	159.75	771.31	0.44796616	279.14	278.69	83.52	88.1	195.62	190.59	19	25
10	10	11	138.14	909.45	0.38736804	278.69	278.30	88.1	91.84	190.59	186.46	19	25
11	11	12	233.18	1142.63	0.65387636	278.30	277.65	91.84	98.05	186.46	179.60	18	25
12	12	13	263.05	1405.68	0.73763692	277.65	276.91	98.05	99.6	179.60	177.31	18	25
13	13	14	329.27	1734.95	0.92332906	276.91	275.98	99.6	100.17	177.31	175.81	18	25
14	14	15	34.06	1769.01	0.09551003	275.98	275.89	100.17	99.56	175.81	176.33	18	25
15	15	16	107.67	1876.68	0.30192498	275.89	275.59	99.56	97.7	176.33	177.89	18	25
16	16	17	262.58	2139.26	164.87	275.59	110.72	97.7	100.72	177.89	10.00	18	25

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Les figures de IV.14 et IV.15 donnent les profils piézométriques du transfert pour les deux rugosités de la canalisation de transfert.

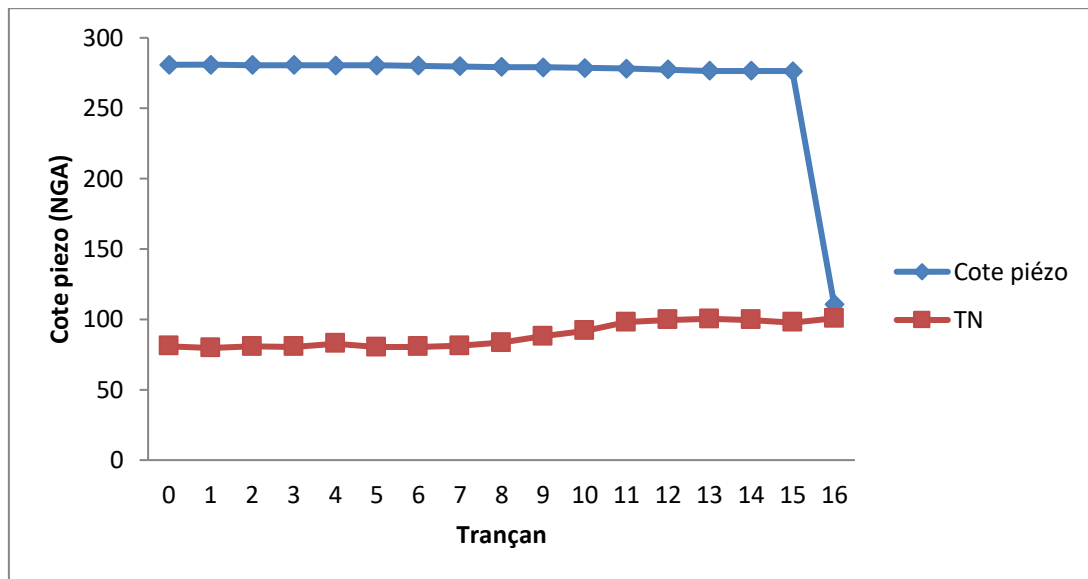


Figure IV.14: Profil piézométrique -conduite forage chauhada-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression aval -conduite neuve ($n=0.05$ mm).

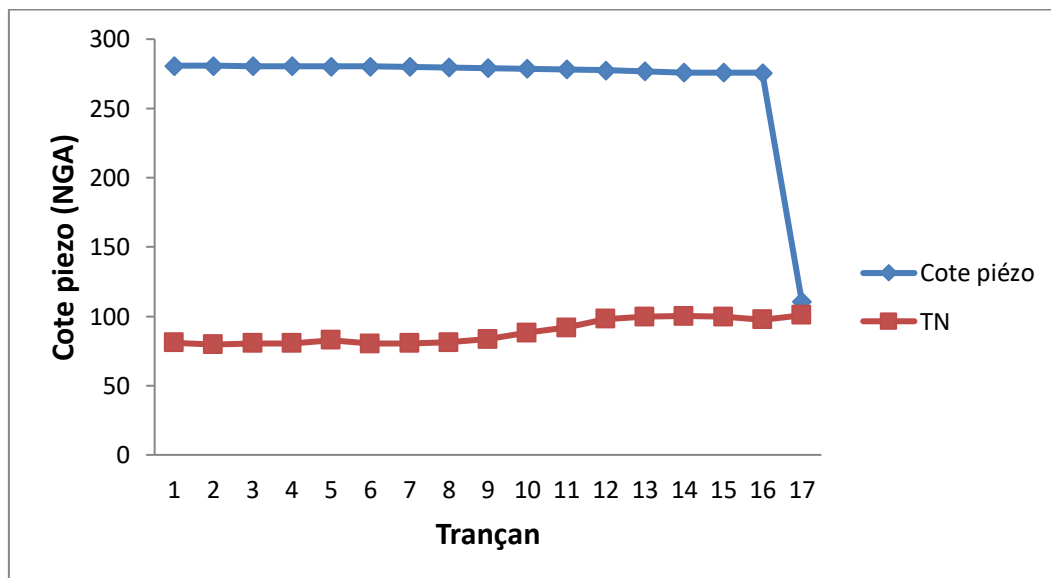


Figure IV.15: Profil piézométrique -conduite forage chauhada-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression aval -conduite usée ($n=0.1$ mm).

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau . IV.19: Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage Route touggort -station de refroidissement et déminéralisation (cas de régulateur aval)- conduite neuve (n=0.05 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	0	283.85	283.85	83.85	83.85	200	200	20	25
1	1	2	96.8	96.8	0.23613392	283.85	283.61	83.5	82.36	200	201.25	20	25
2	2	3	154.39	251.19	0.37661897	283.61	283.24	82.36	82.6	201.25	200.64	20	25
3	3	4	100.89	352.08	0.24611107	283.24	282.99	82.6	84.29	200.64	198.70	20	25
4	4	5	252.73	604.81	0.61650956	282.99	282.37	84.29	83.7	198.70	198.67	20	25
5	5	6	182.73	787.54	0.44575156	282.37	281.93	83.7	84.6	198.67	197.33	20	25
6	6	7	238.81	1026.35	0.58255311	281.93	281.35	84.6	86.4	197.33	194.95	20	25
7	7	8	184.63	1210.98	0.45038642	281.35	280.90	86.4	87.9	194.95	193.00	19	25
8	8	9	246.53	1457.51	0.60138528	280.90	280.29	87.9	84.94	193.00	195.35	19	25
9	9	10	215.04	1672.55	0.52456858	280.29	279.77	84.94	85.02	195.35	194.75	20	25
10	10	11	193.93	1866.48	0.47307284	279.77	279.30	85.02	82	194.75	197.30	20	25
11	11	12	221.03	2087.51	0.53918058	279.30	278.76	82	83.61	197.30	195.15	20	25
12	12	13	245.1	2332.61	0.59789694	278.76	278.16	83.61	81	195.15	197.16	20	25
13	13	14	210.03	2542.64	0.51234718	278.16	277.65	81	88.22	197.16	189.43	19	25
14	14	15	267.4	2810.04	0.65229556	277.65	277.00	88.22	90.78	189.43	186.22	19	25
15	15	16	462.62	3272.66	1.12851523	277.00	275.87	90.78	96	186.22	179.87	18	25
16	16	17	209.79	3482.45	0.51176173	275.87	275.35	96	95.65	179.87	179.70	18	25
17	17	18	259.91	3742.36	0.63402445	275.35	274.72	95.65	97.2	179.70	177.52	18	25
18	18	19	240.73	3983.09	164	274.72	110.72	97.2	100.72	177.52	10.00	18	25

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.20 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage Route touggort -station de refroidissement et déminéralisation (cas de régulateur aval)- conduite usée (n=0.1 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	0	283.5	283.5	83.5	83.5	200	200	20	25
1	1	2	96.8	96.8	0.27144366	283.5	283.23	83.5	82.36	200	200.87	20	25
2	2	3	154.39	251.19	0.43293581	283.23	282.80	82.36	82.6	200.87	200.20	20	25
3	3	4	100.89	352.08	0.28291271	282.80	282.51	82.6	84.29	200.20	198.22	20	25
4	4	5	252.73	604.81	0.70869788	282.51	281.80	84.29	83.7	198.22	198.10	20	25
5	5	6	182.73	787.54	0.51240598	281.80	281.29	83.7	84.6	198.10	196.69	20	25
6	6	7	238.81	1026.35	0.66966384	281.29	280.62	84.6	86.4	196.69	194.22	20	25
7	7	8	184.63	1210.98	0.51773391	280.62	280.10	86.4	87.9	194.22	192.20	19	25
8	8	9	246.53	1457.51	0.69131203	280.10	279.41	87.9	84.94	192.20	194.47	19	25
9	9	10	215.04	1672.55	0.60300872	279.41	278.81	84.94	85.02	194.47	193.79	19	25
10	10	11	193.93	1866.48	0.54381269	278.81	278.27	85.02	82	193.79	196.27	20	25
11	11	12	221.03	2087.51	0.6198057	278.27	277.65	82	83.61	196.27	194.04	20	25
12	12	13	245.1	2332.61	0.68730207	277.65	276.96	83.61	81	194.04	195.96	19	25
13	13	14	210.03	2542.64	0.58895983	276.96	276.37	81	88.22	195.96	188.15	19	25
14	14	15	267.4	2810.04	0.74983506	276.37	275.62	88.22	90.78	188.15	184.84	19	25
15	15	16	462.62	3272.66	1.29726513	275.62	274.32	90.78	96	184.84	178.32	18	25
16	16	17	209.79	3482.45	0.58828682	274.32	273.73	96	95.65	178.32	178.08	18	25
17	17	18	259.91	3742.36	0.72883182	273.73	273.01	95.65	97.2	178.08	175.81	18	25
18	18	19	240.73	3983.09	162.29	273.01	110.72	97.2	100.72	175.81	10.00	18	25

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Les figures de IV.16 et IV.17 donnent les profils piézométriques du transfert pour les deux rugosités de la canalisation de transfert.

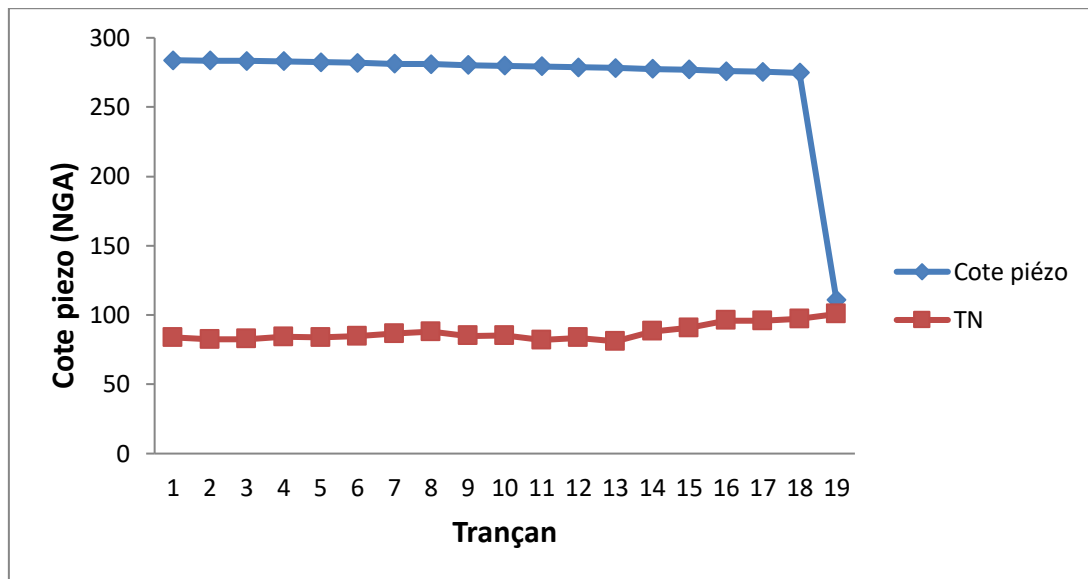


Figure IV.16: Profil piézométrique -conduite forage route touggort-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression aval -conduite neuve ($n=0.05$ mm).

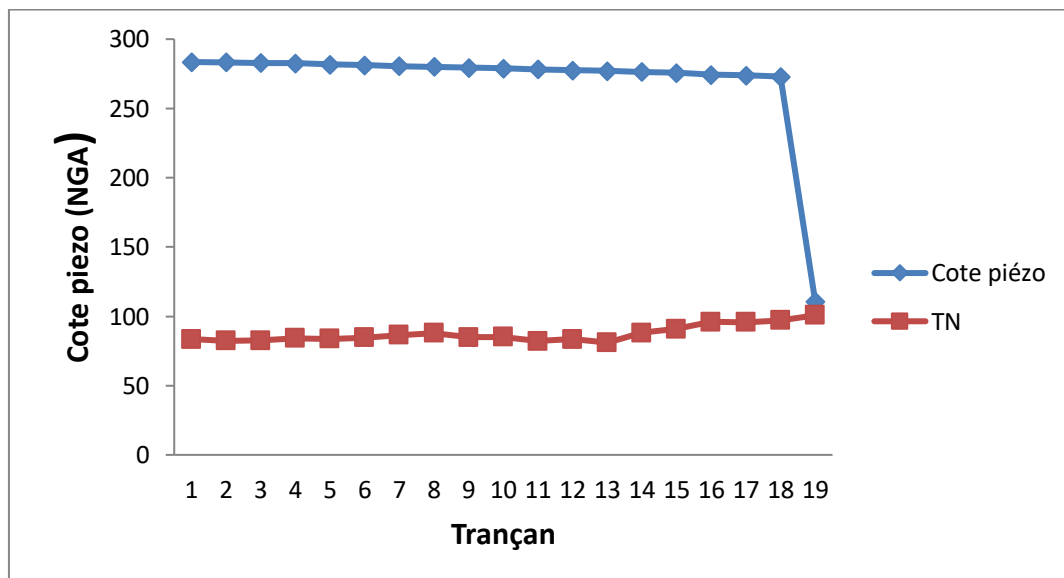


Figure IV.17: Profil piézométrique -conduite forage touggort-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression aval -conduite usée ($n=0.1$ mm).

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau. IV.21 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage 19 mars -station de refroidissement et déminéralisation (cas de régulateur aval)- conduite neuve (n=0.05 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	0	300.77	300.77	100.77	100.77	200	200	20.0	25
1	1	2	101.13	101.13	190.27	300.77	110.50	100.77	100.5	200	10.00	20.0	25

Tableau. IV.22 : Calculs hydrauliques de la conduite de transfert forage 19 mars -station de refroidissement et déminéralisation (cas de régulateur aval)- conduite usée (n=0.1 mm).

N° tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	JT (m)	Cote piézo (m NGA)		Cote TN (m NGA)		Charge résiduelle TN (m)		Pression Statique (Bar)	PN arrêtée (Bar)
						Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval		
0	0	1	0	0	0	300.77	300.77	100.77	100.77	200	200	20	25
1	1	2	101.13	101.13	190.27	300.77	110.50	100.77	100.5	200	10.00	20	25

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Les figures de IV.18 et IV.19 donnent les profils piézométriques du transfert pour les deux rugosités de la canalisation de transfert.

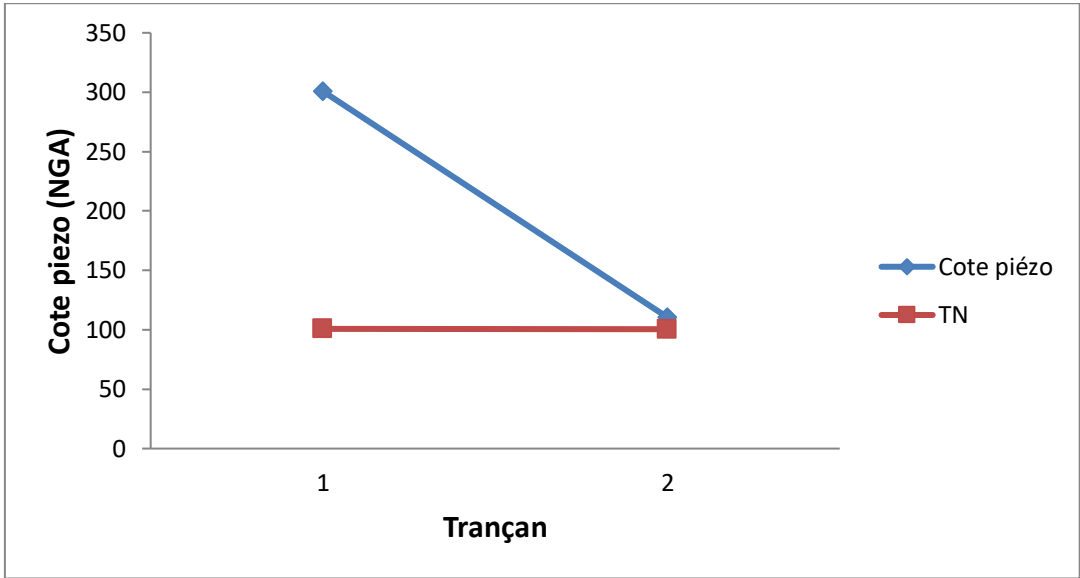


Figure IV.18: Profil piézométrique -conduite forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression aval -conduite neuve (n=0.05 mm).

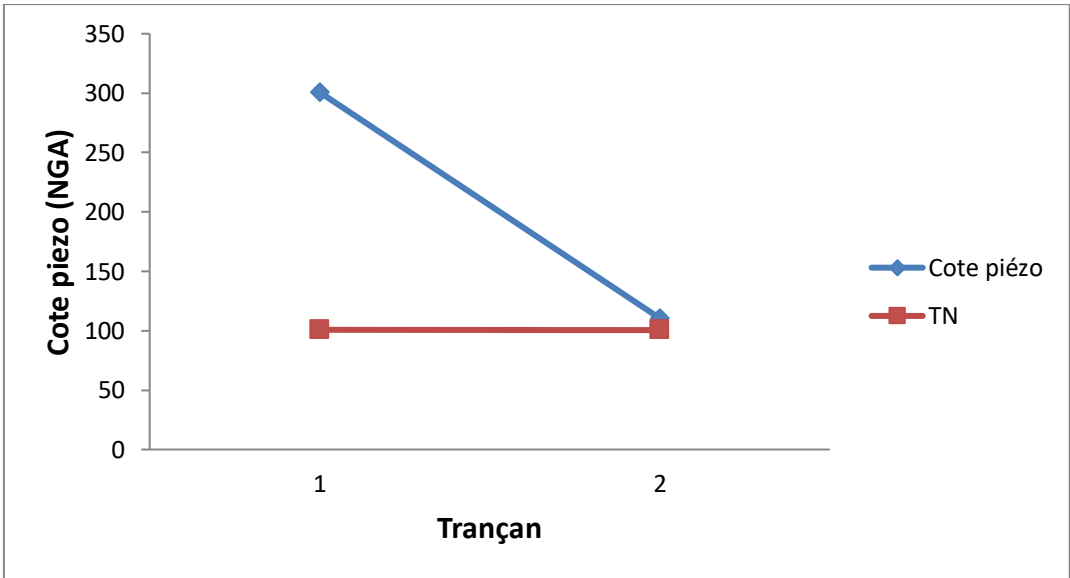


Figure IV.19: Profil piézométrique -conduite forage 19 mars-station de refroidissement et déminéralisation- cas de régulateur de pression aval -conduite usée (n=0.1 mm).

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

IV.2.4. Analyse des profils piézométrique en fonction de l'emplacement des réducteurs de pression

Pour analyser l'influence de l'emplacement du réducteur de pression sur les pressions nominales de la canalisation de transfert les tableaux IV.23 à IV.25 donnent les pressions nominales pour chaque transfert en fonction des longueurs des tronçons.

Tableau IV.23: Longueurs des tronçons combinées aux pressions nominales de la canalisation de transfert forage chouhada- station de déminéralisation et refroidissement.

	Longueur PN25 (m)	Longueur PN16 (m)	Longueur PN10 (m)
Régulateur amont (conduite neuve)	0	0	2 139.26
Régulateur aval (conduite neuve)	2 139.26	0	0
Régulateur amont (conduite usée)	0	0	2 139.26
Régulateur aval (conduite usée)	2 139.26	0	0

Tableau IV.24: Longueurs des tronçons combinées aux pressions nominales de la canalisation de transfert forage route touggort- station de déminéralisation et refroidissement.

	Longueur PN25 (m)	Longueur PN16 (m)	Longueur PN10 (m)
Régulateur amont (conduite neuve)	0	0	3 983.09
Régulateur aval (conduite neuve)	3 983.09	0	0
Régulateur amont (conduite usée)	0	0	3 983.09
Régulateur aval (conduite usée)	3 983.09	0	0

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau IV.25: Longueurs des tronçons combinées aux pressions nominales de la canalisation de transfert forage 19 mars- station de déminéralisation et refroidissement.

	Longueur PN25 (m)	Longueur PN16 (m)	Longueur PN10 (m)
Régulateur amont (conduite neuve)	0	0	101.13
Régulateur aval (conduite neuve)	101.13	0	0
Régulateur amont (conduite usée)	0	0	101.13
Régulateur aval (conduite usée)	101.13	0	0

VIII. ETUDE ECONOMIQUE COMPARATIVE

Cette partie du travail est consacrée à une analyse économique entre les variantes de transfert proposées et ayant fait l'objet de conception et de dimensionnement hydraulique.

VIII.1. Evaluation des prix de revient

En fonction des pressions nominales calculées pour les différentes variantes, on se propose d'estimer les postes s'intégrant dans le prix de revient du mètre linéaire des canalisations de transfert.

Les paramètres rentrant dans le calcul des frais de fourniture et pose des canalisations sont détaillés dans ce qui suit:

- ✓ Transport: le moyen de transport (camion 12 m / 2.5 m) peut transporter 11 canalisations de diamètre 400 mm, soit un linéaire de 132 m,
- ✓ Manutention et pose en tranchée: cette tâche offre une cadence de pose de 48 m/j et le tarif journalier s'élève à 36 000 DA,
- ✓ Main d'œuvre: 4 ouvrier pour une rémunération de 2000 DA,
- ✓ Prix d'achat: Prix de fournisseur et/ou fabricant,
- ✓ Prix de pose: somme de prix par mètre linéaire (transport, manutention, pose en tranchée et main œuvre),
- ✓ Prix global: prix de fourniture sur site + prix de pose.

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Les tableaux IV.26, IV.27 et IV.28 ainsi que les figures IV.20, IV.21 et IV.22 détaillent l'ensemble des frais pour les postes de fourniture et de pose des canalisations de différentes pressions nominales.

Tableau IV.26 Calcul de prix global (fonte ductile (PN25) D= 400 mm).

	Rendement individuel	Rendement global (DA)	Prix par mètre linéaire (DA)	Prix d'achat (DA)
Transport	132 m	30 000	227,27	23 438
Manutention et pose en tranchée	48 m/j	36 000	750	
Main d'œuvre	2 000 DA/ ouvrier	8 000	166,67	
Prix de pose (DA)	1 143.94			
Prix global (DA)	24 581.94			

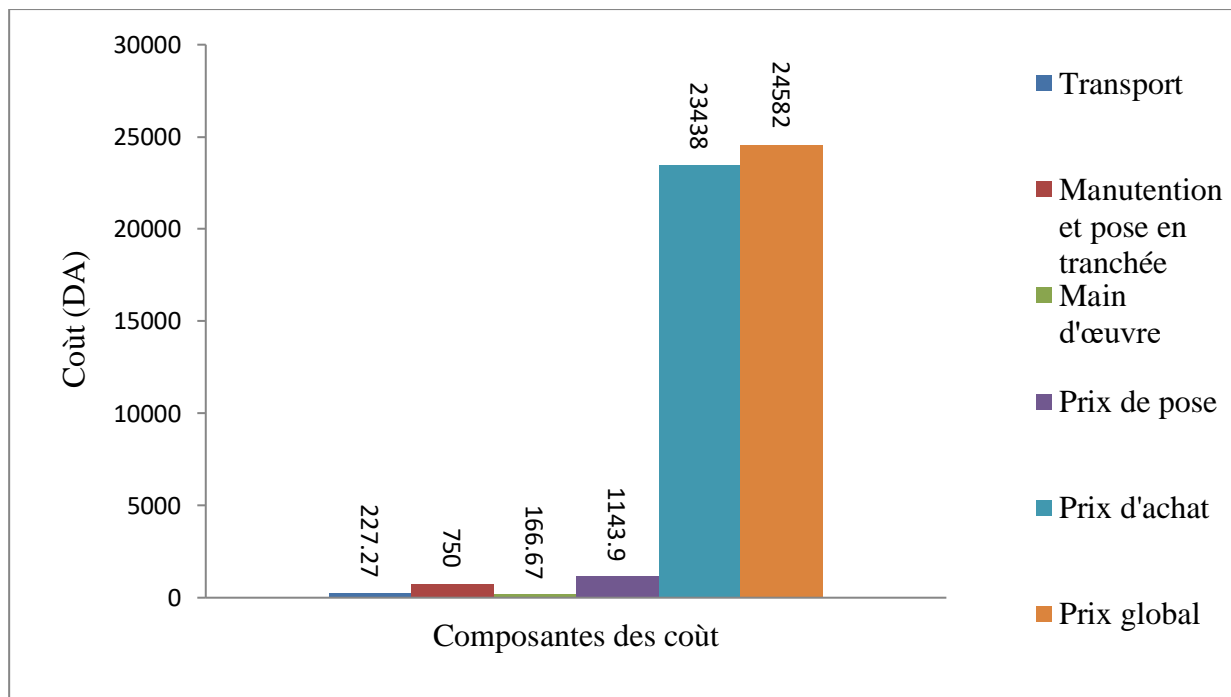


Figure IV.20: Composantes des coûts pour la conduite D=400 mm, PN=25.

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau IV.27: Calcul de prix global (fonte ductile (PN16) D= 400 mm).

	Rendement individuel	Rendement global (DA)	Prix par mètre linéaire (DA)	Prix d'achat (DA)
Transport	132 m	30 000	227,27	15 000
Manutention et pose en tranchée	48 m/j	36 000	750	
Main d'œuvre	2 000 DA/ ouvrier	8 000	166,67	
Prix de pose (DA)	1 143.94			
Prix global (DA)	16 143.94			

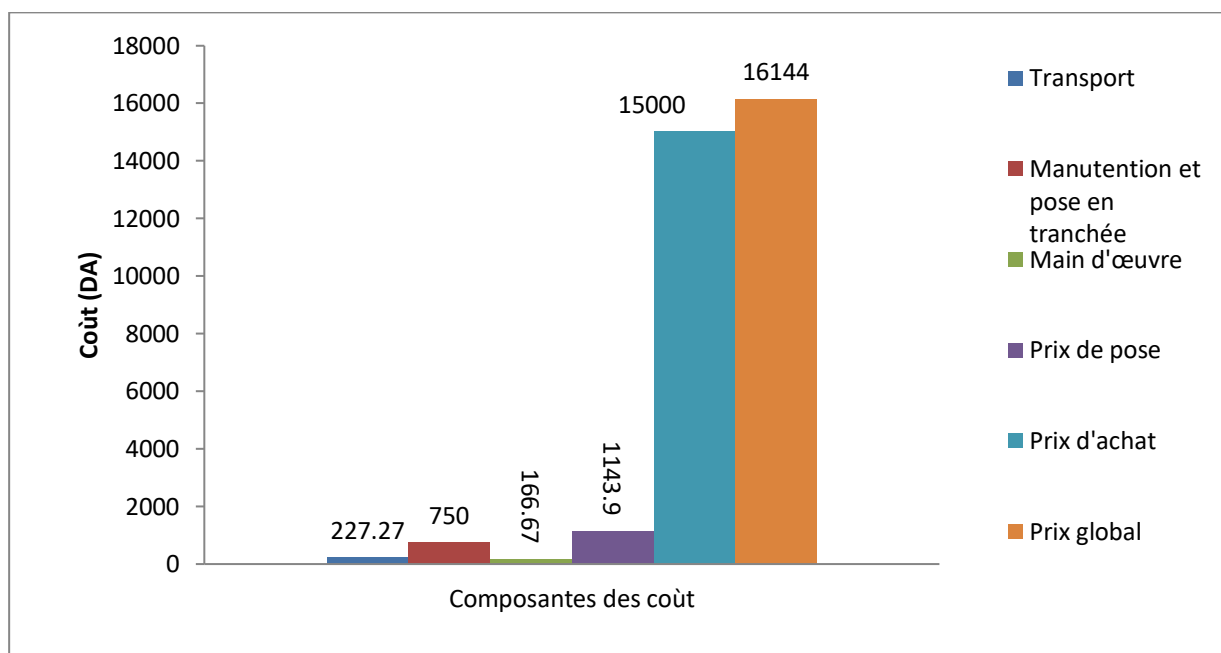


Figure IV.21: Composants des coûts pour la conduite D=400 mm, PN=16.

Tableau IV.28: Calcul de prix global (fonte ductile (PN10) D= 400 mm).

	Rendement individuel	Rendement global (DA)	Prix par mètre linéaire (DA)	Prix d'achat (DA)
Transport	132 m	30 000	227,27	9 375
Manutention et pose en tranchée	48 m/j	36 000	750	
Main d'œuvre	2 000 DA/ ouvrier	8 000	166,67	
Prix de pose (DA)	1 143.94			
Prix global (DA)	10 518.94			

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

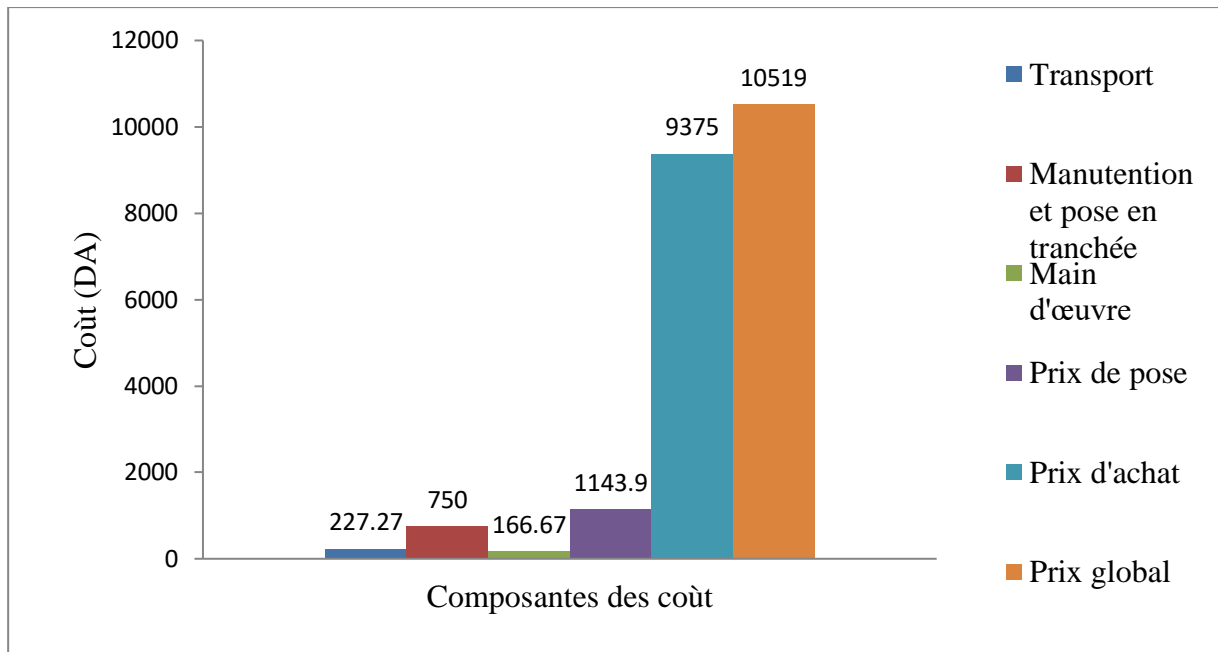


Figure IV.22: Composants des coût pour la conduite D=400 mm, PN=10.

VIII.2. Calcul économique

VIII.2.1. Variante turbinage des eaux

Les tableaux IV.29, IV.30 et IV.31 résument les calculs économiques de chaque transfert en fonction des longueurs combinées aux pressions nominales - variante turbinage des eaux.

Tableau IV.29: Calcul de coût de transfert forage chouhada- station de déminéralisation et refroidissement - variante turbinage des eaux.

PN	Prix unitaire (DA)	Longueur conduite (m)	Prix conduite (DA)
PN 25	24 581.94	2 139.26	52 587 161
PN 16	16 143.94	0	0
PN 10	10 518.94	0	0
TOTAL			52 587 161

Tableau IV.30: Calcul de coût de transfert forage route touggort- station de déminéralisation et refroidissement - variante turbinage des eaux.

PN	Prix unitaire (DA)	Longueur conduite (m)	Prix conduite (DA)
PN 25	24 581.94	3 983.09	97 912 079
PN 16	16 143.94	0	0
PN 10	10 518.94	0	0
			97 912 079

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau IV.31: Calcul de coût de transfert forage 19 mars- station de déminéralisation et refroidissement - variante turbinage des eaux.

PN	Prix unitaire (DA)	Longueur conduite (m)	Prix conduite (DA)
PN 25	24 581.94	101.13	2 485 971.59
PN 16	16 143.94	0	0
PN 10	10 518.94	0	0
TOTAL			2 485 971.59

Les tableaux IV.32 et IV.32 illustrent les rendements électriques et financiers de la variante turbinage des eaux pour les transferts d'eau de chaque forage.

Tableau IV.32 : Calcul des rendement électriques du turbinage.

	Conduite neuve	Conduite usée	Conduite neuve	Conduite usée
Forages	Puissances de turbines (Kwh)		Prix horaire (DA)	
Route touggort	204.138	202.0193	1 428.966	1 414.1351
Chouhada	205.904	204.985	1 441.328	1 434.900
19 mars	234.2628	233.07	1 639.8396	1 631.49
TOTAL			4 510.1336	4 480.5257

Tableau IV.33 : Calcul des financier de turbinage.

	Conduite neuve	Conduite usée
Durée	Prix (DA)	
Par journée	108 243.206	107 532.617
Par année	39 508 770.3	39 249 405.1

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

VIII.2.2.Variante régulation amont de la pression

Les tableaux IV.34, IV.35 et IV.36 résument les calculs économiques de chaque transfert en fonction des la longueurs combinées aux pressions nominales dans le cas de régulation amont de la pression.

Tableau IV.34: Calcul de coût de transfert forage chouhada- station de déminéralisation et refroidissement - variante régulation amont de la pression.

PN	Prix unitaire (DA)	Longueur conduite (m)	Prix conduite (DA)
PN 25	24 581.94	0	0
PN 16	16 143.94	0	0
PN 10	10 518.94	2 139.26	22 502 747.6
TOTAL			22 502 747.6

Tableau IV.35: Calcul de coût de transfert forage route touggort- station de déminéralisation et refroidissement - variante régulation amont de la pression.

PN	Prix unitaire (DA)	Longueur conduite (m)	Prix conduite (DA)
PN 25	24 581.94	0	0
PN 16	16 143.94	0	0
PN 10	10 518.94	3 983.09	41 897 885
TOTAL			41 897 885

Tableau IV.36: Calcul de coût de transfert forage 19 mars- station de déminéralisation et refroidissement - variante régulation amont de la pression.

PN	Prix unitaire (Da)	Longueur conduite (m)	Prix conduite (Da)
PN 25	24 581.94	0	0
PN 16	16 143.94	0	0
PN 10	10 518.94	101.13	10 63 780.4
TOTAL			10 63 780.4

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

VIII.2.3.Variante régulation aval de la pression

Les tableaux IV.37, IV.38 et IV.39 résument les calculs économiques de chaque transfert en fonction des la longueurs combinées aux pressions nominales dans le cas de régulation aval de la pression.

Tableau IV.37: Calcul de coût de transfert forage chouhada- station de déminéralisation et refroidissement - variante régulation aval de la pression.

PN	Prix unitaire (Da)	Longueur conduite (m)	Prix conduite (Da)
PN 25	24 581.94	2 139.26	52 587 161
PN 16	16 143.94	0	0
PN 10	10 518.94	0	0
TOTAL			52 587 161

Tableau IV.38: Calcul de coût de transfert forage touggort- station de déminéralisation et refroidissement - variante régulation aval de la pression.

PN	Prix unitaire (DA)	Longueur conduite (m)	Prix conduite (DA)
PN 25	24 581.94	3 983.09	97 912 079
PN 16	16 143.94	0	0
PN 10	10 518.94	0	0
TOTAL			97 912 079

Tableau IV.39: Calcul de coût de transfert forage 19 mars- station de déminéralisation et refroidissement - variante régulation aval de la pression.

PN	Prix unitaire (DA)	Longueur conduite (m)	Prix conduite (DA)
PN 25	24 581.94	101.13	2 485 971.59
PN 16	16 143.94	0	0
PN 10	10 518.94	0	0
TOTAL			2 485 971.59

VIII.2.4. Analyse comparative des variantes

Le tableau IV.40 résume une comparaison économique entre les variantes proposées sur le plan des investissements à allouer pour chaque variante.

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

Tableau IV.40: Comparaison économique entre les variantes.

Variantes de transfert	Pression nominal (Bar)			Prix unitaire TTC (DA)			Longueurs des conduites (m)			Montant total (million DA)
	25	16	10							
Turbinage des eaux	25	16	10	29 252.50	19 211.29	12 517.54	6 223.48	0	0	152.98
Régulation amont de la pression	25	16	10	29 252.50	19 211.29	12 517.54	0	0	5 435.94	65.464
Régulation aval de la pression	25	16	10	29 252.50	19 211.29	12 517.54	0	0	0	152.98

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

La figure IV.23 donne une comparaison des coûts d'investissement des différentes variantes.

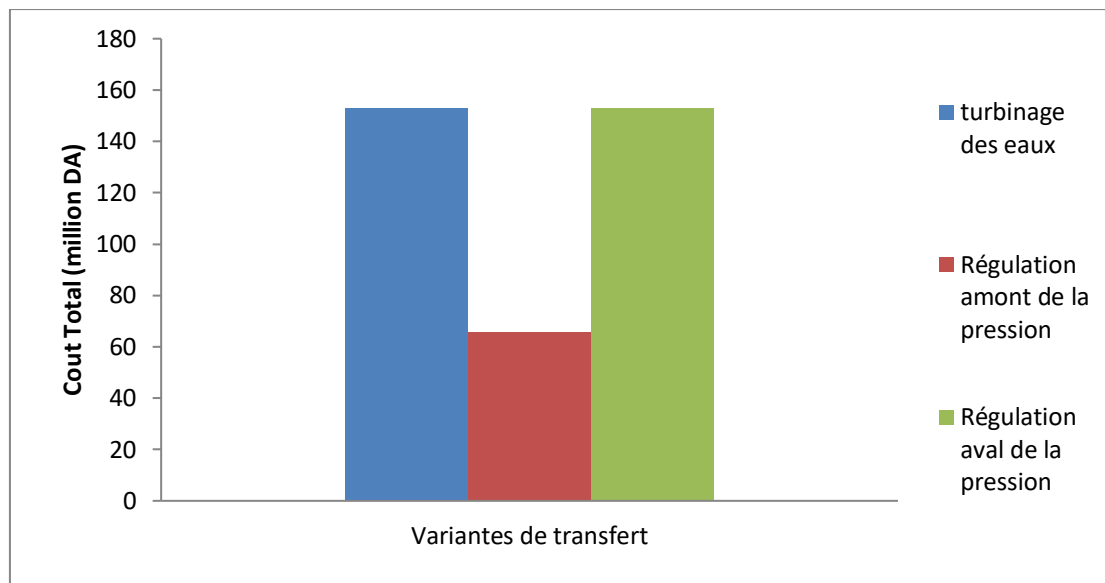


Figure IV.23: Comparaison des coûts d'investissement des différentes variantes.

D'après l'analyse économique des coûts d'investissement, il ressort ce qui suit:

- ✓ La variante régulations amont de la pression est plus compétitive financièrement que celle relative à la régulation aval.
- ✓ La variante turbinage des eaux est onéreuse en terme des coûts directes mais permet une valeur ajoutée financière de 39 Millions de dinars par an.

IX. CONCLUSION

A la suite de l'élaboration du bilan ressources/besoins et donc la faisabilité des transferts des trois forages, ce chapitre a été consacré aux calculs et au dimensionnement hydraulique des transferts en fonction des débits à transférer, de la température des eaux et de leur chimie pour permettre le choix définitif du type de canalisation de transfert.

Les différents calculs hydrauliques élaborés ont permis de dresser les profils piézométriques pour les trois transferts des différents forages et pour trois variantes : Turbinage des eaux en vue de l'utilisation de l'énergie des forages pour l'autonomie électrique de la station de refroidissement et de déminéralisation, transfert avec réducteur amont et transfert avec réducteur aval. Il est à signaler que la projection de réducteurs de pression a été conditionnée par la pression d'entrée exigée à la station de refroidissement et de déminéralisation.

L'analyse des profils piézométriques élaborée en fonction de l'emplacement des réducteurs de pression a permis de synthétiser le couple pressions nominales/longueurs des canalisations. Cet aspect a été utilisé pour une analyse économique comparative entre les variantes de

CHAPITRE IV: CALCUL HYDRAULIQUE ET ECONOMIQUE

transfert étudiées en fonction particulièrement des pressions nominales enregistrées sur les profils piézométriques et de leurs longueurs respectives.

Conclusion générale

Conclusion générale

La population de la ville d'el Oued sera de 174 529 habitants en 2017 et atteindra 338 346 en 2040.

Les besoins en eau des différents secteurs à cet horizon seront de 82 000 m³/j environ, alors que le besoin en capacités de stockage pour cette même échéance sera de 64 000 m³.

Les productions d'eau potable actuelles avoisinent les 25 000 m³/j et sont dans leur quasi-totalité issues de ressources souterraines. En terme de capacités de stockage, la ville dispose actuellement d'une capacité globale de 14 000 m³. ces chiffres constituent des indicateurs quant aux déficits enregistrés tant sur le plan des productions que sur le plan des capacités des réservoirs de stockage.

L'exploitation des trois forages Chouhada, Touggort et 19 mars permettra d'offrir un appoint considérable à la ville en matière d'eau potable pour un débit total de 445 l/s. Des transferts d'eau depuis les forages vers la ville est indispensable.

Toutefois, et tenant compte de la qualité des eaux de forages et leur température (60° environ), le passage par une station de refroidissement et de déminéralisation est impératif.

Aussi, les sols traversés par les conduites de transfert sont agressifs. Cette contrainte exige l'adoption de conduites en fonte ductile. Ce choix est également motivé par les fortes pressions et températures des eaux. En plus, la canalisation de transfert sera revêtue intérieurement pour tenir compte de l'agressivité des eaux transférées.

Tenant compte des pressions importantes au niveau des têtes des forages, certains paramètres de conception ont été considérés en l'occurrence:

- ✓ Utiliser l'énergie de l'eau en tête des forages pour turbiner les eaux et utiliser l'énergie produite pour une autonomie énergétique de la station de refroidissement et déminéralisation,
- ✓ Réguler les pressions par la projection d'un réducteur de pression en tête de forages afin d'agir sur les pressions nominales des canalisations de transfert pour limiter la pression d'entrée à la station de refroidissement et déminéralisation au maximum à 1 bar.
- ✓ Réguler les pressions à l'entrée de la station pour des exigences liées à son fonctionnement.

Conclusion générale

L'ensemble des calculs et dimensionnement hydrauliques élaborés ont permis de dresser les profils piézométriques des transferts avec déduction des diverses pressions nominales conjuguées aux longueurs des tronçons correspondant.

Ces paramètres ont été utilisées pour une analyse comparative économique entre les variantes suscitées en tenant compte des tranches de pressions combinées aux longueurs des canalisations.

La variante turbinage des eaux, bien qu'en matière de coûts directes, n'est pas la plus compétitive financièrement offre d'énormes avantages en exploitation des systèmes de transferts en vue de la puissance générées par les turbines et les gains financiers d'énergie électrique. Il reste clair que l'analyse économique devait intégrer les frais d'installation de la station de turbinage mais les gains de coût en énergie électrique compenseront largement les frais de cet investissement.

Finalement, il est important de souligner que le travail élaboré dans le cadre de ce mémoire été d'un intérêt capital pour un complément de formation sur l'aspect pratique lié au dimensionnement des transferts d'eau.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

ABDI, 2011, Etude du transfert du barrage de boussiaba vers le barrage de beni haroun, mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique, ENSH.

BENSAADA, 2014, Alimentation en eau potable des centres de ouled mimon, sidi abdelli et sidi senouci à partir du brise charge BC3 conduite béni bahdel- oran.

BENDOYEM, 2015, Contribution à l'étude de l'hyperfluoruration des eaux souterraines de région d'EL Oued et ses conséquences sur la santé humaine, mémoire master en hydraulique, université d'EL Oued.

BONNA BETON, 2016, Le tuyau en béton a âme en tôle d'acier.

BONNA BETON, 2016, Le tuyau en béton précontraint a âme en tôle d'acier.

BONNA BETON, 2016, Le tuyau frette béton.

BONNIN, 1982, Aide-mémoire d'hydraulique urbaine, collection de la direction des études et recherches d'électricité de France.

Cahier des prescriptions techniques Tubes PEHD en AEP, 2010, Fourniture de tubes en PEHD.

CHIALI, 2016, Documentations de projet de transfert d'EL Oued.

C.P.T.P, 2016, Etude et réalisation d'une station de déminéralisation d'eau à EL Oued.

DIRECTIVE TECHNIQUE, 2013, Spécifications techniques sur les canalisations AEP.

DUPONT A, 1971, Hydraulique urbaine tome1 ,hydrologie, captage et traitement des eaux, édition, eyrolles.

DUPONT, 1979, Hydraulique urbaine, Tome 2: ouvrage de transport - Elévation et distribution des eaux, Edition Eyrolles, p 477.

HOBAS, 2016, Documentation technique système pression.

INTERPLAT, 2016, Travaux public.

MIMOUN, 2014, Problème de vulnérabilité des eaux souterraines de la région d'EL Oued, , mémoire master en hydraulique, université d'EL Oued.

MOUSSA, 2002, Alimentation en eau potable, mémoire d'ingénieur, école nationale d'ingénieur de Tunis.

NF, 2016, Adduction d'eau potable.

OURAGH, 1990, Ecoulement forcés en hydraulique (1 er partie), Collection de cours d'hydraulique, office des publication universitaires.

ROUISSAT, 2015, Cours master 1 hydraulique, option hydro-informatique, chapitre 3: nature des canalisations sous pression et à écoulement gravitaire.

SAHOULI, 2004, Etude du transfert des eaux souterraines du chott el gharbi vers le GUT, Mémoire d'ingénieur d'état, université de Tlemcen.

SAPHIR, 2016, Conduites et accessoires en PRV.

SAINT-GOBAIN, 2016, Tuyaux pour l'adduction d'eau potable.

SOGREAH, 2010, détermination du couts des opérations de transfert d'eau, étude technico-économique, mémoire restititif.

SOTICI, 2015, Documentation technique des tubes PVC pression.

TAHRAOUI, 2014, Potabilité et aptitude à l'irrigation des eaux des nappes profondes cas du CT et CI de la vallée d'EL Oued, mémoire master en hydraulique, université d'EL Oued.

VALIRON, 1989, Gestion des eaux, alimentation en eau, assainissement, 2 éme édition)

WILO, 2006, principes fondamentaux de la technologie des pompes.