



Faculté de Technologie  
Département d'**Hydraulique**  
*Laboratoire de recherche en Hydraulique appliquée et Environnement (LRHAE)*

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

**Mr : AHFIR AADEL**

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

Option : Hydraulique Urbaine

### INTITULE :

## **ETUDE DE RENFORCEMENT EN AEP DE LA COMMUNE DE BENI-MAOUCHE A PARTIR DU SYSTEME D'ADDUCTION DU COULOIR TICHI-HAF – BEJAIA**

Soutenu le **02 /07 /2017** devant le jury composé de :

- Président : Mr. BELHOCINE, M.
- Promoteur (s) : Mr. BERREKSI, A.  
Mr. BEDJOU, A/H.
- Examineur (s) : Mr. HAMCHAOU, S.

## Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

### Chapitre I : Présentation de site

I-1- Introduction .....	3
I-2- Situation géographique.....	3
I-3- Situation topographique .....	3
I-4- Situation climatique.....	4
I-4-1- Climat .....	4
I-4-2- Température .....	4
I-4-3- Les vents.....	4
I-4-4- Pluviométrie .....	4
I-5- Situation démographique.....	4
I-6- Réseau hydrographique .....	5
I-7- Ressources en eau.....	5
I-8- Ouvrages et réseaux .....	6
I-8- 1- Les captages de sources.....	6
I-8- 2- Les eaux souterraines .....	6
I-8- 3- Les ouvrages de stockage existants .....	7
I-8- 4- Adduction .....	7
I-8-5- Distribution.....	8
I-9- Conclusion.....	8

### Chapitre II : Estimation des besoins en eau

II-1- Introduction.....	9
II-2- Situation démographique .....	9
II-3- Choix du taux d'accroissement.....	9
II-4- Estimation de la population .....	9
II-5- Norme de consommation .....	11
II-6- Equipements existants.....	11
II-7- Calcul des besoins.....	12
II-7-1- Besoins domestiques .....	12
II-7-2- Besoins des équipements .....	12
II-7-3- Besoins cheptels.....	13
II-7-4- Autres besoins .....	13

II-7-5- Estimation des débits des équipements pour l'horizon 2042 .....	13
II-9- Calcul du débit maximum journalier ( $Q_{maxj}$ ) .....	15
II-11- Bilan ressources-besoins .....	15
II-13- Conclusion : .....	16

### **Chapitre III : Les réservoirs**

III-1- Introduction .....	17
III-2- Définition.....	17
III-3- Classification des réservoirs .....	17
III-4- Fontainerie d'équipement des réservoirs .....	17
III-5- Emplacement des réservoirs .....	19
III-6- Alimentation des réservoirs .....	19
III-6-1- Réservoirs alimentés gravitairement .....	19
III-6-2- Réservoirs alimentés par refoulement .....	19
III-7- Capacité des réservoirs .....	20
III-7-1- Méthode analytique .....	20
<i>III-7-1-1- Détermination du résidu maximum dans les réservoirs</i> .....	20
III-7-2- Méthode graphique .....	20
<i>III-7-2-1- Calcul des capacités de stockage de la chaîne d'adduction</i> .....	21
III-8- Détermination des capacités des réservoirs :.....	21
III-9- Vérification de la capacité du réservoir existant Tighrmine (1500m <sup>3</sup> ): .....	21
III-10- Vérification de la capacité du réservoir MIALA (500 m <sup>3</sup> ):.....	22
III-11- Dimensionnement des stations de reprises .....	24
III-11-1- Station de reprise Ath Djaad SR1 .....	24
III-11-2- Station de reprise Ath Tizeght SR2 .....	24
III-11-3- Calcul de la capacité de réservoir Ath Djaad .....	25
III-12- Conclusion .....	26

### **Chapitre IV : Adduction**

IV-1-Introduction .....	27
IV-2- Choix du tracé .....	27
IV-3- Choix des types de conduites .....	27
IV-4- Etude technico-économique .....	28
IV-4-1 Pré dimensionnement de la conduite d'adduction : .....	28

IV-4-1-1 Diamètre économique de la conduite d'adduction par refoulement : .....	28
IV-4-1-2 Diamètre économique de la conduite d'adduction gravitaire : .....	29
IV-4-1-3- Perte de charge .....	29
IV-4-1-4- Calcul de la hauteur manométrique totale ( HMT) .....	31
IV-4-1-5-Puissance absorbée par la pompe : .....	31
IV-4-1-6- Energie consommée par la pompe .....	31
IV-4-1-7- Prix d'énergie (Frais d'exploitation).....	32
IV-4-1-8- Amortissement : .....	32
IV-4-1-9- Calcul du bilan.....	32
IV-5- Calcul des diamètres économiques.....	32
IV-5-1- Adduction par refoulement.....	32
IV-5-1- 1- 1 <sup>er</sup> Tronçon refoulement .....	32
IV-5-1- 1- 2 <sup>eme</sup> tronçon refoulement.....	33
IV-5-2- Adduction gravitaire.....	35
IV-5-2-1- Adduction gravitaire RéservoirTighremt – Réservoir Ath Djaad (SR).....	35
IV-6- Equipement en ligne.....	40
IV-6-1- Les ventouses .....	40
IV-6-2- Les vannes .....	40
IV-6-2-1- Robinet vanne.....	40
IV-6-2-2 Robinet papillon .....	40
IV-6-3- Les ouvrages spéciaux.....	40
IV-6-4- Les joints des conduites en frites béton.....	40
IV-7 Conclusion : .....	41

## **Chapitre V : Pompes**

V-1- Introduction.....	42
V-1-1- Eléments constitutifs d'une station de pompage .....	42
Chaque station de pompage est généralement constituée des éléments suivants :.....	42
V-2- Classification des pompes.....	42
V-2-1- Les pompes volumétriques .....	42
V-2-2- Les turbopompes.....	43
V-3- Constitution d'une pompe centrifuge .....	44
V-3-1- Diffuseur et volute .....	44
V-3-2- La roue .....	44

V-3-3- Vis de remplissage .....	45
V-3-4- Presse-étoupe .....	45
V-3-5- Flasques .....	45
V-3-6- Le palier .....	45
V-3-7- L'arbre .....	45
V-4- Choix d'une pompe.....	46
V-4-1- Les courbes caractéristiques d'une pompe .....	46
V-4-2- Puissance absorbée .....	47
V-4-3- Hauteur manométrique totale ( $H_{mt}$ ) .....	47
V-4-3-1- La hauteur géométrique de refoulement ( $H_r$ ) .....	47
V-4-3-2- La hauteur géométrique d'aspiration ( $H_a$ ) .....	48
V-4-3-3- Les pertes de charges totales (d'aspiration et de refoulement) .....	48
V-5- Le point de fonctionnement de la pompe .....	48
V-5-1- Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré .....	48
V-5-1-1- Caractéristique de la conduite .....	48
V-6- Couplage des pompes .....	51
V-6-1- Couplage en parallèle .....	51
V-6-2- Couplage en série.....	51
V-7- Etude de la cavitation.....	52
V-8- Choix du type des pompes pour différentes stations .....	54
V-8-1- Les pompes installées sur la station de reprise (SR1).....	54
V-8-1-1- Caractéristiques de la conduite.....	54
V-8-1-2- Caractéristiques de la pompe : .....	54
V-8-1-3- Données techniques et Caractéristiques du groupe électro-pompe.....	54
V-8-1-4- Etude de la cavitation.....	55
V-8-2- Les pompes installées sur la station de reprise (SR2).....	55
V-8-2-1- Caractéristiques de la conduite.....	55
V-8-2-2- Caractéristiques de la pompe.....	56
V-8-2-3-Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe .....	56
V-8-2-4- Etude de la cavitation.....	57
V-9- Equipements des stations de pompage .....	57
V-9-1- Les équipements d'aspiration .....	57
V-9-1-1- Crépine .....	57
V-9-1-2- Clapet anti-retour.....	58

V-9-1-3- Vanne.....	58
V-9-2- Les équipements de refoulement .....	58
V-9-2-1-Joint de raccordement .....	58
V-9-2-2- Clapet de refoulement .....	58
V-9-2-3- Vanne de refoulement.....	58
V-10- Conclusion .....	58

## **Chapitre VI : Protections des conduites**

VI-1- Définition.....	59
VI-2- Causes du phénomène .....	59
VI-3- Description du phénomène.....	59
VI-4- Conséquences du phénomène.....	61
VI-5- Valeur numérique du coup de bélier .....	61
VI-5-1- Célérité de l'onde élastique .....	61
Avec :.....	61
VI-5-2- Cas de fermeture brusque .....	62
VI-5-3- Cas de fermeture lente .....	62
VI-6- Dispositifs « anti-bélier » .....	62
VI-6-1- Loi d'ouverture ou de fermeture des vannes .....	62
VI-6-2- Volants d'inertie .....	63
VI-6-3- Cheminée d'équilibre .....	63
VI-6-4- Soupapes de décharge .....	63
VI-6-5- Ventouses (reniflards) .....	64
VI-6-6- Réservoir à air comprimé .....	64
VI-6-6-1- Avantages du réservoir d'air .....	65
VI-6-6-2- Inconvénients du réservoir d'air.....	65
VI-7- Calcul du coup de bélier :.....	65
VI-8- Conclusion.....	66

## **Chapitre VII : Organisation des travaux et estimation du projet**

VII-1- Définition .....	67
VII-1-1- Organisation du chantier .....	67
VII-1-2- Le planning prévisionnel des travaux .....	67

VII-1-2-1- <i>Elaboration du planning des travaux</i> .....	67
VII-2- Etendue des travaux du projet renforcement de l'AEP de Beni-Maouche .....	68
VII-2-1- Terrassement .....	69
VII-2-1-1- <i>Problème du foisonnement</i> .....	69
VII-2-1-2- <i>Pente des talus</i> .....	70
VII-2-2- 1- <i>Canalisations Fonte</i> .....	71
VII-2-2- 2- <i>Canalisation en PEHD</i> .....	71
VII-2-2-3- <i>Exécution et aménagement de la tranchée</i> .....	71
VII-2-3- Ouvrages de Génie civil .....	76
VII-3- Estimation des travaux .....	77
VII-3-1- Devis quantitatif et estimatif .....	77
VII-3-1-1- <i>Détermination des volumes de terrassement</i> .....	77
VII-4- Estimation du projet .....	78
VII-5- Conclusion .....	79
CONCLUSION GENERALE .....	80

# ***Introduction générale***



## **INTRODUCTION GENERALE**

L'eau c'est la vie, cette phrase à elle seule suffit à résumer l'importance de l'eau pour les organismes vivants appartenant aux règnes animal et végétal. L'eau conditionne la vie non par ce qu'elle est porteuse de molécules particulières indispensables au fonctionnement des organismes mais tout simplement indispensable par ses qualités physico-chimiques offrant un support idéal pour les diverses réactions chimiques dans l'organisme.

De même, l'eau a de tout temps été un facteur indispensable de développement de l'homme et de l'amélioration de ses conditions de vie. Ainsi, les grandes civilisations se sont développées tout près des cours d'eau et par la maîtrise des techniques d'irrigation, d'acheminement et de stockage de l'eau.

Aujourd'hui de par le monde, l'eau est devenue une denrée d'intérêt majeur et stratégique et sa raréfaction ne cesse d'être posée avec acuité touchant plusieurs régions du globe. Notre continent, l'Afrique, souffre particulièrement des problèmes de sécheresse et des millions de vies se trouvent ainsi menacées dans leur propre existence. Dans ce contexte, plusieurs prévisionnistes placent l'eau au centre des conflits majeurs qui concerneront l'humanité dans les décennies à venir.

L'Algérie ayant pris conscience de l'importance de l'eau dans le développement socio-économique n'a cessé de déployer des efforts considérables dans la réalisation des structures de stockage, d'adduction et de distribution. C'est ainsi que la wilaya de Béjaïa, s'est vu enrichir par la réalisation du barrage de Tichi-Haf pour pallier aux carences en alimentation en eau potable et d'irrigation notamment à moyen et long terme.

Béni Maouche est une des localités de la wilaya de Béjaïa concernée par le renforcement de ses capacités d'alimentation en eau potable, un débit de 25 l/s venant du barrage de Tichi-Haf lui a été attribué dans le cadre du projet du lot n° 02 de l'opération de « **réalisations des adductions secondaires pour le transfert Akbou – Béjaïa à partir du barrage de Tichi-Haf** », entrepris par la Direction des Ressources en Eau de la Wilaya de Bejaia.

Justement, l'objet du présent travail consiste à dimensionner une chaîne d'adduction pour acheminer ce débit du réservoir 1500 m<sup>3</sup> implanté à Tighermine commune d'Amalou vers le réservoir existant à Beni-Maouche au lieu dit Mialla.

Les variantes les plus avantageuses seront retenues en considérant les aspects technico-économiques les plus opportuns.

Le présent mémoire s'articulera principalement sur les axes suivants :

Une présentation globale du site, dans laquelle on trouve des données de base et bien d'autres caractéristiques de la localité d'étude, fera l'objet du premier chapitre.

La détermination des besoins en eaux nécessaires pour satisfaire la population à l'horizon projeté sera traitée dans le second chapitre du présent mémoire.

Dans le troisième chapitre, on passera au calcul des ouvrages de stockage projetés pour mieux harmoniser entre les demandes en eau et la population.

Tandis que le quatrième chapitre portera sur l'adduction, où on étudiera le choix du tracé, le type de conduites et l'étude technico-économique qui comportera le dimensionnement des conduites.

Par la suite, le choix des pompes adéquates qui devront répondre aux exigences du projet, sera le but du cinquième chapitre.

Par ailleurs, le sixième chapitre aura pour objectif de traiter un point extrêmement important dans l'étude du projet d'alimentation en eau potable, en l'occurrence, le phénomène transitoire très dangereux du coup de bélier.

Un septième chapitre sera consacré à la fin de ce modeste mémoire, à l'organisation des travaux et l'estimation global du projet .

Le présent travail sera terminé par une conclusion générale où seront mis en exergue les points les plus importants auxquels auront aboutit les différents calculs et dimensionnements.

***Chapitre I***  
***Présentation de site***

## I-1- Introduction

Beni-Maouche est l'une des 23 communes parmi les 52 agglomérations de la Wilaya de Bejaia, qui bénéficiera des adductions secondaires à partir du transfert TichiHaf–Bejaia.

Elle est située dans une zone montagneuse, au pied de la montagne Achtougue aux environs de 80 km de chef lieu de la wilaya. Elle est à vocation agricole et s'étend sur une superficie globale de **94,86 km<sup>2</sup>** avec une population totale de **13412 habitants** (2008), soit une densité de **141 habitants /km<sup>2</sup>**[1] .

## I-2- Situation géographique

Le commune de BENI MAOUCHE est délimitée géographiquement:

- Au Nord, par la commune de M' CISNA, BENI DJELLIL et FERAOUN ;
- A l'Est par la wilaya de SETIF ;
- Au Sud par la commune de BOUHAMZA et la wilaya de SETIF ;
- A l'Ouest par les communes de SEDDOUK et AMALOU.

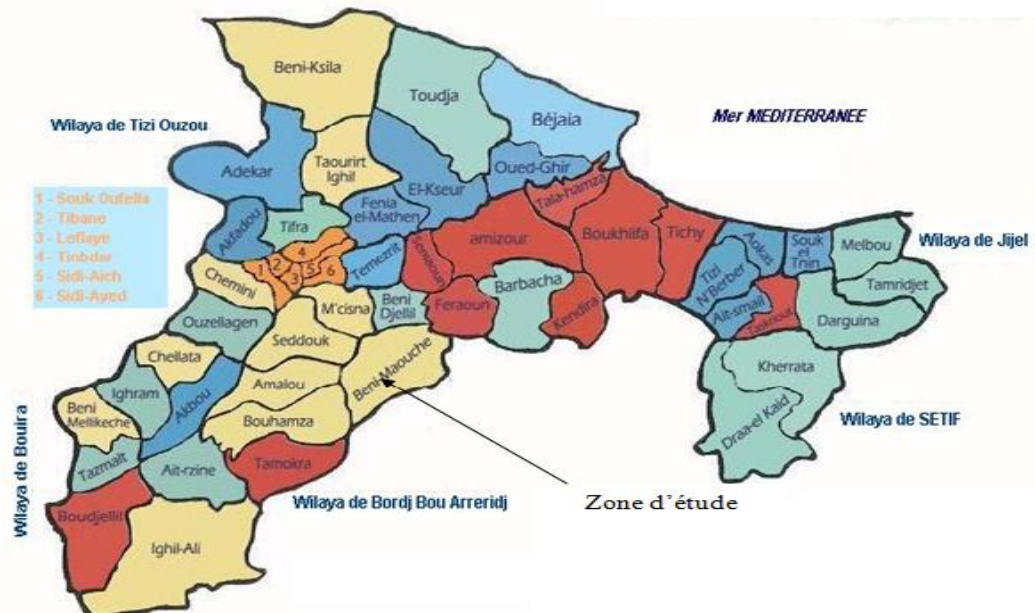
## I-3- Situation topographique

Le territoire s'insère dans une tranche d'altitude oscillant entre 114 m et 1391 m (sommet de la montagne Achtoug) [1] .

Dans son ensemble, la zone présente les grands ensembles topographiques suivant :

- La vallée
- Les collines
- Le domaine montagneux

La zone d'étude est représentée dans la figure (I-1) ci-dessous.



*Figure (I-1): Carte des communes de la wilaya de Bejaia*

## I-4- Situation climatique

### I-4-1- Climat

La commune de Ben-Maouche est comprise entre l'étage bioclimatique semi-aride et humide. Le climat est chaud et sec en été et pluvieux en hiver [1].

### I-4-2- Température

La commune de Beni-Maouche est caractérisée [1]:

- Par une température maximale en été de l'ordre de 35°C.
- Par une température minimale en hiver qui peut atteindre 8°C.
- Par une température moyenne de 21°C.

### I-4-3- Les vents

Les vents dominants dans la région de Beni Maouche sont les vents du Nord-Ouest [1] qui s'engouffrent dans la vallée de la Soummam [1]. La commune est exposée à deux types de vents:

- Vent Nord humide.
- Vent du Sud chaud en été.

### I-4-4- Pluviométrie

Les précipitations globales sont bonnes, dépassant le seuil de 500 mm par an de pluies et de neiges ; la période la plus pluvieuse est observée entre le mois d'Octobre et le mois de Mars, le tableau (I-1) suivant regroupe les précipitations dans la région d'étude [1].

*Tableau (I-1) : Précipitation annuelle*

Précipitation annuelle (mm)		
Minimum	Maximum	Moyenne
300	600	450

La région reçoit une moyenne annuelle de 450 mm de pluie. Cependant, cette importante quantité d'eau est drainée par une multitude de cours d'eau pour finir à l'Oued Soummam, sans être exploitée.

## I-5- Situation démographique

L'analyse démographique sur la base des recensements effectués antérieurement [1], montre que la population de la wilaya de Bejaia a connu une évolution irrégulière pendant la période coloniale. Ce n'est qu'à l'indépendance qu'elle a commencé à se stabiliser.

La population de la zone d'étude, d'après les données recueillies localement auprès de l'A.P.C (RGPH 2008) a atteint **13412** habitants [1].

## I-6- Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique dont dispose la région est constitué essentiellement de l'oued Boussellam et de plusieurs cours d'eaux temporaires. La commune dispose seulement de deux retenues collinaires opérationnelles, de plusieurs puits et sources à usage surtout domestique [1].

## I-7- Ressources en eau

Les ressources en eau principales de la commune sont situées au niveau de la plaine alluviale de l'Oued Boussellam.

L'inventaire des ressources en eau a été établi sur la base d'enquêtes menées auprès des services d'exploitation des communes (APC, Subdivision...) [1].

Le tableau (I-2) ci-dessous récapitule les ressources disponibles :

**Tableau (I-2): Ressources en eau disponibles**

Localités desservies	Ressources	Localisation	Débit (l/s)
AEP des 14 villages de Béni Maouche	01 forage CH2	Laazib	11.60
	01 forage CH3	Laazib	
	01 Puits Q1	Laazib	9.60
Taazibt-Tikarine-Aourir-Amagroud	Source Tala Taizalt	Taizalt	02.50
Taourirt	Source Zekak	Zekak	01.50
Trouna ACL	Source Iguechtim	Iguechtim	01.00
Laazib	Source Laazib	Laazib	00.02
Tizeght	Source Tala N'Tadart	Tizeght	01.50
	Source Tala Ouhamou	Tizeght	00.30
	Source Tiiwa n'Saasa	Tizeeght	00.10
Aguemoun	Source Amizab	Aguemoun	02.00
Ait Ouamar	Source Tizi LakhmisseAmizab	Ait Ouamar	00.17
Tala Tinzar	Source Tala Tinzar	Tala Tinzar	02.60
Ait Boudjella	Source Arezki Laalae	Ait Boudjella	00.17
Ighzer Oubellout	Source IghzerOubellout	Ighzer Oubellout	00.50

**Tableau (I-2): Ressources en eau disponibles (suite et fin)**

Boulkni	Source Tala Boulkni	Boulkni	00.67
Tioual	Source Tiradouane	Tioual	00.58
TaourirtIghil	Tala Mokrane	TaourirtIghil	00.83
Boubirek	Source Tala Ouada	Boubirek	00.25
El Djabia	Source Tala n'Tika, Taouint El Khir, Bouhalal	El Djabia	00.50
Akour	Source Tala Oudjemar	Akour	00.08
El Kalaa	Source El Vir	El Kalaa	0.08

Le débit disponible et exploité est de **36.55 l/s**. La commune de Beni-Maouche procède aussi deux retenues collinaires pour l'irrigation d'une capacité globale de 60 000 m<sup>3</sup> ; situées au niveau de Tala Tinzar et Agmoun.

### **I-8- Ouvrages et réseaux**

La zone d'étude est couverte presque en totalité (excepté les extensions et nouvelles habitations) par un réseau d'alimentation en eau potable même vétuste qui est interconnecté, ce système d'alimentation est décrit comme suite :

#### **I-8- 1- Les captages de sources**

Parmi les captages de source alimentant la zone d'étude on cite :

- Le captage Tala Tadarth à Tizaght alimentant une bêche à eau munie d'une station de pompage, l'eau est acheminée vers le réservoir Tizaght par refoulement dans une conduite en acier galvanisé DN50, le débit est de 1.5 l/s.
- Les captages Tal Mohand Oumar, Tala Ouhamou 1 et 2 et Tilawa N'Saada assurant un débit de 0.5 l/s par une conduite en acier galvanisé DN66/76 vers le réservoir Tizaght.
- Le captage Iguchthiyam assurant un débit de 1 l/s.

#### **I-8- 2- Les eaux souterraines**

Ce sont principalement les eaux de forages suivants :

- Puits Q1=9.6 l/s
- Forage CH3 et CH2 avec un débit 11.16 l/s.

Ces eaux sont refoulées vers le réservoir Miala qui alimente une grande partie de la commune. Cinq stations de reprise interviennent pour refouler l'eau vers le réservoir final Miala.

### I-8- 3- Les ouvrages de stockage existants

La commune de Beni-Maouche dispose actuellement d'une capacité de stockage totale de 2450 m<sup>3</sup> avec un taux de raccordement de 100% et une dotation de 83 l/hab/j.

Les principaux réservoirs existant sont :

- Réservoir 50 m<sup>3</sup> Iguchthiyam
- Réservoir 500 m<sup>3</sup> Miala
- Réservoir 100 m<sup>3</sup> Mzizwi
- Réservoir 300m<sup>3</sup> IziIghilAmrane
- Réservoir 100m<sup>3</sup> Thizaghth

### I-8- 4- Adduction

Il existe deux types d'adductions, à savoir :

- ❖ **Adduction par refoulement** : c'est l'ensemble des refoulements qui se font à partir des forages et captages avec stations de pompes citées ci-dessus.
- ❖ **Adduction gravitaire** : ce sont principalement les captages alimentant les réservoirs par gravité ou la connexion entre réservoirs.

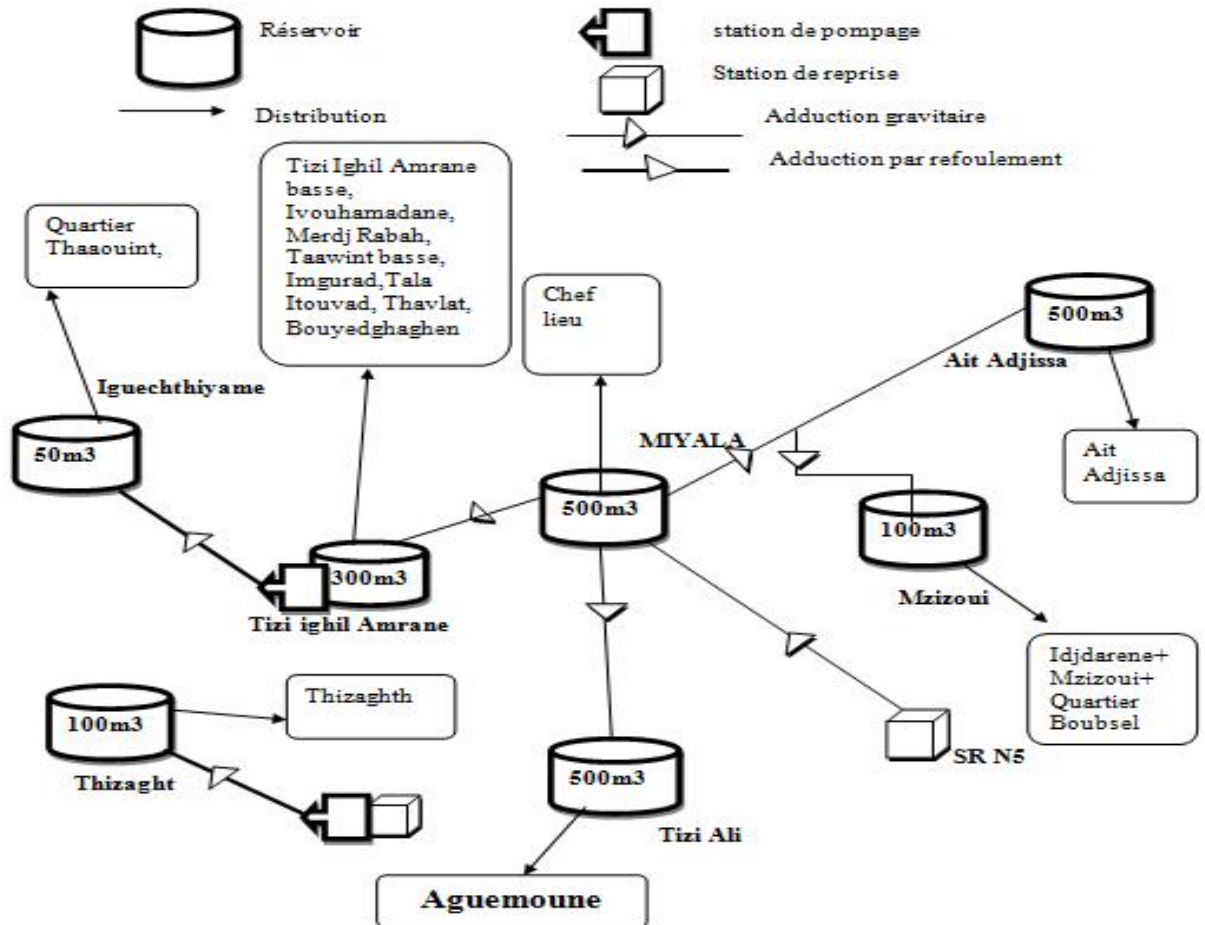
Ce réseau d'adduction totalise **37.41 km** de conduites et il est conçu comme suit :

- A partir des forages au niveau de la nappe alluviale de l'Oued Bou Sellam, l'eau est recueillie dans un bassin.
- A partir du bassin l'eau est conduite vers la SR01 (100 m<sup>3</sup>), puis vers les deux réservoirs Laazib (50 m<sup>3</sup> +50 m<sup>3</sup>).
- Du réservoir Laazib (50 m<sup>3</sup>), l'eau est acheminée, par gravité, vers la station de reprise SR02 (50 m<sup>3</sup>) située à Indles Boubirek, avec une conduite 318 ; puis refoulée vers la SR03 (50 m<sup>3</sup>) de Taguenit Ighil avec une conduite 250.
- De la SR03, l'eau est refoulée vers la SR04 (50 m<sup>3</sup>) à Akour, avec une conduite 250
- La SR04 (50 m<sup>3</sup>) alimente par gravité le réservoir Tagounit Ighil (150 m<sup>3</sup>) avec une conduite 102/114 et alimente par refoulement le réservoir El Djabia (500 m<sup>3</sup>).
- Du réservoir El Djabia (500 m<sup>3</sup>), l'eau est acheminée par gravité vers la SR05 (50 m<sup>3</sup>) de Tizi Tazmamit avec une conduite en acier de 219. De cette conduite gravitaire, une bifurcation conduit l'eau vers le réservoir Tioual et Igheldane (100 m<sup>3</sup>).
- La SR05 refoule l'eau vers le réservoir Miala de Trouna (500m<sup>3</sup>) avec une conduite de 219.
- Du réservoir Mialla:
  - Une sortie achemine l'eau vers le réservoir Tizi Ali (El Merabtine) (500 m<sup>3</sup>) avec une conduite 102/114.
  - Une deuxième sortie achemine l'eau vers la station de reprise (250 m<sup>3</sup>) de Tizi Ighil Amrane qui refoule l'eau vers le réservoir Ighechtiam (50 m<sup>3</sup>).
  - Une troisième sortie de diamètre 219 en acier, forme un « Y » pour alimenter le réservoir Ait Adjissa (500 m<sup>3</sup>) avec une conduite en PEHD 150 et le réservoir Imzizoui (100 m<sup>3</sup>) avec une conduite en acier de 90.
- A partir d'un captage de la source Tinzar (2.5 l/s), l'eau est refoulée vers le réservoir Aourir (100 m<sup>3</sup>)



- A partir du réservoir Aourir, l'eau est reconduite vers le réservoir Ait Adjissa (500 m<sup>3</sup>) avec une conduite 102/114.

La figure (I-2) suivante schématise le système d'alimentation en eau potable actuel de la commune de Béni-Maouche :



*Figure (I-2): Schéma synoptique du système d'alimentation existant*

### I-8-5- Distribution

Le réseau de distribution couvre presque la totalité de la zone d'étude. C'est un réseau mixte de 90.74 km de longueur.

Sa réalisation a été faite dans la plus part des cas sans aucune étude et son extension suivait l'urbanisation de la région.

### I-9- Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'avoir une idée générale sur les caractéristiques de la commune de Beni-Maouche et ses ressources en eau. La vérification de la capacité de ces dernières à satisfaire les besoins de la population à court, moyen et long terme, fera l'objet du chapitre qui suit.

# **Chapitre II**

## **Estimation des besoins en eau**

## II-1- Introduction

Les besoins en eau varient en fonction des types de consommateurs (domestique, sanitaire,...etc). Avant tout projet, il est nécessaire de procéder au recensement de toutes leurs catégories, à avoir leurs normes de consommation unitaire et ce dans le but d'estimer les besoins de la population à long terme 25 ans, qui représente la moyenne d'âge de la conduite bien entretenue.

L'évaluation des besoins en eau, pour chaque horizon d'étude, s'effectue selon les phases suivantes :

1. Estimation des besoins en eau domestique, administratif, sanitaire, ...etc., calculés à partir de la population projetée à différents horizons et sur la base d'une dotation unitaire fixe pour chaque type de secteur.
2. Calcul des débits moyens journaliers.
3. Calcul des débits maximum journaliers.

## II-2- Situation démographique

D'après le dernier recensement de la population et de l'habitat (R.G.P.H) de 2008, la population totale de la commune de BENI MAOUCHE est de 13412 habitants, cette population est répartie sur des agglomérations secondaires tel que présenter sur le tableau (II-1) ci-dessous [1] :

*Tableau (II-1): Répartition de la population pour l'année 2008*

Localités	populations	Taux %
Agglomération Chef Lieu	4243	31,64
A.S Aguemoune	1080	8,05
A.S Ighil Boubirek	782	5,83
A.S Tioual	537	4,00
A.S Sidi Sadek	268	2,00
A.S Tizekht	597	4,45
A.S Tala Tinzar	415	3,09
<b>TOTAL</b>	<b>3412</b>	<b>100</b>

## II-3- Choix du taux d'accroissement

Le choix du taux d'accroissement "  $t_{ac}$  " est fait sur la base du développement du tissu urbain ainsi que l'horizon d'étude. Le taux d'accroissement de la population de la région d'étude est de  $i = 0.63$  % (taux d'accroissement de la wilaya de Bejaia enregistré entre 1998 et 2008, d'après l'office national des statistique ONS en 2013). [1]

## II-4- Estimation de la population

La population de la commune est estimée grâce à la loi des accroissements donnée par la formule des intérêts composés, qui s'appuie sur l'influence des naissances, du taux d'immigration et du taux de mortalité, comme suit :

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

Sachant que :

- $P_n$  : Population future à l'horizon considéré.
- $P_0$  : Population de l'année de référence.
- $t_{ac}$  : Taux d'accroissement annuel de la population pris égal à **0.63 %**.
- $n$  : Nombre d'années séparant l'année de référence et l'horizon considéré.

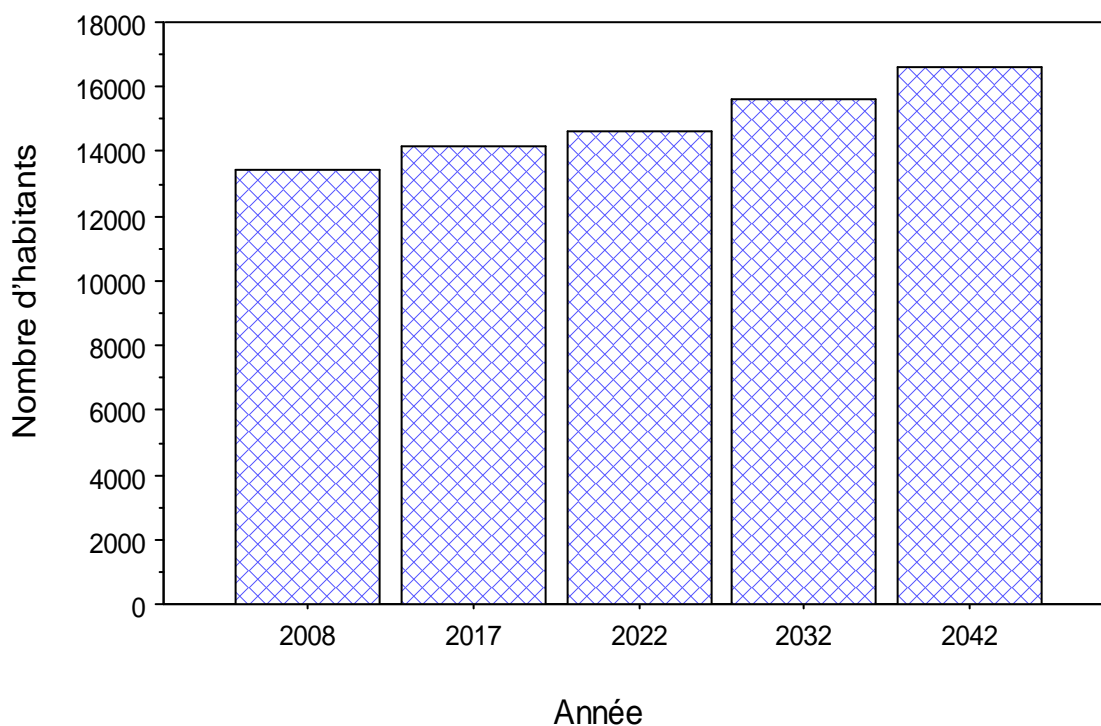
En se référant au dénombrement de la population fait en 2008 par les services d'urbanisme de l'A.P.C de la zone d'étude, on évaluera la population aux horizons futurs. On a retenu l'année en cours, le moyen et le long terme (2042).

Les résultats sont présentés dans le tableau (II-2) suivant :

**Tableau(II-2):** Evaluation de la population à différents horizons

Années	Horizons				
	Référence	Actuel	Court terme	Moyen terme	Long terme
	2008	2017	2022	2032	2042
Populations	13412	14192	14645	15594	16605

Suivant le tableau (II-2), on trace un histogramme traduisant l'évolution de la population par an, et on obtient la représentation ci desous (Figure (II-1)).



**Figure (II-1):** Histogramme donnant l'évolution de la population à divers horizons

## II-5- Norme de consommation

La dotation est la norme de consommation, définie comme étant la quantité quotidienne d'eau que doit utiliser l'être humain dans ces différents besoins. L'évaluation de cette quantité dépend des nombreux paramètres, tels que : le type de l'agglomération (rural ou urbaine), le type et le degré d'équipements, la catégorie de consommateur ... etc.

La majorité des agglomérations des communes de la région sont classées dans la catégorie des zones rurales, alors on opte pour une dotation en eau de **150 (l/j/habitant)** jusqu'au moyen terme et de **180 (l/j/habitant)** pour le long terme.

## II-6- Equipements existants

Les équipements dont dispose la commune de Beni-Maouche sont regroupés dans le tableau (II-3) suivant [1]:

**Tableau (II-3) : les équipements existant au niveau de la commune de Beni Maouche**

	Type	Nombre	Effectif
Scolaires	École primaire	14	1170
	CEM	3	1150
	Lycée	1	700
Formation	CFPA	1	120
Socio-culturels	Mosquée	25	1500
	Maison de jeunes	1	50
	Bibliothèque	1	20
Sportif	Aire de jeux	1	10
	Salle polyvalente	1	10
Sanitaire	Polyclinique	1	20
	Salle de soins	5	10
Administratives	APC	1	30
	Daïra	1	15
	Agence et bureau poste	3	10
	CNAS	1	5
	Centrale téléphonique	1	10
Sécurité	Gendarmerie	1	20
	Sûreté de Daïra	1	20
	Garde communale	1	20
	Protection civile	1	10

## II-7- Calcul des besoins

### II-7-1- Besoins domestiques

Les besoins en eau de la population sont obtenus en multipliant le nombre d'habitants par la norme de consommation pour chaque horizon. Le tableau (II-4) ci-dessous, résume les besoins en eau domestiques à différents horizons de la commune de Beni-Maouche.

**Tableau (II-4) : Besoins domestiques à différents horizons**

Localités	Besoin journalier (m <sup>3</sup> /j)			
	Actuel 2017	court Terme 2022	moyen terme 2032	long terme 2042
Agglomération Chef Lieu	673.46	694.94	739.99	945.54
Aguemoune	171.42	176.89	188.35	240.67
Ighil Boubirek	124.12	128.08	136.38	174.27
Tioual	85.23	87.95	93.65	119.67
Sidi Sadek	42.54	43.89	46.74	59.72
Tizekht	94.76	97.78	104.12	133.04
Tala Tinzar	65.87	67.97	72.38	92.48
Taazabt	217.93	224.88	239.45	305.97
Amgroud	89.52	92.38	98.36	125.69
El Djabia	114.92	118.58	126.27	161.34
Taurirt	61.27	63.22	67.32	86.02
Z. E	387.76	400.13	426.06	544.41
<b>TOTAL</b>	<b>2128.79</b>	<b>2196.69</b>	<b>2339.08</b>	<b>2988.82</b>

**II-7-2- Besoins des équipements**

Le tableau (II-5) ci-dessous résume les résultats de calcul des besoins en eau de l'ensemble des équipements existants au niveau de la commune de Beni-Maouche.

**Tableau (II-5): Besoins des équipements**

Type		Nombre	Effectif	Dotation	Qmoy.j (m <sup>3</sup> /j)
Scolaire	École primaire	14	1170	20	23.4
	CEM	3	1150	20	23
	Lycée	1	700	20	14
Formation	CFPA	1	120	20	2.4
Socioculturels	Mosquée	25	1500	5	7.5
	Maison de jeunes	1	50	10	0.5
	Bibliothèque	1	20	10	0.2
Sportif	Aire de jeux	1	10	1	0.01
	Salle polyvalente	1	10	1	0.01
	Polyclinique	1	20	50	1
	Salle de soins	5	10	50	0.5

**Tableau (II-5): Besoins des équipements (suite et fin )**

<i>Administratif</i>	APC	1	30	25	0.75
	Daïra	1	15	25	0.375
	Agence et bureau poste	3	10	25	0.25
	CNAS	1	5	25	0.125
	Centrale téléphonique	1	10	25	0.25
<i>Sécurité</i>	Gendarmerie	1	20	25	0.5
	Sureté de Daïra	1	20	25	0.5
	Garde communale	1	20	25	0.5
	Protection civile	1	10	50	0.5
<b>TOTAL</b>					<b>76.57</b>

**II-7-3- Besoins cheptels**

Les résultats sont résumés dans le tableau (II-6) suivant :

**Tableau (II-6) : Besoins des cheptels**

<b>Cheptels</b>	<b>Nombre de têtes</b>	<b>Dotation (l /j/tête)</b>	<b>Besoins (m<sup>3</sup>/j)</b>
Bovins	402	80	32.16
Ovins	2489	10	24.89
Caprins	867	10	8.67
Poules pondeuses	30635	0,5	15.32
Poulets de chairs	36000	0,5	18.00
Ruches	1337	5	6.69
<b>Total</b>			<b>105.73</b>

**II-7-4- Autres besoins**

Ces besoins sont ceux des restaurants et les cafétérias situés au chef-lieu de la commune, les résultats sont énumérés dans le tableau (II-7) ci- après :

**Tableau (II-7): Autres besoins**

<b>Types d'équipements</b>	<b>N<sup>bres</sup> d'employés</b>	<b>Dotation par équipement (l/j/équip)</b>	<b>Besoins (m<sup>3</sup>/j)</b>
<b>9 Restaurants</b>	45	600	5.4
<b>16 Cafétérias</b>	48	400	6.4
<b>Total</b>			<b>11.80</b>

**II-7-5- Estimation des débits des équipements pour l'horizon 2042**

Après l'estimation détaillée des équipements et de leurs besoins, on obtient une demande en eau d'équipements publics pour l'horizon 2017. Et pour estimer les besoins d'équipements projetés, on fait intervenir le rapport entre les besoins d'équipements et les besoins

domestiques de la région, et à la base de ce rapport, on estime les besoins projetés d'équipements pour l'horizon voulu, en appliquant la formule suivante [2] :

$$\frac{Q_{\text{éq } 2}}{Q_{d\text{ } 2}} = \frac{Q_{\text{éq } 2}}{Q_{d\text{ } 2}} \quad (\text{II-2})$$

Les résultats sont représentés dans le tableau (II-8) suivant :

**Tableau (II-8) : Estimation du débit d'équipement pour l'horizon 2042**

Type de besoin	Besoins (m <sup>3</sup> /j)			
	Actuel 2017	Court terme 2022	Moyen terme 2032	Long terme 2042
Equipement	76.27	78.70	83.80	107.08
Cheptels	105.72	109.09	116.17	148.43
Autres Equipements	11.80	12.18	12.97	16.57
<b>Total</b>	<b>193.79</b>	<b>199.97</b>	<b>212.94</b>	<b>272.08</b>

### II-8- Calcul du débit moyen journalier majoré ( $Q_{\text{moy.j.maj}}$ )

Le débit moyen journalier majoré est obtenu en tenant compte des fuites au niveau des conduites, et dans le but de compenser ces fuites physiques, nous optons pour une majoration de 20%, donc le débit moyen journalier est donné comme suit :

$$Q_{m . m} = K_f \times (Q_{d\text{ } } + Q_{e\text{ } } ) \quad (\text{II-3})$$

Où :

- $Q_{\text{moy.j.maj}}$  : Débit moyen journalier majoré (m<sup>3</sup>/j).
- $K_f$  : Coefficient de fuite.
- $Q_{\text{dom}}$  : Débit domestique (l/s).
- $Q_{\text{equi}}$  : Débit d'équipement (l/s).

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau (II-9) ci-dessous :

**Tableau (II-9) : Débit moyen journalier majoré à différents horizons**

Type de besoin	Débit moyen journalier (m <sup>3</sup> /j)				Kf	Débit moyen journalier majoré (m <sup>3</sup> /j)			
	Actuel 2017	Court terme 2022	Moyen terme 2032	Long terme 2042		Actuel 2017	Court terme 2022	Moyen terme 2032	Long terme 2042
Domestique	2128.79	2196.69	2339.08	2988.82	1.2	2554.54	2636.03	2806.89	3586.59
Equipement	76.27	78.70	83.80	107.08	1.2	91.52	94.44	100.57	128.50
Cheptels	105.72	109.09	116.17	148.43	1.2	126.87	130.91	139.40	178.12
Autres Equipements	11.80	12.18	12.97	16.57	1.2	14.16	14.61	15.55	19.88
<b>Total</b>	<b>2322.58</b>	<b>2396.66</b>	<b>2552.02</b>	<b>3260.90</b>	<b>1.2</b>	<b>2787.10</b>	<b>2875.99</b>	<b>3062.42</b>	<b>3913.08</b>



## II-9- Calcul du débit maximum journalier ( $Q_{\max j}$ )

Ce débit caractérise la consommation d'eau maximale du jour le plus chargé de l'année, il s'obtient par la relation suivante :

$$Q_m = K_s \times Q_{m \text{ maj}} \quad (II-4)$$

Où :

- $Q_{\max j}$  : Débit maximum journalier ( $m^3/j$ ).
- $Q_{m \text{ maj}}$  : Débit moyen journalier majoré ( $m^3/j$ ).
- $K_s$  : Coefficient de variation saisonnière pris à **30%**.

Les débits maximums journaliers à différents horizons sont donnés dans le tableau (II-10) ci-dessous.

*Tableau (II-10): Débit maximum journalier à différents horizons*

Type de besoin	Débit moyen journalier major ( $m^3/j$ )				$K_s$	Débit max journalier ( $m^3/j$ )			
	Actuel 2017	Court terme 2022	Moyen terme 2032	Long terme 2042		Actuel 2017	Court terme 2022	Moyen terme 2032	Long terme 2042
Domestique	2554.54	2636.03	2806.89	3586.59	1.30	3320.91	3426.84	3648.96	4662.56
Equipements	91.52	94.44	100.57	128.50	1.30	118.98	122.78	130.73	167.05
Cheptels	126.87	130.91	139.40	178.12	1.30	164.93	170.19	181.22	231.56
Autres équipements	14.16	14.61	15.56	19.88	1.30	18.41	19.00	20.23	25.84
<b>Total (<math>m^3/j</math>)</b>	<b>2787.10</b>	<b>2875.99</b>	<b>3062.42</b>	<b>3913.08</b>		<b>3623.22</b>	<b>3738.78</b>	<b>3981.14</b>	<b>5087.00</b>
<b>.Total (l/s)</b>	<b>32.26</b>	<b>33.29</b>	<b>35.44</b>	<b>45.29</b>		<b>41.94</b>	<b>43.27</b>	<b>46.08</b>	<b>58.88</b>

## II-11- Bilan ressources-besoins

La confrontation du débit de la ressource disponible avec les besoins de la localité de Beni-Maouche à divers horizons est donnée dans le tableau (II-11) suivant :

*Tableau (II-11) : Bilan ressources-besoins*

	Horizons			
	2017	2022	2032	2042
<b>Ressources (l/s)</b>	36.55	36.55	36.55	36.55
<b>Besoins (l/s)</b>	41.94	43.27	46.08	58.88
<b>Bilan (l/s)</b>	<b>-5.39</b>	<b>-6.72</b>	<b>-9.53</b>	<b>-22.33</b>

Ce bilan nous montre clairement que la commune de Beni Maouche présente un déficit en eau potable, ce qui nécessite la mobilisation de nouvelles ressources pour assurer ces besoins en

eau actuels et futures. Ces ressources devront combler le déficit estimé à long terme à **1929.08 m<sup>3</sup>/j** soit **23.20l/s**.

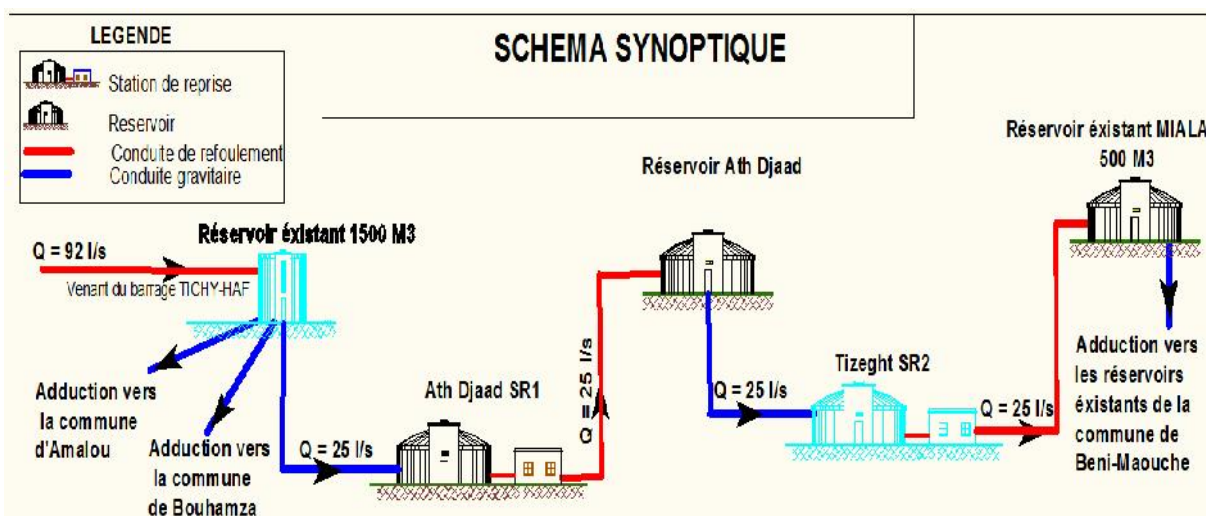
Pour renforcer les besoins en eau potable de cette commune, un débit de 25 l/s venant du barrage de Tichi-Haf lui a été attribué dans le cadre du projet de lot n° 02 de l'opération : « réalisations des adductions secondaires pour le transfert Akbou – Béjaïa à partir du barrage de Tichi-Haf », entrepris par la Direction des Ressources en Eau de la Wilaya de Bejaia.

Pour cet objectif, une nouvelle adduction sera conçue du réservoir existant à Tigharmine (**1500 m<sup>3</sup>**), se trouvant dans la commune d'Amalou vers le réservoir de Beni-Maouche, sis au lieu dit Miala (**500 m<sup>3</sup>**) sur un linéaire total d'environ **13 km**, soit :

- 02 adductions gravitaires.
- 02 adductions par refoulement.

Ce renforcement est destiné pour combler le déficit en eau, de la commune, prévu pour le moyen et le long terme.

Le cheminement de l'adduction est représenté dans la figure (II-2) ci-dessous.



*Figure(II-2):Schéma synoptique de la nouvelle chaîne d'adduction pour renforcer l'AEP de Beni-Maouche*

### II-13- Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons estimés les différents besoins et établis un bilan de consommation.

Dans le but de transférer le débit (25 l/s) alloué à la commune de Beni-Maouche, il est nécessaire de procéder au dimensionnement des ouvrages de stockage, objet du chapitre suivant.

# ***Chapitre III***

## ***Réservoirs***

### III-1- Introduction

Dans ce présent chapitre, nous allons traiter l'une des importantes infrastructures dans une agglomération, en l'occurrence le réservoir, qui est un ouvrage très important dans un réseau d'alimentation en eau potable. C'est un ouvrage aménagé pour contenir l'eau, soit potable destinée à la consommation publique, soit de l'eau à usage industriel.

### III-2- Définition

Le rôle des réservoirs a sensiblement varié au cours des âges. Servant tout d'abord de réserves d'eau, ensuite à parer à un accident survenu dans l'adduction, ils permettent de rendre optimal le débit de tous les ouvrages situés en amont. C'est-à-dire, les réservoirs disposent d'un volume permettant de compenser [2]:

- La variation horaire de la consommation aval, appelé volume de régulation.
- D'une réserve de sécurité dite réserve incendie.
- D'une réserve pour utilisation exceptionnelles.

Autrement dit, les réservoirs servent principalement à harmoniser la demande et la production, alors que pour être efficace, la production doit être constante. Lorsque le débit de production est supérieur au débit de consommation, on accumule l'excédent dans des réservoirs.

### III-3- Classification des réservoirs

On peut classer les réservoirs en plusieurs catégories [3] :

- a) D'après la nature des matériaux de construction, on distingue :
  - Les réservoirs métalliques.
  - Les réservoirs en maçonneries.
  - Les réservoirs en béton armé, ordinaire ou précontraint.
- b) D'après la situation des lieux, ils peuvent être :
  - Enterrés.
  - Semi enterrés.
  - Surélevés.
- c) D'après leurs formes :
  - Circulaires.
  - Rectangulaires.
  - Ou d'une forme quelconque.

L'alimentation d'une agglomération urbaine ne comportera pas qu'un réservoir unique ; le plus souvent plusieurs réservoirs seront nécessaires.

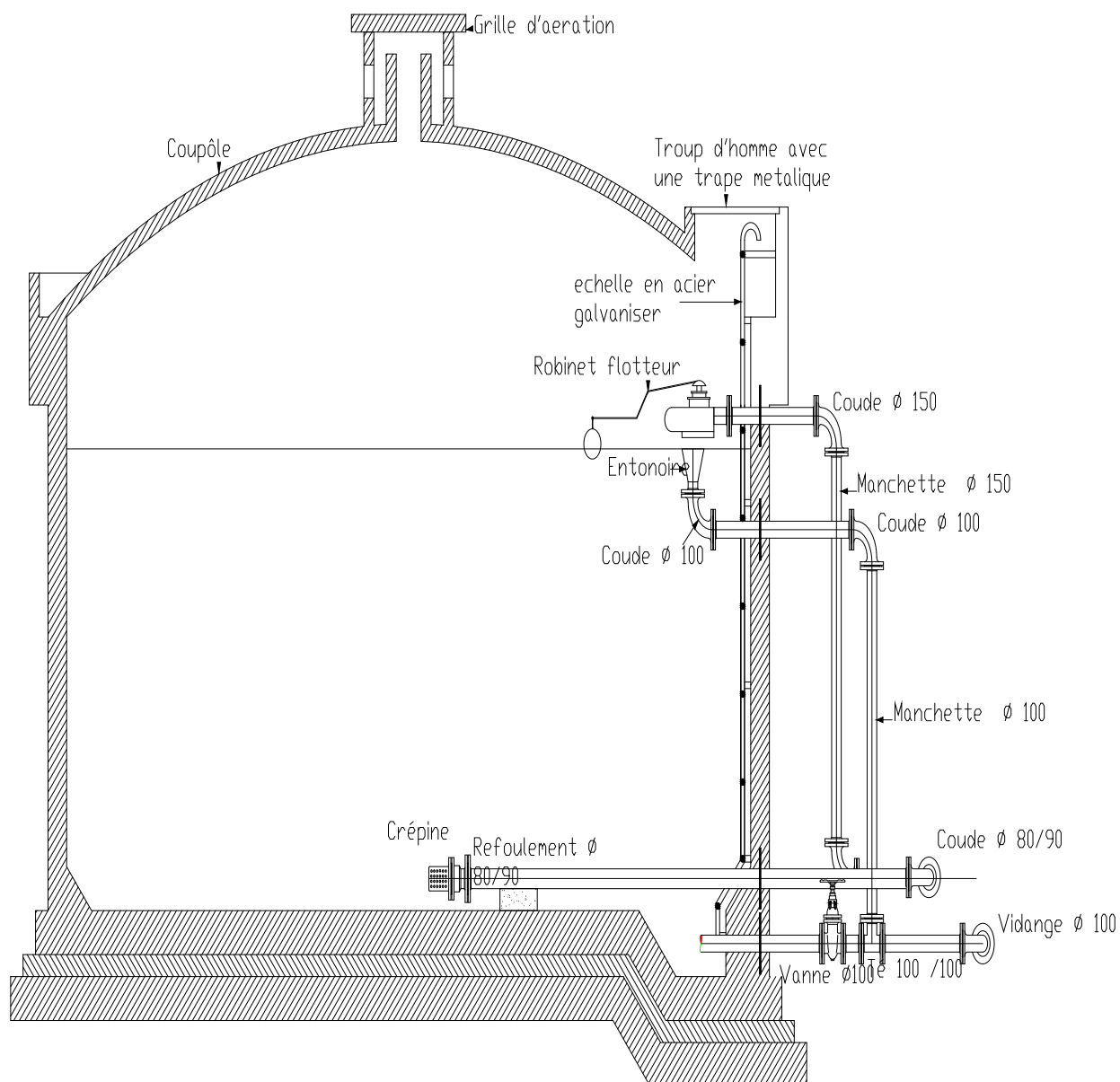
### III-4- Fontainerie d'équipement des réservoirs

Les dispositions constructives générales adoptées pour les réservoirs sont les suivantes [4] :

- La mise en place d'un dispositif de vidange permettant de vider le réservoir en quelques heures ;
- L'équipement de crépines pour les prises d'eau;

- La conduite de vidange se situe dans une fosse ménagée dans le radier afin d'avoir une vidange complète (la boue, les matières solides... etc) du réservoir ;
- La mise en place d'un système de trop-plein permettant d'évacuer le débit maximal entrant en cas de défaillance du dispositif d'arrêt au niveau haut;
- L'installation de vannes sur les canalisations de départ des réservoirs, pour éviter de vider le réservoir en cas d'incident sur les canalisations.

Une coupe type de réservoir est donnée dans la figure (III-1).

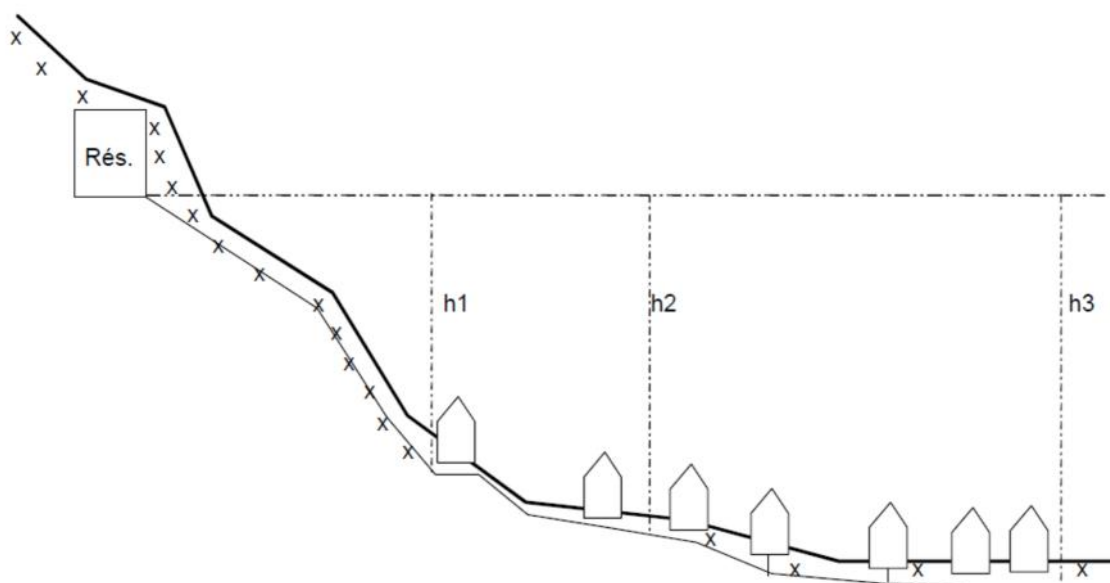


**Figure (III-1) : Coupe type d'un réservoir**

### III-5- Emplacement des réservoirs

L'emplacement des réservoirs doit être choisi de telle sorte à assurer une alimentation en eau au point le plus défavorable. Il dépend de la topographie du lieu.

L'altitude du réservoir, plus précisément du radier doit se situer à un niveau supérieur à la plus haute cote piézométrique exigée sur le réseau. Le site du réservoir doit être le plus proche possible de l'agglomération (économie) pouvant alimenter le point le plus défavorable (Figure (III-1)). La topographie a une place prépondérante dans le choix de l'emplacement, de même que la géologie. Il ne faut pas oublier les extensions futures. Le meilleur emplacement n'est déterminé qu'après une étude technico- économique approfondie [2].



*Figure (III-1) : Emplacement d'un réservoir*

### III-6- Alimentation des réservoirs

#### III-6-1- Réservoirs alimentés gravitairement

Les réservoirs alimentés gravitairement, que ce soit des réservoirs terminaux, des réservoirs tampons ou des bâches de reprise, possèdent à leurs entrées des obturateurs à disques auto centreurs qui contrôlent le niveau haut des réservoirs et détruisent la charge résiduelle au droit de l'entrée des réservoirs. Ces dispositifs nécessitent un certain volume d'eau pour permettre la dissipation de l'énergie résiduelle à la sortie de la vanne.

#### III-6-2- Réservoirs alimentés par refoulement

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

### III-7- Capacité des réservoirs

Le plus souvent, un réservoir est calculé pour satisfaire les variations journalières du débit consommé ; en tenant compte, bien entendu du jour de la plus forte consommation. La capacité du réservoir est déterminée en fonction du débit d'apport et celui de sortie augmenté éventuellement de la réserve d'incendie. Deux méthodes peuvent être appliquées pour la déterminer :

- La méthode analytique ;
- La méthode graphique.

#### III-7-1- Méthode analytique

La méthode analytique consiste à calculer, pour chaque heure de la journée, le résidu dans le réservoir. Le volume de régulation sera :

$$V_r = \frac{Q_{m \cdot j} \cdot R_m}{1} \quad (m^3) \quad (III-1)$$

$R_{max}$  : résidu maximal (%)

$Q_{max,j}$  : la consommation maximale journalière ( $m^3$ ).

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

$$V_t = V_r + V_{inc} \quad (III-2)$$

##### III-7-1-1- Détermination du résidu maximum dans les réservoirs

Pour dimensionner un réservoir, on est appelé à déterminer le résidu maximal [5]. Souvent celui-ci peut être localisé aux environs des heures de pointe où la consommation est élevée.

La variation entre le débit entrant et le débit à distribuer peut nous permettre sa localisation.

Donc, si la différence de débit entrant au réservoir est supérieure à celui qui sort de ce dernier, cela indique qu'il y a un surplus ; et dans le cas contraire, on aura un déficit.

On détermine ensuite le résidu dans le réservoir pour chaque heure. La valeur maximale trouvée sera le pourcentage du volume de stockage.

#### III-7-2- Méthode graphique

Cette méthode est basée sur le traçage des courbes de la consommation maximale journalière et celle caractérisant l'apport de la station de pompage.

En additionnant en valeur absolue les écarts de deux extremums de la courbe de consommation par rapport à celle d'apport, on obtiendra le résidu maximal journalier. Donc :

$$R_m = [|V^+| + |V^-|] \quad (III-3)$$

Le volume de régulation  $V_r$  est calculé selon la formule suivante :

$$V_r = \frac{Q_{m.j} \cdot R_m}{1} \quad (m^3) \quad (III-4)$$

Le volume total sera :

$$V_t = V_r + V_{inc} \quad (III-5)$$

### III-7-2-1- Calcul des capacités de stockage de la chaîne d'adduction

La bache de reprise assure un rôle de transitoire. Son dimensionnement est basé sur le temps nécessaire pour maintenir la crépine en charge qui est, généralement, estimé à un quart d'heure (15mn).

Le volume de la bache de reprise est déterminé selon la formule suivante :

$$V_s = Q_{max.j} \cdot t \quad (III-6)$$

Avec :

- $Q_{max.j}$  : débit maximal journalier introduit dans la bache de reprise ;
- $t$  : temps nécessaire pour maintenir la crépine en charge ( $t = 0.25$  h).

### III-8- Détermination des capacités des réservoirs :

Pour le cas de notre étude, nous avons deux capacités de réservoirs à vérifier :

- Réservoir de Tighrmine ( $1500 m^3$ )
- Réservoir de MIALA ( $500 m^3$ )

Deux bache à dimensionner :

- Bache de Ath Djaad (SR1)
- Bache de Tizeght (SR2)

Et un réservoir à Ath Djaad.

### III-9-Vérification de la capacité du réservoir existant Tighrmine ( $1500m^3$ ):

Ce réservoir reçoit le débit maximal de la chaîne de refoulement assurant l'alimentation en eau potable des trois communes Bouhamza, Amalou et Beni Maouche (**Debit<sub>max</sub> = 92 l/s**). L'alimentation est assurée par des adductions gravitaires vers ces trois communes. Soit,  $Q_{max.j} = 7948.8 m^3/j$  (Débit pour les trois communes)

La vérification de la capacité du réservoir de Tighrmine est donnée dans le tableau (III-1) suivant :

*Tableau (III-1) : Vérification de la capacité de réservoir Tighermine*

Heures	Apport (%)	Sortie(%)	Déficit (%)	Surplus (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	5	4.16		0.84	0.84
<b>01-02</b>	5	4.16		0.84	1.68
<b>02-03</b>	5	4.16		0.84	2.52
<b>03-04</b>	5	4.16		0.84	3.36
<b>04-05</b>	5	4.16		0.84	4.2



**Tableau (III-1) : Vérification de la capacité de réservoir Tighermine (suite et fin)**

<b>05-06</b>	5	4.16		0.84	5.04
<b>06-07</b>	5	4.16		0.84	5.88
<b>07-08</b>	5	4.16		0.84	6.72
<b>08-09</b>	5	4.17		0.83	7.55
<b>09-10</b>	5	4.17		0.83	8.38
<b>10-11</b>	5	4.17		0.83	9.21
<b>11-12</b>	5	4.17		0.83	10.04
<b>12-13</b>	5	4.17		0.83	10.87
<b>13-14</b>	5	4.17		0.83	11.7
<b>14-15</b>	5	4.17		0.83	12.53
<b>15-16</b>	5	4.17		0.83	13.36
<b>16-17</b>	5	4.17		0.83	14.19
<b>17-18</b>	5	4.17		0.83	15.02
<b>18-19</b>	5	4.17		0.83	15.85
<b>19-20</b>	5	4.17		0.83	<b>16.68</b>
<b>20-21</b>	0	4.17	4.17		12.51
<b>21-22</b>	0	4.17	4.17		8.34
<b>22-23</b>	0	4.17	4.17		4.17
<b>23-24</b>	0	4.17	4.17		0
<b>Total</b>	100	100			

On aura donc :

$$P\% = |16.68| + |0| = 16.68 \%$$

$$V_{\max} = P\% * Q_{\max} / 100 = 16.68 * 7948.8 / 100 = 1325.85 \text{ m}^3$$

$$V_{\max} = 1325.85 \text{ m}^3$$

La capacité du réservoir existant est vérifiée suffisante (1500 m<sup>3</sup>).

### III-10- Vérification de la capacité du réservoir MIALA (500 m<sup>3</sup>):

Ce réservoir alimentera les réservoirs existants de la commune de Beni Maouche via des adductions gravitaires pour renforcer l'alimentation en eau potable de toute la commune et reçoit les eaux de la deuxième station de reprise sise à Tizeghth, avec un débit de :

$$Q_{\max,j} = 2160 \text{ m}^3/\text{j}$$

On aura le tableau (III-2) suivant :

Tableau (III-2) : Vérification de la capacité de stockage du réservoir Miala

Heures	Apport (%)	Sortie(%)	Déficit (%)	Surplus (%)	Résidu (%)
0-1	5	4.16		0.84	0.84
1-2	5	4.16		0.84	1.68
2-3	5	4.16		0.84	2.52
3-4	5	4.16		0.84	3.36
4-5	5	4.16		0.84	4.2
5-6	5	4.16		0.84	5.04
6-7	5	4.16		0.84	5.88
7-8	5	4.16		0.84	6.72
8-9	5	4.17		0.83	7.55
9-10	5	4.17		0.83	8.38
10-11	5	4.17		0.83	9.21
11-12	5	4.17		0.83	10.04
12-13	5	4.17		0.83	10.87
13-14	5	4.17		0.83	11.7
14-15	5	4.17		0.83	12.53
15-16	5	4.17		0.83	13.36
16-17	5	4.17		0.83	14.19
17-18	5	4.17		0.83	15.02
18-19	5	4.17		0.83	15.85
19-20	5	4.17		0.83	<b>16.68</b>
20-21	0	4.17	4.17		12.51
21-22	0	4.17	4.17		8.34
22-23	0	4.17	4.17		4.17
23-24	0	4.17	4.17		<b>0</b>
<b>Total</b>	100	100			

On aura donc :

$$P\% = |16.68| + |0| = 16.68\%$$

$$V_{\max} = P\% * Q_{\max}/100 = 16.68 * 2160/100 = 360.28 \text{ m}^3$$

$$V_{\max} = 360.28 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_{\max} + V_{\text{inc}}$$

$$V_T = 360.28 + 120 = 480.28 \text{ m}^3$$

La capacité du réservoir existant est vérifiée suffisante (500 m<sup>3</sup>).

### III-11- Dimensionnement des stations de reprises

#### III-11-1- Station de reprise Ath Djaad SR1

La station de reprise SR1 reçoit les eaux du réservoir de Tighermine par une adduction gravitaire (24/24h) et refoule sur le réservoir Ath Djaad 20/24 h, soit quatre heures d'arrêt.

$$Q_{\max j} = 2160 \text{ m}^3/\text{j.}$$

$$V_{S1} = \frac{2160 \times 4}{24}$$

D'où :  $V_S = 3 \text{ m}^3$

Cette station aura alors une capacité standard de **400 m<sup>3</sup>**.

- **Le diamètre de la station de reprise SR1**

La hauteur de la station de reprise peut varier de 4 à 5 m. On prendra H=5 m.

$$D = \left[ \frac{4 \times V}{\pi \times H} \right]^{1/2}$$

Avec :  $V=400 \text{ m}^3$

$$D = \left[ \frac{4 \times 400}{\pi \times 5} \right]^{1/2}$$

D'où : **D=10.10 m**

#### III-11-2- Station de reprise Ath Tizeght SR2

La station de reprise SR2 reçoit les eaux du réservoir de Ath Djaad par une adduction gravitaire (24/24 h) et refoule sur le réservoir Miala 20/24 h, soit quatre heures d'arrêt.

$$Q_{\max j} = 2160 \text{ m}^3/\text{j.}$$

$$V_{S2} = \frac{2160 \times 4}{24}$$

D'où :  $V_S = 3 \text{ m}^3$

Cette station aura alors une capacité standard de **400 m<sup>3</sup>**.

- **Le diamètre de la station de reprise SR1**

La hauteur de la station de reprise peut varier de 4 à 5 m. On prendra H=5m.

$$D = \left[ \frac{4 \times V}{\pi \times H} \right]^{1/2}$$

Avec :  $V= 400 \text{ m}^3$

$$D = \left[ \frac{4 \times 400}{\pi \times 5} \right]^{1/2}$$

D'où : **D=10.10 m.**

**III-11-3- Calcul de la capacité de réservoir Ath Djaad**

Le réservoir est alimenté via une adduction par refoulement 20 / 24 h avec un débit de  $Q = 25$  l/s et alimente à son tour la station de reprise SR2 projetée à Tizegth par une adduction gravitaire 24/24 h et avec le même débit entrant (25 l/s).

Les résultats sont regroupés dans le tableau (III-3) ci-dessous :

*Tableau (III-3) : Détermination de la capacité de stockage du réservoir Ath Djaad*

Heures	Apport (%)	Sortie(%)	Déficit (%)	Surplus (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	5	4.16		0.84	0.84
<b>01-02</b>	5	4.16		0.84	1.68
<b>02-03</b>	5	4.16		0.84	2.52
<b>03-04</b>	5	4.16		0.84	3.36
<b>04-05</b>	5	4.16		0.84	4.2
<b>05-06</b>	5	4.16		0.84	5.04
<b>06-07</b>	5	4.16		0.84	5.88
<b>07-08</b>	5	4.16		0.84	6.72
<b>08-09</b>	5	4.17		0.83	7.55
<b>09-10</b>	5	4.17		0.83	8.38
<b>10-11</b>	5	4.17		0.83	9.21
<b>11-12</b>	5	4.17		0.83	10.04
<b>12-13</b>	5	4.17		0.83	10.87
<b>13-14</b>	5	4.17		0.83	11.7
<b>14-15</b>	5	4.17		0.83	12.53
<b>15-16</b>	5	4.17		0.83	13.36
<b>16-17</b>	5	4.17		0.83	14.19
<b>17-18</b>	5	4.17		0.83	15.02
<b>18-19</b>	5	4.17		0.83	15.85
<b>19-20</b>	5	4.17		0.83	<b>16.68</b>
<b>20-21</b>	0	4.17	4.17		12.51
<b>21-22</b>	0	4.17	4.17		8.34

**Tableau (III-3) : Détermination de la capacité de stockage du réservoir Ath Djaad (suite et fin)**

<b>22-23</b>	0	4.17	4.17		4.17
<b>23-24</b>	0	4.17	4.17		0
<b>Total</b>	100	100			

D'après le tableau ci-dessus :  $P_{\max} = 16.68 \%$

- **Volume de la station de reprise  $V_{SR1}$ :**

$$V = (P_{\max} \times Q_{\max j}) / 100$$

$$V = (16,68 \times 2160) / 100 = 360.28 \text{ m}^3$$

On choisira un volume standard de  $400 \text{ m}^3$  pour le réservoir.

- **Le diamètre du réservoir**

On prendra  $H=5 \text{ m}$ .

$$D = \left[ \frac{4 \times V}{\pi \times H} \right]^{1/2}$$

Avec :  $V=400 \text{ m}^3$

$$D = \left[ \frac{4 \times 400}{\pi \times 5} \right]^{1/2}$$

D'où :  $D=10.10 \text{ m}$

### III-12- Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vérifié et déterminé les volumes des réservoirs ainsi que leurs dimensions (hauteur et diamètre du réservoir), ces capacités combleront l'alimentation en eau potable de la commune en question.

L'acheminement de l'eau jusqu'au réservoir final s'effectuera par l'intermédiaire de deux stations de reprise, deux adductions gravitaires et deux autres adductions par refoulement et feront objet du chapitre qui suit.

# ***Chapitre IV***

## ***Adduction***

## IV-1-Introduction

L'adduction des eaux consiste à étudier les voies et moyens, tant sur le plan technique qu'économique, en vue d'acheminer les eaux prélevées de la station, soit vers leur lieu d'accumulation, soit directement vers les zones de leur consommation [4].

De par leur fonctionnement les adductions peuvent être classées selon leurs charges :

- Soit en adduction par refoulement : le lieu de captage se situe à un niveau inférieur à celui du réservoir, ce qui nécessite l'emploi d'un système de pompage pour créer une pression dans les conduites du réseau d'adduction;
- Soit en adduction gravitaire : le lieu de captage se situe à une altitude supérieure à celle du réservoir, ce qui fait intervenir la pesanteur seule dans l'écoulement des eaux dans les conduites du réseau d'adduction.

## IV-2- Choix du tracé

Le choix de la conduite d'adduction doit tenir compte de certains impératifs que l'on se forcera dans la mesure du possible de respecter [4].

1. Le tracé doit être le plus court possible pour avoir un réseau économique ;
2. Aux points hauts du tracé, peuvent se conformés des contentements d'air difficiles à évacuer où des ventouses seront exigées, ainsi apparaît la nécessité d'éviter autant que possible les contres pentes ;
3. Eviter les profils horizontaux, qui peuvent perturber le régime d'écoulement ;
4. Il serait préférable de suivre les accotements des routes, pour faciliter les travaux ainsi que l'acheminement du matériau ;
5. Eviter les forêts et zones marécageuses ;
6. Rechercher les possibilités d'alimenter les agglomération gravitairement ;
7. Eviter les traversées des obstacles (routes, voies ferrées...etc) car cela nécessite la réalisation des ouvrages spéciaux.

## IV-3- Choix des types de conduites

Le choix porté sur les différentes conduites se fait en fonction de [5] :

- Diamètre ;
- Pressions supportées ;
- Les conditions d'installation ;
- Le revêtement ;
- La disponibilité ;
- Du prix unitaire,
- Du type de sol ;
- Ne pas omettre d'intégrer le coût de transport qui reste un paramètre important.
- 

Dans le cas de notre projet, on optera pour deux types de conduites à savoir :

### *1- Conduites en PEHD pour l'adduction avec gravitation :*

Avantages :

- Facilité de pose (grande flexibilité) ;
- Répond parfaitement aux normes de potabilité ;
- Durée de vie prouvée par l'expérience et le test de vieillissement (théoriquement de 50 ans à une température de 20°C) ;
- Bonnes caractéristiques hydrauliques (coefficient de rugosité très faible) ;
- Résiste à la corrosion interne, externe et microbiologique et à l'entartrage.

#### 2- Conduites en fonte ductile pour les conduites d'adduction en refoulement :

Avantages :

- Résistance à des grandes pressions (>à 20 bars) ;
- Permettre une pose simple et adéquate ;
- Adaptation au terrain accidenté.

### IV-4- Etude technico-économique

Elle consiste à étudier le choix le plus économique pour le diamètre de la conduite [6], qui repose sur deux critères :

- **Techniquement** : le diamètre de la conduite doit pouvoir faire transiter le plus grand débit, en assurant une pression de service compatible avec la résistance de la conduite et la vitesse d'écoulement doit être comprise entre 0,5 et 2 m/s.
- **Les frais d'investissement** : (Frais d'exploitation + Frais d'amortissement) sont proportionnels aux diamètres des conduites.

#### IV-4-1 Pré dimensionnement de la conduite d'adduction :

##### IV-4-1-1 Diamètre économique de la conduite d'adduction par refoulement :

Afin d'obtenir un équilibre relatif entre ces deux facteurs (dépenses), le diamètre doit être judicieusement choisi, de façon à avoir l'optimum économique qui résulte de ces deux types de dépenses. Pour cela, on dispose de deux corrélations établies par **BRESS** et **BONNIN** [7], qui permettent l'approximation de ce diamètre économique  $D_N$  :

Formule de BONNIN :

$$D_{N1} = \sqrt{Q} \quad (IV-1)$$

Formule de BRESS :

$$D_{N2} = 1.5 \times \sqrt{Q} \quad (IV-2)$$

Où :

D : est le diamètre de la conduite en m

Q : est le débit véhiculé en m<sup>3</sup>/s.

On prendra tous les diamètres compris entre  $D_{N1}$  et  $D_{N2}$ , mais le choix final se portera sur le diamètre pour lequel le coût sera minimal et la vitesse d'écoulement sera comprise entre **0.5m/s** et **2 m/s**.



**IV-4-1-2 Diamètre économique de la conduite d'adduction gravitaire :**

Pour les conduites gravitaires le diamètre est déterminé approximativement avec le choix de la vitesse d'écoulement  $V_{\min}$  et  $V_{\max}$ , telle que :

$$D_{\min} = [(4 \cdot Q) / (\pi \cdot V_{\min})]^{1/2} \quad (\text{IV-3})$$

Et

$$D_{\max} = [(4 \cdot Q) / (\pi \cdot V_{\max})]^{1/2} \quad (\text{IV-4})$$

Avec :

$D_{\min}$  : diamètre minimal de la conduite en (m) ;

$D_{\max}$  : diamètre maximal de la conduite en (m) ;

Q : débit transitant dans la conduite en m<sup>3</sup>/s ;

$V_{\max}$  : La vitesse maximale de l'écoulement dans la conduite qui est de 1.5 m/s,

$V_{\min}$  : La vitesse minimal de l'écoulement dans la conduite qui est de 0.5 m/s,

La vitesse est donnée par la formule suivante :

$$V = [(4 \cdot Q) / (\pi \cdot D^2)] \quad (\text{IV-5})$$

Avec :

V : La vitesse de l'écoulement dans la conduite ( m/s) ;

Q : débit transitant dans la conduite en (m<sup>3</sup>/s) ;

D : diamètre de la conduite en (m)

**IV-4-1-3- Perte de charge**

On rencontre deux types de pertes de charge dans les conduites d'adduction.

**A- Pertes de charge linéaires ;**

Elles sont déterminées par la formule de Darcy -Weisbach

$$H_L = \lambda \cdot L \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g \cdot D} \quad (\text{IV.6})$$

$$J = \frac{\lambda V^2}{2 \cdot g \cdot D} \quad (\text{IV.7})$$

- **Calcul du coefficient des pertes de charge }**

Pour déterminer le coefficient des pertes de charge } aux différents régimes, on peut appliquer les formules suivantes:

**Régime turbulent rugueux**

Formule de NIKURADZI :

$$\} = \left( 1.14 - 0.86 \times \text{Ln} \frac{K}{D} \right)^{-2} \quad (\text{IV-8})$$

• **Régime transitoire**

Formule de COLEBROOK :

$$\frac{1}{\sqrt{\}} = -2 \log \left[ \frac{K}{3.71 \times D} + \frac{2.51}{\text{Re} \times \sqrt{\}} \right] \quad (\text{IV-9})$$

Avec:

- J : Pertes de charge par frottement en mètre de colonne d'eau par mètre de tuyau.
- } : Coefficient de pertes de charge.
- D : Diamètre du tuyau en (m).
- V : Vitesse d'écoulement en (m/s).
- g : Accélération de la pesanteur en (m/s<sup>2</sup>).
- L : Longueur de la conduite en (m).
- K : Coefficient de rugosité équivalente de la paroi qui varie comme suit :
- Re : Nombre de Reynolds donné par la formule suivante :

$$\text{Re} = \frac{V \times D}{\epsilon} \quad (\text{IV-10})$$

Avec :

- $\epsilon$  : Viscosité cinématique de l'eau.
- à 10°C :  $\epsilon = 1.31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- à 20°C :  $\epsilon = 1.00 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- à 30°C :  $\epsilon = 0.08 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Connaissant le diamètre et le débit dans la conduite, on peut calculer les pertes de charge directement sur l'abaque donnée en annexe (1).

Pour les conduites en acier, la viscosité cinématique est donnée par la formule :

$$\epsilon = \frac{0.0178}{(1 + 0.0337t + 0.000221t^2)} \text{ [stockes]} \quad (\text{IV.11})$$

À  $t=20^\circ\text{C}$  ;  $\epsilon = 0.01 \text{ stockes} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

K : c'est la rugosité absolue, déterminée en mesurant l'épaisseur des protubérances des parois internes du tuyau.

Dans la pratique, il est évident de tenir compte de l'influence des pertes de charge, qui dépend des paramètres suivants :

- paramètres hydrauliques : vitesse moyenne, diamètre et pression,
- paramètres physico- chimique de l'eau : acidité, PH, dureté...

$$K=K_0+\Gamma t \quad (IV.12)$$

$K_0$  : rugosité absolue des tuyaux neufs. Elle varie entre 0.003-0.1 mm pour tous les tubes en acier soudés neufs.

$\Gamma$  : Coefficient de vieillissement déterminé par l'abaque de M.PETER LAMON donnée en annexe (2).

$\Gamma = 0.036$  mm/an, qui correspond à la zone de faible agressivité,

T : temps de service : 25 ans

$$K=0.1+0.036 \times 25=10^{-3}\text{m}$$

K/D : rugosité relative.

### ***B- Pertes de charge singulières***

Les pertes de charge singulières sont occasionnées par les vannes, robinets, ventouses, changement de direction ou de section ... etc.

Elles sont estimées à 15 % des pertes de charge linéaires.

$$H_s=0.15H_L \quad (IV.13)$$

$$J = 1.15 \frac{\lambda V^2}{D 2g} L \quad (IV.14)$$

### ***IV-4-1-4- Calcul de la hauteur manométrique totale ( HMT)***

Elle représente une hauteur d'élévation fictive qui résulte de la somme de la hauteur géométrique et des pertes de charges résultant de l'aspiration et du refoulement.

$$H_{MT}=H_g+H_t \quad (IV.15)$$

### ***IV-4-1-5-Puissance absorbée par la pompe :***

$$P = \frac{g H_m}{\eta} \quad (IV.16)$$

Où :

P : Puissance en Kw ;

$\eta$  : Rendement de pompage ( 0,7 ÷ 0,8) on prend  $\eta = 0,75$  ;

$H_{mt}$  : Hauteur manométrique totale ;

Q : Débit refoulé.

### ***IV-4-1-6- Energie consommée par la pompe***

$$E=P.t.365 \text{ (Kwh/an)} \quad (IV.17)$$

Où :

t : Nombre d'heure de pompage par jour.

P : puissance en KW

#### **IV-4-1-7- Prix d'énergie (Frais d'exploitation)**

$$\text{Prix} = E.e \quad (\text{IV.18})$$

Avec :

e : Prix du km/h d'après « Sonelgaz » e=5.48 DA/kwh.

E : énergie de consommation KWH / an.

#### **IV-4-1-8- Amortissement :**

L'annuité d'amortissement est déterminée par la relation :

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

où :

i : taux d'annuité (i=8%) ;

n : Nombre d'année d'amortissement (n=50).

D'où :

$$A = \frac{8\%}{(8\% + 1)^{50}} + 1 = 0.08170 \quad (\text{IV.20})$$

#### **IV-4-1-9- Calcul du bilan**

Le bilan sera calculé par la formule suivante:

$$\mathbf{B_L = F_{exp} + F_{am}} \quad (\text{IV-21})$$

### **IV-5- Calcul des diamètres économiques**

#### **IV-5-1- Adduction par refoulement**

##### **IV-5-1- 1- 1<sup>er</sup> Tronçon refoulement**

Conduite en fonte ductile classe K9 (annexe (9)).

Q=0.025 m<sup>3</sup>/s

L=1322.00 m

Hg=114.22m

$$D_1 = \sqrt{Q} = \sqrt{0.025} = 0.158 \text{ m}$$

$$D_2 = 1.5 * \sqrt{Q} = 0.158 * 1.5 = 0.237 \text{ m}$$

Donc les diamètres normalisés sont : 150, 200 et 250 mm.

- **Calcul de la hauteur manométrique totale (Hmt)**

Le tableau (IV-1) donne la variation de la H<sub>mt</sub> en fonction des diamètres.

**Tableau (IV-1) : Variation de Hmt en fonction des diamètres**

D(m)	V (m/s)	Re		j (m/m)	L (m)	H (m)	Hmt (m)
0.15	1.42	212314.23	0.0209602	0.01426858	1318.55	22.58	136.80
0.2	0.80	159235.67	0.02035896	0.00328887	1318.55	5.20	119.42
0.25	0.51	127388.54	0.02015938	0.00106713	1318.55	1.69	115.91

- **Calcul des frais d'exploitation**

Les variations des frais d'exploitation sont données dans le tableau (IV-2).

**Tableau (IV-2) : Variation des frais d'exploitation**

D (m)	P (Kw)	E (Kwh)	Fexp (Da)
0.15	44.73	326547.18	1789478.57
0.2	39.05	285076.68	1562220.22
0.25	37.90	276685.14	1516234.57

- **Calcul des frais d'amortissement**

Le tableau (IV-3) ci-après, nous donne la variation des frais d'amortissement en fonction des diamètres.

**Tableau (IV-3) : Variation des frais d'amortissement**

D (m)	Prix ml (Da)	L (m)	Frais amort (Da)
0.15	4200	1318.55	491918.33
0.2	5900	1318.55	691028.13
0.25	7200	1318.55	843288.57

- **Calcul de Bilan générale**

Le tableau (IV-4) nous renseigne sur le bilan général en fonction des diamètres.

**Tableau (IV-4) : Bilan générale**

D (m)	Fexp (Da)	Frais amort (Da)	BILAN
0,15	1789478.56	491918.33	2281396.89
<b>0,2</b>	<b>1562220.22</b>	<b>691028.13</b>	<b>2253248.35</b>
0,25	1516234.57	843288.56	2359523.13

Le Bilan minimal correspond au diamètre **200 mm** avec une vitesse de **0,8m/s** et une H<sub>mt</sub> de **119,42 m**.

**IV-5-1- 1- 2<sup>ème</sup> tronçon refoulement**

Conduite en fonte ductile classe K9.

$$Q=0.025 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L=3168.00 \text{ m}$$

$$H_g=174.28 \text{ m}$$

$$D_1=\sqrt{Q} = \sqrt{0.025} = 0.158 \text{ m}$$

$$D_2 = 1.5 * \sqrt{Q} = 0.158 * 1.5 = 0.237 \text{ m}$$

Donc les diamètres normalisés sont : 150, 200 et 250 mm.

- **Calcul de la hauteur manométrique totale (H<sub>mt</sub>) :**

Le tableau (IV-5) donne la variation de la H<sub>mt</sub> en fonction des diamètres.

**Tableau (IV-5) : Variation de H<sub>mt</sub> en fonction des diamètres**

D(m)	V (m/s)	Re		j (m/m)	L (m)	H (m)	H <sub>mt</sub> (m)
0.15	1.42	212314.23	0.020960201	0.01426858	3159.26	54.09	228.37
0.2	0.80	159235.67	0.020358959	0.00328887	3159.26	12.47	186.75
0.25	0.51	127388.54	0.020159384	0.00106713	3159.26	4.05	178.33

- **Calcul des frais d'exploitation**

Les variations des frais d'exploitation sont données dans le tableau (IV-6).

**Tableau (IV-6) : Variation des frais d'exploitation**

D (m)	P (Kw)	E (Kwh)	F <sub>exp</sub> (Da)
0.15	74.68	545151.09	2987427.97
0.20	61.07	445787.32	2442914.53
0.25	58.31	425681.10	2332732.41

- **Calcul des frais d'amortissement**

Le tableau (IV-7) ci-après, nous donne la variation des frais d'amortissement en fonction des diamètres.

**Tableau (IV-7) : Variation des frais d'amortissement**

D (m)	Prix ml (Da)	L (m)	Frais amort (Da)
0.15	4200	3159.26	1178641.62
<b>0.2</b>	<b>5900</b>	<b>3159.26</b>	<b>1655710.85</b>
0.25	7200	3159.26	2020528.49

- **Calcul de Bilan générale**

Le tableau (IV-8) nous renseigne sur le bilan général en fonction des diamètres.

*Tableau (IV-8) :Bilan générale*

<b>D (m)</b>	<b>Fexp (Da)</b>	<b>Frais amort (Da)</b>	<b>BILAN</b>
0,15	2987427.97	1178641.62	4166069.59
<b>0,2</b>	<b>2442914.53</b>	<b>1655710.84</b>	<b>4098625.38</b>
0,25	2332732.41	2020528.49	4353260.90

Le Bilan minimal correspond au diamètre **200 mm** avec une vitesse de **0.8m/s** et  $H_{mt}$  de **186.75 m**.

#### **IV-5-2- Adduction gravitaire**

Le dimensionnement de la conduite d'adduction gravitaire est conditionné par les pertes de charge ; étant donné que les pertes de charge réelles entre les deux réservoirs en question représentent la différence de niveau des plans d'eau, en d'autres termes la valeur de la hauteur géométrique ( $H_g$ ) [4]. . Et de ce fait, le diamètre à prendre en considération pour ce tronçon doit générer des pertes de charge ( $\Delta H$ ) inférieures ou égales à cette hauteur géométrique :

$$\Delta H \leq H_g$$

Dans ce cas, en fonction du débit véhiculé, on peut choisir une gamme de diamètre ayant des vitesses d'écoulement variant entre 0.5 et 2.0 m/s ; ainsi, pour chaque diamètre, des pertes de charge peuvent être calculées en fonction de la longueur du tronçon. Le choix des diamètres nécessaires pour la conduite se fera en choisissant les diamètres générant des pertes de charges ( $\Delta H$ ) inférieures mais proche de la charge disponible ( $H_g$ ) tout en évitant que la ligne piézométrique ne couper le terrain naturel du tracé de la conduite.

#### **IV-5-21-- Adduction gravitaire RéservoirTighremt – Réservoir Ath Djaad (SR)**

- Le débit véhiculé :  $Q = 25$  l/s
- La longueur totale :  $L = 5710$  m
- Côte radier de départ :  $CR = 954.97$ m
- Côte trop plein d'arrivée :  $CTP = 857.54$  m

Vu le profil topographique qui présente des sommets et des bas-fonds importants et afin d'éviter que la ligne piézométrique coupe le terrain naturel, nous avons procéder à la vérification des gammes de conduites qui nous permettent de nous y installer dans l'intervalle des vitesses.

Le tableau (IV-9) nous montre les différents paramètres hydrauliques en fonction des diamètres., notamment la charge disponible en certains points les plus défavorables du profil.

*Tableau (IV-9) : calcul des charges disponible sur les points du profil en fonction de la gammes des diamètre*

n°	CTN	HG (m)	L (m)	Q (l/s)	ext (mm)=160 mm			ext (mm)=200 mm			ext (mm)=250 mm		
					V (m/s)	PDCT (m)	Charge D (m)	V (m/s)	PDCT (m)	Charge D (m)	V (m/s)	PDCT (m)	Charge D (m)
0	954	0.00	0.00	25	1.86	0.00	<b>0.00</b>	1.19	0.00	<b>0.00</b>	0.76	0.00	<b>0.00</b>
28	883.08	70.92	704.6	25	1.86	19.28	<b>51.64</b>	1.19	5.98	<b>64.94</b>	0.76	1.86	<b>69.06</b>
31	885.81	68.19	820.8	25	1.86	22.45	<b>45.74</b>	1.19	6.96	<b>61.23</b>	0.76	2.16	<b>66.03</b>
93	820.85	133.15	1706.7	25	1.86	46.69	<b>86.46</b>	1.19	14.48	<b>118.67</b>	0.76	4.50	<b>128.65</b>
26	889.6	64.4	2415.8	25	1.86	66.09	<b>-1.69</b>	1.19	20.50	<b>43.90</b>	0.76	6.37	<b>58.03</b>
96	780	174	3941	25	1.86	107.81	<b>66.19</b>	1.19	33.44	<b>140.56</b>	0.76	10.39	<b>163.61</b>
112	804.58	149.42	4418.2	25	1.86	120.87	<b>28.55</b>	1.19	37.49	<b>111.93</b>	0.76	11.65	<b>137.77</b>
SR1	887.54	66.46	5710	25	1.86	156.21	<b>-89.75</b>	1.19	48.45	<b>18.01</b>	0.76	15.06	<b>51.40</b>



En traçant les lignes piézométriques correspondantes aux trois diamètres (Figure (IV-1)), nous remarquons que le profil correspondant au diamètre 160 coupe le terrain naturel et présente des pressions négatives aux points 26 (-1.69 m) et SR1 (-89.70 m).

Le diamètre 200 PEHD PN16 assure l'écoulement gravitaire avec une charge de 18.01 m au point d'arrivée (SR1).

Le diamètre **250 PEHD PN16** au point 96 réunit une charge disponible qui dépasse 163.61 m, c'est-à-dire la valeur de la pression nominale de la conduite (PN16).

On opte pour la conduite 200 PEHD PN16.



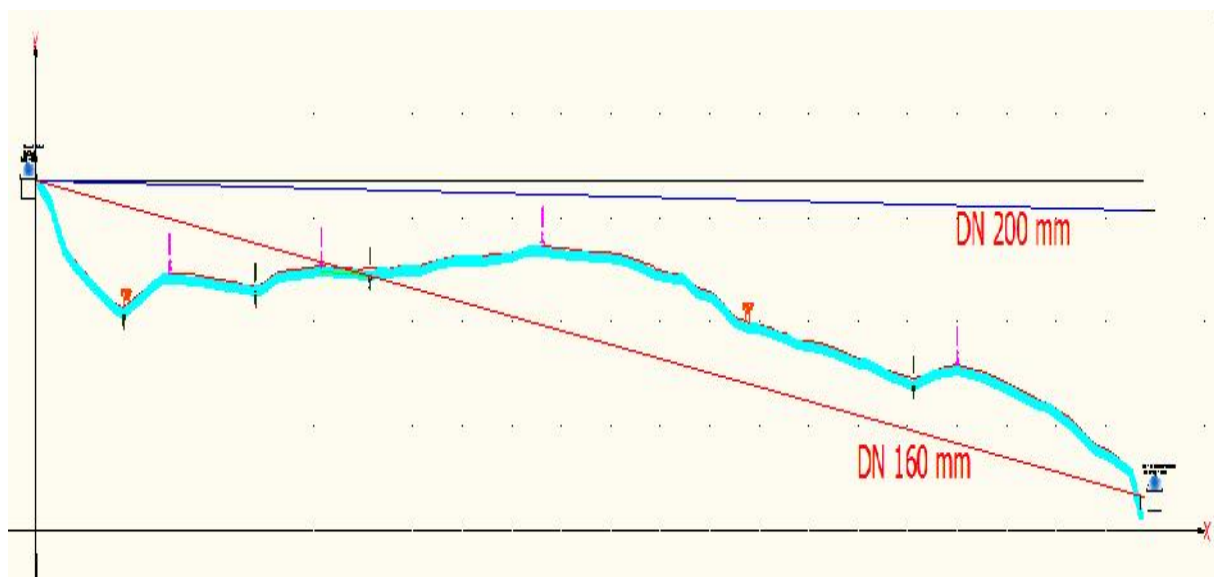
**Figure (IV-1) : Variation de la charge disponible en fonction des diamètres**

**A- Adduction gravitaire Réservoir Ath Djaad - Réservoir Tizeght SR2**

- Le débit véhiculé :  $Q = 25 \text{ l/s}$
- La longueur totale :  $L = 2782 \text{ m}$
- Côte radier de départ :  $CR = 968.93 \text{ m}$
- Côte trop plein d'arrivée :  $CTP = 888.42 \text{ m}$

Vu le profil topographique qui présente des crêtes et des bas-fonds importants et afin d'éviter que la ligne piézométrique coupe le terrain naturel, nous avons procédé à la vérification des gammes de conduites qui nous permettent de nous y installer dans l'intervalle des vitesses, le tableau (IV-10) ci-après résume les résultats de calcul hydraulique en fonction des trois diamètres.

Les profils piézométriques sont représentés sur la figure (IV-2) de la variation de la charge disponible en fonction des diamètres.



*Figure (IV-2) : Variation de la charge disponible en fonction des diamètres*

Le diamètre **DN 160 mm** présente des pressions négatives aux points : 34, 52, 95 et 99.

Le diamètre **DN 200 mm** présente une pression au sol de 55.83 m, cette dernière est suffisante pour l'adduction gravitaire Réservoirs Ath Djaad –SR 2.

**Tableau (IV-10) : Calcul des charges disponibles aux points du profil en fonction de la gammes des diamètres**

n°	CTN	HG (m)	L(m)	Q(l/s)	ext (mm)=160 mm			ext (mm)=200 mm			ext (mm)=250 mm		
					V (m/s)	PDCT(m)	Charge D (m)	V (m/s)	PDCT(m)	Charge D (m)	V (m/s)	PDCT(m)	Charge D (m)
Rv	966.93	0.00	0.00	25	1.86	0.00	<b>0</b>	1.19	0.00	<b>0.00</b>	0.76	0.00	0.00
12	936.32	30.61	215.33	25	1.86	5.89	<b>24.72</b>	1.19	1.83	<b>28.78</b>	0.76	0.57	<b>30.04</b>
17	944.54	22.39	332.39	25	1.86	9.09	<b>13.30</b>	1.19	2.82	<b>19.57</b>	0.76	0.88	<b>21.51</b>
25	941.62	25.31	548.07	25	1.86	14.99	<b>10.32</b>	1.19	4.65	<b>20.66</b>	0.76	1.45	<b>23.86</b>
30	946.2	20.73	714.48	25	1.86	19.55	<b>1.18</b>	1.19	6.06	<b>14.67</b>	0.76	1.88	<b>18.85</b>
34	946.03	20.9	837.14	25	1.86	22.90	<b>-2.00</b>	1.19	7.10	<b>13.80</b>	0.76	2.21	<b>18.69</b>
52	951.2	15.73	1271.09	25	1.86	34.77	<b>-19.04</b>	1.19	10.78	<b>4.95</b>	0.76	3.35	<b>12.38</b>
95	919.08	47.85	2209	25	1.86	60.43	<b>-12.58</b>	1.19	18.74	<b>29.11</b>	0.76	5.82	<b>42.03</b>
99	922.1	44.83	2334.05	25	1.86	63.85	<b>-19.02</b>	1.19	19.80	<b>25.03</b>	0.76	6.15	<b>38.68</b>
Sr2	887.5	79.43	2782	25	1.86	76.11	<b>3.32</b>	1.19	23.60	<b>55.83</b>	0.76	7.34	<b>72.09</b>

## **IV-6- Equipement en ligne**

Le long d'une canalisation divers accessoires sont installés pour :

- ✓ Assurer un bon écoulement ;
- ✓ Régulariser les pressions et mesurer les débits ;
- ✓ Protéger les canalisations.

Les décharges servent à protéger les conduites. Elles sont placées aux points bas et sont constituées d'une canalisation piquée sur la génératrice inférieure, aboutissant à un regard maçonnerie.

### **IV-6-1- Les ventouses**

Elles sont installées aux points hauts du réseau d'adduction, les ventouses ont trois fonctions :

- ✓ Chasser en permanence l'air contenu dans les conduites ;
- ✓ Chasser l'air à grands débits au cours des opérations de remplissage des conduites ;
- ✓ Laisser pénétrer l'air à grand débit lors de vidange involontaire de la conduite afin d'éviter la mise en dépression ;

Les ventouses sont installées à la génératrice supérieure d'un tuyau.

Le dimensionnement des ventouses se fait en prenant en compte deux paramètres :

- La pression de fonctionnement ;
- La taille de la ventouse déterminée par celle du circuit d'évacuation de l'air et lui même dépend de débit d'air qui doit être chassé ou introduit dans la conduite.

### **IV-6-2- Les vannes**

#### ***IV-6-2-1- Robinet vanne***

Seront placés à la fin de chaque tronçon, ce sont des vannes dites à fermeture lente, leur manœuvre n'apporte généralement pas de perturbations sensibles dans le réseau (vanne de sectionnement).

#### ***IV-6-2-2 Robinet papillon***

Les robinets à papillon sont également prévus sur la ligne de notre adduction en vue de faciliter les réparations, ils seront installés avec les vidanges.

### **IV-6-3- Les ouvrages spéciaux**

Clapet anti-retour, cônes, tés, coudes, vannes à flotteur, ....

Toutes les pièces spéciales sont fabriquées à la demande du maître de l'œuvre, ces pièces peuvent comporter des brides afin de pouvoir les raccorder aux robinets vanne par exemple.

### **IV-6-4- Les joints des conduites en frites béton**

Les joints effectués sont :

- ✓ Disposés à cheval sur les tuyaux à assemblées, une couronne plate striée en acier ; ou matte, allant dans l'intervalle de la corde goudronnée et du plomb cordé, une bague armée et bétonnée entoure l'ensemble qui est coulé sur le chantier de pose. Tout cet ensemble peut aussi être remplacé par joint GIBAUD spécial.
- ✓ Ou bien le raccordement effectuer par mâle et femelle avec un anneau de joint en caoutchouc.

**IV-7 Conclusion :**

A travers ce chapitre consacré à l'adduction, nous présumons avoir touché aux grands axes de l'étude technique qui est loin d'être aussi brève, car nous avons calculé les différents paramètres, à savoir, la vitesse d'écoulement, les pertes de charge, l'énergie consommée, ainsi que les frais d'exploitations et d'amortissement.

Par conséquent, après cette étude technico-économique pour l'adduction, il est nécessaire de choisir les pompes qui doivent répondre aux conditions d'exploitations désirées. Dans le chapitre qui va suivre, on fera une étude détaillée pour le choix de pompes pour chaque station de pompage.

# ***Chapitre V***

## ***Pompes***

## V-1- Introduction

La pompe est un appareil qui aspire un fluide d'une région à basse pression pour le refouler à une région à plus grande pression.

Du point de vue physique, le fonctionnement d'une pompe consiste à transformer l'énergie mécanique de son moteur d'entraînement en énergie hydraulique, c'est-à-dire qu'elle transmet au courant liquide qui la traverse une certaine puissance.

La réserve d'énergie reçue par le liquide à l'intérieur de la pompe permet au courant de surmonter les pertes de charge et de s'élever jusqu'à une certaine hauteur. La source d'énergie utilisée pour l'alimentation des pompes est l'électricité.

On disposera au niveau de chaque station une pompe de secours identique à celle qui assure le service.

Les pompes les plus utilisées sont les pompes centrifuges, vu qu'elles permettent le refoulement des débits importants à des hauteurs considérables, et qu'elles constituent des groupes légers peu coûteux et présentent un bon rendement.

### V-1-1- Eléments constitutifs d'une station de pompage

Chaque station de pompage est généralement constituée des éléments suivants [5]:

- Une bache de reprise de forme rectangulaire ; celle-ci est devisée en deux compartiments, afin de pouvoir mettre un des deux hors service lors des travaux de maintenance (principalement le nettoyage) ou d'éventuelles réparations. Dans le but de pouvoir mettre hors service l'un des compartiments, il est prévu d'installer des vannes de sectionnement dans la chambre des vannes. Le débit d'alimentation des pompes doit être assuré par un seul compartiment.
- Une chambre des pompes et moteurs dont le radier est situé en contrebas de la bache de reprise.
- Une clôture permettra de délimiter le périmètre des installations.

## V-2- Classification des pompes

Suivant le mode de déplacement du liquide à l'intérieur de la pompe, le classement des pompes se fait selon deux grandes catégories :

### V-2-1- Les pompes volumétriques

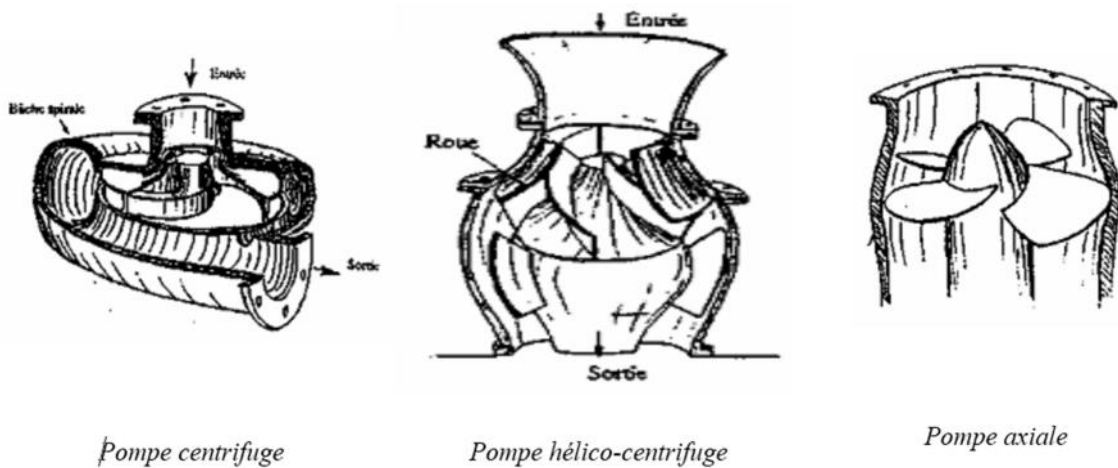
L'énergie est fournie par les variations successives d'un volume raccordé alternativement à l'orifice d'aspiration et à l'orifice du refoulement.

Elles sont constituées de pompes alternatives (à piston, à diaphragme, ... etc.) et de pompes rotatives (à vis, à engrenage, à palettes, hélicoïdales, péristaltiques ...etc.).

### V-2-2- Les turbopompes

Une turbopompe est munie d'une roue équipée d'aubes ou d'ailettes, animée d'un mouvement de rotation, et fournit au fluide de l'énergie cinétique dont une partie est transformée en pression, par réduction de vitesse dans un organe appelé récupérateur. Il est important de souligner que ces pompes sont les plus universellement utilisées. De ces dernières, on distingue suivant le type de roue et son mode d'action trois catégories (figure (V-1)), à savoir :

- **Pompes centrifuges** : hauteur d'élévation très importante.
- **Pompes hélices** : débit important et hauteur d'élévation faible.
- **Pompes hélico-centrifuges** : débit moyen, hauteur d'élévation allant jusqu'à 25-30 m.



**Figure (V-1) : Les Différents types de pompe**

Les pompes centrifuges sont classées selon les critères suivants :

- Le nombre de cellules (monocellulaire, multicellulaires).
- La disposition de l'axe de rotation (horizontal, vertical, incliné).
- L'importance de la pression produite.
- La nature du fluide.
- Le domaine d'utilisation.

On peut classer également les pompes centrifuges comme suit :

- ❖ **Suivant la forme du corps de la roue :**
  - Pompe centrifuges radiales.
  - Pompe centrifuge semi axiales.
- ❖ **Suivant la forme du corps de la pompe :**
  - Pompe à volute ou colimaçon.
  - Pompe à diffuseur circulaire.



❖ *Suivant le nombre de roue :*

- Monocellulaire.
- Multicellulaires.

❖ *Suivant la position de son axe :*

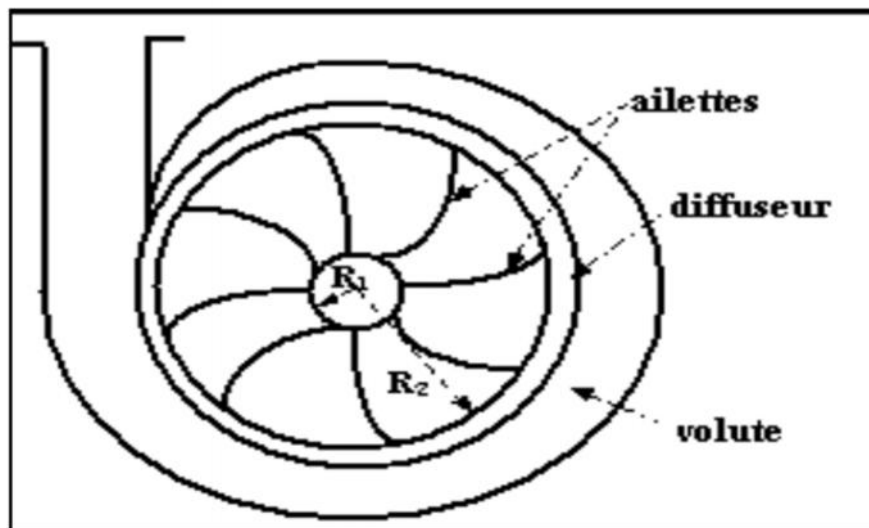
- Pompe à axe horizontal.
- Pompe à axe vertical.

### V-3- Constitution d'une pompe centrifuge

D'une façon générale, une pompe comporte [4] :

#### V-3-1- Diffuseur et volute

Son rôle est la collecte du fluide à la sortie de la roue pour l'acheminer vers la section (croissante) de la sortie de la machine (Figure (V-2)).



*Figure (V-2) : Diffuseur et volute*

#### V-3-2- La roue

C'est un organe mobile appelé encore rotor ou impulseur. A l'intérieur de la roue, des canaux hydrauliques sont séparés par les aubes incurvées ; ces canaux peuvent être maintenus entre deux flasques (roue fermée (Figure (V-3)) : l'un de ces flasques ou les deux peuvent être absents (roue semi-ouverte (Figure (V-4)), ou ouverte (Figure (V-5)), ce qui facilite le pompage des eaux chargées en corps solides.

Le rotor est caractérisé par les angles de ces aubages, ses diamètres, sa longueur, et enfin la vitesse à laquelle elle doit tourner. Elle fournit au liquide une énergie cinétique qui l'entraîne vers la périphérie du fait des forces centrifuges.



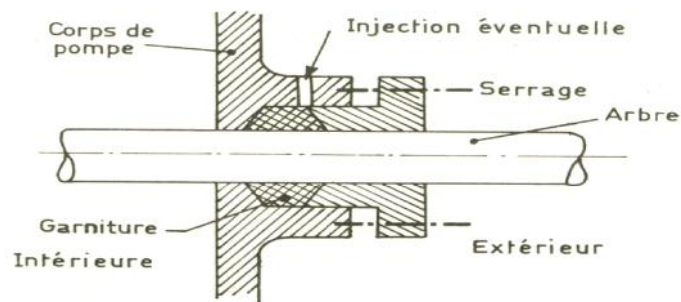
*Figure (V-3): Roue fermée    Figure (V-4) : Roue semi Ouverte    Figure (V-5): Roue ouverte*

### V-3-3- Vis de remplissage

Elle est située sur le corps de la pompe.

### V-3-4- Presse-étoupe

Pour éviter les rentrées d'air et des fluides dans le corps de la pompe, on utilise une presse-étoupe, son rôle est d'assurer l'étanchéité de la roue (Figure (V-6)).



*Figure (V-6) : Presse étoupe*

### V-3-5- Flasques

Ils assurent le raccordement entre la pompe et le presse-étoupe.

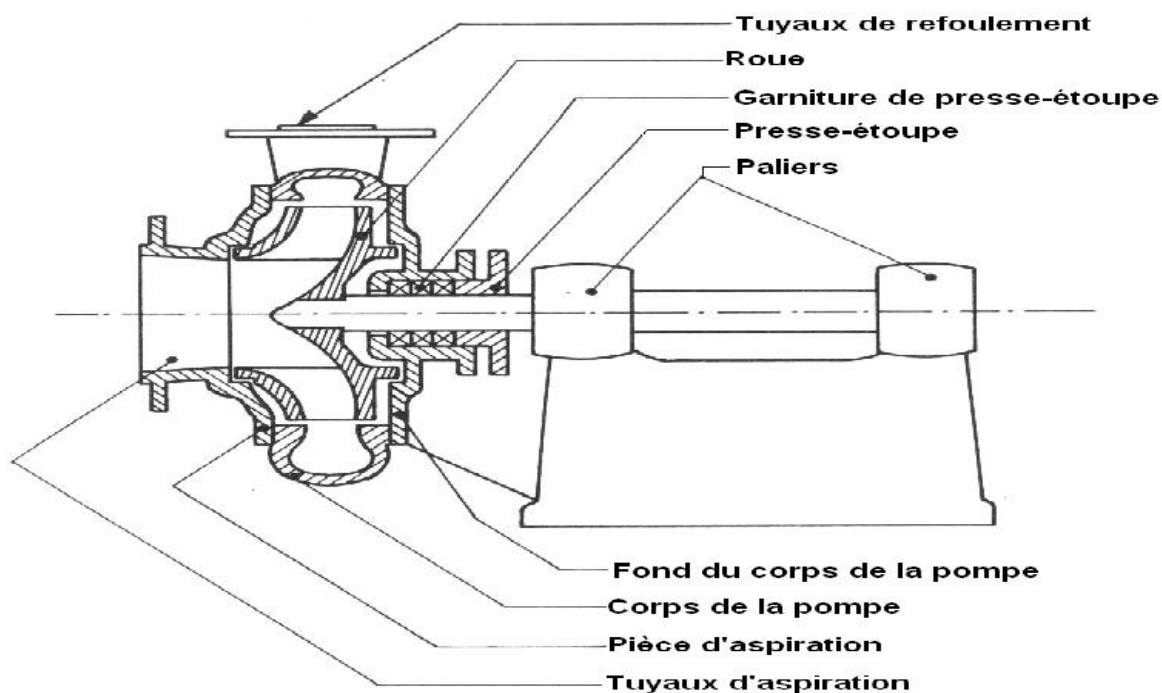
### V-3-6- Le palier

Supporte l'arbre de transmission à l'intérieur duquel on trouve différents roulements.

### V-3-7- L'arbre

L'accouplement se fait soit par moteur électrique soit par un moteur thermique.

La figure (V-7) donne d'une façon générale les éléments de base d'une turbopompe.



*Figure (V-7): Constitution d'une turbopompe*

#### V-4- Choix d'une pompe

Les pompes à installer sont choisies pour répondre à des conditions précises de fonctionnement [4]:

- Le débit ( $Q$ ).
- La hauteur manométrique totale ( $H_{mt}$ ).
- Le rendement de la pompe ( $\eta$ ).

Ces caractéristiques nous permettent de choisir le type de pompe convenable.

Pour la station de pompage sur forage, on adapte un groupe électropompe immergé vu les avantages qu'ils présentent, à savoir :

- Fiabilité.
- Amorçage automatique.
- Rendement élevé.
- Entretien presque nul.

Pour les stations de pompage, notre choix se portera sur les pompes centrifuges à axe horizontal.

##### V-4-1- Les courbes caractéristiques d'une pompe

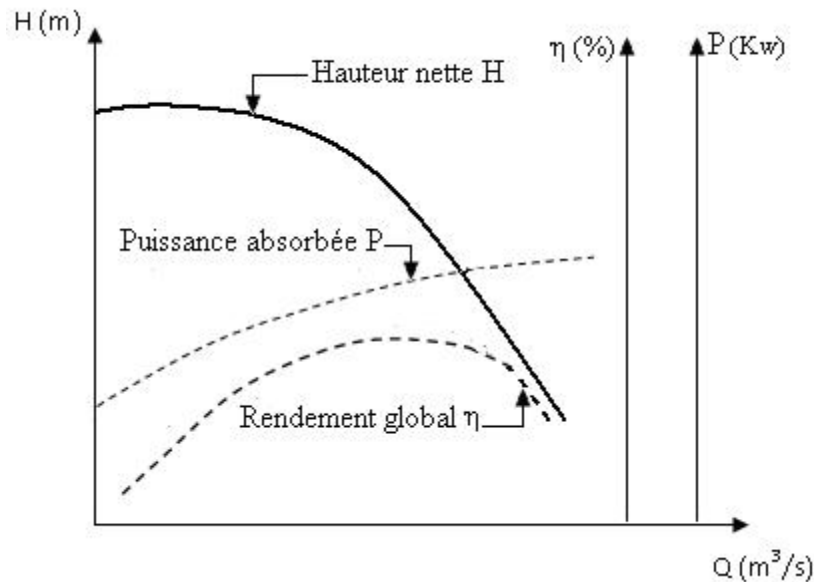
Les performances d'une pompe sont représentées par les courbes suivantes (Figure (V-8)) [4].

- **La courbe hauteur-débit «  $H = f(Q)$  » :**  
Elle présente les variations des différentes hauteurs en fonction du débit.
- **La courbe rendement-débit «  $\eta = f(Q)$  » :**

Cette courbe présente les valeurs du rendement en fonction du débit.

• **La courbe des puissances absorbées–débit «  $P_a = f(Q)$  » :**

Elle représente la variation des puissances absorbées en fonction des débits.



**Figure (V-8):** Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge

**V-4-2- Puissance absorbée**

L'expression permettant de calculer la puissance absorbée par une pompe est la suivante :

$$P_a = \frac{9.81 \cdot H_{mt} \cdot Q}{\eta} \quad (V-1)$$

Avec :

- $P_a$  : Puissance absorbée en (Kw).
- $Q$  : Débit à refouler en ( $m^3/s$ ).
- $H_{mt}$  : Hauteur manométrique totale (m).
- $\eta$  : Rendement de la pompe.

**V-4-3- Hauteur manométrique totale ( $H_{mt}$ )**

La  $H_{mt}$  est la somme des termes suivants:

$$H_{mt} = H_a + H_r + J_a + J_r \quad (V-2)$$

**V-4-3-1- La hauteur géométrique de refoulement ( $H_r$ )**

Elle est toujours positive pour un groupe horizontal, c'est la distance entre le point le plus haut à atteindre et l'axe horizontal de la pompe.

Pour un groupe vertical, elle représente la distance séparant le point le plus haut et le plan de la première roue.

**V-4-3-2- La hauteur géométrique d'aspiration ( $H_a$ )**

Qui sera négative pour une aspiration en dépression, positive pour une aspiration en charge. C'est la distance séparant l'axe de la pompe du plan de pompage pour un groupe horizontal. Elle représentera la distance qui sépare le plan de la première roue (pompe multicellulaires) et le plan de pompage s'il s'agit d'un groupe vertical.

#### **V-4-3-3- Les pertes de charges totales (d'aspiration et de refoulement)**

La pompe devra compenser les dissipations d'énergie dans les conduites tant d'aspiration que de refoulement, elles sont évaluées en hauteur exprimée en mètres.

$$J_T = J_a + J_r \text{ (m)} \quad (\text{V-3})$$

Avec :

- $J_a$ : Pertes de charge à l'aspiration.
- $J_r$ : Pertes de charge au refoulement.

### **V-5- Le point de fonctionnement de la pompe**

#### **V-5-1- Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré**

##### **V-5-1-1- Caractéristique de la conduite**

On appelle caractéristique d'une conduite la courbe qui représente pour une canalisation de diamètre  $D$  et de longueur  $L$ , la variation de la perte de charge en fonction du débit, c'est la traduction graphique dans un système de coordonnées  $JQ$  de l'expression :

$$J = R \cdot Q^2 \quad (\text{V-4})$$

- $R$  : Coefficient qui caractérise la résistance de la conduite.

$$R = 1,1 \times \frac{8 \times \lambda L}{2 \times D^5 \times g} \quad (\text{V-5})$$

Avec :

- $L$  : Longueur de la conduite.
- $\lambda$  : Coefficient de frottement de Darcy.
- $D$  : Diamètre de la conduite.
- $g$  : Accélération de la pesanteur ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ).

En tenant compte de la hauteur géométrique,  $H_g$  la caractéristique de la conduite devient :

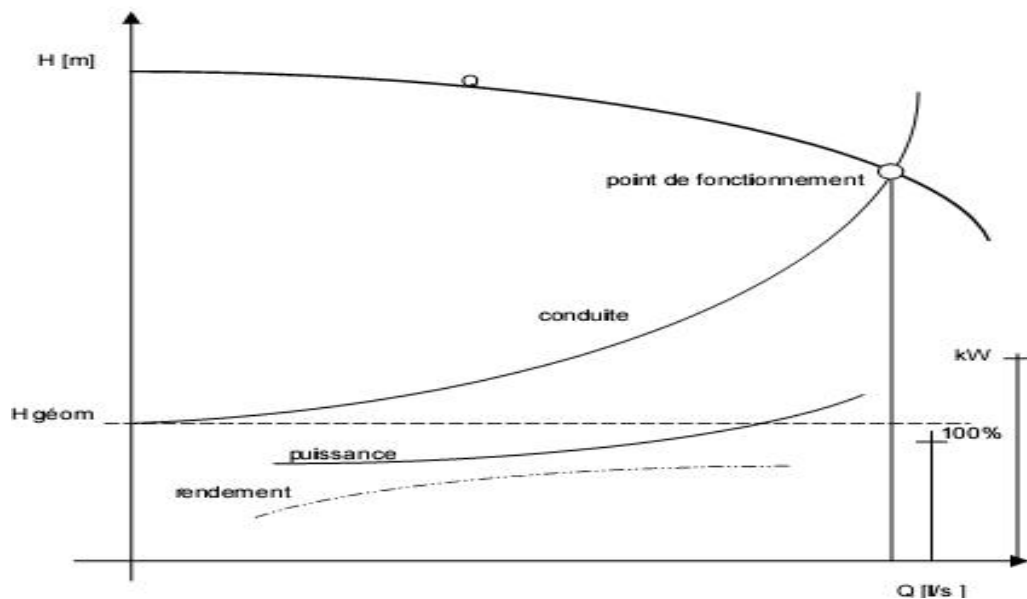
$$H_c = H_g + J \quad (\text{V-6})$$

Où :

- $H_g$  : Hauteur géométrique (m).
- $J$  : Pertes de charge totales (m).

Graphiquement, le point de fonctionnement est le point d'intersection de la courbe caractéristique de la conduite «  $H_c = f(Q)$  » et celle de la pompe «  $H = f(Q)$  »

(Figure (V-9)) ; et pour un meilleur fonctionnement, ce point doit être situé au droit du rendement maximum de la pompe appelé point nominal.



**Figure (V-9) :** Point de fonctionnement d'une pompe

Dans le cas où le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré de coordonnées H et Q déterminés, on sera dans l'obligation d'apporter quelques modifications afin d'adapter la pompe aux conditions de travail désirées.

Le point de fonctionnement peut être obtenu par la modification de l'un des paramètres de fonctionnement de la pompe, d'où l'intérêt pratique des lois de similitudes. Pour cela, quatre cas peuvent se présenter :

#### **A- Première variante : Réduction ou augmentation du temps de pompage**

On garde la courbe  $H = f(Q)$  telle qu'elle est, le débit Q sera plus grand que le débit désiré ; pour cela, nous sommes tenus de faire diminuer le temps de pompage tout en conservant le volume d'eau constant.

Le volume d'eau entrant dans le réservoir pendant un temps  $T_1 = 20$  heures est de:  $V(m^3) = 20 \times Q_1$ ; ce même volume sera obtenu par le refoulement d'un débit Q pendant un temps  $T'$ . Donc, on peut écrire :

$$Q \times T' = 20 \times Q_1 \quad (V-7)$$

D'où :

$$T' = 20 \times \frac{Q_1}{Q} \quad (V-8)$$

Et la puissance absorbée par la pompe sera :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} \text{ (kw)} \quad (V-9)$$

### B- Deuxième variante : Régulation par étouffement (Le vannage)

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

$$P = \frac{g \times Q_1 \times H'}{y} \text{ (kw)} \quad (\text{V-10})$$

Avec :

$$H' = H_1 + h \text{ (m)} \quad (\text{V-11})$$

Où

- $h$  : Perte de charge engendrée par vannage en (m),
- $H'$ : La hauteur créée par la pompe pour le débit désiré  $Q_1$ ,
- $\eta$ : Le rendement.

### C- Troisième variante : Rognage de la roue

Le rognage s'effectue en gardant la même vitesse de rotation  $N$ , et cela, en traçant une droite par l'origine et par le point  $P_1$  ; celle-ci coupe la courbe caractéristique de la pompe au point  $P_2$  ( $Q_2, H_2$ ) avant le rognage qui est le **point homologue** du point désiré. On aura alors :

$$m = \left( \frac{Q_1}{Q_2} \right)^{\frac{1}{2}} = \left( \frac{H_1}{H_2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{V-12})$$

Avec :

- $m$  : Coefficient de rognage.

Le pourcentage de rognage ( $r$ ) sera :

$$r = 1 - m(\%) \quad (\text{V-13})$$

La puissance absorbée par la pompe est :

$$P = \frac{g \times Q_1 \times H_1}{y} \text{ (KW)} \quad (\text{V-14})$$

#### ▪ Inconvénient :

Très difficile de réaliser le rognage de la roue, car il demande une très grande précision.

### D- Quatrième variante : Variation de la vitesse de rotation

Dans ce cas, on fait varier la vitesse de rotation, sa diminution entraînera la diminution du débit et également la puissance absorbée.

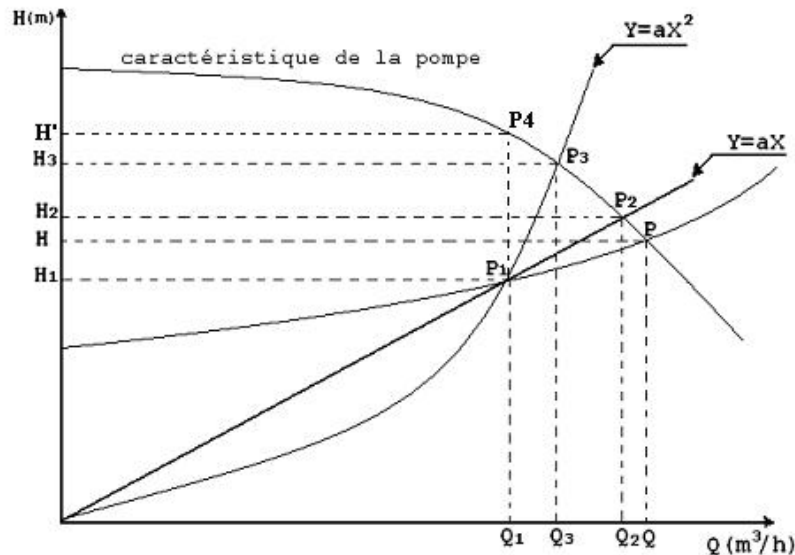
On trace la parabole d'équation  $y = ax^2$  (**Courbe d'iso-rendement**) qui contient le point homologue qui passe par  $P_1$  (Figure (V-10)) et qui coupe la courbe caractéristique de la pompe au point  $P_3$  ( $Q_3, H_3$ ).

On aura alors la nouvelle vitesse de rotation  $N'$  donnée par:

$$N' = N \times \frac{Q_1}{Q_3} \text{ (Tr /min)} \quad (\text{V-15})$$

Et la puissance absorbée par la pompe sera :

$$P = p_f \frac{N_h}{N_f} \text{ (kw)} \quad (\text{V-16})$$



*Figure (V-10) : Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré*

## V-6- Couplage des pompes

Dans bien des cas, les besoins (H-Q) ne peuvent être satisfaits que par une seule pompe, ou, pour des raisons de souplesse, on préfère utiliser plusieurs pompes. Dans ces cas, on sera amené à utiliser un couplage de pompes[5] .

### V-6-1- Couplage en parallèle

Ce montage se rencontre lorsque l'on désire, pour une même hauteur de refoulement, augmenter le débit. La caractéristique de l'ensemble des deux pompes s'obtient en ajoutant pour une même hauteur les débits de chaque pompe. Il est souvent bien avantageux d'utiliser deux pompes identiques ce qui évite les risques de décrochage et améliore le rendement de l'ensemble.

Il faudra de toute façon utiliser des pompes ayant une caractéristique constamment plongeante afin d'éviter le risque de faire barboter une des pompes.

### V-6-2- Couplage en série

Ce montage s'emploie lorsque l'on veut augmenter la hauteur de refoulement. Ce cas se rencontre par exemple sur des forages où une pompe immergée relève l'eau jusqu'à la surface, où elle est reprise par une pompe de surface. Dans ce cas, la caractéristique de l'ensemble des deux pompes s'obtient en ajoutant pour un débit donné les hauteurs de refoulement des deux pompes.

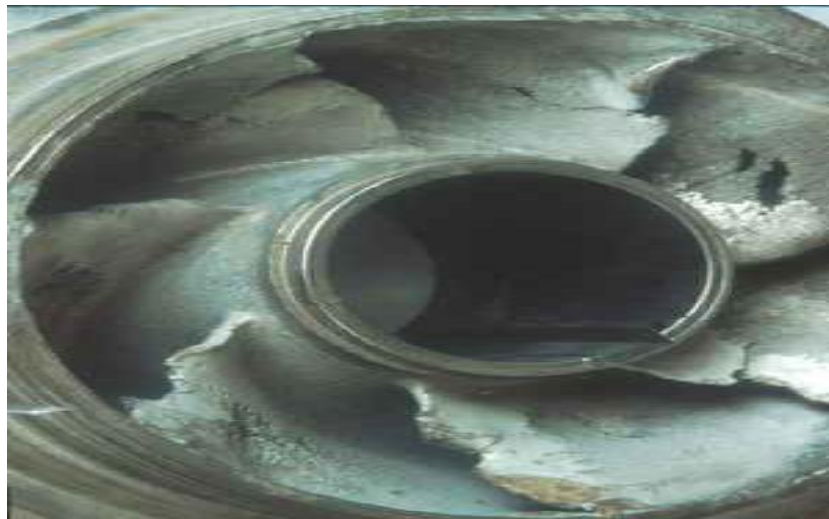


### V-7- Etude de la cavitation

La cavitation est un phénomène physique très complexe [4], qui se manifeste lorsque la pression absolue du liquide descend au-dessous de la tension de vapeur du liquide. Il se forme des bulles d'air, qui, dans les zones de pression les plus élevées, provoquent d'importantes perturbations ; bruits dans l'écoulement, des vibrations, ce qui entraîne la détérioration des caractéristiques hydrauliques (le rendement, la hauteur de refoulement,...etc.) et l'érosion des matériaux au niveau de la pompe (Figure (V-11)).

Pour éviter ce phénomène, on doit assurer à l'aspiration une certaine pression dite : Charge nette minimale disponible à l'aspiration (NPSH)<sub>d</sub> (donnée par l'utilisateur), qui sera supérieure à la Charge nette minimale requise à l'aspiration (NPSH)<sub>r</sub> (donnée par le constructeur) :

$$\text{NPSH}_d > \text{NPSH}_r$$



*Figure (V-11): Photo illustrant le phénomène de cavitation sur des aubes d'une pompe centrifuge*

- ❖ **NPSH<sub>d</sub>** : La charge nette d'aspiration disponible, est simplement une mesure permettant de quantifier la hauteur manométrique d'aspiration disponible pour éviter la vaporisation au niveau le plus bas de la pression dans la pompe.
- ❖ **NPSH<sub>r</sub>** : La charge d'aspiration requise par le constructeur, est la hauteur minimale de liquide, supposée à sa température d'ébullition, nécessaire au-dessus de l'aspiration pour empêcher la cavitation. Elle dépend de :
  - Type de la pompe,
  - Point de fonctionnement.

Elle est donnée par le fabricant sous la forme d'une courbe donnant le NPSH requis (en mètre de liquide) en fonction du débit (Figure (V-12)).

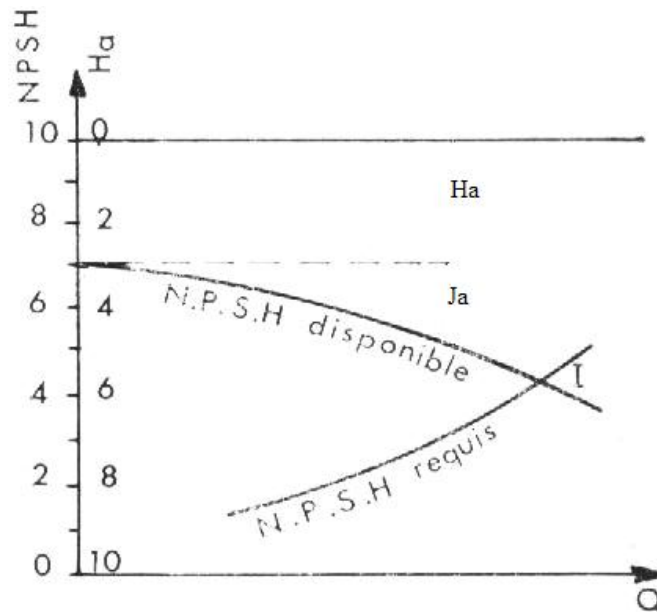


Figure (V-12) : Courbe des NPSH

❖ Qu'est-ce que le N.P.S.H. ?

Le NPSH est simplement une mesure permettant de quantifier la hauteur manométrique d'aspiration disponible pour éviter la vaporisation au niveau le plus bas de la pression dans la pompe.

➤ Pour l'alimentation en charge :

$$(NPSH) d = \frac{P_0}{g \times \dots} + H_a - (J_a + T_v) \tag{V-17}$$

➤ Pour l'alimentation en dépression :

$$(NPSH) d = \frac{P_0}{g \times \dots} - H_a - (J_a + T_v) \tag{V-18}$$

Avec :

- \$H\_a\$ : Hauteur d'aspiration en (m).
- \$J\_a\$ : Pertes de charge à l'aspiration en (m).
- \$\frac{P\_0}{g \times}\$ : Pression en mètre de colonne d'eau au point d'aspiration en (m).
- \$T\_v\$ : C'est la pression de vapeur maximale que l'air peut supporter à une température donnée (tableau (V-1)).

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

T°C	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
T <sub>v</sub> (mce)	0.06	0.125	0.238	0.432	0.752	1.25	2.03	3.17	4.82	7.14	10.33

## V-8- Choix du type des pompes pour différentes stations

### V-8-1- Les pompes installées sur la station de reprise (SR1)

#### V-8-1-1- Caractéristiques de la conduite

$$Q = 25 \text{ l/s}$$

$$L = 1321.99 \text{ m}$$

$$D_{\text{ext}} = 200 \text{ mm.}$$

$$H_{\text{mt}} = 119.42 \text{ m}$$

#### V-8-1-2- Caractéristiques de la pompe :

D'après le catalogue numérique CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques suivantes :

- Pompe **PM 100/ 2 C** (Annexe (3)).
- Centrifuge multicellulaire pour hautes pressions à axe horizontal.
- Roues, diffuseurs et corps d'aspiration : en fonte.
- Corps de refoulement et corps d'étage : en fonte (PMS : en fonte sphéroïdale).
- Corps de refoulement avec pieds de support et orifice de refoulement tourné vers le haut ; corps d'aspiration à bouche orientable.
- Arbre en acier inoxydable entièrement protégé par une douille en acier inoxydable, double palier.
- Roulements à billes largement dimensionnés pour supporter les charges radiales et axiales dans les deux sens.
- Garniture : à tresse, réglable à faible coefficient de frottement.
- Hauteur d'arbre normalisée (UNI 2946).

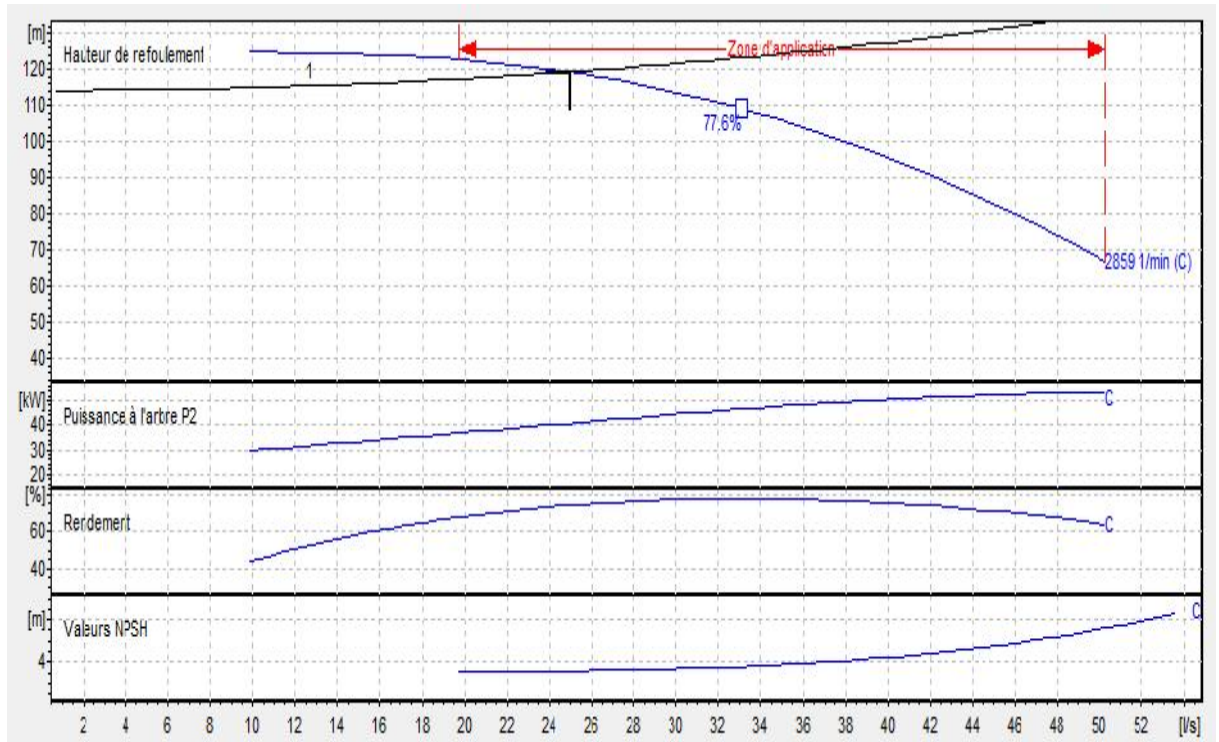
#### V-8-1-3- Données techniques et Caractéristiques du groupe électro-pompe

- $Q = 25 \text{ l/s}$
- $H = 119 \text{ m}$
- $\eta = 74.1 \%$
- $P = 40.8 \text{ KW}$
- $NPSH_r = 3.18 \text{ m}$
- n. poles: 2
- Fréquence: 50 Hz
- Monophasé / Triphasé: 3~
- Puissance moteur P2: 55 kW
- Tension: 400 V
- Diamètre refoulement: DN 100 (UNI PN40)
- Raccord d'aspiration: DN125 (UNI PN25)
- $N = 2950 \text{ tr/min.}$

Le point de fonctionnement :  $P_1$  ( $Q_1 = 25$  l/s,  $H_1 = 119$  m),

Le point désiré :  $P_2$  ( $Q_2 = 25$  l/s,  $H_2 = 119.42$  m).

On remarque que le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré, par conséquent, cette pompe ne nécessite aucune modification (Figure (V-13)).



**Figure (V-13) :** Caractéristiques de la pompe et de la conduite de la station (SR1)

#### V-8-1-4- Etude de la cavitation

$NPSH_r = 3.18$  m.

$NPSH_d = (P_0/W) + H_a - (J_a - T_v)$ . Avec  $H_a = 0.40$  m et  $J_a = 0$ , car la pompe est presque située au même niveau du radier.

$$(P_0/W) = 10.33 - 0.0012 * Z$$

Z: altitude du point considéré, dans notre cas  $Z = 855.14$  m

$$D'où, NPSH_d = 10.33 - 0.0012 * 855.14 + 0.5 - (0 - 0.23) = \mathbf{9.57 \text{ m}}$$

$NPSH_d > NPSH_r$ , donc, la pompe ne cavite pas.

#### V-8-2- Les pompes installées sur la station de reprise (SR2)

##### V-8-2-1- Caractéristiques de la conduite

$$Q = 25 \text{ l/s}$$

$$L = 3159.26 \text{ m}$$

$$D_{ext} = 200 \text{ mm.}$$

$$H_{mt} = 186.75 \text{ m}$$

### ***V-8-2-2- Caractéristiques de la pompe***

D'après le catalogue numérique CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques suivantes (Annexe6) :

- Pompe PM 80/ 4 A (Annexe (4)).
- Centrifuge multicellulaire pour hautes pressions à axe horizontal.
- Roues, diffuseurs et corps d'aspiration : en fonte.
- Corps de refoulement et corps d'étage : en fonte (PMS: en fonte sphéroïdale).
- Corps de refoulement avec pieds de support et orifice de refoulement tourné vers le haut ; corps d'aspiration à bouche orientable.
- Arbre en acier inoxydable entièrement protégé par une douille en acier inoxydable. Double palier.
- Roulements à billes largement dimensionnés pour supporter les charges radiales et axiales dans les deux sens.
- Garniture : à tresse, réglable à faible coefficient de frottement.
- Hauteur d'arbre normalisée (UNI 2946).

### ***V-8-2-3-Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe***

- $Q = 25 \text{ l/s}$
- $H = 187 \text{ m}$
- $\eta = 75.5\%$
- $P = 60.4 \text{ KW}$
- $NPSH_r = 3.79\text{m}$
- n. pôles: 2
- Fréquence: 50 Hz
- Monophasé / Triphasé: 3~
- Puissance moteur P2: 75 kW
- Tension: 400 V
- Diamètre refoulement: DN 125 (UNI PN40)
- Raccord d'aspiration: DN150 (UNI PN25)
- $N = 2950 \text{ tr/min}$

Le point de fonctionnement :  $P_1 (Q_1 = 25 \text{ l/s}, H_1 = 187 \text{ m})$ ,

Le point désiré :  $P_2 (Q_2 = 25 \text{ l/s}, H_2 = 186.75 \text{ m})$ .

On remarque que le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré, par conséquent, cette pompe ne nécessite aucune modification (Figure (V- 14)).

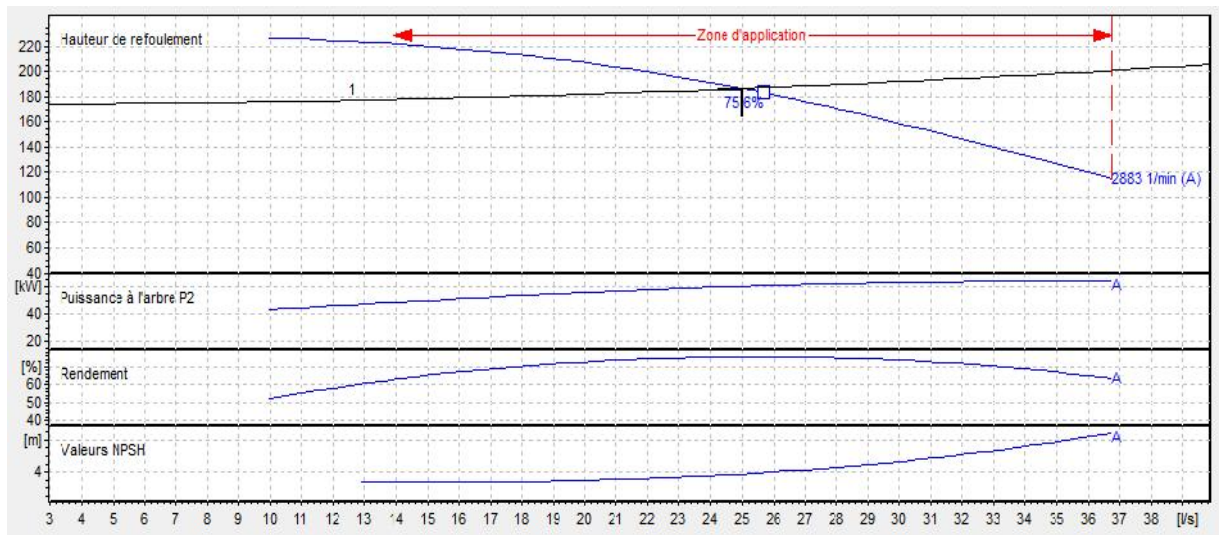


Figure (V-14) : Caractéristiques de la pompe et de la conduite de la station (SR2)

#### V-8-2-4- Etude de la cavitation

$$NPSH_r = 3.79 \text{ m}$$

$NPSH_d = (P_0/W) + H_a - (J_a - T_v)$ . Avec  $H_a = 0.40\text{m}$  et  $J_a = 0$ , car la pompe est presque située au même niveau du radier.

$$(P_0/W) = 10.33 - 0.0012 * Z$$

Z: altitude du point considéré, dans notre cas le  $Z = 880.81 \text{ m}$

$$D'où, NPSH_d = 10,33 - 0.0012 * 880.81 + 0.5 - (0 - 0.23) = \mathbf{9.89 \text{ m}}$$

$NPSH_a > NPSH_r$ , donc, la pompe ne cavite pas.

### V-9- Equipements des stations de pompage

Les équipements hydrauliques d'une station de pompage comprennent essentiellement, en dehors des pompes elles mêmes :

- Les équipements d'aspiration.
- Les équipements de refoulement.

#### V-9-1- Les équipements d'aspiration

##### V-9-1-1- Crépine

La crépine évite l'entrée accidentelle des corps solides dans les conduites d'aspiration, elle est placée sur le haut de cette dernière. Elle est constituée par un cylindre perforé qui élimine le passage des objets solides.

La crépine doit être complètement immergée afin d'éviter l'entrée d'air, elle doit être encore éloignée de 0.15 à 0.20 m au minimum du fond du puisard d'aspiration.

### ***V-9-1-2- Clapet anti-retour***

Le clapet anti-retour est placé sur la canalisation d'aspiration. Son rôle est d'empêcher le retour de l'eau vers le puisard d'aspiration en cas d'arrêt de la pompe afin de maintenir la colonne d'eau dans la conduite d'aspiration et le corps de la pompe, évitant ainsi l'amorçage de cette dernière.

Le clapet anti-retour est ménagé dans les stations de pompage où les pompes travaillent en dépression.

### ***V-9-1-3- Vanne***

Une vanne sera installée sur la conduite d'aspiration dont le rôle est d'isoler la pompe en cas de besoin, cette vanne doit être placée dans les stations de pompage où les pompes travaillent en charge. Dans notre cas, elle sera ménagée au niveau des deux stations de pompage SP1 et SP2.

## **V-9-2- Les équipements de refoulement**

### ***V-9-2-1-Joint de raccordement***

La conduite de refoulement sera raccordée à la pompe de manière à ne transmettre aucun effort parasite sur la pompe.

### ***V-9-2-2- Clapet de refoulement***

Son rôle est d'empêcher l'inversion du débit lors de l'arrêt de la pompe. Les clapets les plus utilisés sont ceux à battant, ils sont installés sur les conduites horizontales.

### ***V-9-2-3- Vanne de refoulement***

La vanne de refoulement placée après la pompe permet d'isoler celle-ci lors des entretiens et des démontages ; lors de la mise en charge et de l'arrêt de la pompe dans le cas des pompes centrifuges.

## **V-10- Conclusion**

L'étude menée montre que les pompes choisies au niveau des points de pompage (SR1, SR2) permettront un fonctionnement normal du pompage, aux conditions de travail désirées.

Les groupes électropompes ainsi choisis selon les conditions d'exploitation, garantiront le refoulement de l'eau des stations de reprises vers les réservoirs.

***Chapitre VI***  
***Protection des conduites***



## VI-1- Définition

Le coup de bélier, en hydraulique, est un phénomène résultant d'un écoulement non permanent (transitoire) qui apparaît dans une conduite lorsqu'on provoque une variation importante du débit à l'extrémité aval de celle-ci (la conduite). Autrement dit, les coups de bélier sont des ondes de surpression et de dépression liées à un changement brutal de l'écoulement dans la conduite, c'est-à-dire que chaque tranche d'eau de la conduite subit des variations brusques de pression et de vitesse à des instants différents (propagation par onde). Le coup de bélier est un phénomène oscillatoire.

## VI-2- Causes du phénomène

Particulièrement, les générateurs des coups de bélier sont les suivants [4] :

- Fermeture instantanée d'un robinet-vanne placé au bout d'une conduite d'adduction ;
- Arrêt brutal par disjonction inopinée d'un ou des groupes de pompes alimentant une conduite de refoulement débitant dans un réservoir ;
- Démarrage d'un groupe électropompe à vanne ouvert ;
- Démarrage ou arrêt d'une pompe dépitant dans une conduite déjà alimentée.

## VI-3- Description du phénomène

Lors de l'arrêt d'une ou plusieurs pompes, le débit à travers la station de pompage est brusquement interrompu [4] . Les clapets anti-retour situés à l'aval des pompes se ferment alors pour éviter que la conduite ne se vide. A l'aval de la station de pompage, une colonne d'eau a tendance à poursuivre son mouvement tandis que plus aucun débit ne provient de l'amont. L'eau se comporte alors de manière compressible : une réduction locale de pression est provoquée, entraînant une décompression du fluide et, en conséquence, la contraction de la conduite. Ainsi est engendrée une dépression qui se propage dans la conduite à la vitesse des ondes élastiques « a » jusqu'à ce que toute la conduite soit soumise à la dépression ainsi engendrée, soit après temps  $T = L/a$ , ou L est la longueur de la conduite entre les pompes et le réservoir figure(VI-1)).

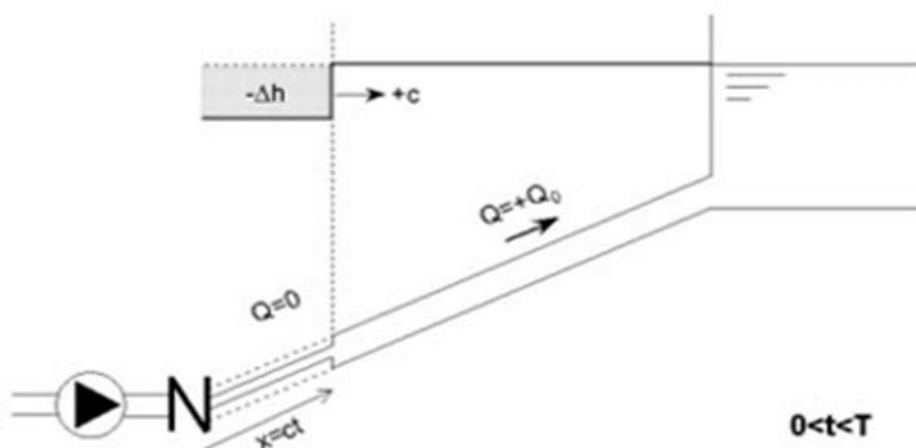
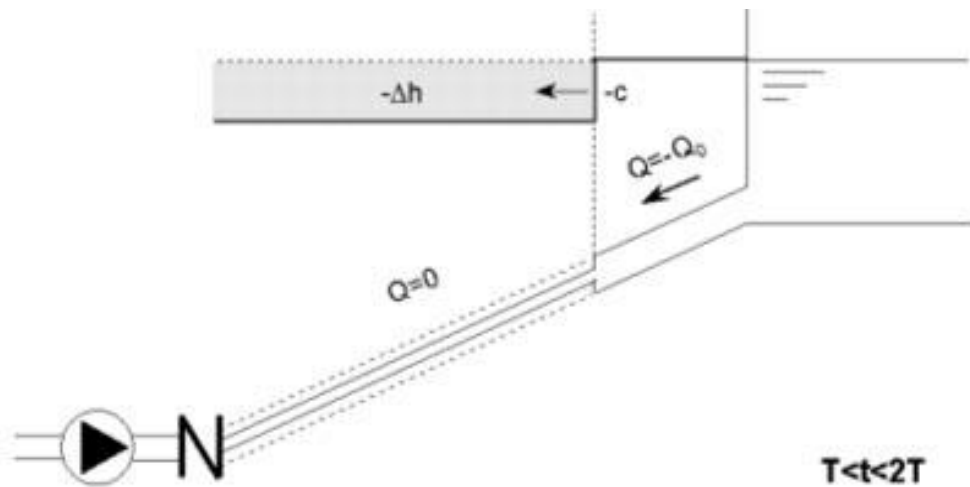


Figure (VI.1) : Contraction de la conduite (phase 1 du phénomène ).

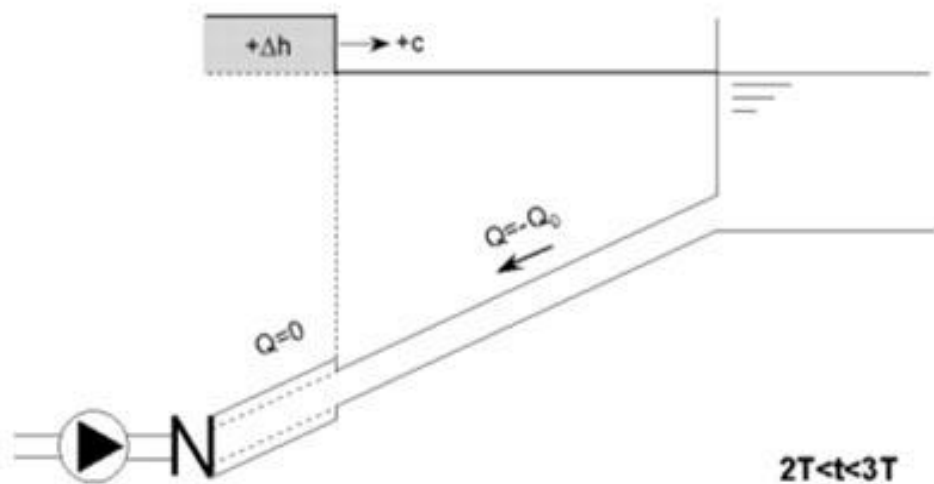
Il en résulte que la pression au passage de la conduite dans le réservoir est inférieure à la pression dans le réservoir, ce qui provoque un écoulement en sens inverse. Cette onde se propage

du réservoir vers la station de pompage et atteint la vanne clapet au bout d'un temps  $2T$ , à compter du début du phénomène figure(VI-2)) .



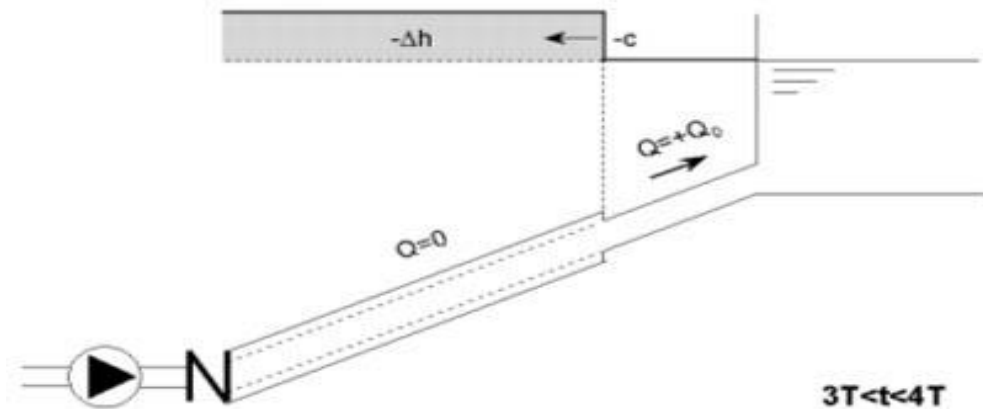
**Figure (VI-2):** *Ecoulement en sens inverse (phase 2 du phénomène)*

La couche de fluide près de la pompe est obligée de s'arrêter. Cette réduction d'énergie cinétique a pour effet une augmentation locale de la pression, ce qui provoque une compression du fluide et une distension de la conduite. Ce processus se transmet jusqu'au réservoir, où il arrive au bout du temps  $3T$  figure(VI-3)) .



**Figure (VI-3) :** *Distension de la conduite (phase 3 du phénomène)*

Quand cette onde de surpression atteint le réservoir, la pression du réservoir est inférieure à la pression de la conduite : l'écoulement s'inverse de nouveau pour revenir aux conditions initiales de pression et de vitesse, cette onde se propageant vers les pompes figure(VI-4)) .



**Figure (VI-4) :** Retour aux conditions initiales (phase 4 du phénomène)

Au bout du temps  $4T$ , on se retrouve donc dans les conditions initiales : ce phénomène se poursuivrait indéfiniment si sous l'effet des pertes de charge, les ondes de dépression et de surpression ne se trouvaient pas progressivement amorties.

#### VI-4- Conséquences du phénomène

Dans les installations actuelles, le phénomène du coup de bélier est accentué par l'utilisation de plus en plus importante d'appareils à fermeture rapide. Ces derniers sont à l'origine d'une forte augmentation du nombre de coup de bélier qui se traduit par :

- Usure rapide des matériels ;
- Emission des bruits ;
- Détérioration des tuyauteries et des fuites aux raccords.

Il est recommandé d'éviter les coups de bélier qui peuvent provoquer des dégâts extrêmement importants, parfois à retardement. A cet effet, des installations doivent être toujours examinées du point de vue protection contre ces derniers.

#### VI-5- Valeur numérique du coup de bélier

L'amplitude du coup de bélier est fonction de la loi de variation de débit et de la célérité de l'onde.

##### VI-5-1- Célérité de l'onde élastique

La célérité de l'onde élastique «  $a$  » est fonction du fluide écoulé (ici de l'eau) et des caractéristiques de la conduite (diamètre et épaisseur). La célérité de l'onde est donnée par la formule « d'ALLIEVI » :

$$a = \frac{9}{\sqrt{4 \cdot 3 + K \frac{D}{e}}} \quad (\text{VI-1})$$

Avec :

- $a$  : célérité de l'onde
- $K$  : coefficient dépendant de la nature de la conduite ( $K=1$  pour la fonte ductile)

- D : diamètre intérieur de la conduite (mm)
- e : épaisseur de la conduite (mm)

### VI-5-2- Cas de fermeture brusque

Le temps de fermeture est tel que :  $T_f > 2L/a$ .

La valeur maximale du coup de bélier est donnée par la relation de JOUKOWSKI :

$$B = a \frac{V_0}{g} \quad (\text{VI-2})$$

Avec :

- B : Valeur du coup de bélier (m).
- a : Célérité de l'onde (m/s).
- $V_0$  : Vitesse de l'eau dans la conduite en régime normal (m/s).
- g : accélération de la pesanteur ( $\text{m/s}^2$ ).

La valeur maximale de la pression (surpression) sera :

$$Z_{\max} = Z_0 + B \quad (\text{VI-3})$$

La valeur minimale de la pression (dépression) sera :

$$Z_{\min} = Z_0 - B \quad (\text{VI-4})$$

Avec :

- $Z_0 = H_g + 10$
- $H_g$  : Hauteur géométrique de refoulement (m)
- B : Pression atmosphérique
- $Z_0$  : Pression absolue dans la conduite (m)

### VI-5-3- Cas de fermeture lente

Le temps d'une fermeture lente est supérieure à  $2l/a$  ;  $T_f > 2L/a$

La valeur maximale du coup de bélier est donnée par la formule de « MICHAUD »

$$B = 2L \frac{V_0}{g \cdot T_f} \quad (\text{VI-5})$$

#### Remarque :

La valeur maximale du coup de bélier lors d'une fermeture lente est moins importante que celle de la fermeture brusque. Donc on s'intéressera au cas de la fermeture brusque, pour lequel on fera les calculs.

Afin d'éviter que la conduite n'implose ou n'explose, il est souvent nécessaire de mettre en place des dispositifs « anti-bélier ». Qui plus est, dans les réseaux d'eau potable, la législation impose à tout instant que la pression absolue dans la conduite soit supérieure à la pression atmosphérique afin d'éviter l'infiltration dans le réseau d'eau non traitée.

## VI-6- Dispositifs « anti-bélier »

### VI-6-1- Loi d'ouverture ou de fermeture des vannes

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

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

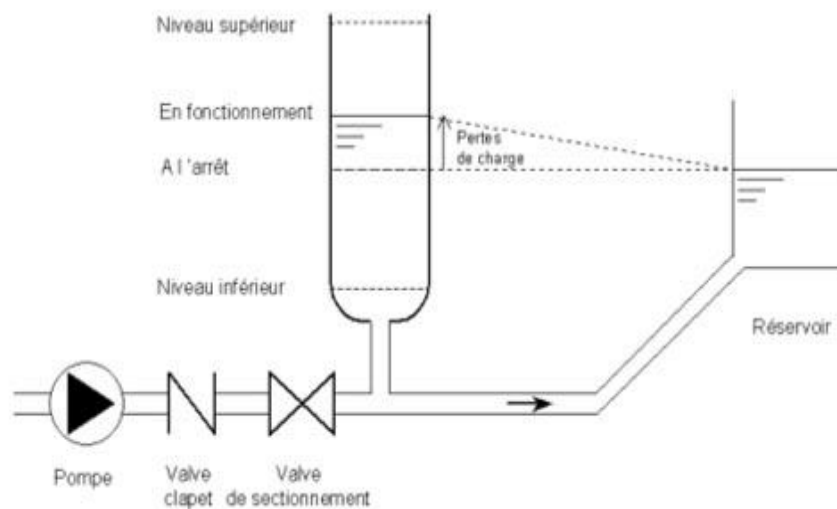
Deux types de solutions sont alors envisageables. La première repose sur l'augmentation du temps d'arrêt des pompes. La seconde consiste en un système pouvant fournir ou emmagasiner de l'eau lors d'une manœuvre rapide.

### VI-6-2- Volants d'inertie

L'utilisation d'un volant d'inertie monté sur l'arbre du groupe électropompe peut permettre l'augmentation du temps d'arrêt. Economiquement, cette solution n'est viable que pour des conduites de refoulement de quelques centaines de mètres : de plus grandes conduites nécessiteraient des volants de taille exagérée ou impliqueraient des appels d'intensité de courant lors des phases de démarrage trop importants.

### VI-6-3- Cheminée d'équilibre

Lorsque les conditions topographiques et les hauteurs géométriques le permettent, il peut être envisagé d'introduire une cheminée d'équilibre (figure (VI-5)), constituée par un réservoir en contact avec la surface libre. Ce dispositif permet de réduire les effets du coup de bélier. Cependant, un autre phénomène d'oscillation en masse, d'une nature complètement différente, apparaît entre la cheminée et le réservoir. Il est toutefois à noter que ce dispositif anti-bélier est plutôt réservé pour les transferts d'eau brute et les forts débits.



*Figure (VI-5) : Cheminée d'équilibre*

### VI-6-4- Soupapes de décharge

Les soupapes de décharges sont des équipements mécaniques qui s'ouvrent pour réduire la surpression à une valeur acceptable [4]. Ces dispositifs sont généralement constitués d'une soupape maintenue par un ressort dont la pression est ajustée à une valeur légèrement supérieure (5%) à la pression maximale d'opération. L'ouverture de la soupape laisse passer un débit qui doit être évacué vers l'extérieur.

Ce dispositif est inefficace pour protéger les conduites contre les dépressions et les cavitations. On utilise, pour le calcul, une relation d'orifice du type:

$$\sqrt{H_{ex} - H} = C_v Q^2 \quad (\text{VI-6})$$

Où :

- $H_{ex}$  : est une pression externe.

On tient compte des pressions d'ouverture et de fermeture ainsi que des périodes de temps associées à chacune de ces opérations.

Ce type de soupapes peut être activé par des capteurs de pression situés à un endroit différent de celui de la soupape. De cette façon, le déclenchement de l'ouverture peut se faire par anticipation.

#### VI-6-5- Ventouses (reniflards)

Une ventouse est constituée d'un flotteur sphérique en caoutchouc logé dans un corps en fonte. Leur rôle principal est l'évacuation ou l'admission de l'air continu dans des conduites [4]. On procède à leur vidange lorsqu'il y a apparition de la cavitation en un point haut.

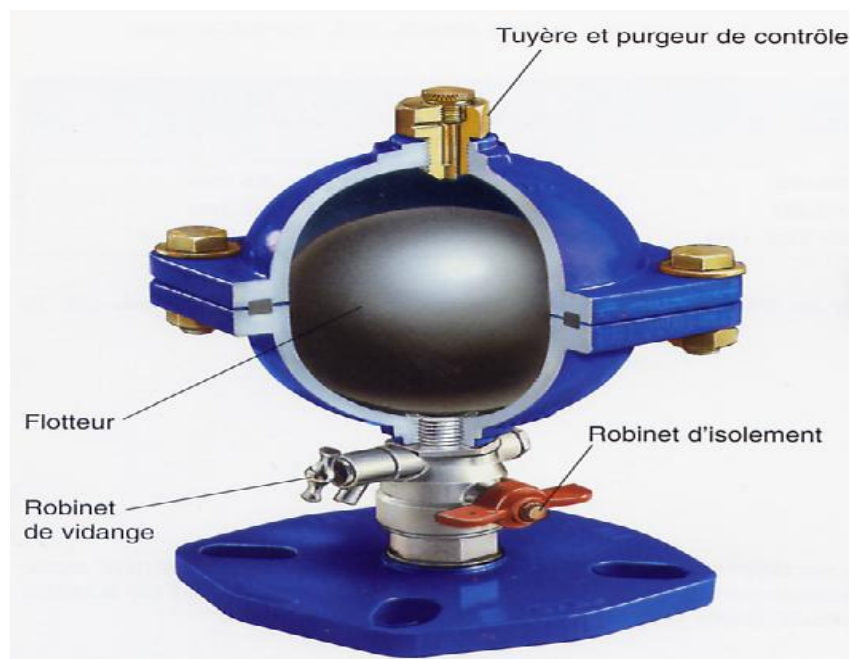


Figure (VI-6) : Ventouses

#### VI-6-6- Réservoir à air comprimé

Un réservoir à air comprimé est un réservoir fermé dont la partie supérieure contient de l'air sous pression et la partie inférieure un certain volume d'eau [5]. Ainsi, lors d'un arrêt des pompes (par exemple), le réservoir se décomprime et fournit de l'eau à la conduite, réduisant l'abaissement de pression dû au coup de bélier. Lorsque le sens de l'écoulement s'inverse, l'air du réservoir se comprime permettant ainsi de stocker un volume d'eau (figure(VI-7)).

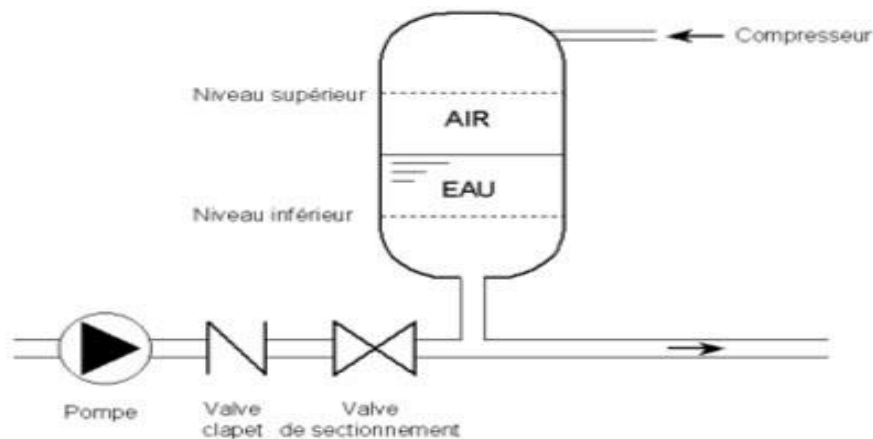


Figure (VI.7): Réservoir d'air

#### VI-6-6-1- Avantages du réservoir d'air

Le réservoir d'air présente certains avantages qui sont les suivants :

- Il présente des dimensions réduites par rapport à l'autre dispositif (cheminée d'équilibre)
- Il peut être préconisé comme solution dans les régions froides car il est facile à chauffer pour éviter les effets du gel.
- Il peut être installé parallèlement au sol cela offre une meilleure résistance au vent et au tremblement de terre.

#### VI-6-6-2- Inconvénients du réservoir d'air

Comme il présente certains inconvénients qui sont les suivants :

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

### VI-7- Calcul du coup de bélier :

Les résultats de calcul des dépressions et surpressions au niveau des quatre tronçons étudiés sont donnés dans le tableau (VI-1) ci-après :

Tableau (VI-1) : Tableau récapitulatif des dépressions et surpressions de différents tronçons

Tronçon	D(mm)	e(mm)	V0(m/s)	H0(m)	a(m/s)	B(m)	Hd(m)	Hs(m)	PN(bar)
1er Tronçon adduction par refoulement	200.00	11.00	0.80	124.22	250.86	20.46	103.76	144.68	50
2ème tronçon adduction par refoulement	200.00	11.00	0.80	184.28	250.86	20.46	163.82	204.74	50
1er tronçon adduction gravitaire	204.6	22.7	0.76	76.46	350.81	27.18	49.28	103.64	16
2ème tronçon adduction gravitaire	163.6	18.2	1.19	89.23	351.25	42.61	46.62	131.84	16

Pour les deux tronçons en adduction gravitaire (PEHD DN 200 mm PN 16), les dépressions ont des valeurs acceptables et ne présentent aucun risque pour les conduites. De même pour les valeurs de surpressions, elles ne dépassent pas la pression nominale qui est d'ordre de 16 bars.

Aussi d'après les résultats présentés dans le tableau (VI-1) ci-dessus, les valeurs des surpressions et des dépressions pour les deux adductions par refoulement (Fonte ductile K9) ne dépassent pas la pression nominale.

Par conséquent, les conduites sont protégées du phénomène de coup de bélier.

Le profil de l'itinéraire des adductions est très accidenté et présente de nombreux points hauts, ce qui nécessite l'installation des ventouses au niveau des crêtes et des vidanges au niveau des bas fonds.

### **VI-8- Conclusion**

Les valeurs du coup de bélier dans les différents tronçons ne constituent aucun risque sur les conduites d'adduction par conséquent elles nécessitent pas une protection anti-bélier.

Dans le chapitre qui suit, nous aborderons l'aspect organisationnel des travaux et nous procéderons à l'estimation globale du projet.



# **Chapitre VII**

## **Organisation des travaux et estimation du projet**

## VII-1- Définition

### VII-1-1- Organisation du chantier

L'organisation d'un chantier est l'une des étapes indispensables à l'exécution des travaux. Définir les méthodes d'exécution des travaux, c'est [8] :

- anticiper sur les éventuels problèmes qui retarderaient l'avancement des travaux.
- Offrir un bon cadre de travail au personnel.
- Exécuter les travaux selon les règles de l'art.

La bonne exécution, la sécurité, et la qualité des travaux sont fonction de l'organisation et de la méthode d'exécution des travaux traduit dans le planning des travaux bien étudié et prenant en compte l'ensemble des facteurs intervenant dans la réalisation des travaux.

### VII-1-2- Le planning prévisionnel des travaux

Généralement appelé planning contractuel, le planning prévisionnel est un planning de base de tous les autres plannings de chantier à savoir : planning d'approvisionnement, d'exécution des travaux, d'utilisation du matériel et du personnel...etc. Il dépend du délai d'exécution fixé par la maîtrise d'ouvrage en accord avec la maîtrise d'œuvre.

L'objectif est de déterminer la durée et l'enclenchement des tâches de réalisation par rapport au facteur temps, pour respecter les délais imposés.

Le planning prévisionnel permet donc :

- De définir et simuler le déroulement des travaux avant le démarrage du chantier afin d'anticiper au plus tôt les phases délicates d'exécution.
- Pour les entreprises, de gérer les délais d'exécution et de mettre en cohérence les besoins en matériel, matériaux et en main d'œuvre nécessaires.
- Pour les maîtres d'ouvrages, d'assurer le suivi financier et la gestion prévisionnelle des versements des acomptes au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Les éléments essentiels que doivent ressortir ce planning sont :

- Les différentes tâches,
- La durée des tâches (la date de démarrage au plus tôt et la date de fin au plus tard),
- L'enclenchement des différentes tâches.

L'élaboration de ce planning passe par la connaissance du délai alloué au projet, la mission confiée à l'entreprise, la quantité d'ouvrage à exécuté, le rendement du ou des matériel (s), du personnel et une base expérimentale de données.

#### VII-1-2-1- Elaboration du planning des travaux

L'élaboration de ce planning dépend des hypothèses faites. Ces dernières concernent surtout les travaux dont les cadences sont difficiles à évaluer. Les durées affectées à ces tâches relèvent du bon sens, de l'expérience (l'enclenchement des tâches), des moyens matériels, financiers et humains affectés au projet puis leur rendement.

Prenons un exemple de tâche : Adduction gravitaire n° 01 (R 1500 m<sup>3</sup>-SR1) en en PEHD 200 mm sur 5710 ml.

➤ **Implantation/Piquetage/ Réception**

L'implantation proprement dit étant exécuter et réceptionné en début de chantier, les travaux topographiques réalisés concernent essentiellement les alignements et piquetage. Exécutés au fur et à mesure que la fouille et pose des conduites, la durée qui lui est affecté est identique à celle des fouilles et poses. Soit une durée de 48 jours.

➤ **Soudure par poly fusion**

Soit  $d_1$ , la durée de travail journalière.  $d_1 = 08$  heures et  $d_2$  la durée d'une soudure y compris les manœuvres nécessaire à sa réalisation ;  $d_2 = 50$  minutes environ.

Le nombre de soudure journalière correspondra à :  $d_1 / d_2$ .

Soit 9 soudures par jours. Les conduites ayant une longueur de 12 ml, on aura une soudure de 120 ml par jour. Soit une durée de 48 jours.

Puisque l'entreprise dispose de deux (02) machines à souder et de deux équipes de plomberie sur ce chantier, le linéaire de soudure peut être doublé, mais, la pré soudure n'étant pas le seul travail sur le chantier, la seconde équipe se chargera de pose puis les essais de pression.

Soit une durée de 48 jours due à l'évolution de la fouille parallèlement à la pose.

➤ **Fouille des tranchées/ Réception et pose des tubes PEHD et des singularités/ Remblai**

La fouille étant réalisée au même moment que la pose, leur durée est identique. L'expérience à montrer que le linéaire de fouille à l'engin est de l'ordre de 300 à 500 ml.

Deux pelles hydrauliques sur ce chantier sont nécessaires, une pour les fouilles en tranchées et une autre se chargera du bardage des conduites.

Quant à la fouille manuelle, l'expérience à montrer que le volume de fouille par personne en présence de sol dur est de l'ordre de 3,75 m<sup>3</sup>/j en moyenne en présence de sol moins dur.

➤ **Remplissage-mise en eau/ lestage/ essai de pression**

Le remplissage des conduites, mise en eau et essai de pression se font au fur et à mesure que la pose par tronçon de 500 ml. On peut l'étaler sur la période de fouille.

En somme, la durée d'exécution de cette tâche est estimée à 48 jours aussi.

## VII-2- Etendue des travaux du projet renforcement de l'AEP de Beni-Maouche

Dans le cadre de ce projet les principaux travaux sont :

- la préparation du chantier,
- l'exécution de tous travaux de déblais en tranchée pour les canalisations,
- l'exécution de tous travaux de terrassement en grande masse pour les réalisations des ouvrages de Génie Civil,
- l'évacuation des déblais en excédent,

- l'exécution de tous les travaux de remblais avec fourniture de matériaux ou reprise des déblais,
- réalisation des ouvrages en béton armé : réservoirs, regards et chambres devant recevoir les différents types (d'appareils hydrauliques, câbles...etc).
- Réalisation des travaux de maçonnerie ( chambre des équipements, clôtures, loge...etc).
- la fourniture et pose des conduites, raccords, appareils d'équipement de canalisations et de raccordement.
- Fourniture et pose des équipements : groupes électropompes à axe horizontal y compris toutes les suggestions de bonne mise en marche.
- la fourniture et pose de grillage avertisseur, gaines, câbles, coffrets, candélabres, et raccords.
- l'exécution des divers essais prévus.

### VII-2-1- Terrassement

Pour construire un ouvrage, quel qu'il soit sa nature, il est nécessaire de modifier le terrain naturel. Il faut profiler la surface du terrain de telle sorte qu'il soit apte à supporter le poids de l'ouvrage et à en intégrer la forme. L'ensemble de ces opérations s'appelle "le terrassement" .

Il n'existe pas un seul matériau à terrasser mais plusieurs sortes possibles : Rochers - terre - gravier et sable - limon – argile.

Il est à noter que les modes de quantification pour la facturation sont fonction du type de terrassement, de la nature du terrain, des dimensions des fouilles et de l'accessibilité du site.

#### VII-2-1-1- Problème du foisonnement

Lorsque l'on creuse un trou dans le sol, le volume apparent des déblais est supérieur au volume du trou.

Si l'on remet les déblais en place et après compactage, l'on constate un excédent de matériaux.

Ce phénomène de décompression des terres est appelé "foisonnement" (Figure (VII-1)).

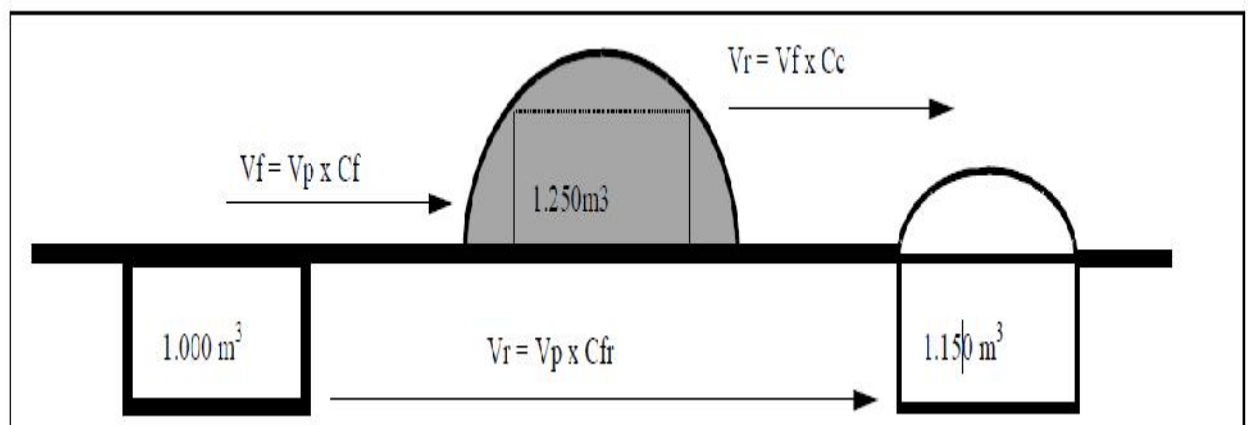


Figure (VII-1) : Schématisation du problème de foisonnement

**Le coefficient de foisonnement (Cf) :** permet d'évaluer le volume apparent foisonné (Vf) d'un terrain déplacé en fonction du volume en place (Vp) :

$$V_f = C_f \times V_p \quad (\text{VII-1})$$

**Le coefficient de compactage (Cc) :** permet l'évaluation du volume reconstitué (Vr) de ce même volume foisonné (Vf) après sa mise en place et son compactage définitif. Il est rare d'obtenir un volume de terrain reconstitué (Vr) égal au volume initial en place (Vp) :

$$V_r = C_c \times V_f \quad (\text{VII-2})$$

#### VII-2-1-2- Pente des talus

Pour obtenir un équilibre stable, nécessaire à la bonne tenue des terres en remblais et des tranchées, il convient de donner aux talus qui limitent ces terrassements une inclinaison convenable (Figure (VII-2)). Cette pente peut se définir :

-Soit par la **tangente de l'angle (pente)** que fait ce talus avec l'horizontale (talus à 4/5 ou à 0.80 m ou encore à 80%).

-Soit par la **cotangente de l'angle (inclinaison)** dont la valeur s'exprime généralement comme celle de la tangente par une fraction (5/1, 3/2, 1/1, 2/3, ... etc.).

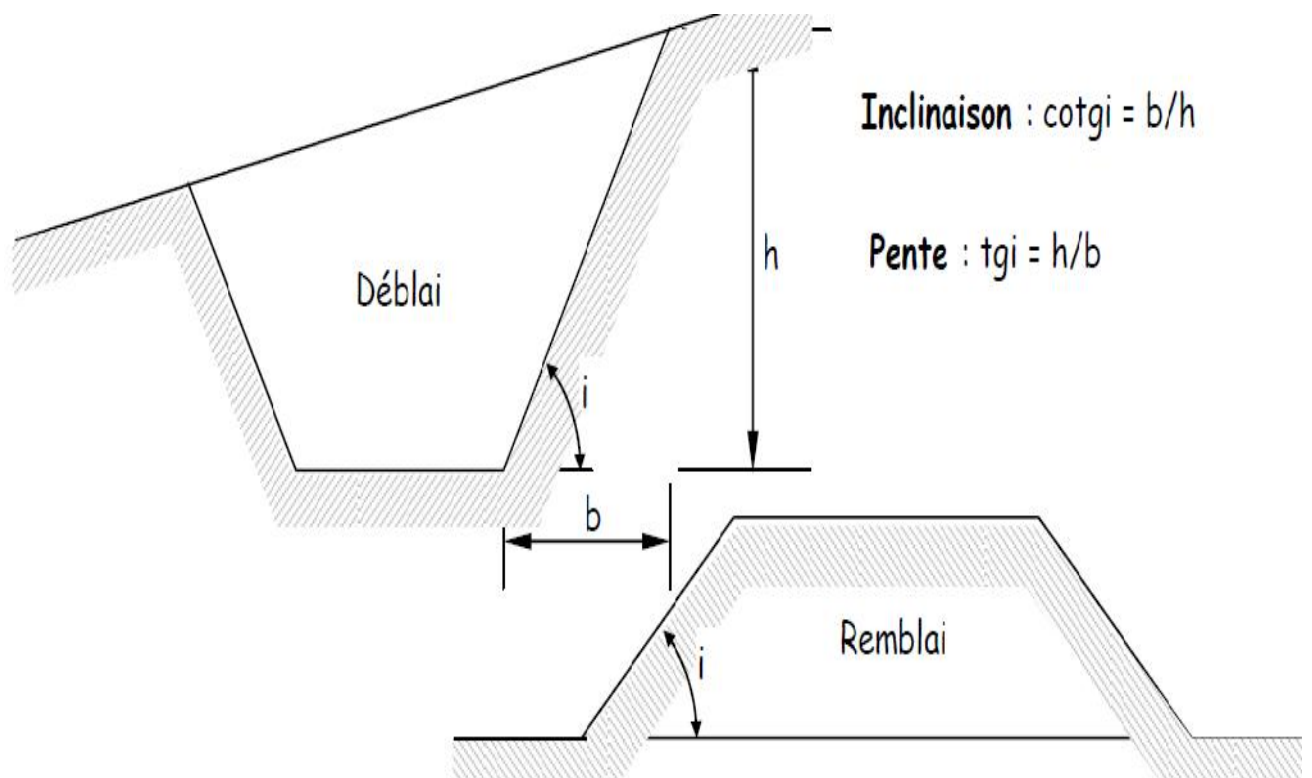


Figure (VII-2) : Schématisation des pentes des talus.

Les terrains sont classés selon les difficultés d'extraction (Tableau (VII-1)):

Tableau (VII-1) : Classification des terrains

Désignation	Nature des terres	Angle du talus naturel	Coefficient de foisonnement
Terrain ordinaire	Sable	10 à 25°	10 à 20%
	Gravier	30 à 40°	25%
	Terre végétale	30 à 50°	10 à 25%
Terrain semi compact ou moyen	Cailloux	40 à 50°	50%
Terrain compact	Argile	30 à 50%	25%
	Marne	30 à 45%	2%
Roches	Grés tendre	50 à 90°	50%
	Roches diverses		Plus de 50%

### VII-2-2- Canalisations

Le rôle d'une canalisation est de pouvoir transporter un débit souhaité en résistant aux suppressions et aux dépressions éventuelles, et aux flexions longitudinales (dues à son propre poids, au poids de l'eau, à celui des terrains et aux surcharges roulantes) et à l'agressivité des sols.

La pose des conduites est d'une importance majeure vu les conséquences que peut engendrer une mauvaise pose.

La stabilité des ouvrages et la durée d'exploitation de l'adduction reposent sur une pose convenable.

Au moment de la mise en œuvre, les tuyaux seront examinés à l'intérieur et soigneusement débarrassés de tous les corps étrangers qui pourraient s'y retrouver.

A chaque arrêt de travail, les extrémités des tuyaux en cours de pose seront obturées, d'une façon ferme.

#### VII-2-2- 1- Canalisations Fonte

Fourniture et pose doit se faire en tranchée ouverte et sur lit de sable, la canalisation en fonte ductile type K9 compte :

- La canalisation, coudes, tés, manchons, essais d'étanchéité avant remblaiement définitif et toutes autres sujétions.

Le respect des pentes est nécessaires au bon fonctionnement des purges et vidanges. L'emboîtement des tuyaux doit être conduit à partir de tuyaux parfaitement alignés.

La déviation angulaire d'un joint doit rester inférieure aux valeurs maximales prévues par les fabricants.

#### VII-2-2- 2- Canalisation en PEHD

Fourniture et mise en place, en tranchée ouverte et sur lit de sable, d'une canalisation en PEHD 16 bars, à bande bleue, compris raccord sur toutes les pièces spéciales. Toutes les

longueurs de tuyau seront entières. Les raccords seront faits obligatoirement par électro soudure.

### **VII-2-2-3- Exécution et aménagement de la tranchée**

La canalisation doit assurer pendant de très longues années un service sans défaillance. La profondeur de la tranchée doit être suffisante pour que la conduite soit à l'abri de gel, compte tenu des conditions climatiques, et ne subisse pas l'action trop directe des charges roulantes lorsqu'elles existent. La largeur de la tranchée est en fonction du diamètre de la conduite. Elle varie aussi selon la nature du sol, les matériaux constituant la conduite, le type de joint et les conditions de pose.

Une canalisation enterrée supporte sa masse propre et se trouve soumise à des efforts importants dûs à :

- La masse d'eau ;
- La masse du remblai ;
- Des charges roulantes quand elles existent.

Il importe de choisir dans chaque cas particulier les engins, les matériels les mieux adaptés, de manière à obtenir leurs meilleurs rendements et la plus grande rentabilité.

Pour bien effectuer la pose en terre, on doit :

- Eliminer les grosses pierres des déblais placés sur le coté de la tranchée, de façon à éviter leur chutes accidentelles sur la canalisation une fois posée.
- Nivelier soigneusement le fond de la fouille pour que la pente soit constante entre les points de changement de pentes prévus, ne pas oublier les légères pentes indispensables en terrain horizontal. Ce nivellement exige d'autant plus de soin que la pente est plus faible.
- Eviter de placer les tuyaux sur tasseau, ceux-ci concentrent les efforts d'écrasement, et de plus, leur emploi fait travailler les tuyaux à la flexion.
- Préparer un fond de fouille bien rectiligne, de manière que les tuyaux y reposent sur toute leur longueur. Plus les tuyaux est d'un diamètre important plus la surface d'appui doit être soignée et aménagée pour épouser la forme du tuyau. L'idéal est un lit présentant un angle d'appui de 90°.

En sol rocheux, on approfondit la tranchée de 15 à 20 cm en dessus de la cote définitive. On rétablit en suite le niveau en confectionnant un lit de pose bien damé avec de la terre meuble, du sable.

Dans les pentes et dans les terrains argileux, où l'eau ruisselle ou s'accumule, on confectionne un lit de pose avec sable pour assurer un drainage correcte.

Lorsque la canalisation traverse des terrains dont l'assise du sol n'est pas dure, il est recommandé de prévoir un lit de béton maigre reposant au besoin sur des pieux battus.

### ▪ Réalisation des tranchées

La section transversale de la tranchée dépend de :

- La profondeur ;
- La longueur ;
- Le coefficient de talus.

#### a) – profondeur

La profondeur de la tranchée se détermine par

$$H = H_1 + D + H_2 \quad (\text{VII-3})$$

- H : profondeur de la tranchée en (m) ;
- H<sub>1</sub> : épaisseur du lit de pose (0,1 à 0,15m) ;
- D : diamètre de la conduite ;
- H<sub>2</sub> : distance au dessus de la génératrice supérieure de la conduite (0,6 à 1,2m).

#### b) Largeur

La largeur est fonction de diamètre de la conduite, on doit laisser 0,3m de part et d'autre de la conduite.

$$L = D + 2 * 0.3 \quad (\text{VII-4})$$

Où :

- L : largeur de la tranchée

#### • Pose de la conduite

Les éléments d'une canalisation forment une chaîne. Si un seul élément mal posé ou un joint défectueux, constituent un point faible préjudiciable à la qualité de la conduite entière.

On doit s'assurer au préalable qu'aucun corps étranger (terre, pierre,...etc.) ne se trouve à l'intérieure des tuyaux.

Lorsque les tuyaux en sont dotés, on vérifie le bon état des revêtements intérieurs et extérieurs, en cas de détérioration, on répare la partie abimée ou l'enlever.

On utilise un engin de lavage, de puissance et de dimensions suffisantes pour la pose des conduites.

Toutes les opérations de pose doivent être conduites dans l'ordre avec méthode et en s'attachant à sauvegarder la propreté.

Au cours de la pose, on vérifie régulièrement l'alignement des tuyaux.

S'il est nécessaire de coller les tuyaux pour les aligner, on emploie de la terre meuble ou du sable. A chaque arrêt de la pose on bouche les extrémités de tronçon de conduite en attente à l'aide de tampon solidement fixés pour éviter l'introduction de corps étrangers ou l'entrée d'animaux qui pourraient y périr.



- **Remplissage**

Le remplissage de la conduite exige l'évacuation complète de l'air. On remplit la conduite lentement, avec un débit de l'ordre de 1/20 à 1/15 de son débit prévu. Cette précaution est indispensable pour donner à l'air le temps de s'accumuler au point haut et enfin de s'échapper par les ventouses.

On veille à l'ouverture des robinets-vannes placés à la base de ces appareils.

On utilise des robinets-vannes de vidange pour vérifier l'arrivée progressive de l'eau.

S'il s'agit d'une conduite de refoulement, se servir de pompe pour remplir par le bas, en limitant le débit à la valeur indiquée ci-dessus.

- **Essai hydraulique**

Avant de remblayer la tranchée, on effectue un essai à l'aide d'une pompe d'épreuve.

On remplit la conduite d'eau, on lui applique une pression d'essai égale à la pression à laquelle sera soumise majorée de 50%, la variation de la pression doit rester à 0,2 bars.

- **Remblayage**

Le remblayage fait partie des opérations de pose. Il forme le lit dans lequel repose la canalisation et le milieu en contact direct avec elle. Il doit donc être soigné, son exécution est confiée à des ouvriers expérimentés [08].

Un remblai correctement effectué double la résistance de la conduite aux charges extérieures. Pour obtenir un bon remblai, on utilise une terre purgée de pierres, fortement damée par des petites couches sous le tuyau et sous ses flans. On poursuit jusqu'à obtenir une couche bien damée de 20cm au dessous de la génératrice supérieure. Cette façon d'opérer évite tout tassement ultérieur du terrain autour de la conduite.

En terrain agressif, on emploie comme remblai, une terre chimiquement neutre, ou mieux, une terre dont on aura rendu la réaction alcaline par addition de chaux.

Le remblayage peut être terminé avec TVO (Figure (VII-3)).

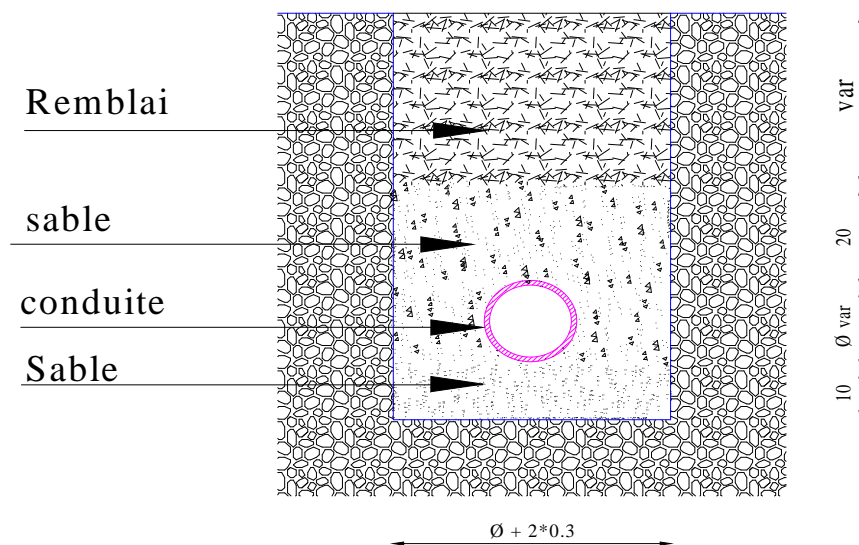


Fig. (VII.3) : Pose de la conduite en tranchée

### • Franchissement des points spéciaux

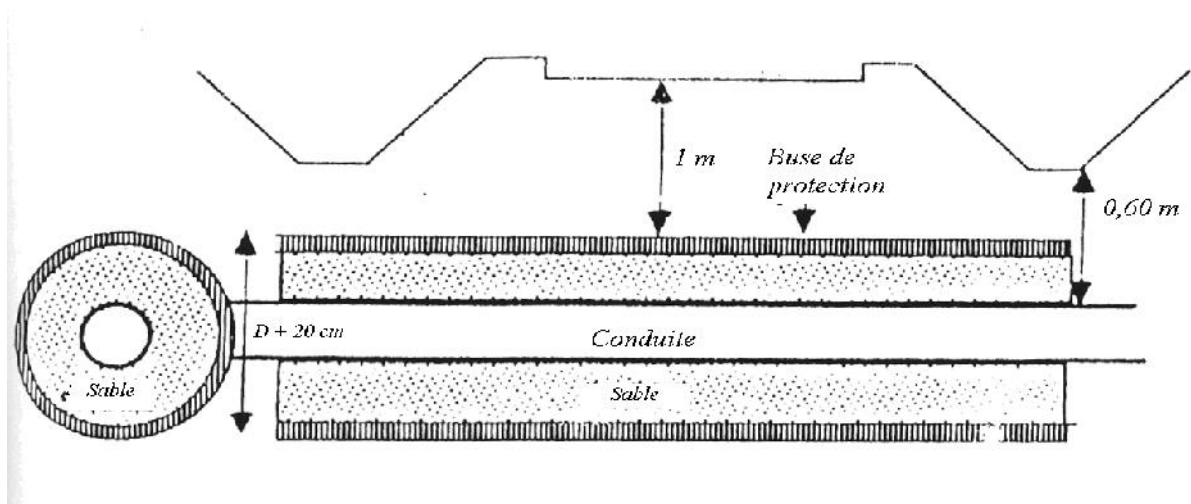
Lors d'exécution des travaux, la conduite traversera quelques points spéciaux [9].

On citera :

- Traversées de route.
- Traversée de rivière.

#### *a)- Traversée de route*

En raison des charges à supporter qui peuvent causer des ruptures et par conséquent des infiltrations nuisibles à la conduite comme à la route, la canalisation sera introduite à l'intérieur d'une buse de diamètre supérieur, ce qui la préservera des vibrations et des surcharges qui pourraient être les causes des infiltrations, par suite de fissures (Figure (VII-4)).



*Figure (VII-4): Traversée de route*

#### *b)- Traversée de rivière*

En fonction de la traversée et de l'importance de l'adduction, la pose de conduite à travers un oued demande certains travaux confortatifs. La conduite pourra suivre le lit de la rivière, elle sera posée sur des ouvrages spéciaux, et pour la protéger on utilise des conduites de diamètre supérieur ou des gravillons sur les deux côtés de la conduite (Figure (VII-5)).

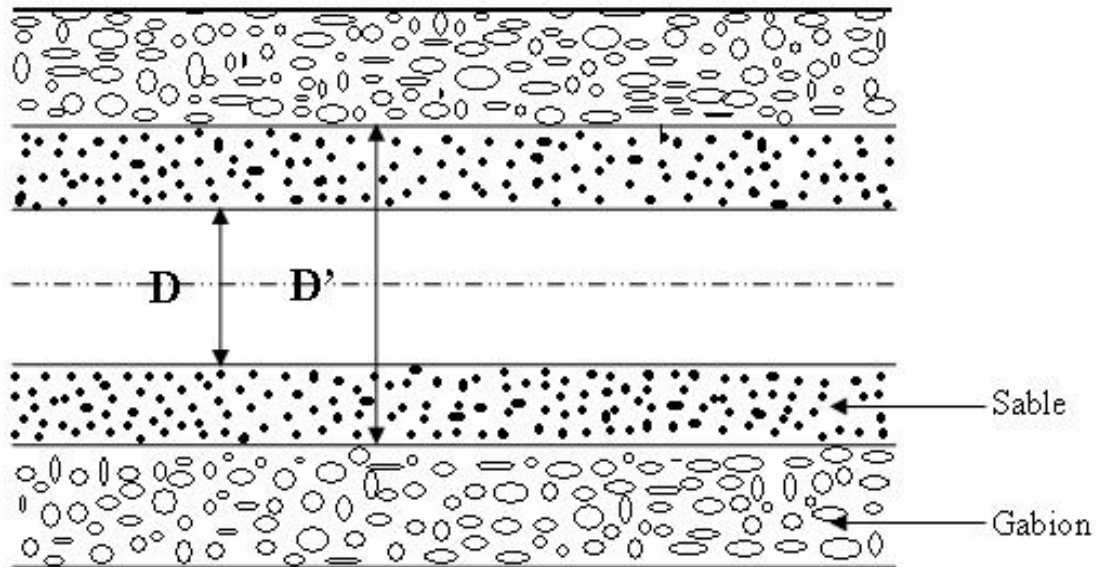


Figure (VII-5) : Traversée de rivière

### VII-2-3- Ouvrages de Génie civil

Le béton est un mélange de matériaux (granulats) avec un liant hydraulique (ciment), de l'eau de gâchage et éventuellement des adjuvants.

#### ➤ Composition

##### • Le Ciment

C'est un liant hydraulique caractérisé par la propriété de donner avec l'eau une pâte qui se solidifie en passant par un processus chimique.

##### • Les Granulats

Ce sont des matériaux provenant de l'érosion des roches ou de leurs concassages, On distingue :

- Les granulats naturels : utilisés directement sans aucun traitement mécanique préalable.
- Les granulats provenant du concassage des roches.

##### • Les Adjuvants

Ce sont des produits qui s'ajoutent à faible proportion au béton, dont le but d'améliorer certaines propriétés, dont on peut citer : les fluidifiants, les plastifiants, les accélérateurs et retardateurs de prise.

#### ➤ Dosage

Notre ouvrage nécessite des qualités particulières d'étanchéité et de compacité d'où le dosage du béton est de  $450 \text{ Kg/m}^3$ .

- $500 \text{ kg/m}^3$  pour le sable (0/5).
- $800 \text{ kg/m}^3$  pour le gravier (5/25).
- $175 \text{ kg/m}^3$  pour l'eau de gâchage.

Les agrégats seront durs de caractère, propres et saints, débarrassés par lavage et, s'il y a lieu, de tous les détritiques organiques ou terreux, poussières, argiles et cribles avec soins.

Leur forme sera à peu près cubique pour ceux concassés, ou sphériques pour ceux qui sont ronds. Tous matériaux tendant à se casser en plaques ou en aiguilles seront éliminés.

Tous les agrégats pour un coulage doivent être sur place avant le début du coulage.

Les graviers latéritiques ainsi que le sable marin ne seront pas acceptés.

Le stockage du sable et du gravier devra être distinct, aucun mélange n'étant accepté avant l'introduction des composants dans la bétonnière ou la centrale à béton.

L'eau destinée à être mélangée au ciment sera toujours de la même provenance.

Elle ne contiendra pas de matières en suspension (turbidité  $\leq 5$  NTU) et pas plus de 0,3% de Matières dissoutes : le pourcentage en radical  $\text{SO}_4^{++}$  ne dépassant jamais 0,03% et le  $\text{CaCO}_3 \leq 500$  mg/l.

Le dosage d'eau doit être mesuré d'une façon efficace, suivant les ratios eau/ciment, afin d'obtenir la marque de béton souhaitée.

Elle ne contiendra aucune matière organique en suspension ou dissoute.

Le ciment employé sera un ciment Portland de classe A (CPA325).

La résistance du béton doit être obtenue par une granulométrie soignée des agrégats, plutôt que par un dosage abondant de ciment.

## **VII-3- Estimation des travaux**

### **VII-3-1- Devis quantitatif et estimatif**

Le devis quantitatif global du projet consiste à déterminer les quantités des différents ouvrages, terrassement et les pièces spéciales à fin de pouvoir dégager les fonds nécessaires pour la réalisation du projet.

Afin de ressortir les quantités on aura besoins des :

- Plans de masses et tracés en plan des réseaux ;
- Profils en long ;
- Plans des ouvrages spéciaux et détails d'exécution ;

#### **VII-3-1-1- Détermination des volumes de terrassement**

##### **a)- la tranchée**

Le volume des terrassements de la tranchée se calcule comme suit :

$$V = L * l * p \quad \text{(VII-5)}$$

Avec :

L : longueur de la tranchée.

l : largeur de la tranchée.

P : profondeur moyenne de la tranchée.

**b)- Terrassement en grande masse**

Dans le projet, les ouvrages concernés par les terrassement en grande masse sont les réservoirs et les regards.

Pour les réservoirs le volume se calcul comme suit :

$$V = S_e * P \quad (\text{VII-6})$$

Avec :  $S_e$  : la section extérieure du réservoir ( $S_e = \frac{\pi (D+(2*e))^2}{4}$ ) ; ou  $e$  : épaisseur du voile ;

$P$  : profondeur de la fouille, qui dépend de l'étude du sol (l'ancrage), et le type de réservoirs (enterré, semi-enterré) ;

Pour les regards le volume se calcul comme suit :

$$V = L^2 * P \quad (\text{VII-7})$$

Avec :

$L$  : largeur extérieur du regard = 1.40 m

$P$  : profondeur du regard = 1.80 m

**c)- Calcul de volume du sable**

Dans notre projet on à opter pour un lit de pose, l'enrobage de la conduite en sable, c'est-à-dire : La conduite sera posée sur un lit d'une épaisseur de 0.1 m, et enrobée d'une épaisseur de 0.2 m. Donc le volume de sable sera :

$$V_s = L * H * l - S * L \quad (\text{VII-8})$$

Avec :

$l$  : largeur de la tranchée

$L$  : longueur de la conduite

$H = 0.1 + 0.2 + D_{ex}$

$S$  : Section de la conduite

**d)- volume de remblais**

Le volume de remblais se calcul comme suit :

$$V_R = V_{tf} - V_s \quad (\text{VII-9})$$

Avec :

$V_R$  : volume de remblais ( $m^3$ ) ;

$V_{tf}$  : le volume de la fouille ( $m^3$ ) ;

$V_s$  : le volume de sable (m<sup>3</sup>).

En remarque qu'il y a un surplus des terres, et cela fait appel à l'évacuation.

#### VII-4- Estimation du projet

Pour bien évaluer le coût d'un projet, il faut connaître les coûts unitaires, qu'il s'agisse d'investissements physiques (prix du mètre linéaire de canalisation posée) ou de prestations intellectuelles.

Le prix unitaire dépend beaucoup de l'enclavement de la localité (difficulté de transport et d'approvisionnement en matériaux), mais aussi des quantités (économie d'échelle) et de l'efficacité de la procédure de mise en concurrence (un appel d'offres bien conduit peut faire baisser les prix de 20 à 30%).

L'estimation du projet est classée par lot :

- Lot 01 : Canalisation ;
- Lot 02 : Génie Civil (Réservoirs et stations de pompage);
- Lot 03 : Equipements des stations de pompage.

Le coût de revient du projet en sa globalité est donné dans le tableau (VII-2).

*Tableau (VII-2) : Coût de projet*

Lot n°	Désignation de lot	Montant en HT (DA)
01	Canalisation	<b>104 206 166.00</b>
02	Génie Civil (réservoirs et Stations de reprise)	<b>30 080 328.00</b>
03	Equipement SR1	<b>7 761 000.00</b>
	Equipement SR2	<b>9 774 000.00</b>

Le coût total du projet que l'état doit investir est : **151 821 494.00 DA**. Les devis quantitatifs et estimatifs des travaux sont donnés en annexes (5, 6, 7 et 8).

#### VII-5- Conclusion

Dans le présent chapitre nous avons donné quelques orientations pour organiser les travaux et de réalisation et nous avons estimé le coût total du projet que l'état doit investir pour réaliser ce renforcement en AEP et satisfaire ainsi les besoins en eau de toute la localité étudiée .

# ***Conclusion***

## CONCLUSION GENERALE

L'objectif du présent travail est de dimensionner une chaîne d'adduction pour renforcer l'alimentation en eau potable de la localité Béni-Maouche (Béjaia) à partir du transfert des eaux de barrage Tichi Haf.

L'étude de la zone d'étude nous a permis de connaître les caractéristiques de la commune de Beni-Maouche et ses ressources en eau, il est particulièrement important de retenir que le débit disponible et exploité est de **36.55 l/s**.

L'estimation des différents besoins et l'établissement des bilans de consommation ont fait ressortir que la localité de Béni-Maouche souffre aujourd'hui déjà d'un manque d'eau de l'ordre de **6 l/s**. Si aucune disposition n'est prise, cette carence s'accroîtra pour atteindre un manque de **23 l/s** à l'horizon 2042.

Le débit de **25 l/s** alloué à partir du barrage Tichi-Haf permettra justement de couvrir ce manque, cependant au-delà de l'horizon 2042 d'autres ressources hydriques devraient être mobilisées pour faire face aux besoins croissants.

La vérification et la détermination des volumes des réservoirs ainsi que leurs dimensions (hauteur et diamètre) ont montré qu'ils garantiront l'alimentation satisfaisante et en continu de la commune en eau potable.

Les résultats de l'étude ont fait ressortir que sur la base des contraintes de terrain, la conduite d'adduction sera composée de deux tronçons à écoulement gravitaires et deux autres à écoulement par refoulement. Le choix du diamètre des conduites d'adduction a été imposé par des contraintes techniques et économiques.

L'étude menée montre que les pompes retenues permettront un fonctionnement normal du pompage aux conditions désirées de travail.

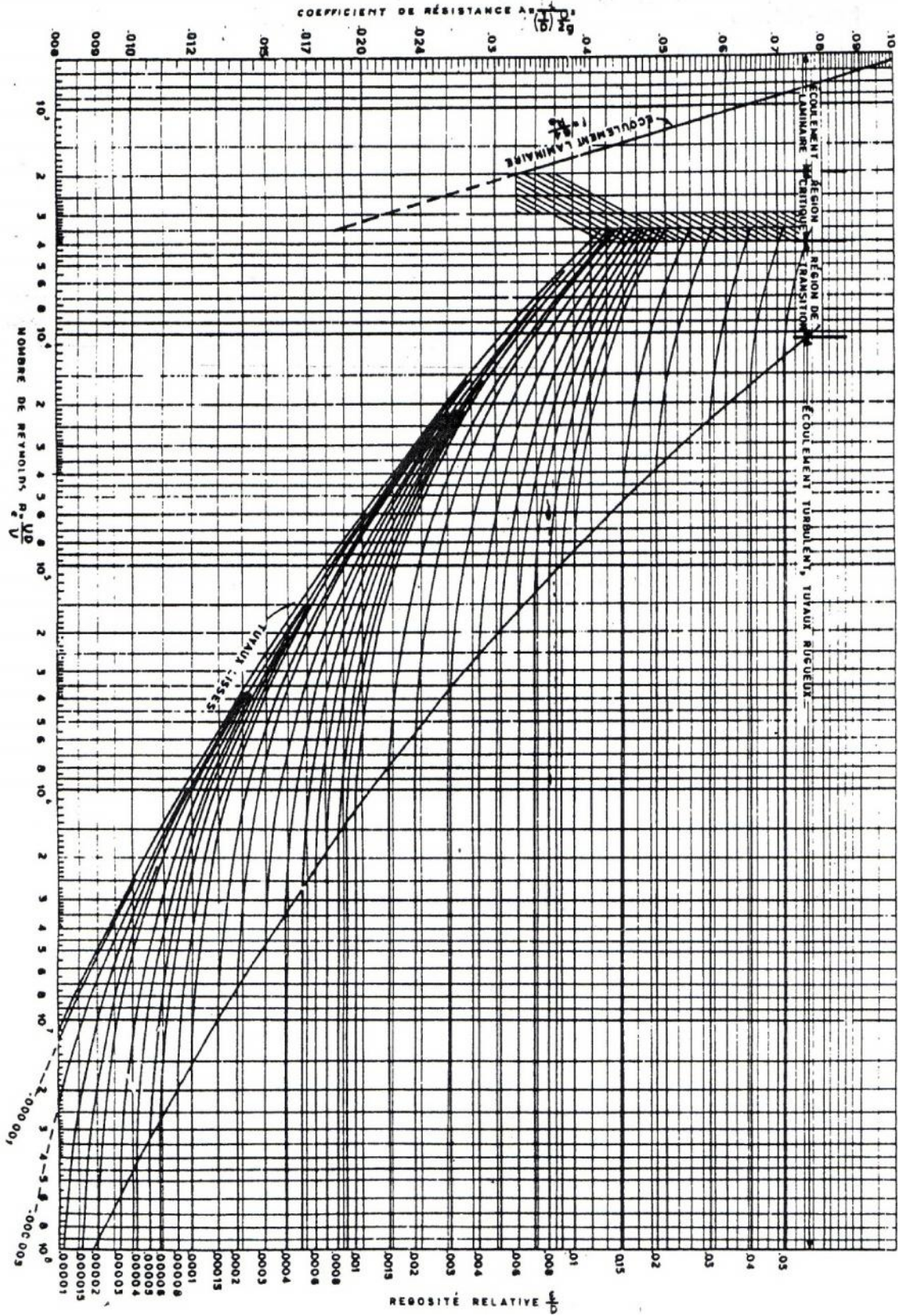
Les valeurs du coup de bélier dans les différents tronçons ne sont pas importantes, les dépressions sont acceptables et les surpressions sont inférieures aux pressions de services des conduites ce qui ne nécessite pas une protection anti-bélier.

Enfin, nous avons estimé le coût total du projet que l'état doit investir pour réaliser ce renforcement en AEP et satisfaire ainsi les besoins en eau de toute la localité étudiée et permettre à la population de Beni-Maouche de bénéficier d'un meilleur confort en matière de distribution d'eau.

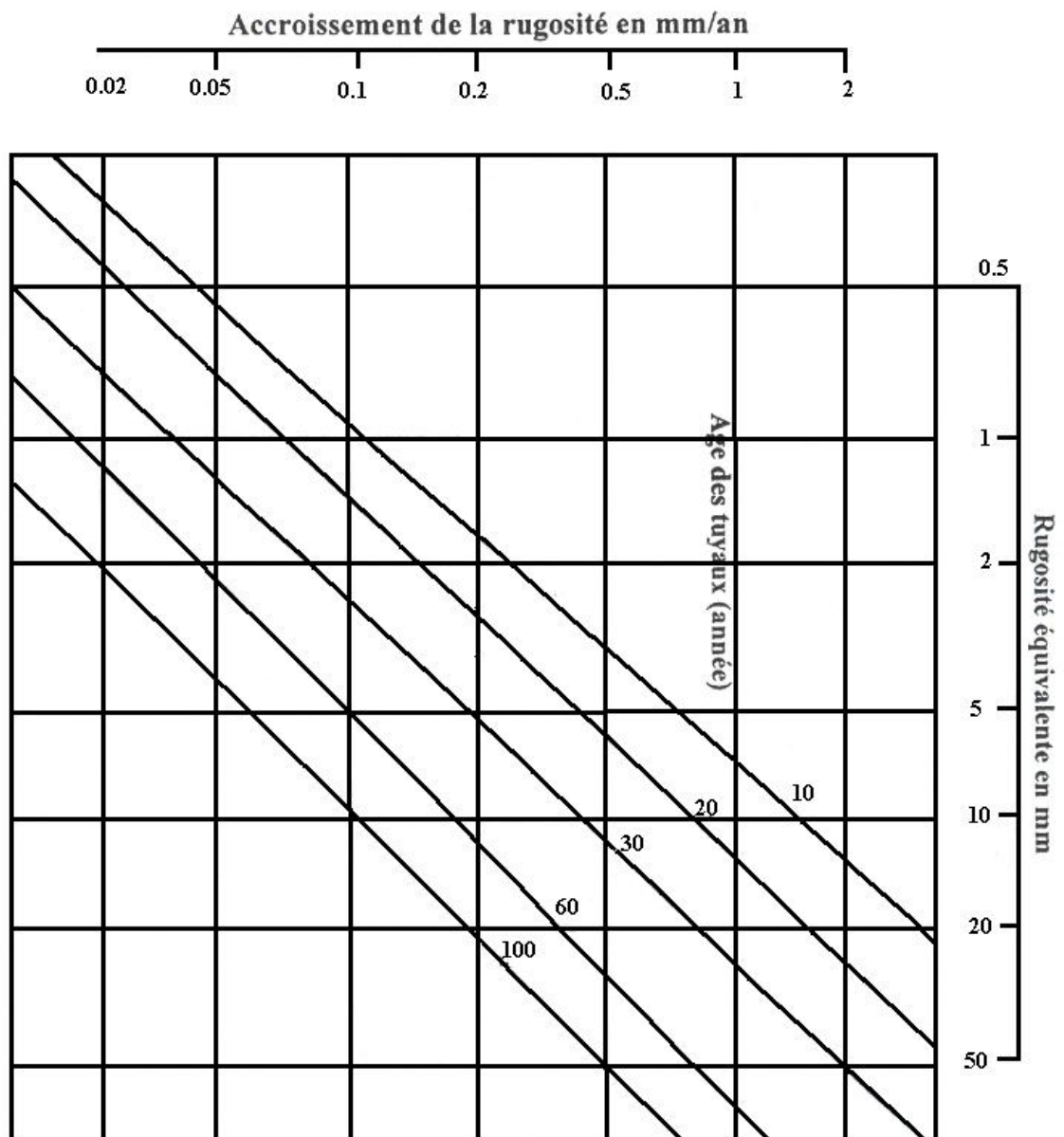


# *Annexes*

Annexe (1) : Diagramme de MOODY



## Annexe (2) : Abaque de PETER LAMONT



## Annexe (3) : Caractéristique de la pompe SR1.

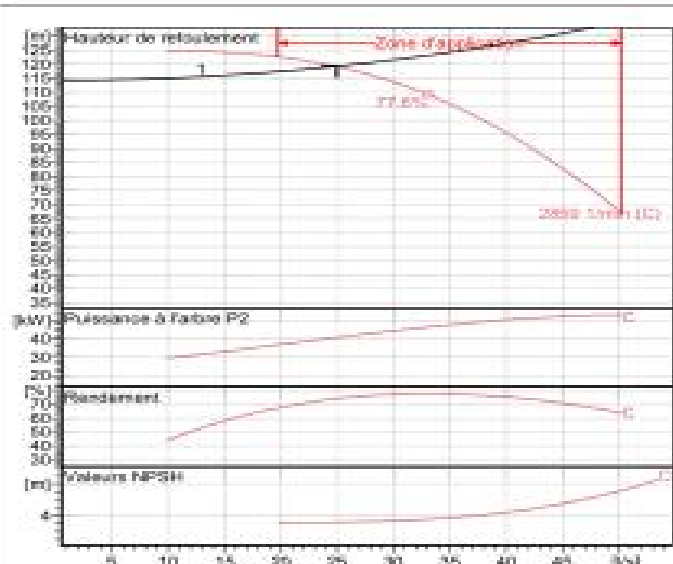
**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001

PM 100/ 2 C	
<b>Caractéristiques requises</b>	
Débit	25 l/s
Hauteur de refoulement	118 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N° de pompes	1
<b>Caractéristiques de la pompe</b>	
Débit	25 l/s
Hauteur de refoulement	118 m
Puissance absorbée	60,8 kW
Rendement	74,1%
Hauteur manométrique H <sub>0</sub> (=H)	124 m
Ø int. de refoulement	100 mm
<b>Caractéristiques moteur</b>	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2850 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P <sub>2</sub>	55 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3-
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
<b>Limites opérationnelles</b>	
Démarrages / h max.	5
Température max. du liquide pompé	383 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité max.	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Caractéristiques générales</b>	
Poids	620 kg

Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Cauchoouc ou nitrile
Roulements à billes	Acier
Pressé-Étoupe	Fonte
Étoupe	Tresse graphitée

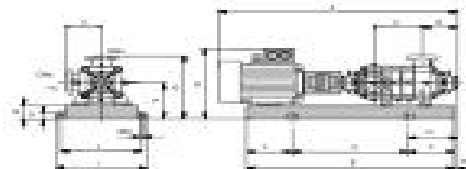


Caractéristiques de fonctionnement Courbes des performances indicatives

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

## Dimensions mm

A = 1754  
 B = 1374  
 C = 170  
 D = 283  
 DNa = 125  
 DNis = 100  
 E = 200  
 F = 200  
 G = 974  
 H = 450  
 I = 600  
 L = 550  
 M = 20  
 N = 120  
 O = 42  
 P = 370  
 Q = 540  
 R = 750  
 V = 270



Notes:

Date	Page	Offre n°	Pos. N°
19.06.2017	1		

PumpTutor Version: 2.0 - 05.05.2009 (Rued. 001)

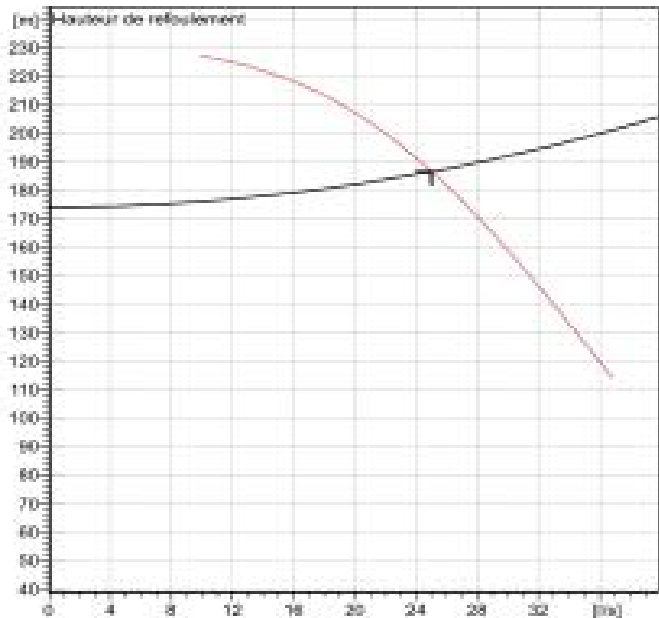
## Annexe (4) : Caractéristique de la pompe SR2

**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
150 9001

<b>PM 80/ 4 A</b>	
<b>Caractéristiques requises</b>	
Débit	25 l/s
Hauteur de refoulement	187 m
Fluide	Eau possible
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
Nbre de pompes	1
<b>Caractéristiques de la pompe</b>	
Débit	25 l/s
Hauteur de refoulement	187 m
Puissance absorbée	60,4 kW
Rendement	75,5%
Hauteur manométrique H(Q=0)	239 m
Orif. de refoulement	80 mm
<b>Caractéristiques moteur</b>	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	75 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3-
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
<b>Limites opérationnelles</b>	
Démarrages / h max.	5
Température max. du liquide pompé	380 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité max.	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Caractéristiques générales</b>	
Poids	758 kg
<b>Matériaux</b>	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bagues d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc ou nitrile
Roulements à billes	Acier
Pressa-Étoupe	Fonte
Étoupe	Tresse graphitée

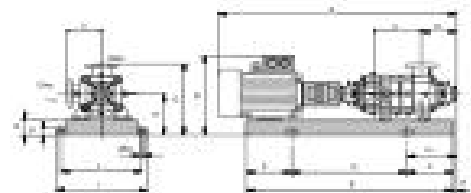


Caractéristiques de fonctionnement Courbes des performances indiquées

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

## Dimensions mm

A = 1373  
 B = 1546  
 C = 316  
 D = 274  
 DN<sub>s</sub> = 100  
 DN<sub>r</sub> = 80  
 E = 185  
 F = 250  
 G = 1640  
 H = 425  
 I = 670  
 L = 820  
 M = 20  
 N = 140  
 O = 45  
 P = 400  
 Q = 865  
 R = 838  
 V = 245



Notes:

Date	Page	Offre n°	Pos. N°
19.06.2017	1		

**Annexe (5) : Devis quantitatif et estimatif de lot Canalisation**

<b>N°</b>	<b>Désignation des travaux</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix Unitaire</b>	<b>Montant</b>
<b>1</b>	Levé en bande, relevé de profil en long et report, y compris levé des sites de génie civil	KM	13	25 000.00	325 000.00
<b>2</b>	Terrassement en tranchée en tout terrain, excepté le terrain rocheux profondeur 0 à 3 m	M3	13125	400.00	5 250 000.00
<b>3</b>	Terrassement en tranchée en terrain rocheux exécuté en marteau pneumatique ou brise roche, profondeur 0 à 3 m	M3	3750	1 500.00	5 625 000.00
<b>4</b>	Terrassement en tranchée exécuté manuellement	M3	1875	1 200.00	2 250 000.00
<b>5</b>	Fourniture et pose de lit de sable( provenance : sable de dunes ou de carrières ) épaisseur 10cm plus enrobage de la conduite à 20cm au-dessus de la génératrice supérieure	M3	5250	1 000.00	5 250 000.00
<b>6</b>	Fourniture et pose de grillage avertisseur b) de couleur bleu de largeur 0.3 m	ML	13000	180.00	2 340 000.00
<b>7</b>	Remblaiement des fouilles en TVO y compris compactage	M3	6000	120.00	720 000.00
<b>8</b>	Remblaiement des fouilles en terre ordinaire y compris compactage	M3	7500	100.00	750 000.00
<b>9</b>	Evacuations des terres excédentaires a la décharge publique	M3	6000	600.00	3 600 000.00
<b>10</b>	Traversée de l'oued sous gaine en y compris toutes suggestions de bonne execution	ML	86	3 500.00	301 000.00
<b>11</b>	Fourniture et pose de conduite en fonte ductile à emboîtement automatique de classe K9 DN 200	ML	4482	5 663.00	25 381 566.00
<b>12</b>	Fourniture et pose de conduite en PEHD PE 100 PN 16. type d'assemblage : électro-soudage. Dext 200 mm	ML	8492	4 800.00	40 761 600.00
<b>13</b>	Fourniture et pose de fourreau an acier PN 10 DN 400	ML	80	6 500.00	520 000.00

**Annexe (5) : Devis quantitatif et estimatif de lot Canalisation (suite)**

<b>14</b>	Fourniture et pose de ventouses à triple effet, y compris vannes d'arrêt -DN 80, pièces spéciales (Manchettes, Brides , Tés ....)et toutes sujétions de raccordement				-
	a) sur conduite en PEHD PN16	U	14	25 000.00	350 000.00
	b) sur conduites en fonte PN25	U	14	25 000.00	350 000.00
<b>15</b>	Fourniture et pose de vanne de vidange -DN 100, y compris pièces spéciales (Manchettes, Brides, Pipe, Tés....)et toutes sujétions de raccordement				-
	a) sur conduite en PEHD	U	14	35 000.00	490 000.00
	b) sur conduites en fonte	U	14	35 000.00	490 000.00
<b>16</b>	Fourniture et pose de manchette bridée en acier PN 25 y compris toutes sujétions de raccordement DN 100	U	28	6 000.00	168 000.00
<b>17</b>	Fourniture et pose de coudes en fonte ductile à emboîtements automatique verrouillé type "Ve" DN 200 en fonte ductile de classe K9				
	a) 1/4	U	10	21 000.00	210 000.00
	b) 1/8	U	12	22 000.00	264 000.00
	c) 1/16	U	14	30 000.00	420 000.00
	d) 1/32	U	15	32 000.00	480 000.00
<b>18</b>	Fourniture et pose vanne de sectionnement PN 25 en fonte ductile, y compris pièces spéciales (Manchettes, brides, collets à brides, ...etc), pièces d'adaptation et toutes sujétions de raccordement DN 200	U	4	45 000.00	180 000.00
<b>19</b>	Fourniture et pose de joints de démontage PN 25 bars DN 200	U	4	35 000.00	140 000.00
<b>20</b>	Raccordement aux ouvrages existants (conduites , réservoirs , point de piquage ..etc) y compris support de fixation , et remise en état des lieux	U	6	75 000.00	450 000.00

**Annexe (5) : Devis quantitatif et estimatif de lot Canalisation (suite et fin)**

<b>21</b>	Mise en œuvre de béton armé dosé à 350Kg/m <sup>3</sup> pour butées, ancrages, supports, y compris coffrage et toutes sujétions	M3	200		
				30 000.00	6 000 000.00
<b>22</b>	Construction de regards en béton armé dosé à 350 kg/m <sup>3</sup> , avec tampon en fonte (type lourd 0,80x0,80 m), ferrailage en double nappe esp =15cm, ep = 20 cm ,profondeur variable 1,20x1,20 m	U	30		
				38 000.00	1 140 000.00
<b>Total (H.T)</b>					<b>104 206 166.00</b>



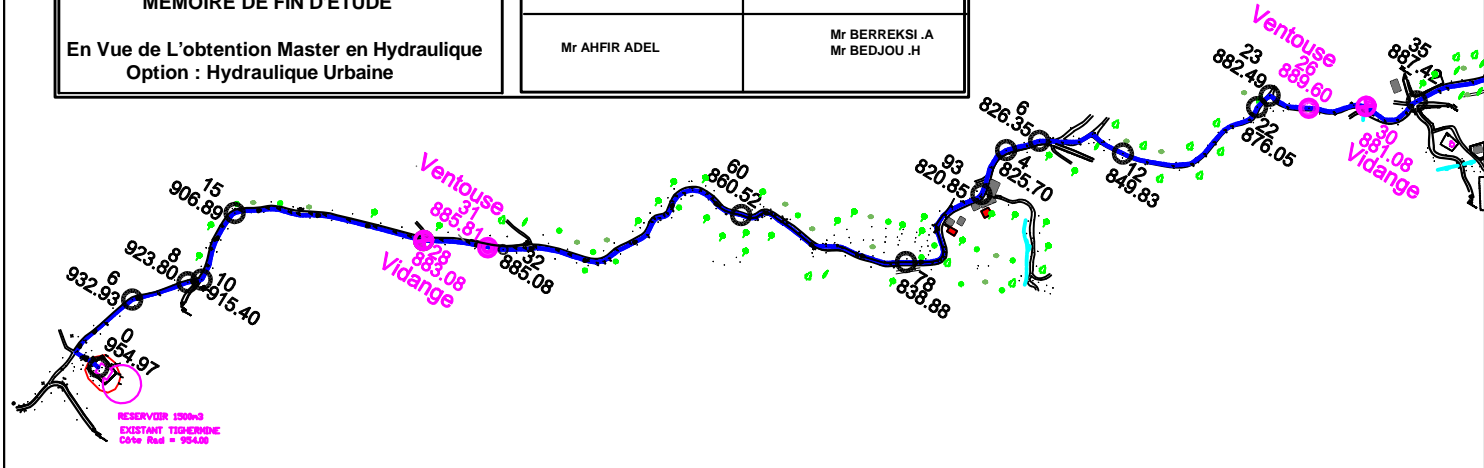
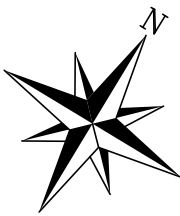
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
 UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA  
 FACULTE DE TECHNOLOGIE  
 DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE  
 Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

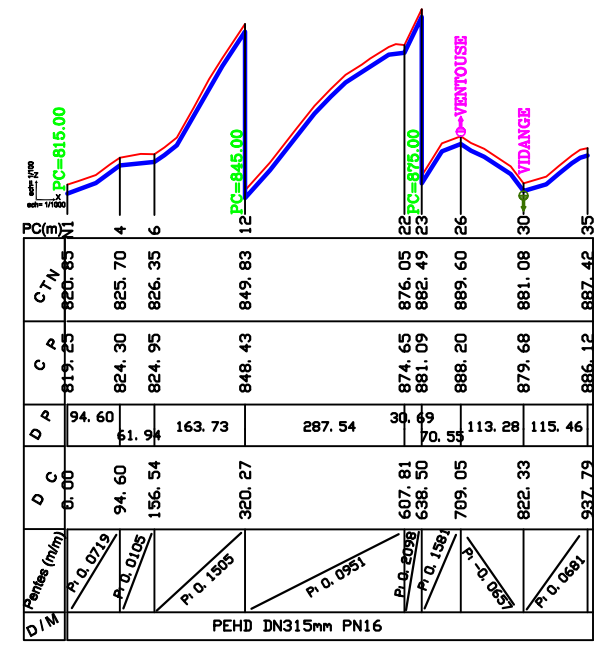
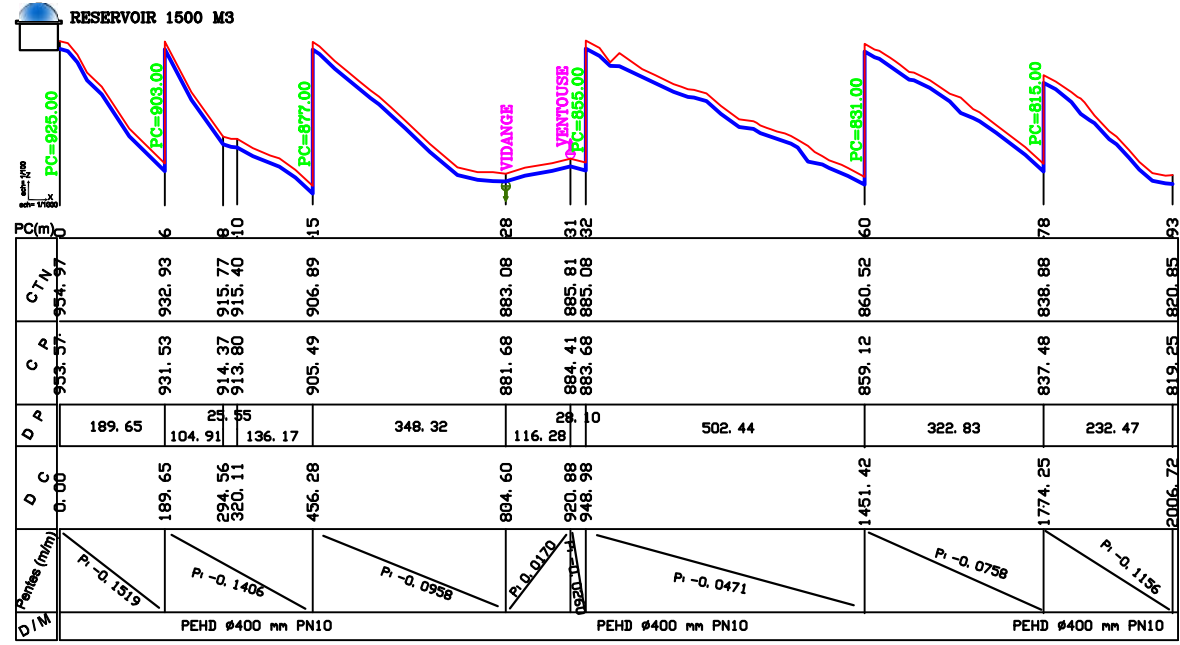
En Vue de L'obtention Master en Hydraulique  
 Option : Hydraulique Urbaine

THEME			
Date	N° de planche	Titre de la planche	Echelle
JUIN 2017	Cdte - PL+Prof 01	TRACÉ EN & PROFIL EN LONG (RV 1500 Tigheime - RV Ighil N'tala) (PK 0+00 au PK 0+00)	X : 1/1000 Y : 1/500
Présenté par		Encadré par	
Mr AHFIR ADEL		Mr BERREKSI .A Mr BEDJOU .H	



### LEGENDE

	AEP Ighil N'tala		Construction & Habitation
	Talus		Poste transformateur
	Cours d'eau		Ventouse
	Route		Vidange
	Piste carrossable		Poteau électrique
	Saniter		Poteau Téléphonique
	Caniveau ou fossé		Lampadaire
	Clôture grillagée		Borne Topo
	Mur en maçonnerie		
	Pont & Ouvrage Hydraulique		
	Cimetière		



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

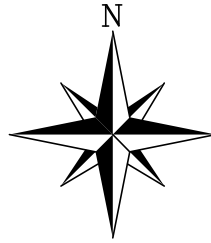
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
 UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA  
 FACULTE DE TECHNOLOGIE  
 DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE  
 Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue de L'obtention Master en Hydraulique  
 Option : Hydraulique Urbaine

THEME

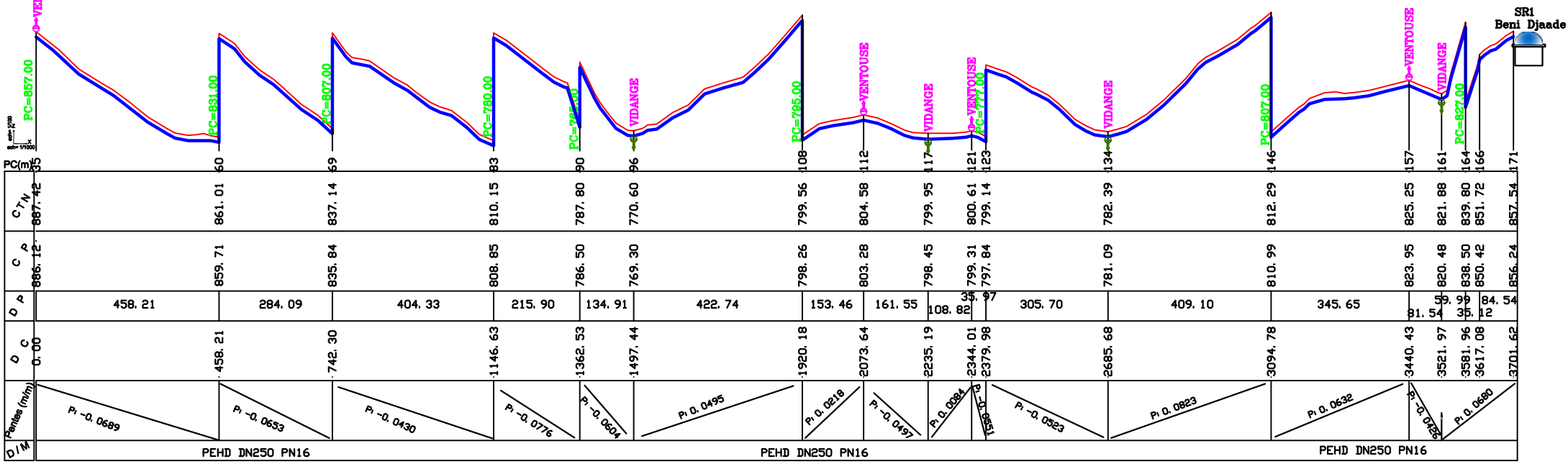
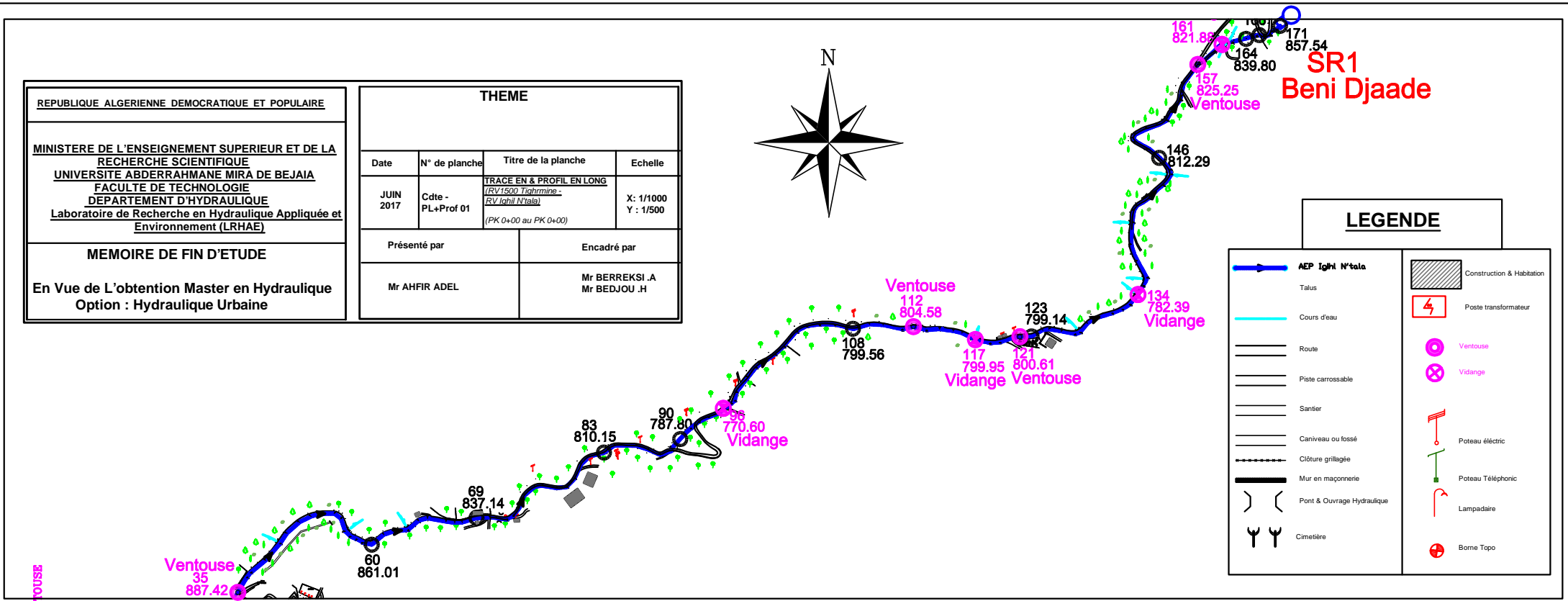
Date	N° de planche	Titre de la planche	Echelle
JUIN 2017	Cdte - PL+Prof 01	TRACE EN & PROFIL EN LONG (RV 1500 Tighrmine - RV Ighil N'tata) (PK 0+00 au PK 0+00)	X: 1/1000 Y: 1/500
Présenté par		Encadré par	
Mr AHFIR ADEL		Mr BERREKSI .A Mr BEDJOU .H	

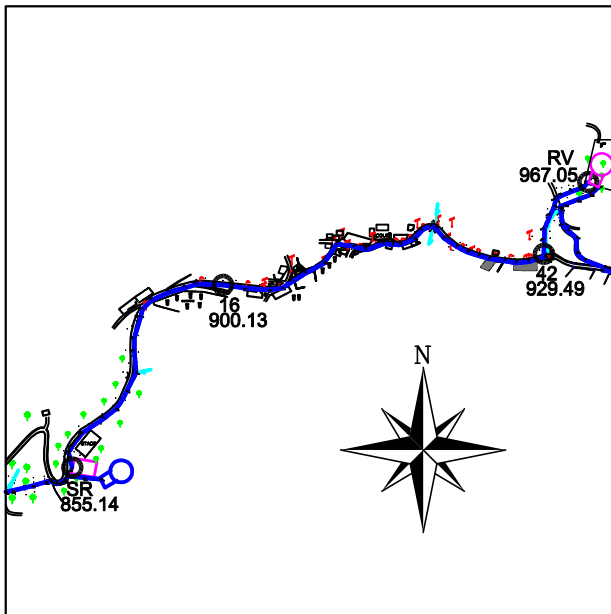


SR1  
 Beni Djaade

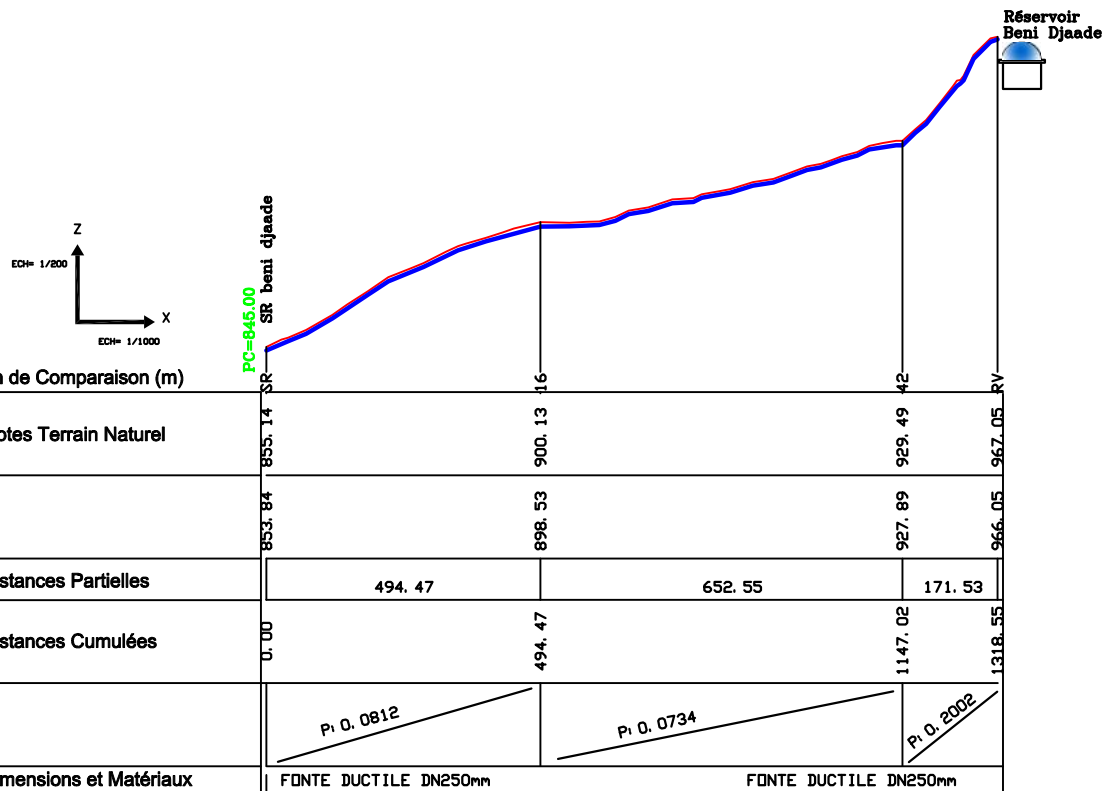
LEGENDE

	AEP Ighil N'tata		Construction & Habitation
	Talus		Poste transformateur
	Cours d'eau		Ventouse
	Route		Vidange
	Piste carrossable		Poteau électrique
	Saniter		Poteau Téléphonique
	Caniveau ou fossé		Lampadaire
	Clôture grillagée		Borne Topo
	Mur en maçonnerie		
	Pont & Ouvrage Hydraulique		
	Cimetière		





LEGENDE	
	AEP Ighil N'tala
	Talus
	Cours d'eau
	Route
	Piste carrossable
	Santier
	Caniveau ou fossé
	Clôture grillagée
	Mur en maçonnerie
	Pont & Ouvrage Hydraulique
	Cimetière
	Construction & Habitation
	Poste transformateur
	Ventouse
	Vidange
	Poteau électrique
	Poteau Téléphonique
	Lampadaire
	Borne Topo



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

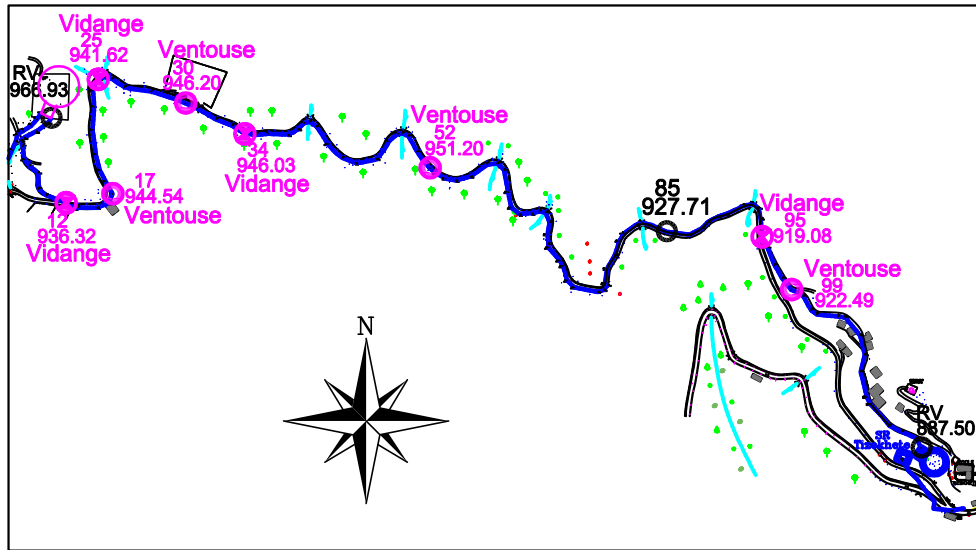
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE  
Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et  
Environnement (LRHAE)

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

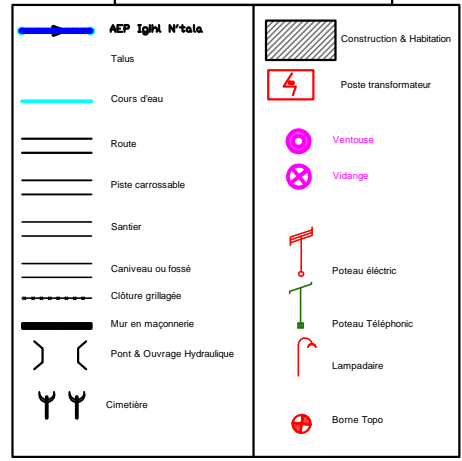
En Vue de L'obtention Master en Hydraulique  
Option : Hydraulique Urbaine

## THEME

Date	N° de planche	Titre de la planche	Echelle
JUIN 2017	Cdte - PL+Prof 01	<b>TRACE EN &amp; PROFIL EN LONG</b> (RV1500 Tighrmine - RV Ighil N'tala) (PK 0+00 au PK 0+00)	X: 1/1000 Y : 1/500
Présenté par		Encadré par	
Mr AHFIR ADEL		Mr BERREKSI .A Mr BEDJOU .H	



### LEGENDE



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

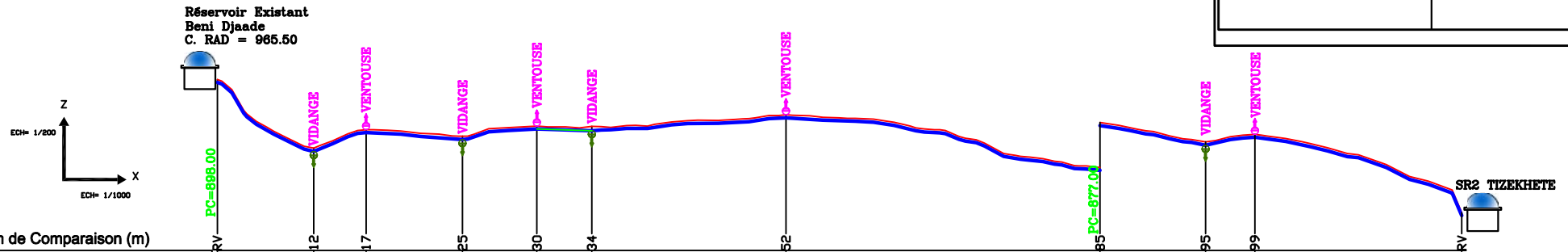
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
 UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRÀ DE BEJAIA  
 FACULTE DE TECHNOLOGIE  
 DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE  
 Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue de L'obtention Master en Hydraulique  
 Option : Hydraulique Urbaine

THEME

Date	N° de planche	Titre de la planche	Echelle
JUIN 2017	Cdte - PL+Prof 01	TRACE EN & PROFIL EN LONG (RV1500 Tighrmine - RV Ighil N'tala) (PK 0+00 au PK 0+00)	X: 1/1000 Y: 1/500
Présenté par		Encadré par	
Mr AHFIR ADEL		Mr BERREKSI .A Mr BEDJOU .H	

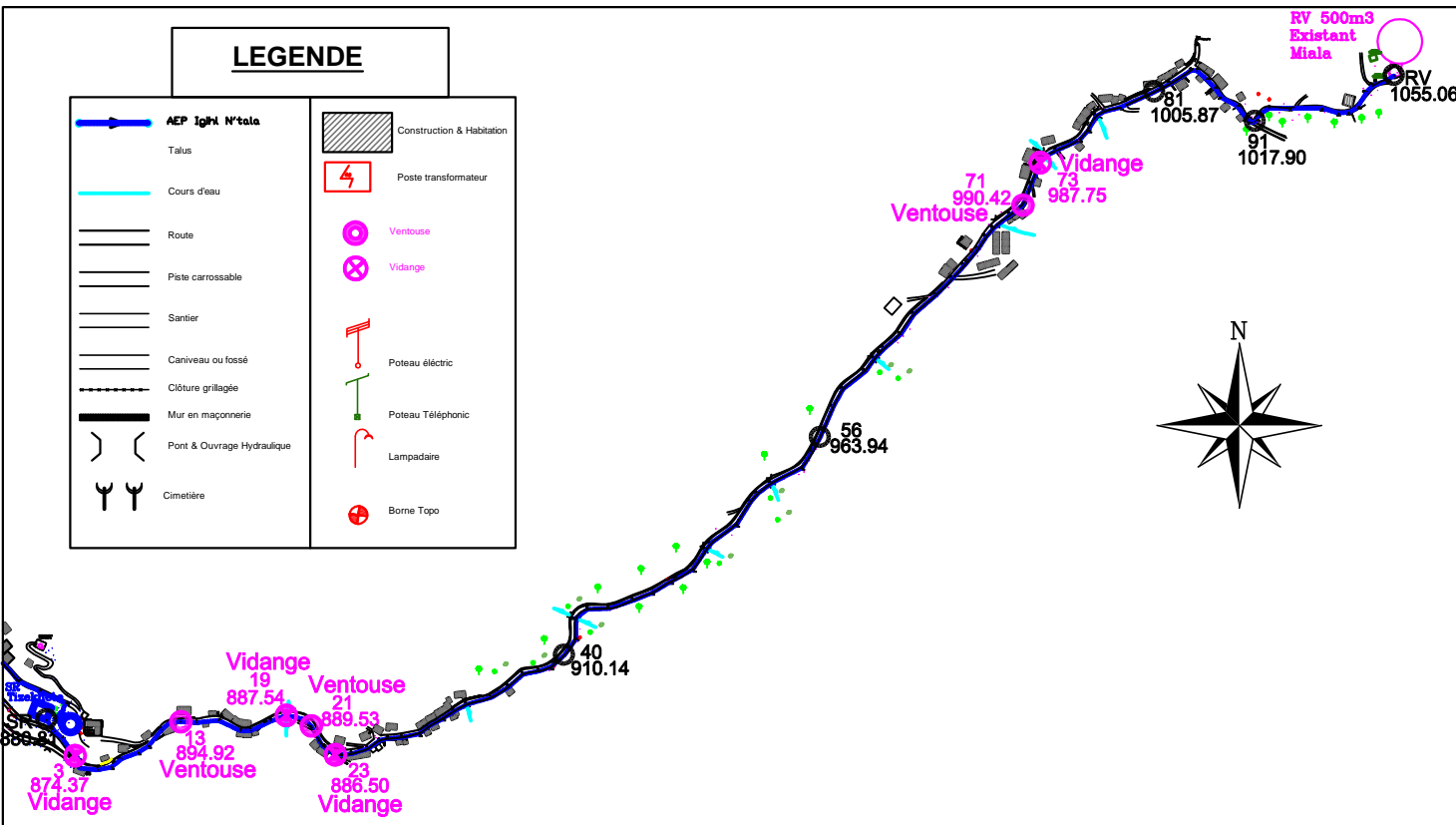


Plan de Comparaison (m)

	RV	12	17	25	30	34	52	85	95	99	RV	
Cotes Terrain Naturel	966.93	936.32	944.54	941.62	946.20	946.03	951.20	927.71	919.08	922.49	887.50	
Cotes Projet	965.63	934.82	943.24	940.12	944.90	944.12	949.90	926.41	917.58	921.19	886.20	
Distances Partielles		215.33	117.06	215.58	166.41	22.66	433.95		702.33	235.78	110.18	462.62
Distances Cumulées		215.33	332.39	548.07	714.48	837.14	1271.09	1973.42	2209.20	2319.38		2782.00
Pentes (m/ml)		P <sub>i</sub> -0.0996	P <sub>i</sub> 0.0916	P <sub>i</sub> -0.0158	P <sub>i</sub> 0.0126	P <sub>i</sub> -0.0064	P <sub>i</sub> 0.0155		P <sub>i</sub> -0.0499	P <sub>i</sub> -0.0521	P <sub>i</sub> 0.0266	P <sub>i</sub> -0.1017
Dimensions et Matériaux		PEHD DN250 PN16					PEHD DN250 PN16		PEHD DN250 PN16			

# LEGENDE

	AEP Ig'ht N'tala		Construction & Habitation
	Talus		Poste transformateur
	Cours d'eau		Ventouse
	Route		Vidange
	Piste carrossable		Poteau électrique
	Santier		Poteau Téléphonique
	Caniveau ou fossé		Lampadaire
	Clôture grillagée		Borne Topo
	Mur en maçonnerie		
	Pont & Ouvrage Hydraulique		
	Cimetière		



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

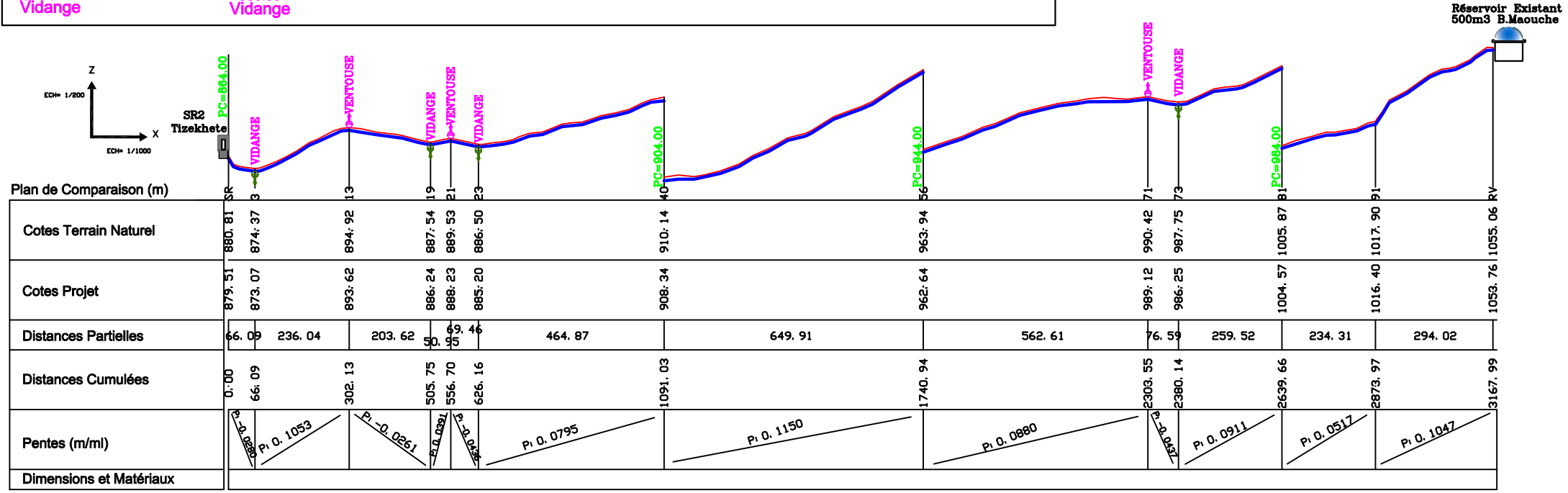
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
 UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA  
 FACULTE DE TECHNOLOGIE  
 DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE  
 Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)

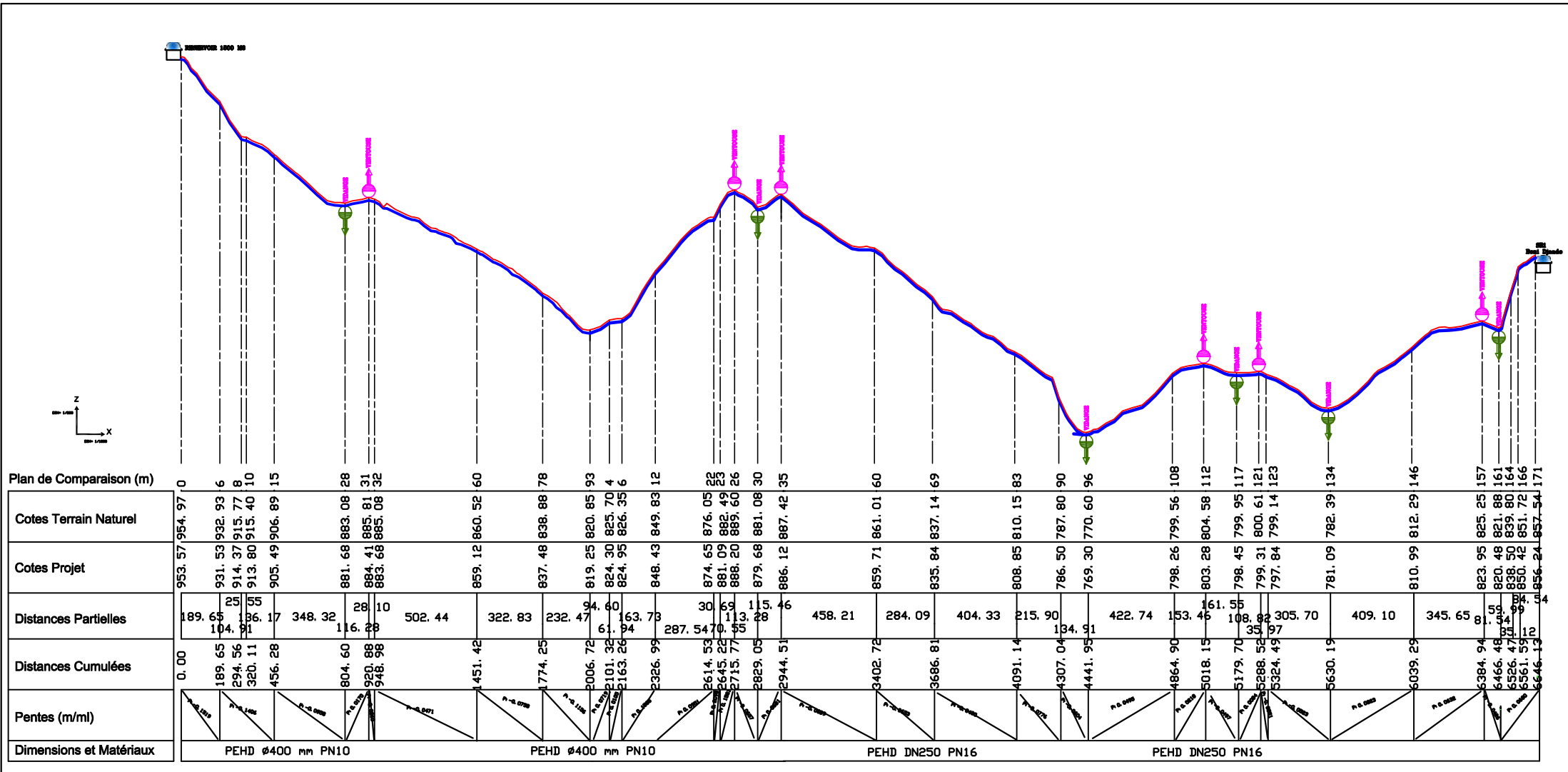
MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue de L'obtention Master en Hydraulique  
 Option : Hydraulique Urbaine

THEME

Date	N° de planche	Titre de la planche	Echelle
JUN 2017	Cdte - PL+Prof 01	TRACE EN & PROFIL EN LONG (RV1500 Tighrmine - RV Ig'ht N'tala) (PK 0+00 au PK 0+00)	X: 1/1000 Y: 1/500
Présenté par		Encadré par	
Mr AHFIR ADEL		Mr BERREKSI .A Mr BEDJOU .H	





REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE  
Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et  
Environnement (LRHAE)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En Vue de l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique  
Option : Hydraulique Urbaine

THEME

ETUDE DE RENFORCEMENT EN AEP DE LA  
COMMUNE DE BENI-MAOUCHE A PARTIR DU  
SYSTEME D'ADDUCTION DU COULOIR  
TICHI-HAF -BEJAIA

Date	Titre de la planche
------	---------------------

JUN 2017	STATION DE REPRISE TYPE VUE EN PLAN ET COUPES
-------------	--

Présenté par	Encadré par
--------------	-------------

Mr AHFIR AADEL	Mr BERREKSI A. Mr BEDJOU A/H.
----------------	----------------------------------

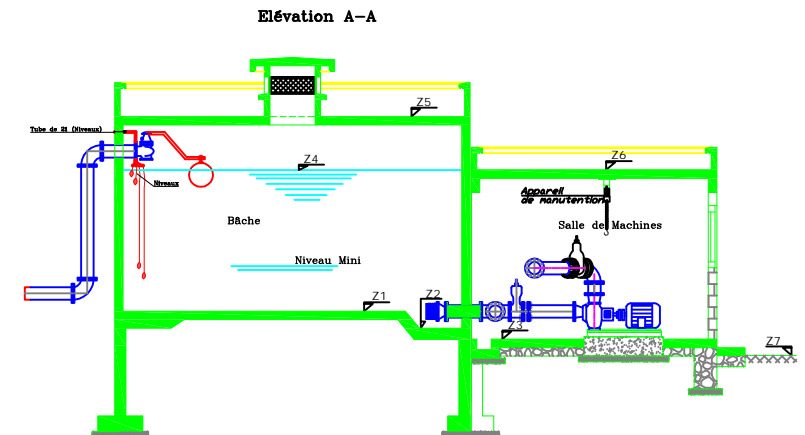
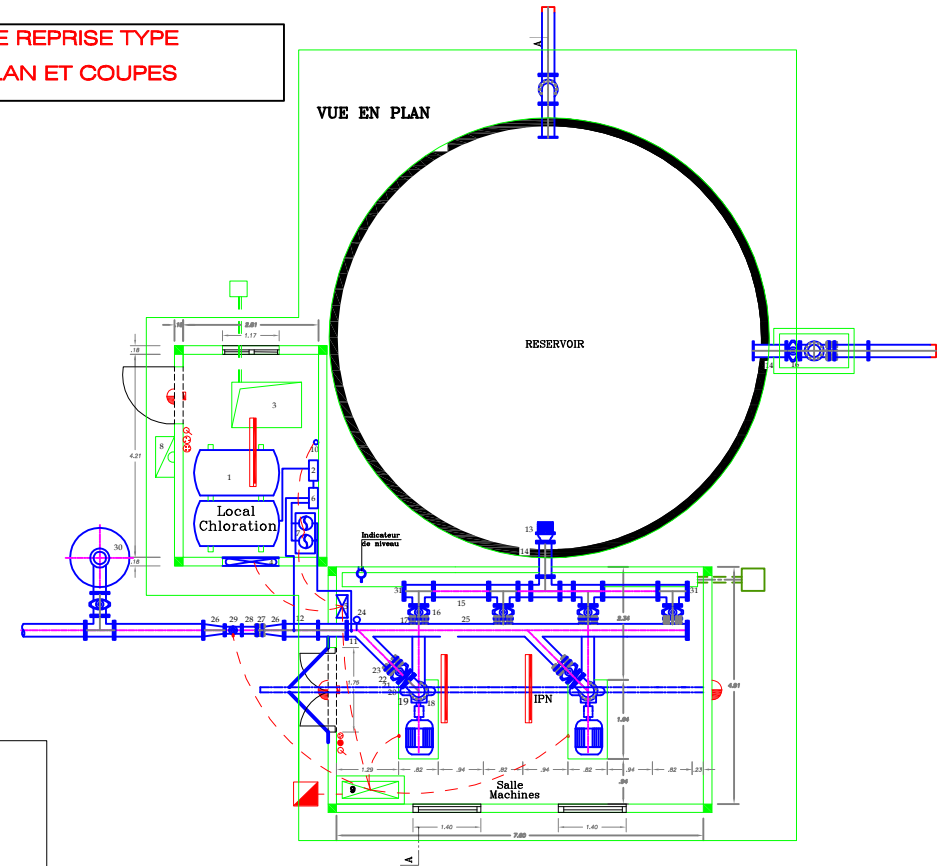
PROMOTION 2017

STATION DE REPRISE TYPE  
VUE EN PLAN ET COUPES

- LEGENDE EQUIPEMENT -
- 1 - Boueille de chlore
  - 2 - Inverseur automatique
  - 3 - Fosse de neutralisation
  - 4 - Ventilateur d'extraction
  - 5 - Détecteur de fuite
  - 6 - Chloromètre
  - 7 - Pompe d'eau matrice
  - 8 - Armoire de sécurité Z
  - 9 - Armoire électrique
  - 10 - Sonde de détection chlore
  - 11 - Prise d'eau
  - 12 - Injection d'eau chlorée
  - 13 - Crépine d'aspiration
  - 14 - Manchette de traversée
  - 15 - Tê pour conduite d'aspiration
  - 16 - Robinet vanne
  - 17 - Joint de démontage
  - 18 - Groupe motopompe
  - 19 - Coude 1/4
  - 20 - Clapet anti retour
  - 21 - Robinet vanne
  - 22 - Joint de démontage
  - 23 - Elément droit avec manomètre
  - 24 - Prises/sort
  - 25 - Conduite de refoulement
  - 26 - Cône de réduction
  - 27 - Joint de démontage
  - 28 - Stabilisateur
  - 29 - Compteur
  - 30 - B. anti bédier
  - 31 - Plaque pleine

- LEGENDE ASSAINISSEMENT -
- Regard borne 0.50\*0.50
  - Regard 1.00\*1.00
  - Regard à grille 0.60\*0.60
  - Fosse septique
  - Puits perdu
  - Buse DN 200 en ciment pour eaux pluviales

- LEGENDE ELECTRICITE -
- Comptage Basse Tension
  - Luminaire sur poteau de 2.50m
  - Hublot étanche
  - Regard 0.5\*0.5
  - Buse DN 100 en PVC pour cables électrique



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
 UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA  
 FACULTE DE TECHNOLOGIE  
 DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE  
 Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En Vue de l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique  
 Option : Hydraulique Urbaine

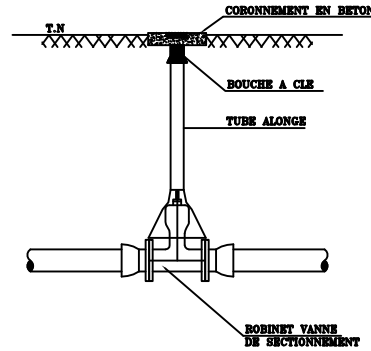
THEME

ETUDE DE RENFORCEMENT EN AEP DE LA COMMUNE DE BENI-MAOUCHE A PARTIR DU SYSTEME D'ADDUCTION DU COULOIR TICHI-HAF -BEJAIA

Date	Titre de la planche	
JUN 2017	REGARD POUR VANNE DE SECTIONNEMENT PLAN TYPE	
Présenté par	Encadré par	
Mr AHFIR AADEL	Mr BERREKSI A. Mr BEDJOU A/H.	

PROMOTION 2017

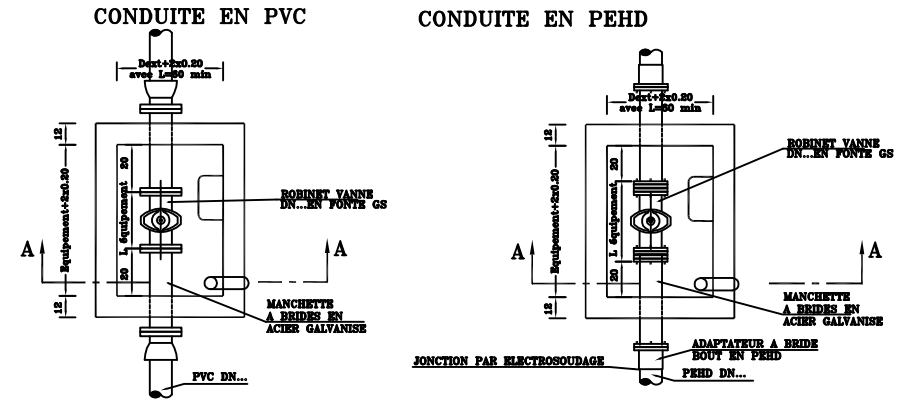
VANNE SOUS BOUCHE A CLE



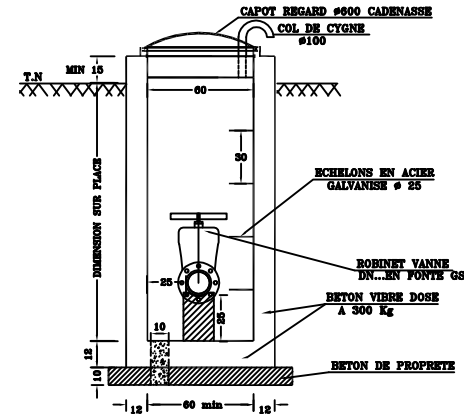
Utilisé dans le cas de traversée d'un centre urbain

VANNE SOUS REGARD

VUE EN PLAN



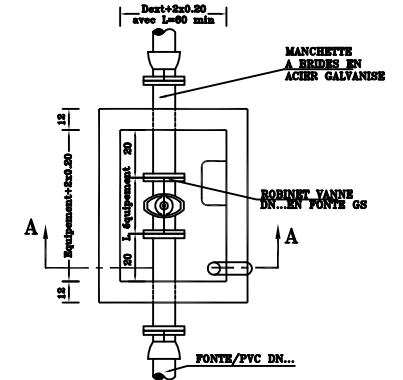
COUPE A-A



N.B : L'épaisseur des parois est de 12 cm, jusqu'à une profondeur de 2 m et une largeur de 1.5 m. Au delà, elle doit faire l'objet d'un calcul justificatif

REGARD POUR VANNE DE SECTIONNEMENT  
PLAN TYPE

CONDUITE EN FONTE





REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE  
Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En Vue de l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique  
Option : Hydraulique Urbaine

THEME

ETUDE DE RENFORCEMENT EN AEP DE LA COMMUNE DE BENI-MAOUCHE A PARTIR DU SYSTEME D'ADDUCTION DU COULOIR TICHI-HAF -BEJAIA

Date Titre de la planche

JUIN 2017 REGARD POUR VENTOUSE  
PLAN TYPE

Présenté par Encadré par

Mr AHFIR AADEL

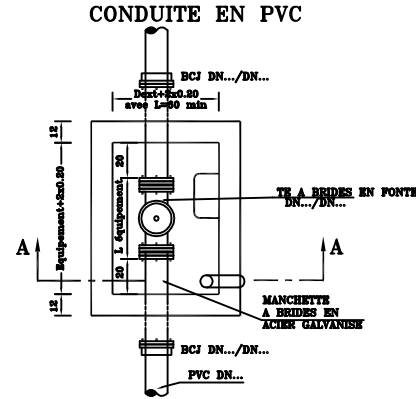
Mr BERREKSI A.  
Mr BEDJOU A/H.

PROMOTION 2017

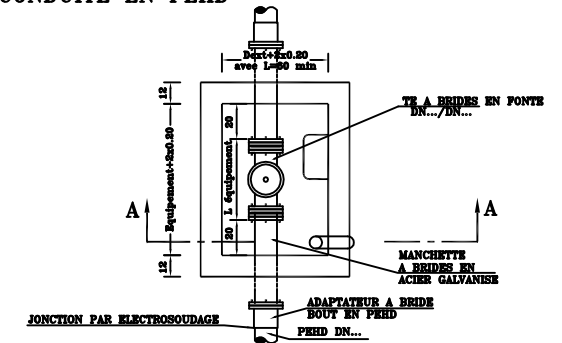
N.B : L'épaisseur des parois est de 12 cm, jusqu'à une profondeur de 2 m et une largeur de 1.5 m. Au dela, elle doit faire l'objet d'un calcul justificatif

REGARD POUR VENTOUSE

VUE EN PLAN

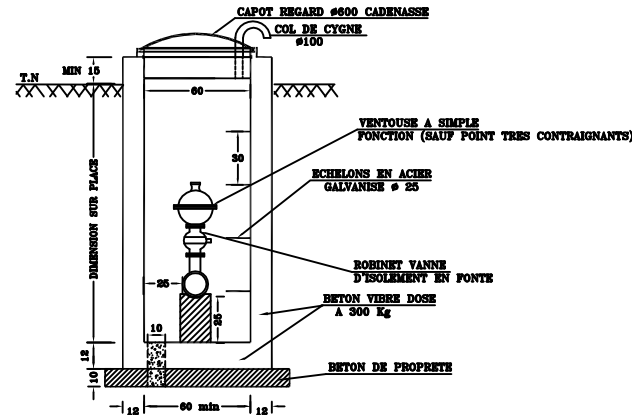


CONDUITE EN PEHD

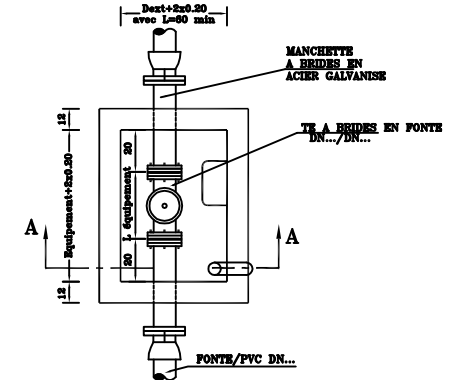


REGARD POUR VENTOUSE  
PLAN TYPE

COUPE A-A



CONDUITE EN FONTE



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
 UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA  
 FACULTE DE TECHNOLOGIE  
 DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE  
 Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En Vue de l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique  
 Option : Hydraulique Urbaine

THEME

ETUDE DE RENFORCEMENT EN AEP DE LA COMMUNE DE BENI-MAOUCHE A PARTIR DU SYSTEME D'ADDUCTION DU COULOIR TICH-HAF -BEJAIA

Date Titre de la planche

JUIN 2017 REGARD POUR VIDANGE PLAN TYPE

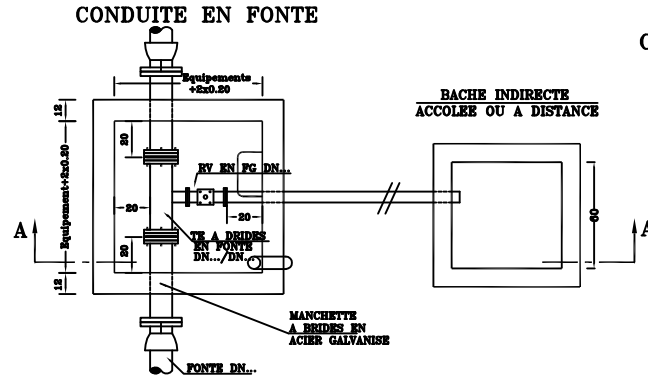
Présenté par Encadré par

Mr AHFIR AADEL Mr BERREKSI A. Mr BEDJOU A/H.

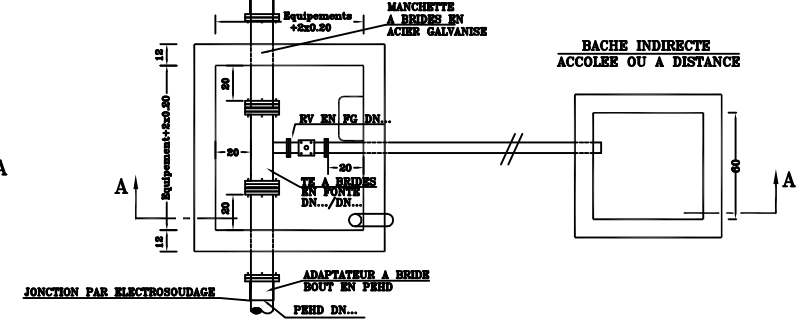
PROMOTION 2017

REGARD POUR VIDANGE

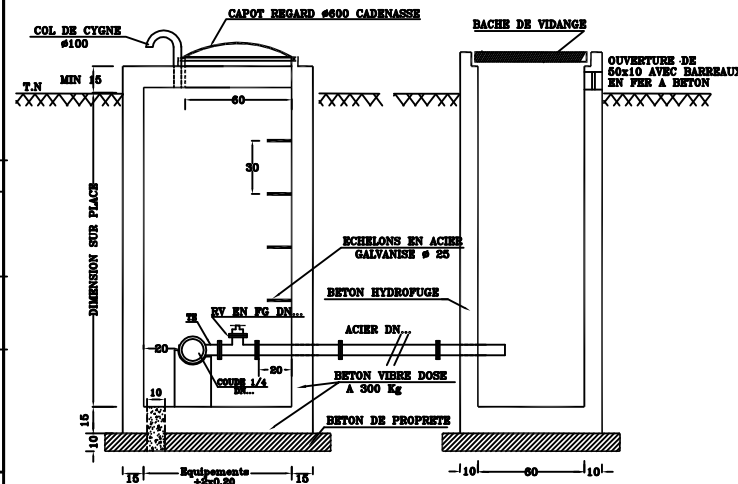
VUE EN PLAN



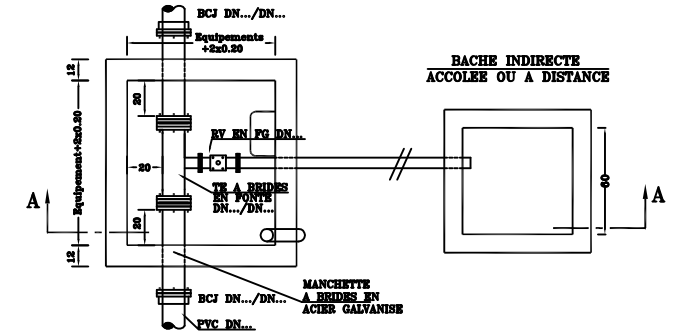
CONDUITE EN PEHD



COUPE A-A



CONDUITE EN PVC



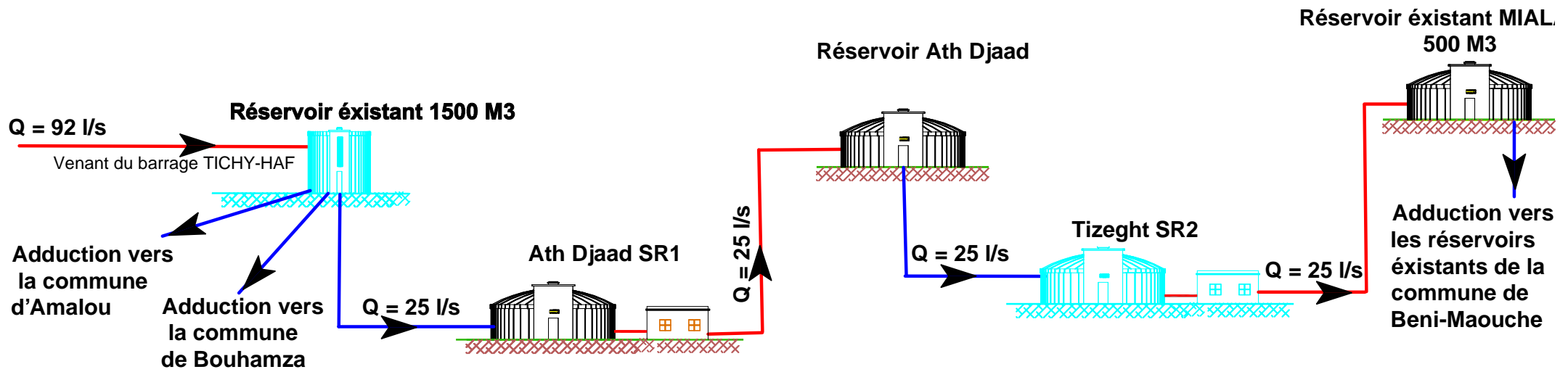
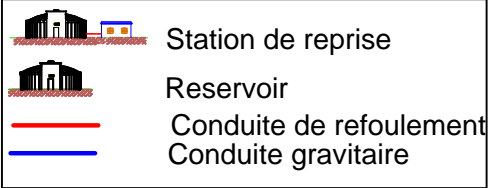
N.B : L'emplacement des vidanges doit être optimisé, afin d'éviter la réalisation du puisard (chercher des chaabas ou fossées à proximité)

N.B : L'épaisseur des parois est de 12 cm, jusqu'à une profondeur de 2 m et une largeur de 1.5 m. Au delà, elle doit faire l'objet d'un calcul justificatif

REGARD POUR VIDANGE  
 PLAN TYPE

# SCHEMA SYNOPTIQUE

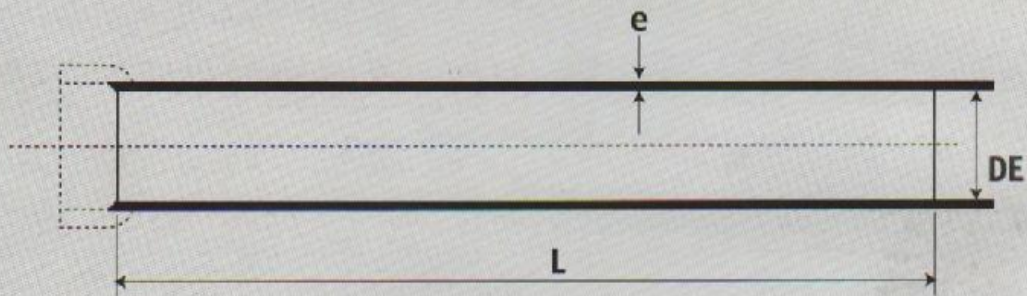
## LEGENDE



**Annexe (9) : Quelques caractéristiques des tuyaux en fonte ductile**

(d'après le catalogue du fabricant Electrosteel Algérie SPA)

•• ( Tuyaux fonte ductile - AEP ..... ( EN 545  
ISO 2531



DN	Diamètre extérieur DE		Epaisseur Fonte 'e' (K9)		Pression minimale d'essai en usine (bar) K9	Epaisseur fonte 'e' (C40)		Pression minimale d'essai en usine (bar) C40
	Nominal (mm)	Tolérance (mm)	Nominal (mm)	Tolérance (mm)		Nominal (mm)	Tolérance (mm)	
80	98	+1 à -2.7	6,0	-1,3	50	4,8	-1,3	40
100	118	+1 à -2.8	6,0	-1,3	50	4,8	-1,3	40
125	144	+1 à -2.8	6,0	-1,3	50	4,8	-1,3	40
150	170	+1 à -2.9	6,0	-1,5	50	5,0	-1,5	40
200	222	+1 à -3.0	6,3	-1,5	50	5,4	-1,5	40
250	274	+1 à -3.1	6,8	-1,6	50	5,8	-1,6	40
300	326	+1 à -3.3	7,2	-1,6	50	6,2	-1,6	40
350	378	+1 à -3.4	7,7	-1,7	40	7,0	-1,7	40
400	429	+1 à -3.5	8,1	-1,7	40	7,8	-1,7	40
450	480	+1 à -3.6	8,6	-1,8	40	-	-	-
500	532	+1 à -3.8	9,0	-1,8	40	-	-	-
600	635	+1 à -4.0	9,9	-1,9	40	-	-	-
700	738	+1 à -4.3	10,8	-2	32	-	-	-
800	842	+1 à -4.5	11,7	-2,1	32	-	-	-
900	945	+1 à -4.8	12,6	-2,2	32	-	-	-
1000	1048	+1 à -5.0	13,5	-2,3	32	-	-	-

La classe d'épaisseur des tuyaux est marquée sur le fût lorsqu'elle diffère de la classe K9.

Ainsi les tuyaux classe C40 sont marqués 'C40' selon la norme NF EN 545 : 2002.

ELECTROSTEEL peut également fournir, à la demande de ses clients, des tuyaux classes K7, K8, K10, K12.

L'épaisseur de la paroi fonte est donnée par la formule :  $e = K(0.5 + 0.001 DN)$ .

## ANNEXE 10

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Montant
1	Levé en bande, relevé de profil en long et report, y compris levé des sites de génie civil	KM	13	25 000.00	325 000.00
2	Terrassement en tranchée en tout terrain, excepté le terrain rocheux profondeur 0 à 3 m	M3	13125	400.00	5 250 000.00
3	Terrassement en tranchée en terrain rocheux exécuté en marteau pneumatique ou brise roche, profondeur 0 à 3 m	M3	3750	1 500.00	5 625 000.00
4	Terrassement en tranchée exécuté manuellement	M3	1875	1 200.00	2 250 000.00
5	Fourniture et pose de lit de sable( provenance : sable de dunes ou de carrières ) épaisseur 10cm plus enrobage de la conduite à 20cm au-dessus de la génératrice supérieure	M3	5250	1 000.00	5 250 000.00
6	Fourniture et pose de grillage avertisseur b) de couleur bleu de largeur 0.3 m	ML	13000	180.00	2 340 000.00
7	Remblaiement des fouilles en TVO y compris compactage	M3	6000	120.00	720 000.00
8	Remblaiement des fouilles en terre ordinaire y compris compactage	M3	7500	100.00	750 000.00
9	Evacuations des terres excédentaires a la décharge publique	M3	6000	600.00	3 600 000.00
10	Traversée de l'oued sous gaine en y compris toutes suggérions de bonne exécution.	ML	86	3 500.00	301 000.00
11	Fourniture et pose de conduite en fonte ductile à emboîtement automatique de classe K9 DN 200	ML	4482	5 663.00	25 381 566.00
12	Fourniture et pose de conduite en PEHD PE 100 PN 16. type d'assemblage : électro-soudage. Dext 200 mm	ML	8492	4 800.00	40 761 600.00
13	Fourniture et pose de fourreau an acier PN 10 DN 400	ML	80	6 500.00	520 000.00

<b>14</b>	Fourniture et pose de ventouses à triple effet, y compris vannes d'arrêt -DN 80, pièces spéciales (Manchettes, Brides , Tés ....)et toutes sujétions de raccordement				
	a) sur conduite en PEHD PN16	U	14	25 000.00	350 000.00
	b) sur conduites en fonte PN25	U	14	25 000.00	350 000.00
<b>15</b>	Fourniture et pose de vanne de vidange -DN 100, y compris pièces spéciales (Manchettes, Brides, Pipe, Tés....)et toutes sujétions de raccordement				
	a) sur conduite en PEHD	U	14	35 000.00	490 000.00
	b) sur conduites en fonte	U	14	35 000.00	490 000.00
<b>16</b>	Fourniture et pose de manchette bridée en acier PN 25 y compris toutes sujétions de raccordement DN 100	U	28	6 000.00	168 000.00
<b>17</b>	Fourniture et pose de coudes en fonte ductile à emboîtements automatique verrouillé type "Ve" DN 200 en fonte ductile de classe K9				
	a) 1/4	U	10	21 000.00	210 000.00
	b) 1/8	U	12	22 000.00	264 000.00
	c) 1/16	U	14	30 000.00	420 000.00
	d) 1/32	U	15	32 000.00	480 000.00
<b>18</b>	Fourniture et pose vanne de sectionnement PN 25 en fonte ductile, y compris pièces spéciales (Manchettes, brides, collets à brides, ...etc), pièces d'adaptation et toutes sujétions de raccordement DN 200	U	4	45 000.00	180 000.00
<b>19</b>	Fourniture et pose de joints de démontage PN 25 bars DN 200	U	4	35 000.00	140 000.00
<b>20</b>	Raccordement aux ouvrages existants (conduites , réservoirs , point de piquage ..etc) y compris support de fixation , et remise en état des lieux	U	6	75 000.00	450 000.00
<b>21</b>	Mise en œuvre de béton armé dosé à 350Kg/m3 pour butées, ancrages, supports, y compris coffrage et toutes sujétions	M3	200	30 000.00	6 000 000.00

<b>22</b>	Construction de regards en béton armé dosé à 350 kg/m <sup>3</sup> , avec tampon en fonte (type lourd 0,80x0,80 m), ferrailage en double nappe esp =15cm, ep = 20 cm ,profondeur variable 1,20x1,20 m	U	30	38 000.00	1 140 000.00
<b>TOTAL H.T</b>					<b>104 206 166.00</b>

n°	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QUANT	P.U en H.T	MONTANT
	<b><u>TERRASSEMENTS</u></b>				
	Terrassements en excavation	M 3	680.0 00	300.00	204 000.00
	Remblais des fouilles en terre provenant des fouilles	M 3	306.0 00	150.00	45 900.00
	Transport des terres en excédent à la décharge publique	M 3	289.0 00	350.00	101 150.00
	<b><u>BETON</u></b>				
	Béton de propreté dosé à 150 Kg /M3	M 3	34.00 0	7 000.00	238 000.00
	Béton armé dosé à 400 Kg CPA/M3 avec adjuvant hydraulifuge				
	a) Radier	M 3	8.500	30 000.00	255 000.00
	b) Voiles du réservoirs	M 3	119.0 00	30 500.00	3 629 500.00
	c) Voiles du local technique	M 3	4.250	30 000.00	127 500.00
	d) Dalle pleine du local technique	M 3	4.250	30 000.00	127 500.00
	<b><u>MACONNERIES ENDUITS</u></b>				
	Murs en briques doubles cloisons 15+5+10 ép: 30cm	M 2	51.00 0	1 500.00	76 500.00
	Enduits étanche sur murs intérieurs du réservoir au mortier de ciment d'une épaisseur de 3 cm en triple couches: la 1ère de 1cm au mortier dosé à 425 Kg/m3 la 2ème de 0,5 cm au mortier dosé à 525 Kg/m3 la 3ème de 1,5 cm au mortier dosé à 600 Kg/m3 les deux dernières couches recevront une incorporation d'un produit hydrofuge tel que SIKA ou Analogue	M 2	544.0 00	550.00	299 200.00
	Enduits ordinaires au mortier de ciment, dosé à 400 Kg/m3 ép: 1,5cm sur murs et sous plafonds.	M 2	0.000 527.0 00	400.00	0.00 210 800.00
	<b><u>REVETEMENTS</u></b>				
	Revêtement de sol en chape de béton lissée avec pente pour assurer l'écoulement des eaux( avec adjuvant).	M 2	64.60 0	1 100.00	71 060.00
	<b><u>ETANCHEITE ET PROTECTION</u></b>		0.000		
	Forme de pente en béton sur terrasse	M 2	27.20 0	1 100.00	29 920.00
	Étanchéité en pax alumin	M	27.20	2	54



		2	0	000.00	400.00
Drainage peripherique en pierre seches avant remblais en terre.		M 3	136.0 00	3 000.00	408 000.00
Gravier 5/10 sous radier du reservoir sur une ép: 15 cm.		M 3	18.70 0	3 500.00	65 450.00
Bande water-stop dans béton (au niveau des reprises de béton)		M L	102.0 00	1 000.00	102 000.00
Badigeon en flintkote sur surface verticales des béton en contact			0.000		
avec les terres (en 02 couches).		M 2	122.4 00	80.00	9 792.00
Etanchéite en pax alumin (en 02 couches sur les faces verticales).		M 2	221.0 00	2 000.00	442 000.00
Etancheite sous radier composée comme suite:			0.000		
Dalle en BA pré-radier ép. 10 (en T10).		M 3	12.75 0	25 000.00	318 750.00
Badigeon en flintkote en 02 couches.		M 2	125.8 00	100.00	12 580.00
Etanchéite en pax alumin en 02 couches		M 2	125.8 00	2 000.00	251 600.00
Chappe de ciment ép:5 cm.		M 2	125.8 00	1 000.00	125 800.00
<b><u>DIVERS</u></b>					
Siphon de cour en fonte Diamètre : Ø 150 y compris cuvette, grille de culotte et toutes autres sujetions de bonne mise en place		U	01	2 000.00	2 000.00
F/P de fourreaux					
- DN 110		U	02	5 000.00	10 000.00
- DN 100		U	01	5 000.00	5 000.00
- DN 63		U	01	2 500.00	2 500.00
- DN 40		U	01	2 000.00	2 000.00
F/P de passe murs					
- DN 110		U	01	3 000.00	3 000.00
- DN 100		U	01	2 500.00	2 500.00
- DN 80		U	01	2 000.00	2 000.00
- DN 50		U	01	1 500.00	1 500.00
- DN 40		U	01	1 500.00	1 500.00
Réalisation de regard de vidange en BA sect: 80x80 h 120 cm					

y compris couverture en BA.	U	01	20 000.00	20 000.00
Béton légèrement armé pour linteaux et appuis de fenêtres	M 3	1.700	20 000.00	34 000.00
<b><u>ELECTRICITE</u></b>				
Tableau de distribution 10/30 A	U	01	5 000.00	5 000.00
Hublot rond étanche.	U	01	900.00	900.00
Interrupteur SA étanche encastré 10 A	U	01	200.00	200.00
Câble série U 1000 RGPFV 5x10 mm2	M L	10.00	950.00	9 500.00
Conducteur HO7UV:				
a) 2x1,5 mm2	M L	40.00	350.00	14 000.00
b) 4x6 mm2	M L	12.00	600.00	7 200.00
Tube acier MRB/GPB Ø 16 mm2	M L	12.00	450.00	5 400.00
Tube ICD orange Ø 9 mm	M L	40.00	100.00	4 000.00
<b><u>PEINTURE</u></b>				
Badigeon à la chaux sur murs et sous plafonds en deux couches	M 2	374.0 0	100.00	37 400.00
Peinture vinylique interieure et exterieure en 02 couches.	M 2	374.0 0	220.00	82 280.00
Peinture glycérophthalique sur ferronnerie	M 2	27.20	250.00	6 800.00
<b><u>FERRONNERIE</u></b>				
Porte métallique à 1 vantail dim: 1,00 x 2,17 avec grille de ventilation basse de 50 x 25	U	01	16 000.00	16 000.00
Châssis d'aération dim: 100 x 40 cm en cadre fer cornière 4x4cm y compris peinture antirouille.	U	01	8 000.00	8 000.00
Echelle métallique en acier inoxydable Ø40/49, échelons Ø30/42 soudé tous les 30 cm L= 50 cm y compris toutes sujétion de bonne mise en place.	M L	6.00	1 000.00	6 000.00
Trappe d'accès en forme de pointe de diamant Dim : 60 x 60 cm.	U	01	25 000.00	25 000.00

**7 520  
082.00**

ART	DESIGNATION	U	QUANT	P.U en H.T	MONTANT
	<b><u>TERRASSEMENTS</u></b>				
	Terrassements en excavation	M3	680.00 0	300.00	204 000.00
	Remblais des fouilles en terre provenant des fouilles	M3	306.00 0	150.00	45 900.00
	Transport des terres en excédent à la decharge publique	M3	289.00 0	350.00	101 150.00
	<b><u>BETON</u></b>				
	Béton de propreté dosé à 150 Kg /M3	M3	34.000	7 000.00	238 000.00
	Béton armé dosé à 400 Kg CPA/M3 avec adjuvant hydraufuge				
	a) Radier	M3	8.500	30 000.00	255 000.00
	b) Voiles du reservoirs	M3	119.00 0	30 500.00	3 629 500.00
	c) Voiles du local technique	M3	4.250	30 000.00	127 500.00
	d) Dalle pleine du local technique	M3	4.250	30 000.00	127 500.00
	<b><u>MACONNERIES ENDUITS</u></b>				
	Murs en briques doubles cloisons 15+5+10 ép: 30cm	M2	51.000	1 500.00	76 500.00
	Enduits étanche sur murs interieurs du reservoir au mortier de ciment d'une épaisseur de 3 cm en triple couches: la 1ere de 1cm au mortier dosé à 425 Kg/m3 la 2eme de 0,5 cm au mortier dosé à 525 Kg/m3 la 3eme de 1,5 cm au mortier dosé à 600 Kg/m3 les deux dernières couches recevrons une incorporation d'un produit hydrofuge tel que SIKA ou Analogue	M2	544.00 0	550.00	299 200.00
	Enduits ordinaire au mortier de ciment, dosé à 400 Kg/m3 ép: 1,5cm sur murs et sous plafonds.	M2	0.000 527.00 0	400.00	0.00 210 800.00
	<b><u>REVETEMENTS</u></b>				
	Revêtement de sol en chape de béton lissée avec pente pour assurer l'écoulement des eaux( avec adjuvant).	M2	64.600	1 100.00	71 060.00
	<b><u>ETANCHEITE ET PROTECTION</u></b>		0.000		
	Forme de pente en béton sur terrasse	M2	27.200	1 100.00	29 920.00
	Etanchéite en pax alumin	M2	27.200	2 000.00	54 400.00
	Drainage peripherique en pierre seches avant remblais en terre.	M3	136.00 0	3 000.00	408 000.00

Gravier 5/10 sous radier du reservoir sur une ép: 15 cm.	M3	18.700	3 500.00	65 450.00			
Bande water-stop dans béton (au niveau des reprises de béton)	ML	102.000	1 000.00	102 000.00			
Badigeon en flintkote sur surface verticales des béton en contact avec les terres (en 02 couches).	M2	0.000	80.00	9 792.00			
		122.400					
Etanchéite en pax alumin (en 02 couches sur les faces verticales).	M2	221.000	2 000.00	442 000.00			
Etancheite sous radier composée comme suite: Dalle en BA pré-radier ép. 10 (en T10). Badigeon en flintkote en 02 couches. Etanchéite en pax alumin en 02 couches Chappe de ciment ép:5 cm.	M3	0.000	25 000.00	318 750.00			
		M2			125.800	100.00	12 580.00
		M2			125.800	2 000.00	251 600.00
		M2			125.800	1 000.00	125 800.00
<b><u>DIVERS</u></b>							
Siphon de cour en fonte Diamètre : Ø 150 y compris cuvette, grille de culotte et toutes autres sujetions de bonne mise en place	U	01	2 000.00	2 000.00			
F/P de fourreaux - DN 110 - DN 100 - DN 63 - DN 40	U	02	5 000.00	10 000.00			
	U	01	5 000.00	5 000.00			
	U	01	2 500.00	2 500.00			
	U	01	2 000.00	2 000.00			
F/P de passe murs - DN 110 - DN 100 - DN 80 - DN 50 - DN 40	U	01	3 000.00	3 000.00			
	U	01	2 500.00	2 500.00			
	U	01	2 000.00	2 000.00			
	U	01	1 500.00	1 500.00			
	U	01	1 500.00	1 500.00			
Réalisation de regard de vidange en BA sect: 80x80 h 120 cm y compris couverture en BA.	U	01	20 000.00	20 000.00			
Béton légèrement armé pour linteaux et appuis de fenêtres	M3	1.700	20 000.00	34 000.00			
<b><u>ELECTRICITE</u></b>							
Tableau de distribution 10/30 A	U	01	5 000.00	5 000.00			
Hublot rond étanche.	U	01	900.00	900.00			
Interrupteur SA étanche encastré 10 A	U	01	200.00	200.00			
Câble série U 1000 RGPFV 5x10 mm2	ML	10.00	950.00	9 500.00			
Conducteur HO7UV: a) 2x1,5 mm2	ML	40.00	350.00	14 000.00			

b) 4x6 mm2	ML	12.00	600.00	7 200.00
Tube acier MRB/GPB Ø 16 mm2	ML	12.00	450.00	5 400.00
Tube ICD orange Ø 9 mm	ML	40.00	100.00	4 000.00
<b><u>PEINTURE</u></b>				
Badigeon à la chaux sur murs et sous plafonds en deux couches	M2	374.00	100.00	37 400.00
Peinture vinylique interieure et exterieure en 02 couches.	M2	374.00	220.00	82 280.00
Peinture glycérophtalique sur ferronnerie	M2	27.20	250.00	6 800.00
<b><u>FERRONNERIE</u></b>				
Porte métallique à 1 vantail dim: 1,00 x 2,17 avec grille de ventilation basse de 50 x 25	U	01	16 000.00	16 000.00
Châssis d'aération dim: 100 x 40 cm en cadre fer cornière 4x4cm y compris peinture antirouille.	U	01	8 000.00	8 000.00
Echelle métallique en acier inoxydable Ø40/49, échelons Ø30/42 soudé tous les 30 cm L= 50 cm y compris toutes sujétion de bonne mise en place	ML	6.00	1 000.00	6 000.00
Trappe d'accès en forme de pointe de diamant Dim : 60 x 60 cm.	U	01	25 000.00	25 000.00

**7 520**  
**082.00**

## Liste des figures

<b>Figure (I-1):</b> Carte des communes de la wilaya de Bejaia .....	4
<b>Figure (I-2):</b> Schéma synoptique du système d'alimentation existant.....	8
<b>Figure (II-1):</b> Histogramme donnant l'évolution de la population à divers horizons .....	10
<b>Figure(II-2):</b> Schéma synoptique de la nouvelle chaine d'adduction pour renforcer l'AEP de Ben Maouche .....	16
<b>Figure (III-1) :</b> Coupe type d'un réservoir.....	18
<b>Figure (III-2) :</b> Emplacement d'un réservoir .....	19
<b>Figure (IV-1) :</b> Variation de la charge disponible en fonction des diamètres.....	37
<b>Figure (IV-2) :</b> Variation de la charge disponible en fonction des diamètres.....	38
<b>Figure (V-1) :</b> Les Différents types de pompe .....	43
<b>Figure (V-2) :</b> Diffuseur et volute .....	44
<b>Figure (V-3):</b> Roue fermée .....	45
<b>Figure (V-4) :</b> Roue semi Ouverte .....	45
<b>Figure (V-6) :</b> Presse étoupe.....	45
<b>Figure (V-7):</b> Constitution d'une turbopompe .....	46
<b>Figure (V-8):</b> Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge .....	47
<b>Figure (V-9) :</b> Point de fonctionnement d'une pompe .....	49
<b>Figure (V-11):</b> Photo illustrant le phénomène de cavitation sur des aubes d'une pompe centrifuge.....	52
<b>Figure (V-12) :</b> Courbe des NPSH .....	53
<b>Figure (V-13) :</b> Caractéristiques de la pompe et de la conduite de la station (SR1).....	55
<b>Figure (V-14) :</b> Caractéristiques de la pompe et de la conduite de la station (SR2).....	57
<b>Figure (VI.1) :</b> Contraction de la conduite (phase 1 du phénomène).....	59
<b>Figure (VI-2):</b> Ecoulement en sens inverse (phase 2 du phénomène) .....	60
<b>Figure (VI-3) :</b> Distension de la conduite (phase 3 du phénomène) .....	60
<b>Figure (VI-4) :</b> Retour aux conditions initiales (phase 4 du phénomène).....	61
<b>Figure (VI-5) :</b> Cheminée d'équilibre .....	63
<b>Figure (VI-6) :</b> Ventouses .....	64
<b>Figure (VI.7):</b> Réservoir d'air.....	65
<b>Figure (VII-1) :</b> Schématisation du problème de foisonnement .....	69
<b>Figure (VII-2) :</b> Schématisation des pentes des talus. ....	70
<b>Figure (VII.3) :</b> Pose de la conduite en tranchée .....	74
<b>Figure (VII-4):</b> Traversée de route.....	75
<b>Figure (VII-5) :</b> Traversée de rivière.....	76

## Liste des tableaux

<b>Tableau (I-1) : Précipitation annuelle</b> .....	4
<b>Tableau (I-2): Ressources en eau disponibles</b> .....	5
<b>Tableau (I-3): Ressources en eau disponibles (suite et fin)</b> .....	6
<b>Tableau (II-1): Répartition de la population pour l'année 2008</b> .....	9
<b>Tableau(II-2): Evaluation de la population à différents horizons</b> .....	10
<b>Tableau (II-3) : les équipements existant au niveau de la commune de Beni Maouche</b> .....	11
<b>Tableau (II-4) : Besoins domestiques à différents horizons</b> .....	12
<b>Tableau (II-5):Besoins des équipements</b> .....	12
<b>Tableau (II-5):Besoins des équipements (suite et fin )</b> .....	13
<b>Tableau (II-6) : Besoins des cheptels</b> .....	13
<b>Tableau (II-7): Autres besoins</b> .....	13
<b>Tableau (II-9) : Débit moyen journalier majoré à différents horizons</b> .....	14
<b>Tableau (II-10): Débit maximum journalier à différents horizons</b> .....	15
<b>Tableau (II-11) : Bilan ressources-besoins</b> .....	16
<b>Tableau (III-1) : Vérification de la capacité de réservoir Tighermine (suite et fin)</b> .....	22
<b>Tableau (III-2) : Vérification de la capacité de stockage du réservoir Miala</b> .....	23
<b>Tableau (III-3) : Détermination de la capacité de stockage du réservoir Ath Djaad</b> .....	25
<b>Tableau (III-3) : Détermination de la capacité de stockage du réservoir Ath Djaad</b> .....	26
<b>Tableau (IV-1) :Variation de Hmt en fonction des diamètres</b> .....	33
<b>Tableau (IV-2) : Variation des frais d'exploitation</b> .....	33
<b>Tableau (IV-3) :Variation des frais d'amortissement</b> .....	33
<b>Tableau (IV-4) : Bilan générale</b> .....	33
<b>Tableau (IV-5) :Variation de Hmt en fonction des diamètres</b> .....	34
<b>Tableau (IV-6) :Variation des frais d'exploitation</b> .....	34
<b>Tableau (IV-7) :Variation des frais d'amortissement</b> .....	34
<b>Tableau (IV-8) :Bilan générale</b> .....	35
<b>Tableau (IV-9) :calcul des charges disponible sur les points du profil en fonction de la gammes des diamètre</b> .....	36
<b>Tableau (IV-10) : Calcul des charges disponibles aux points du profil en fonction de la gammes des diamètres</b> .....	39
<b>Tableau (V-1) : Tension de vapeur d'eau pompée en fonction de la température</b> .....	53
<b>Tableau (VI-1) : Tableau récapitulatif des dépressions et surpressions de différents tronçons</b> .....	65
<b>Tableau (VII-1) : Classification des terrains</b> .....	70
<b>Tableau (VII-2) : Coût de projet</b> .....	79

**LISTE DES SYMBOLES**

- A** : Amortissement annuel  
**a** : Célérité de l'onde (m/s).  
**B<sub>L</sub>** : Bilan en (DA).  
**B** : Valeur du coup de bélier (m).  
**CTN** : Côte Terrain Naturel en (m).  
**CTP** : Côte Trop Plein en (m).  
**C<sub>f</sub>** : Coefficient de foisonnement.  
**C<sub>c</sub>** : Coefficient de compactage.  
**D** : Diamètre du tuyau en (m).  
**D<sub>N</sub>** : Diamètre normalisé en (m).  
**d<sub>1</sub>** : Durée journalière de travail (h).  
**d<sub>2</sub>** : Durée d'une soudure (h).  
**E** : Energie consommée par la pompe (KWh).  
**e** : Prix unitaire du K.W.h. en (DA).  
**g** : Accélération de la pesanteur en m/s<sup>2</sup>.  
**h<sub>a</sub>** : Hauteur d'aspiration en (m).  
**h<sub>r</sub>** : Hauteur de refoulement en (m).  
**H** : Hauteur de la tranchée (m).  
**H<sub>g</sub>** : Hauteur géométrique en (m).  
**H<sub>mt</sub>** : La hauteur manométrique totale en (m).  
**H<sub>0</sub>** : Pression absolue de la conduite.  
**i** : Taux d'annuité.  
**J** : Pertes de charge par frottement en (m/ml).  
**J<sub>a</sub>** : Perte de charge à l'aspiration en (m).  
**J<sub>r</sub>** : Perte de charge au refoulement en (m).  
**K** : Coefficient de rugosité équivalente de la paroi.  
**K<sub>0</sub>** : Rugosité absolue des tuyaux neufs.  
**K<sub>max,j</sub>** : Coefficient d'irrégularité maximal qui dépend de l'importance de l'agglomération.  
**K<sub>min,j</sub>** : Coefficient d'irrégularité minimal.  
**L** : Longueur de la conduite en (m).  
**l** : largeur de la tranchée (m).  
**m** : Coefficient de rognage.  
**N<sub>i</sub>** : Nombre de consommateurs.  
**N<sub>D</sub>** : Niveau dynamique du forage en (m).  
**N** : Vitesse de rotation de la pompe (tr/min).  
**n** : Nombre d'années sur lequel s'effectuera l'amortissement  
**NPSH<sub>a</sub>** : Charge nette minimale disponible à l'aspiration.  
**NPSH<sub>r</sub>** : Charge nette minimale requise à l'aspiration.  
**P** : Puissance de pompage en (KWh).  
**P<sub>a</sub>** : Puissance absorbée par la pompe en (KW).  
**P<sub>0</sub>** : Pression absolue.



- $P_U$  : Prix unitaire de la conduite (DA/ml).
- $P\%$  : Résidu maximal dans le réservoir (%).
- $Q$  : Débit refoulé dans la conduite en  $m^3/s$ .
- $Q_{eq}$  : Débit équipements en  $m^3/s$ .
- $Q_{max,j}$  : Débit d'eau maximal du jour le plus chargé de l'année.
- $Q_{min,j}$  : Débit d'eau minimal du jour le moins chargé de l'année.
- $Q_{moyen\ journalier}$  : Consommation moyenne journalière des consommateurs en  $m^3/s$ .
- $Q_{max,j}$  : Consommation maximale journalière en ( $m^3/j$ ).
- $q$  : Dotation moyenne journalière des consommateurs en  $l/j/cons$ .
- $Re$  : Nombre de Reynolds.
- $r$  : Pourcentage de rognage.
- $S$  : Section de la conduite ( $m^2$ ).
- $T$  : Temps nécessaire pour maintenir la crépine en charge en (h).
- $T_v$  : Pression de vapeur maximale que l'air peut supporter à une température donnée.
- $T'$  : Temps mis par une onde, pour faire un aller-retour dans la conduite.
- $t$  : Nombre d'heures de pompage (h).
- $V_f$  = Volume foisonné en ( $m^3$ ).
- $V_{inc}$  = Volume incendie en ( $m^3$ ).
- $V_{max}$  : Volume maximal de stockage en ( $m^3$ ).
- $V_r$  = Volume reconstitué en ( $m^3$ ).
- $V_p$  = Volume en place en ( $m^3$ ).
- $V_{sr}$  : Volume de la station de reprise en ( $m^3$ ).
- $V_t$  = Volume total du réservoir en ( $m^3$ ).
- $V_{ff}$  = Volume de fouille en ( $m^3$ ).
- $r$  : Coefficient de vieillissement.
- : Viscosité cinématique de l'eau.
- $\angle$  : Coefficient d'ouverture de la vanne en (%).
- : Masse volumique de l'eau.
- : Rendement de la pompe en (%).
- $\rho_0$  : Pertes de charge dans la conduite en régime de fonctionnement normal.
- $\}$  : Coefficient de pertes de charge.

## **Références bibliographiques**

- [1] Données recueillies auprès des services : APC de la commune de Beni-Maouche, Subdivision Hydraulique de Seddouk.
- [2] **AMARA, L.** : "Etude de l'alimentation en eau des localités TOGHZA et CHOKRANE, commune de CHORFA et report sur SIG, Wilaya de Bouira". Mémoire de fin d'études, Université de BEJAIA, 2007.
- [3] **VALIROIN, F.** Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement et de l'assainissement. Tome I, eau dans la ville, alimentation en eau Edition technique et documentation Lavoisier, 1994.
- [4] **DUPONT, A.** : "Hydraulique urbaine". Tome II, Edition Eyrolles, 1979.
- [5] **HAMDAOUI, H, MERZOUGUI, K.** « Raccordement de l'alimentation en eau potable de la commune de Sedouk à partir du transfert Akbou-Bejaia à partir du barrage Tichi-Haf, Wilaya de Bejaia » Mémoire de fin d'étude, Master, université de Bejaia, 2009-2010.
- [6] **ZERARGA, A.** «Etude de la chaine d'adduction de la commune de DRAA EL GAID, Wilaya de Bejaia», Mémoire de fin d'étude, Master, université de Bejaia, 2008-2009.
- [7] **BONIN, J.** : "Hydraulique urbaine appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance". Edition Eyrolles, 1977.
- [8] **HALLOU, F. et MAGDOUDE, H.** "Etude du renforcement de la chaine d'adduction des villages d'AIT SIDI ALI, commune de BARBACHA, wilaya de BEJAIA". Mémoire de fin d'études, Université de Bejaia, 2008.
- [9] **BENDAHMANE, B. et OUBELGHA, N.:** " Renforcement de l'AEP de OUADHIAS et de TAGUEMOUNT EL DJEDID à partir de THAKHOUKHT, Wilaya de Tizi ousou". Mémoire de fin d'études, Université de Bejaia, 2007.

# ETUDE RENFORCEMENT EN AEP DE LA COMMUNE DE BENI-MAOUCHE A PARTIR DU SYSTEME D'ADDUCTION DU COULOIR TICHI-HAF - BEJAIA

**المخلص:** دراسة فنية شاملة للمشروع لتعزيز إمدادات مياه الشرب لمدينة بيني (ولاية بجاية) من الخزان 1500<sup>3</sup> تيغرمين ، أجريت - بجاية من السد تيشي . المشروع، بدأنا دراسة الاحتياجات المائية لمختلف فئات المستهلكين. اللازمة لإيصال النهائي 500<sup>3</sup> ميالة 1055 . الدراسة الفنية والاقتصادية لأنابيب لنظامين الجاذبي و 13 كم، تليها تحديد كافية لمحطتي الضخ. من أجل حماية الشبكة، لتتحقق من ظاهرة المطرقة المائية و نتائج الضغوط العالية والمنخفضة لا تشكل خطرا على الأنابيب. وأخيرا، قدمنا تنظيم أعمال البناء وقدرنا أيضا التكلفة الإجمالية للمشروع.

**الكلمات المفتاحية:** إمدادات المياه الصالحة للشرب لأنابيب، المائية

**Résumé :** Dans le présent mémoire, nous avons fait une étude technique complète du projet de renforcement de l'alimentation en eau potable en faveur de la commune de Beni-Maouche (Wilaya de Bejaia) à partir du réservoir 1500 m<sup>3</sup> sis à Tigharmine commune d'Amalou, réalisé dans le cadre des adductions secondaires du transfert Akbou – Bejaïa à partir du barrage de Tichi-Haf. Après avoir présenté le site du projet, nous avons entamé l'étude des besoins en eau des différentes catégories de consommateurs. Puis, nous avons dimensionné et vérifié les capacités des réservoirs nécessaires pour l'acheminement des eaux vers le réservoir final de 500 m<sup>3</sup>, situé à Miala à une altitude de 1055 m. Par la suite une étude technico-économique de deux adductions gravitaires et deux autres par refoulement sur un linéaire global de 13 km a été faite, suivie du des pompes adéquates pour les deux stations de pompage. Dans le but de protéger le réseau, nous avons procédé à la vérification du phénomène du coup de bélier et on a abouti à des résultats des surpressions et dépressions qui ne présentent pas de risque pour les conduites. En dernier lieu, nous avons présentés certains aspects à prendre en considération dans l'organisation des travaux de réalisation et nous avons aussi estimés le coût global du projet.

**Mots clés :** Alimentation en eau potable, adduction ; réservoir ; pompes ; coup de bélier.

**Abstract :** In this paper we have made a technical study of the project to strengthen the supply of drinking water to the municipality of Beni-Maouche (Wilaya of Bejaia) from the 1500 m<sup>3</sup> reservoir at Tigharmine (Amalou), carried out as part of the secondary additions of the Akbou - Bejaïa transfer from the Tichi-Haf dam. After presenting the project site, we began to study the water needs of different categories of consumers. We then sized and verified the capacity of the reservoirs required to transport the water to the 500 m<sup>3</sup> final reservoir located at Miala at an altitude of 1055 m. Subsequently, a technico-economic study of two gravity feeders and two others by repression were carried out on a total linear of 13 km, followed by the appropriate pumps for the two pumping stations. In order to protect the network, we have proceeded to the checking of the phenomenon of water hammer and we have obtained results of overpressures and depressions which do not present a risk for the pipes. Finally, we presented some aspects to be considered in the organization of the work and we also estimated the overall cost of the project.

**Keywords:** Drinking water supply, adduction; tank; Pumps; Water hammer.