



Faculté de Technologie  
Département d'Hydraulique

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

**BENMAMAR toufik**

**BENLALA seifeddine**

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

Option : **Hydraulique Urbaine**

### INTITULE :

## **Etude du réseau d'alimentation en eau potable du centre de la commune de BIR EL ARCHE, wilaya de SETIF.**

Soutenu le **29 /06 /2016** devant le jury composé de :

- Président : **M<sup>f</sup>. HAMCHAOUI, S.**
- Promoteur: **M<sup>f</sup>. IKNI, T.**
- Examineur : **M<sup>f</sup>. MERAH, F.**

# Remerciements

 Avant tout, nous remercions dieu qui a illuminé notre chemin et qui nous armé de courage et de patience pour achever nos études.

Puis, on tient à exprimer notre profonde gratitude et notre vif remerciement à notre promoteur M<sup>er</sup> T. IKNI pour avoir contribué à l'élaboration de la présente.

 Nous remercions également tous nos professeurs de la 1<sup>ère</sup> année primaire jusqu'au cinquième année universitaire.

Nous remercions aussi tous les gens du département d'hydraulique.

Aussi, nous exprimons tout notre respect aux membres de jury qui nous feront l'honneur d'apprécier ce travail.



# Dédicace



*Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail,*



*en signe de respect et de reconnaissance envers :*

*Mon cher père Mohandouali.*

*Ma chère mère Noura.*

*Pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour que je réussisse.*

*Je le dédie également à :*

*Ma sœur : Kenza, et mes frères : Ahmed et Akli.*

*Mes oncles et tantes et mes amis.*



*En un mot à tous les gens qui ont contribué ma réussite de près ou de loin.*





# Dédicaces



*Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail,*  
*en signe de respect et de reconnaissance envers :*

*Mon cher père Tayeb.*

*Ma chère mère dhaouia.*

*Pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour que je*  
*réussisse.*

*Je le dédie également à :*

*Ma sœur khadidja et frères : hichem, nourou et hamza.*

*Mes oncles et tantes et mes amis.*



*En un mot à tous les gens qui ont contribué ma réussite*  
*de près ou de loin.*



# Sommaire

## Chapitre I : présentation du site et estimation des besoins

Introduction générale .....	1
I.1.Présentation du site .....	3
I.1.1. Situation géographique.....	3
I.1.2. Situation topographique .....	4
I.1.3. Situation climatique.....	4
I.1.3.1. La pluviométrie.....	4
I.1.3.2. La température .....	5
I.1.5. Situation hydraulique .....	5
I.2.Estimation des besoins en eau.....	5
I.2.1. Evaluation de la population a différents horizons .....	6
I.2.2. Evaluation de la consommation moyenne journalière .....	6
I.2.2.1. Les besoins domestique .....	6
I.2.2.2. Les besoins scolaires .....	7
I.2.2.3.Les besoins administratifs .....	8
I.2.2.4. Les besoins sanitaires .....	8
I.2.2.5. Les besoins socioculturels .....	8
I.2.2.6. Les besoins commerciaux.....	9
I.2.2.7. Récapitulation de la consommation moyenne totale .....	9
I.2.3. Majoration de la consommation journalière.....	9
I.2.4. Variation de la consommation journalière .....	10
I.2.5. Variation de la consommation horaire .....	11
I.2.5.1.: Coefficient d'irrégularité .maximal horaire ( $K_{\max.h}$ ).....	11
I.2.5.2. Coefficient d'irrégularité minimale horaire ( $K_{\min.h}$ ) .....	12
I.2.5.3. Evaluation de la consommation horaire .....	13
I.3.Conclusion .....	14

## Chapitre II : réservoir

II.5. Construction des réservoirs .....	16
II.6. Equipement des réservoirs.....	16
II.6.1. Conduited'adduction.....	16
II.6.2. Conduite de distribution.....	16
II.6.3. Conduite du trop-plein .....	17
II.6.4. Conduite de vidange .....	17
II.6.5. Conduite BY-PASS .....	17
II.6.6. Matérialisation de la réserve d'incendie .....	18
II.6.7. Les joints d'étanchéité .....	18
II.6.8. Système de canalisation .....	18
II.6.9. Robinet flotteur .....	19
II.7. Détermination de la capacité du réservoir .....	19
II.7.1. Calcul le résidu maximum .....	20
II.7.2. Calcul le volume maximal .....	20
II.7.3. Calcul du volume total .....	21
II.8. Conclusion .....	21

### **Chapitre III : l'adduction**

III.1. Introduction .....	22
III. 2. Quelques notions simples sur l'adduction.....	23
III.2.1. Choix du tracé.....	23
III.2.3. La ligne piézométrique .....	24
III.2.5. Dépôts dans l'adduction .....	25
III.3. Choix du type du matériau de la tuyauterie.....	25
III.4. Assemblage et diamètre .....	26
III.4.1 Electro soudage.....	26
III.4.2. Soudage bout à bout .....	27
III.4.3. Raccords mécaniques .....	28
III.5. Tracé et dimensionnement d'une adduction.....	28
III.5.1. Choix du site de stockage .....	28
III.5.2. Dimensionnement de l'adduction .....	29
III.5.2.1. Méthode de calcul .....	29

III.6. Calcul hydraulique de l'adduction .....	32
III.6.1. Calcul hydraulique.....	32
III.6.1.1. Caractéristiques du forage .....	32
III.6.1.2. Calcul du diamètre économique.....	32
III.7. Conclusion.....	34

## **Chapitre IV : les pompes**

IV.1. Généralité.....	35
IV.2. Choix du type de la pompe .....	35
IV.3. Point de fonctionnement .....	35
IV.4. Réalisation du point de fonctionnement désiré .....	36
IV.4.1. Première méthode.....	36
IV.4.1.1. Temps de pompage .....	36
IV.4.2. Deuxième méthode.....	36
IV.4.2.1. Le vannage.....	36
IV.4.3. Troisième méthode .....	37
IV.4.3.1. Rognage .....	37
IV.4.4. Quatrième méthode.....	37
IV.4.4.1. La vitesse de rotation .....	37
IV.5. Phénomène de cavitation .....	37
IV.5.1 : Hauteur limite d'aspiration.....	38
IV.5.1.1. Installation en aspiration.....	38
IV.6. Caractéristique du réseau hydraulique .....	39
IV.6.1. Tronçon << forage – réservoir >> .....	40
IV.7. Vérification de la cavitation .....	41
IV.8. Conclusion .....	41

## **Chapitre V : coup de bélier**

VI-1 : Définition.....	42
------------------------	----

VI.2. Risques du coup de bélier .....	42
VI.2.1. Risque de forte pression .....	42
VI.2.2. Pression négative .....	42
VI.2.3. Fatigue des conduites .....	42
VI.3. Moyens de protection contre le coup de bélier .....	43
VI.3.1. Les volants d'inertie .....	43
VI.3.2. Les soupapes de décharge .....	42
VI.4. Analyse physique du phénomène du coup de bélier .....	44
VI.4.1. Phase 01 .....	44
VI.4.2. Phase 02 .....	44
VI.4.3. Phase 03 .....	44
VI.4.4. Phase 04 .....	44
VI.5. Vérification du coup de bélier (entre le forage et les deux réservoirs existant) .....	45
VI.5.1. Hypothèses .....	45
VI.5.2. Calcul de la célérité .....	45
VI.5.3. Calcul de la valeur max de coup de bélier .....	45
VI.5.3.1. Calcul la surpression .....	46
VI.5.3.2. Calcul la dépression .....	46
VI.6. Réservoir d'air .....	47
VI.6.1 Dimensionnement des réservoirs d'air .....	47
VI.6.1. Calcul simplifié du volume du réservoir d'air anti-bélier (méthode de VIBERT) ...	47
VI.6.3. Calcul normal d'un réservoir d'air .....	49
VI.6.3.1. Le temps que mette l'onde pour faire un aller-retour .....	49
VI.6.3.2. L'accroissement du volume d'air du réservoir $\Delta U$ .....	49
VI.6.3.3. Le volume d'air du réservoir $U$ .....	49
VI.6.3.4. La nouvelle pression dans le réservoir .....	50
VI.6.3.5. Les pertes de charge dans la tuyère .....	50
VI.6.3.6. Calcul de la pression absolue dans la conduite avec perte de charge .....	52
VI.6.4. L'explication graphique .....	53
VI.6.5. Trace de l'épure de BERGERON .....	54
VI.7. Conclusion .....	55

## **Chapitre VI : distribution**

Introduction .....	56
--------------------	----

VI.1. Les différents types de réseaux .....	56
VI.1.1. Le réseau ramifié .....	56
VI.1.2. Le Réseau étage.....	56
VI.1.3. Le réseau maillé.....	56
VI.2. Conception d'un réseau .....	57
VI.3. Principe du tracé du réseau maillé .....	57
-VI.4. Calcul hydraulique du réseau maillé.....	57
VI.4.1. Détermination des débits .....	58
VI.4.1.1. Calcul des débits spécifiques.....	58
VI.4.1.2. Calcul des débits en route.....	58
VI.4.1.3. Le débit au nœud.....	58
VI.5. Étude de la distribution en tenant compte le débit d'incendie .....	59
VI.5.1. Etat du réseau après simulation .....	60
VI.6. Equipement du réseau de distribution.....	63
VI.6.1 nature de la canalisation .....	63
VI.6.2 appareils et accessoires.....	63
VI.6.2.1 Robinet- vanne.....	63
VI.6.2.2 Ventouses.....	64
VI.6.2.3 Robinets de décharge.....	64
VI.6.2.4 Bouches d'incendie.....	64
VI.6.2.5 Bouches de lavage.....	64
VI.6.2.6 Raccordements.....	64
VI.7. Conclusion.....	64
Conclusion générale.....	66
Référence bibliographique.....	67

## LISTE DES SYMBOLES

P <sub>n</sub> : Population totale à l'horizon projeté.....	hab
P <sub>o</sub> : Population de référence [Dernier recensement]	
α : Taux d'accroissement annuel .....	%
n : Nombre d'année séparant les deux horizons.	
Q <sub>moy,j</sub> : Débit moyen journalier.....	[m <sup>3</sup> /j]
Q <sub>max,j</sub> : Débit maximale journalier.....	[m <sup>3</sup> /j]
Q <sub>min,j</sub> : Débit minimale journalier.....	[m <sup>3</sup> /j]
q : Dotation moyenne journalière .....	[l/hab/j]
N : Nombre de consommateurs .....	[Unité]
K <sub>max,j</sub> : Coefficient d'irrégularité journalière maximum.	
K <sub>min,j</sub> : Coefficient d'irrégularité journalière maximum.	
K <sub>max,h</sub> : Coefficient maximale horaire.	
α <sub>max</sub> , α <sub>min</sub> : Coefficient qui tient compte du confort des équipements de l'agglomération.	
β <sub>max</sub> , β <sub>min</sub> : Coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population.	
V <sub>T</sub> : Volume total .....	[m <sup>3</sup> ]
V <sub>inc</sub> : Volume d'incendie .....	[m <sup>3</sup> ]
D : Diamètre des réservoirs .....	[mm]
h <sub>inc</sub> : Hauteur d'incendie .....	[m]
ΔH : Perte de charge linéaire du au frottement .....	[m]
V, U : Vitesse d'écoulement.....	[m/s]
g : Accélération de la pesanteur.....	[m/s <sup>2</sup> ]
D : Diamètre de la conduite.....	[m]
L : Longueur de la conduite.....	[m]
λ : Coefficient de frottement linéaire.....	
ε : Rugosité absolue.....	[mm]
ν : Viscosité cinématique de l'eau à 20° c.....	[m <sup>2</sup> /s]
β' : Coefficient dépendant du type d'écoulement.	
m : Coefficient dépendant du type du matériau.	
Cr : Côte de radier.....	[m]

C <sub>p</sub> : Côte piézométrique.....	[m]
CTN : Côte du terrain naturel .....	[m]
CTP : Côte de trop plein.....	[m]
ΔP : Variation de pression.....	[m]
a : Célérité de l'onde.....	[m]
g : Accélération de la pesanteur.....	[m/s <sup>2</sup> ]
e : Epaisseur de la conduite.....	[mm]
a <sub>eq</sub> : Célérité équivalente.....	[m/s]
PN : Pression nominale.....	[Bars]
K : Module d'élasticité de l'eau.....	[Pa]
E : Module d'élasticité du matériau.....	[Pa]

## Liste des tableaux

Tableau (I.1) : Les caractéristiques des forages.....	5
Tableau (I.2) : Evaluation de la population.....	6
Tableau (I.3) : Besoins domestiques a différents horizons.....	7
Tableau (I.4) : Besoins scolaires.....	7
Tableau (I.5) : Besoins administratifs.....	8
Tableau (I.6) : Besoins sanitaires.....	8
Tableau (I. 7) : Besoins socioculturels .....	8
Tableau (I.8) : Besoins commerciaux .....	9
Tableau (I.9) : Récapitulation des besoins a l’horizon 2043.....	9
Tableau (I.10) : Majoration de la consommation journalière a l’horizon 2043.....	10
Tableau (I.11) : Variation de la consommation journalière à l’horizon 2043.....	11
Tableau (I.12) : Valeurs du coefficient $\beta_{max}$ .....	12
Tableau (I.13) : Valeur du coefficient $K_{max.h}$ .....	12
Tableau (I.14) : Valeurs du coefficient $\beta_{min}$ .....	12
Tableau (I.15) : Valeur du coefficient $K_{min.h}$ .....	13
Tableau (I.16) : Variation du débit horaire.....	14
Tableau (II.1) Calcule de la capacité du réservoir.....	20
Tableau (III.1) : Calcul de HMT.....	33
Tableau (III.2) : Frais d’exploitation.....	33
Tableau (III.3) : Frais d’amortissement.....	33
Tableau (III.4) : Calcul Bilan général.....	33
Tableau (IV.1) Choix de la pompe.....	41

Tableau (V.1) : Calcul des valeurs maximales du coup de bélier .....	46
Tableau (V.2) : Développement des résultats de calcul du réservoir d'air de la conduite....	46
Tableau (V.3) Les étapes du calcul normal d'un réservoir d'air.....	53
Tableau (VI.1) : Etat des arcs du réseau qui se changent après simulation.....	60
Tableau (VI.2) : Etat des arcs du réseau qui se changent après simulation.....	62

## LISTE DES FIGURES

Figure (I.1) : plan de situation la zone d'étude – BIR EL ARCHE.....	3
Figure (I.2) : vue de la zone d'étude – BIR EL ARCHE.....	4
Figure (II.1) : Matérialisation de la réserve d'incendie par siphon et évent.....	17
Figure (II.2) : By-pass d'un réservoir.....	18
Figure (III.1) refoulement forage -réservoir .....	22
Figure (III.2) : L'emplacement des ventouses.....	24
Figure (III.3) moyens de raccords électro soudables.....	26
Figure (III.4) : les étapes du soudage bout à bout.....	27
Figure (III.5) : les outils et la forme de soudure bout à bout.....	27
Figure (III.6) : Raccordement des tubes PEHD aux matériaux traditionnels.....	28
Figure (III.2) : schéma d'adduction.....	34
Figure (IV.1) courbe caractéristique de la pompe.....	40
Figure (V.1) : Principe de disposition du réservoir d'air anti bélier.....	43
Figure:(V.2) Réservoir d'air .....	47
Figure (V.3) Variation du volume d'air au cours des phases de fonctionnement du réservoir	48
Figure (V.4) : Pertes de charge à la montée.....	50
Figure (V.5) : Pertes de charge à la descente.....	52
Figure (V.6) : variation de la pression absolue en fonction de temps.....	54
Figure (V.7) : Epure de BERGERON Pour la conduite (forage-réservoir) .....	54
Figure (VI.1) : état du réseau après la simulation.....	98
Figure (VI.2) cas d'exploitation du poteau d'incendies placé au nœud 50.....	99
Figure (VI.3) cas d'exploitation du poteau d'incendies placé au nœud 106.....	100
Figure (VI.4) cas d'exploitation du poteau d'incendies placé au nœud 50.....	101
Figure (VI.5) cas d'exploitation du poteau d'incendies placé au nœud 106.....	101

# Chapitre I

## Présentation du site et estimation de besoins

### INTRODUCTION GENERALE

Dans le contexte que l'eau est une source de la vie, l'homme conscient, depuis des millénaires n'a cessé de s'organiser pour maîtriser la science relative à l'eau, et pour pouvoir transporter, garder et gérer en se basant sur des méthodes empiriques.

Certes, actuellement l'évolution de la science a rendu l'homme à connaître des systèmes de captage complexes, d'adduction et de distribution de l'eau à des degrés de potabilité améliorés qui lui a facilité sa gestion.

Les pays en voie de développement qui n'ont pas des ressources en eau considérables dont l'Algérie fait partie, souffrent d'un déficit notable qui est dû en général aux causes suivantes :

- Une pluviométrie annuelle faible selon les périodes
- Risque de sécheresse s'étendant sur plusieurs années.
- Une baisse des taux de régénération de la nappe phréatique.

L'eau est devenue ces dernières années un sujet de préoccupation à l'échelle planétaire. Cette ressource indispensable et irremplaçable est particulièrement mal répartie, la demande croissante en eau par l'industrie, l'agriculture et à des fins domestiques, a entraîné un appauvrissement des ressources en eau.

Cadrant avec des nouveaux systèmes basés sur la bonne politique de gestion, nous élaborons ce mémoire de thème : étude du réseau d'alimentation en eau potable du centre de BIR ELARCHE, dans le but de satisfaire quantitativement et qualitativement, les besoins en eau des consommateurs, conformément au plan de développement national et ceci, en dimensionnant tous les ouvrages nécessaires, de la source jusqu'au robinet afin d'assurer, un débit suffisant et une pression minimale pour tous les consommateurs de la commune, car le système d'alimentation existant dans cette ville, qui ne répond plus à sa demande, de part les dégradations avancées du réseau.

Pour cela, nous débouterons notre travail par une description du site, à savoir : la situation géographique, climatique...etc. Tout en estimant le nombre d'habitants et les différents besoins en eau à l'horizon 2043.

En second lieu, il sera procédé au dimensionnement des réservoirs de stockage en tenant compte des capacités des réservoirs existants.

## **Introduction générale**

---

Le troisième volet consiste essentiellement au dimensionnement des conduites d'adduction, en se basant sur les conditions d'ordre technique et économique.

La quatrième partie porte sur le choix des pompes, dont le but est d'acheminer l'eau des forages vers les réservoirs de stockage.

La cinquième partie, concerne la protection des conduites contre le phénomène de coup de bélier.

Enfin, dans la dernière partie, nous allons dimensionner le réseau de distribution, dont l'objectif est d'amener l'eau à tous les catégories des consommateurs, et on finalisera par une conclusion générale.

# Chapitre I

## Présentation du site et estimation de besoins





*Figure (I.2) : Vue de la zone d'étude – BIR EL ARCHE.*

### **I.1.2. Situation topographique [2]**

Bir Elarche a une altitude qui varie entre 1100 mètres et 1150 mètres, et une superficie de 36 500 hectares soit 365,00 km<sup>2</sup>.

### **I.1.3. Situation climatique [2]**

Cette commune de BIR EL ARCHE est influencée par un climat méditerranéen à tendance subhumide, c'est-à-dire qu'il fait chaud et sec en été et elle a aussi un hiver pluvieux et doux avec chute des neiges dans les parties dépassants les 800 mètres d'altitudes.

#### ***I.1.3 1. La pluviométrie***

La daïra de Bir Elarche fait partie de demain bioclimatique semi-aride avec territoire hétérogène du point de vue climatologique la pluie moyenne annuel dépassé 900 mm avec 90 jours de pluie. Les mois les plus pluvieux sont : novembre, décembre, janvier et février.

#### ***I.1.3.2. La température***

Elle défère d'une saison à l'autre .et varie entre un minimum de 0°C à 19 °C en hiver ; et un maximum de 19 °C à 38 °C en été.

**I.1 5. Situation hydraulique [2]**

L'eau potable de la commune de BIR EL ARCH provient uniquement des nappes souterraines par le moyen de forages.

Dans la commune de BIR EL ARCH il y a un forage (f1) en exploitation qui est situés au sud est du chef-lieu, et un forage en cours de réalisation.

*Tableau (I.1) : Les caractéristiques des forages*

<b>Forage</b>	<b>Débit (l/s)</b>	<b>Niveau dynamique (m)</b>	<b>Niveau statique (m)</b>	<b>Niveau de calage (m)</b>	<b>Profondeur (m)</b>
<b>1</b>	13,46	160,00	152,00	170,00	250,00
<b>2</b>	10,00	160,90	142,700	190,00	250,00

**N.B.** Le forage (f2) constitue la deuxième ressource pour l'alimentation en eau potable de la ville de BIR EL ARCH. il situé à localité Djebel T'NOUTIT. Le forage est en cours de réalisation, le forage de reconnaissance sur une profondeur de 165 m.

Les deux réservoirs existants sont implantés sur un même site, ces derniers sont alimentés à partir de forage existe (tableau (I.1)).

**I.2. Estimation des besoins en eau**

L'estimation des besoins en eau d'une agglomération nous exige de donner une norme fixée pour chaque catégorie de consommateur. Cette norme unitaire (dotation) est définie comme un rapport entre le débit journalier et l'unité de consommateur (agent, élève, lit, etc.)

Cette estimation en eau dépend de plusieurs facteurs (de l'évolution de la population, des équipements sanitaires, du niveau de vie de la population, etc.). Elle diffère aussi d'une période à une autre et d'une agglomération à une autre.

**I.2.1. Evaluation de la population a différents horizons**

Une bonne conception de projet commence tout d'abord par une estimation convenable des multiples besoins qui peut exiger l'agglomération en question.

Pour évaluer la population avenir à l'horizon 2043, on se réfère à la relation des intérêts composés suivante :

$$P_n = P_{act} (1+T)^n$$

**P<sub>n</sub>** : Population à l'horizon voulu.

**P<sub>act</sub>** : Population actuelle de l'année 2008 (**12025 hab. RGPH 2008**).

**T**: Taux d'accroissement **T= 4.35% (Source PDAU 2008)**.

**n**: Nombre d'années séparant l'année future et l'année actuelle.

*Tableau (I.2) : Evaluation de la population*

Localité	Nombre d'habitants				
	RGPH 2008	Actuel 2016	Court terme 2020	Moyenne terme 2030	Long terme 2043
BIR EL ARCH	12025	16905	20044	30684	53373

## **I.2.2. Evaluation de la consommation moyenne journalière**

La consommation en eau d'une agglomération est estimée en fonction de la dotation journalière, qui dépend de sa taille et de la catégorie du consommateur, elle est exprimée par la formule suivante :

$$Q_{moy.j} = (q_i * N_i) / 1000 \quad (m^3/jour)$$

Avec :

**Q<sub>moy.j</sub>** : consommation moyenne journalière (m<sup>3</sup>/jour)

**q<sub>i</sub>** : La dotation journalière pour chaque type de consommateur exprimée en (litres / jour / habitant).

**N<sub>i</sub>** : Nombre d'usagers pour chaque catégorie de consommateurs.

### ***I.2.2.1. Les besoins domestique***

Ils sont estimés sur la base d'une dotation de **150 l/j/hab**. Retenues dans le cadre du P.D.A.U de la commune de BIR EL ARCH s'agissant de la zone rurale de la commune. Les besoins en eau qui expriment la consommation moyenne journalière à usage domestique, sont portés dans le tableau suivant :

*Tableau (I.3) : besoins domestiques à différents horizons*

Localité	Nombre d'habitant				Dotation l/j/hab	Consommation moyenne journalière m <sup>3</sup> /j			
	2016	2020	2030	2043		2016	2020	2030	2043
BIE EL ARCHE	16905	20044	30684	53373	150	2535.8	3006.7	4602.6	8005.9

**I.2.2.2. Les besoins scolaires**

Le tableau ci-dessous illustre les besoins scolaires comme suite :

*Tableau (I.4) : besoins scolaires*

Type D'équipements	N <sup>bre</sup> d 'é l e v e s	Dotation (l/eleve/j)	Cons.moy.jour. (m <sup>3</sup> /j)
Crèche	50	10	0,5
2 école	700	10	7
2 C.E.M	1600	10	16
Lycée	900	10	9
C.F.P.A	300	10	3
Bibliothèque	120	10	1,2
<b>TOTALE</b>			36,7

**I.2.2.3. Les besoins administratifs**

Le tableau suivant nous montre les besoins administratifs.

*Tableau (I.5) : besoins administratifs*

Type D'équipement	N <sup>bre</sup> D'emplois	Dotation (l/empl/j)	Cons.moy.jour. (m <sup>3</sup> /j)
APC	48	10	0,48
DAIRA	60	10	0,60
POST	06	10	0,06
GENDARMERIE	50	10	0,5
POLICE	35	10	0,35
<b>TOTALE</b>			<b>1,99</b>

**I.2.2.4. Les besoins sanitaires**

Le tableau suivant détermine Les besoins sanitaires comme Suite :

*Tableau (I.6) : besoins sanitaires*

Type d'équipement	N <sup>bre</sup> de lit	Dotation (l/occl/j)	Cons.moy.jour.(m <sup>3</sup> /j)
Polyclinique	25	150	3,75

**I.2.2.5. Les besoins socioculturels**

Le tableau suivant nous montre les besoins socioculturels.

*Tableau (I. 7) : besoins socioculturels :*

Type d'équipement	N <sup>bre</sup> occupation	Dotation (l/occ/j)	Cons.moy.jour. (m <sup>3</sup> /j)
2 mosquées	1400	20	28
Stade	80	60	4,8
Complexe	100	60	6
Jardin	2753 m <sup>2</sup>	4 l/j/m <sup>2</sup>	11,012
<b>TOTALE</b>			<b>49,812</b>

**I.2.2.6. Les besoins commerciaux**

Le tableau suivant détermine Les besoins commerciaux :

*Tableau (I.8) : besoins commerciaux*

Type d'équipement	Surface (m <sup>2</sup> )	Dotation (l/occ/j)	Cons.moy.jour. (m <sup>3</sup> /j)
Marché	1756	5	8,78

**I.2.2.7. Récapitulation de la consommation moyenne totale [4]**

Après l'étude détaillé des besoins, nous dressons un tableau récapitulatif pour pouvoir calculer le débit total nécessaire pour alimenter la localité jusqu'à l'horizon 2043.

Le tableau ci-dessous illustre la récapitulation des besoins à l'horizon 2043 comme suit :

*Tableau (I.9) : Récapitulation des besoins à l'horizon 2043*

Type de besoins	Consommation moyenne journalière (m <sup>3</sup> /j)
Domestiques	<b>8005,9</b>
Scolaires	<b>36,7</b>
Administratifs	<b>1,99</b>
Sanitaires	<b>3,75</b>
Socioculturelles	<b>49,812</b>
Commerciaux	<b>8,78</b>
<b>Totale des besoins non domestiques</b>	<b>101,032</b>

**I.2.3. Majoration de la consommation journalière [4]**

Dans le but de compenser les fuites au niveau de la conduite d'adduction, et de réseau de distribution, qui varient selon les types des conduits, vétuste, la nature du terrain et la qualité d'entretien, nous optons pour une majoration de 20% ; donc le débit moyen journalier devient :

$$Q_{\text{moy.j max}} = K_f * Q_{\text{moy.j}}$$

Avec :

$Q_{\text{moy.j max}}$  : le débit moyen journalier majeure (m<sup>3</sup>/j).

$K_f$  : coefficient de fuite.

$Q_{moy,j}$  : débit moyen journalière ( $m^3/j$ )

**Tableau (I.10) : Majoration de la consommation journalière a l'horizon 2043**

Débit domestique	Débit d'équipements	$Q_{moy,j}:(m^3/j)$	$K_f$	$Q_{moy,j\ max} (m^3/j)$
8005,9	101,032	8106,982	1,2	9728,38

#### I.2.4. Variation de la consommation journalière [4]

Avant tout projet d'alimentation en eau potable, il faut connaitre le régime de consommation de l'agglomération, qui est utile pour le fonctionnement du système, et leur dimensionnement au cœur de la journée, la consommation en eau varie en présentant des maximums et des minimums, tel que :

$$Q_{max,j} = K_{max,j} * Q_{moy,j}$$

$$Q_{min,j} = K_{min,j} * Q_{moy,j}$$

Avec :

$K_{max,j}$  : Coefficient d'irrégularité maximal qui dépend de l'importance de la ville, il est compris entre 1,1 et 1,3.

On adaptera pour notre cas, un Coefficient  $K_{max,j} = 1,3$ .

$K_{min,j}$  : Coefficient d'irrégularité minimal qui varie entre 0,7 et 0,9.

On prendra  $K_{min,j} = 0,8$ .

La variation de la consommation journalière à l'horizon 2043 est récapitulé dans le tableau suivant :

**Tableau (I.11) : Variation de la consommation journalière à l'horizon 2043**

$Q_{moy,j} : (m^3/j)$	$K_{min,j}$	$Q_{min,j}(m^3/j)$	$K_{max,j}$	$Q_{max,j}(m^3/j)$
8106,32	0,8	6485,58	1,3	10539,08

**I.2.5. Variation de la consommation horaire [4]**

La consommation en eau est très variable dans le temps, ces variations sont annuelles, saisonniers, mensuelles, hebdomadaires, journalières et horaires, elles dépendent de plusieurs facteurs tel que :

- Niveau de vie de la population
- Facteurs climatiques
- Nombre d’habitants

Le débit journalier est le facteur principal dans nos calculs de dimensionnement du réseau de distribution .

**I.2.5.1.: Coefficient d’irrégularité .maximal horaire ( $K_{max.h}$ )**

Ce coefficient représente l’augmentation de la consommation horaire pour une journée.

D’une manière générale, ce coefficient peut être décomposé en deux autre coefficients :

$$K_{max.h} = \alpha_{max} * \beta_{max}$$

Avec :

$\alpha_{max}$  : coefficient qui tient compte du confort des équipements de l’agglomération et de régime du travail, varie de **1,2** à **1,5** et dépend du niveau de développement local. Pour notre

Cas on prend  $\alpha_{max} = 1,3$

$\beta_{max}$  : il dépend du nombre d’habitants et sera déterminé par interpolation à l’aide du tableau suivant :

**Tableau (I.12) : valeurs du coefficient  $\beta_{max}$**

Nombre D’habitants *10 <sup>3</sup>	<1	1 ,5	2,5	1	6	10	20	30	100	300	>10 <sup>3</sup>
$\beta_{max}$	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,03	1

Le nombre totale d’habitants est 53373 habitants, donc la valeur  $\beta_{\max} = 1,1$ .

D’après le tableau ci-dessus, et après interpolation et calcul, on trouvera les valeurs de  $\beta_{\max}$  et  $K_{\max,h}$  mentionnées au tableau suivant :

*Tableau (I.13) : valeur du coefficient  $K_{\max,h}$*

Nombre d’habitants	$\alpha_{\max}$	$\beta_{\max}$	$K_{\max,h}$
53373	1,3	1,1	1,43

**I.2.5.2. Coefficient d’irrégularité minimale horaire ( $K_{\min,h}$ )**

Ce coefficient permet de déterminer le débit minimum horaire envisageant une sous consommation :

$$K_{\min,h} = \alpha_{\min} * \beta_{\min}$$

Avec :

$\alpha_{\min}$  : coefficient qui tient compte du confort des équipements de l’agglomération et de régime du travail, varie de **0,4 à 0,6**. Pour notre cas on prend  $\alpha_{\min} = 0,5$

$\beta_{\min}$  : il dépend du nombre d’habitants et sera déterminé par interpolation à l’aide du tableau suivant :

*Tableau (I.14) : valeurs du coefficient  $\beta_{\min}$*

Nombre d’habitants *10 <sup>3</sup>	<1	1,5	2,5	4	6	10	20	50
$\beta_{\min}$	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6

Le nombre totale d’habitants est 53373 habitants, donc la valeur  $\beta_{\min} = 0,63$ .

D’après le tableau ci-dessus, et après interpolation et calcul, on trouvera les valeurs de  $\beta_{\min}$  et  $K_{\min,h}$  mentionnées au tableau suivant :

Tableau (I.15) : valeur du coefficient  $K_{min.h}$ 

Nombre d'habitants	$\alpha_{min}$	$\beta_{min}$	$K_{min.h}$
	0,5	0,63	0,30

### I.2.5.3. Evaluation de la consommation horaire

Le débit horaire d'une agglomération est variable selon l'importance de cette dernière.

Cette variation des débits horaire set exprimée en pourcentage (%) par rapport au débit maximal journalière de l'agglomération (tableau annexe.).

Pour notre cas on a choisi la répartition variant entre 50001 et 100000 hab

Tableau (I.16) : variation du débit horaire

Heures	Consommation totale $Q_{max,j} = 10539.01 m^3/j$	
	En %	$m^3/h$
0-1	03	316.170
1-2	3,2	337.248
2-3	2,5	263.475
3-4	2,6	274.014
4-5	3,5	368.865
5-6	4,1	432.099
6-7	4,5	474.255
7-8	4,9	516.411
8-9	4,9	516.411
9-10	4,6	484.794
10-11	4,8	505.872
11-12	4,7	495.333
12-13	4,4	463.716
13-14	4,1	432.099
14-15	4,2	442.638
15-16	4,4	463.716
16-17	4,3	453.177

<b>17-18</b>	4,1	432.099
<b>18-19</b>	4,5	474.255
<b>19-20</b>	4,5	474.255
<b>20-21</b>	4,5	474.255
<b>21-22</b>	4,8	505.872
<b>22-23</b>	4,6	484.794
<b>23-24</b>	3,3	453.177
<b>Total</b>	100%	10539.01

Le débit maximum horaires est : **516.411 m<sup>3</sup>/h** survient à 7-8 h.

### **I.3. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté la zone d'étude et estimé les besoins en eau potable de la population de chef-lieu de la daïra de BIR EL ARCHE qui est de 10539.01 m<sup>3</sup>/j à l'horizon 2043.

# Chapitre II

## Réservoirs

## **II.1. Introduction**

La demande en eau varie au cours de la journée, l'eau est donc stockée dans des réservoirs ou châteaux d'eau. Ces constructions sont généralement situées sur un point haut du relief pour assurer une pression suffisante aux consommateurs.

## **II.2. Utilité des réservoirs**

L'existence du réservoir dans un réseau d'A.E. P joue un rôle important par les avantages qu'il présente à savoir :

- Régularisation de l'apport d'eau de la consommation qui varie dans les différentes heures de la journée, ainsi que la pression dans le réseau de distribution et dans le fonctionnement des pompes ;
- En cas d'accident sur une conduite d'adduction, le réservoir permet de satisfaire la demande en eau des consommateurs ;
- Il constitue un volant, qui permet d'assurer aux heures de pointes les débits maximums demandés, de plus il permet de combattre efficacement les incendies.

## **II.3. Classification des réservoirs [3]**

D'après la situation et la topographie des lieux, les réservoirs peuvent être :

- ✓ Enterrés ;
- ✓ Semi enterres ;
- ✓ Surélevés ;

D'après leurs formes, ils peuvent être :

- ✓ Circulaires ;
- ✓ Carrés ;
- ✓ Rectangulaires ;

## **II.4. Emplacements des réservoirs**

L'emplacement du réservoir pose souvent un problème, pour des raisons d'économie, il est préférable que le remplissage du réservoir se fasse par gravité, mais malheureusement dans notre cas le réservoir à un niveau plus haut par rapport à la prise d'eau.

L'alimentation du réseau de distribution doit se faire par gravité, le réservoir doit être construit à un niveau supérieur à celui de l'agglomération.

La cote radiée doit être supérieure à la plus haute cote piézométrique exigée dans le réseau.

## **II.5. Construction des réservoirs**

Les matériaux employés dans la construction des réservoirs devront être choisis pour assurer leur parfaite étanchéité concurremment avec les conditions de leur mise en œuvre, et ne devront en aucun cas provoquer une altération des qualités de l'eau emmagasinée, à cet effet, seront choisis pour la construction du réservoir des matériaux durables.

Le béton armé présente l'avantage de ne pas être atteint par la rouille, tout en préservant l'eau des variations de température.

Un accès avec un regard en double couverture et une échelle de sécurité sera prévu pour les voiles du réservoir.

Une ventilation convenablement choisie sera aménagée, conçus de façon à éviter l'entrée d'une certaine espèce nuisible (serpent, souris ...etc.).

Toute vanne sera disposée dans une chambre de manœuvre.

## **II.6. Equipement des réservoirs**

La cuve et la tour seront exécutées en béton armé, La cuve doit être visitable et ventilée, la ventilation est facilitée par la présence de la cheminée d'accès qui comporte à sa partie supérieure des orifices à l'air libre obturé par des grillages.

La chambre des vannes se situe au pied de la tour ou se trouvent réunies les vannes.

L'accès à la cuve s'effectue par une échelle qui longe les parois.

### **II.6.1. Conduite d'adduction**

L'arrivée de la conduite d'adduction du réservoir peut être placée soit au fond de celui-ci, soit à la partie supérieure, d'où oxygénation de l'eau.

### **II.6.2. Conduite de distribution**

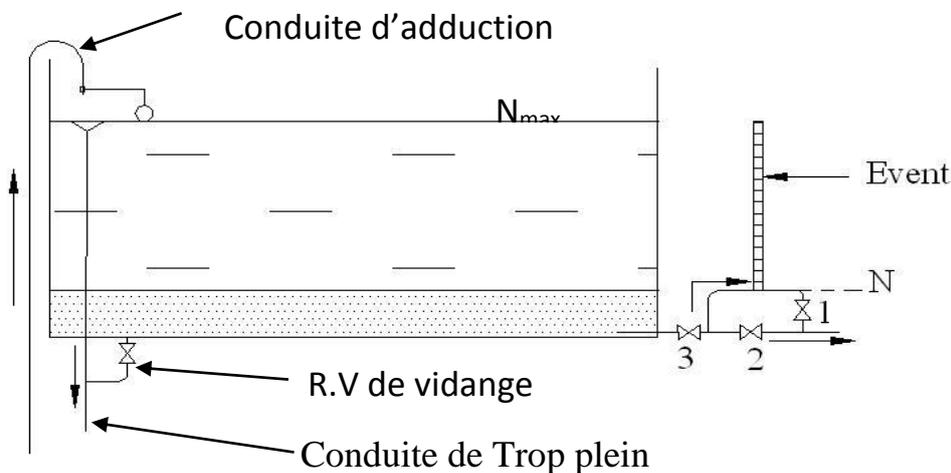
Le départ de la conduite de distribution s'effectue à 0.20m au-dessus du radier afin d'éviter l'introduction des matières et sables décantés dans la cuve.

### II.6.3. Conduite du trop-plein

La conduite du trop-plein est destinée à empêcher l'eau de dépasser le niveau maximal, elle se termine par un système simple bout à emboîtement, l'extrémité de cette conduite doit être en forme de siphon afin d'éviter l'introduction de certains corps nocifs dans la cuve

### II.6.4. Conduite de vidange

La conduite de vidange se trouve au point le plus bas du réservoir, elle permet la vidange du réservoir, à cet effet, le radier du réservoir est réglé en pente vers son origine, elle est raccordée à la conduite de trop-plein et comporte un robinet-vanne (Figure N°1)

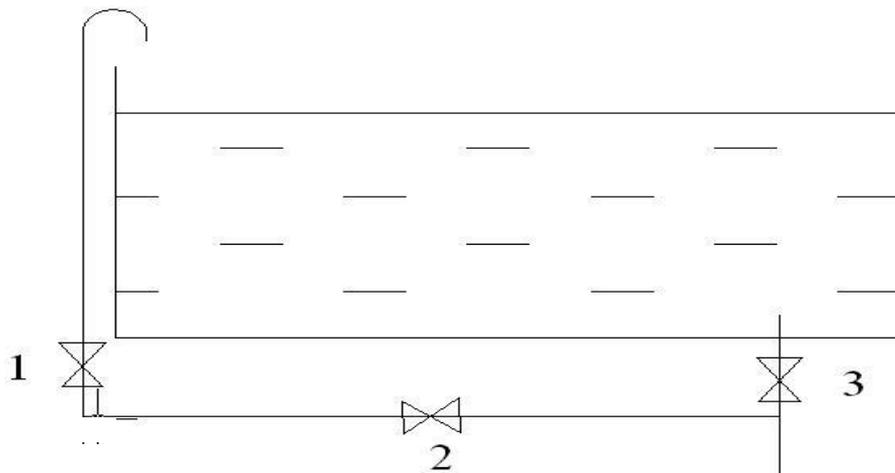


*Figure (II.1) : Matérialisation de la réserve d'incendie par siphon et évent].*

### II.6.5. Conduite BY-PASS

Elle relie la conduite d'adduction à celle de distribution (figure N°2). Elle assure la distribution pendant le nettoyage du réservoir son fonctionnement est le suivant :

Normale 1 et 2 sont ouverts le 3 est fermé, En BY-PASS : 1 et 2 sont fermés le 3 est ouvert.



*Figure (II.2) : By-pass d'un réservoir]*

### II.6.6. Matérialisation de la réserve d'incendie

Pour conserver sûrement une réserve permettant de lutter contre l'incendie, il faut en interdire son utilisation, pour cela la (figure N°1) présentée un système en siphon :

Lèvent d'un siphon sert à ne pas consommer la réserve d'incendie, son fonctionnement est :

Normal : 3 et 1 ouverts, le 2 est fermé.

Incendie : il suffit d'ouvrir 1 et 2.

### II.6.7. Les joints d'étanchéité

Il faudra veiller aux traversés des conduites dans le béton de la cuve, (les parois ou le radier). A cet effet, un barrage devra être effectué à l'aide d'un produit plastique recouvert de mortier de ciment.

### II.6.8. Système de canalisation

Conduite : les conduites sont de forme circulaire en fonte ductile, caractérisée par d'excellentes propriétés mécaniques (dé formabilité, résistance à la corrosion).

Coudes et TES : Elles sont placées dans la tuyauterie ; le coude permet le changement de direction, le TES permet la prise de canalisation secondaire sur la conduite principale.

Vannes : On prévoit des vannes au niveau de la conduite d'adduction à fin d'isoler les tronçons de la conduite en cas d'avarie, à la sortie de la conduite de départ, on admet des vannes papillons (à survitesse) ; utile en cas de vidange rapide.

### II.6.9. Robinet flotteur

IL permet de maintenir à un niveau déterminé le plan d'eau dans la cuve et ceci en fermant la conduite d'arrivée quand ce niveau est atteint.

## II.7. Détermination de la capacité du réservoir

Le calcul du volume du réservoir se fait à partir du débit rentrant et du débit sortant pour les différentes heures de la journée.

La détermination de cette capacité, tient compte de la répartition journalière maximale du débit consommé caractérisé par le coefficient horaire.

La détermination analytique de la capacité du réservoir d'alimentation exige deux régimes distincts :

- Le régime de consommation de notre agglomération.
- Le régime d'apport d'eau à partir de la source vers le réservoir.

En conséquence, la capacité sera déduite à partir des résidus entre le cumul d'apport et de départ d'eau pour chaque heure pendant 24 heures.

La capacité maximale du réservoir se détermine par la formule suivante :

$$V_T = V_{inc} + V_u = V_{inc} + \frac{P\% * Q_{max,j}}{100}$$

Avec :

-  $V_{inc}$  : volume pour incendie qui est égale à 60 m<sup>3</sup> par heure. La durée approximative d'extinction d'un sinistre moyen peut être évaluée à 2 heures, donc la réserve minimale après voir est de 120 m<sup>3</sup>.

-  $V_T$  : volume totale du réservoir.

-  $V_u$  : volume utile en m<sup>3</sup> (maximal de stockage pour la consommation) .

-  $P_{max}$  : résidu maximal dans le réservoir en %.

$Q_{\max.j}$  : débit maximal journalier en (m3)

*Tableau (II.1) calcule de la capacité du réservoir*

Heures	Apport		Distribution		Surplus	Déficit	Résidu
	%	m3/h	%	m3/h	%	%	%
00-01	-	-	0,3	316.170	-	3	-3
01-02	-	-	3,2	337.248	-	3,2	-6,2
02-03	5	526,9505	2,5	263.475	2,5	-	-3,7
03-04	5	526,9505	2,6	274.014	2,4	-	-1,3
04-05	5	526,9505	3,5	368.865	1,5	-	0,2
05-06	5	526,9505	4,1	432.099	0,9	-	1,1
06-07	5	526,9505	4,5	474.255	0,5	-	1,6
07-08	5	526,9505	4,9	516.411	0,1	-	1,7
08-09	5	526,9505	4,9	516.411	0,1	-	1,8
09-10	5	526,9505	4,6	484.794	0,4	-	2,2
10-11	5	526,9505	4,8	505.872	0,2	-	2,4
11-12	5	526,9505	4,7	495.333	0,3	-	2,7
12-13	5	526,9505	4,4	463.716	0,6	-	3,3
13-14	5	526,9505	4,1	432.099	0,9	-	4,2
14-15	5	526,9505	4,2	442.638	0,8	-	5,0
15-16	5	526,9505	4,4	463.716	0,6	-	5,6
16-17	5	526,9505	4,3	453.177	0,7	-	6,3
17-18	5	526,9505	4,1	432.099	0,9	-	7,2
18-19	5	526,9505	4,5	474.255	0,5	-	7,7
19-20	5	526,9505	4,5	474.255	0,5	-	8,2
20-21	5	526,9505	4,5	474.255	0,5	-	8,7
21-22	5	526,9505	4,8	505.872	0,2	-	8,9
22-23	-	-	4,6	484.794	-	4,6	4,3
23-24	-	-	4,3	453.177	-	4,3	0
Totale	100	10539.01	100	10539.01	-	0	

### II.7.1. Calcul le résidu maximum

$$-P_{\max} = |-6,2| + 8,9 = 15,10\%$$

**II.7.2. Calcul le volume maximal**

$$V_{\max} = \frac{p(\%) * Q_{\max j}}{100}$$

$$V_{\max} = \frac{15,1 * 10739,01}{100}$$

$$V_{\max} = 1591,39 \text{ m}^3.$$

**II.7.3. Calcul du volume total**

$$V_T = V_{\max} + V_{\text{inc}} = 1591,39 + 120 = 1711,39$$

$$V_T = 1711,39 \text{ m}^3.$$

**II.8. Conclusion**

La détermination de la capacité de réservoir nous permet de savoir si l y a intérêt de projeter un autre réservoir ou non, mais selon notre calcul nous avons trouvé un volume de stockage de 1711,39 m<sup>3</sup> qui est plus petit que la capacité du réservoir existant de 1000\*2 m<sup>3</sup>.

C'est pour cela dans notre étude, nous ne projetterons aucun réservoir.

# Chapitre III

## Adduction

### III.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 vers leur lieu d'accumulation. De par leur fonctionnement les adductions peuvent être classé selon leurs charges :

- Soit en adduction par refoulement.
- Soit en adduction gravitaire.



*Figure (III.1) : refoulement forage -réservoir*

## III. 2. Quelques notions simples sur l'adduction

### III.2.1. Choix du tracé

Le choix du tracé de la conduite doit tenir compte de certaines conditions :

- Il est préférable de passer la conduite à côté des routes pour faciliter la pose des tuyaux et leur exploitation (détection des fuites, des vannes défectueuses, de tous dommages subit par l'installation) et permettre un accès rapide pour l'entretien, la réparation ainsi l'acheminement du matériel.

- Eviter le maximum possible les pentes et contres pentes, qui peuvent donner lieu à des contournements d'air, suite à l'arrêt inopiné du groupe électropompe difficilement évacuables.

Le tracé en plan tient compte de la réalisation du profil en long idéal, avec des coudes largement ouvert afin d'éviter les butées importantes

### **III.2.3. La ligne piézométrique**

La ligne piézométrique permet de visualiser la pression exercée par l'eau en chaque point du tracé. Elle correspond au niveau qu'atteindrait l'eau dans un tuyau vertical connecté sur l'adduction.

### **III.2.4. L'air dans les tuyauteries**

Ci-dessous, profil d'une adduction présentant plusieurs points hauts et bas. Au remplissage ou à la mise en service d'une adduction, le phénomène est particulièrement sensible. Il est illustré dans la figure (III.2).

Dans de nombreux cas de véritables bouchons d'air se produisent dans les points hauts, d'où la nécessité de respecter les conditions suivantes :

- D'éviter les fonctionnements mixtes, à surface libre et sous pression,
- De localiser les points hauts,
- D'y installer un organe de dégazage : ventouse, brise charge,
- D'accentuer les points hauts dans le cas d'un tronçon de pente très uniforme.

Il est recommandé d'éviter des tracés mous, où les points hauts et les points bas n'apparaissent pas clairement, car il sera impossible de placer l'organe de dégazage de façon optimale. D'autre part, pour les tronçons très plats, on accentuera la pente située en aval de la ventouse.

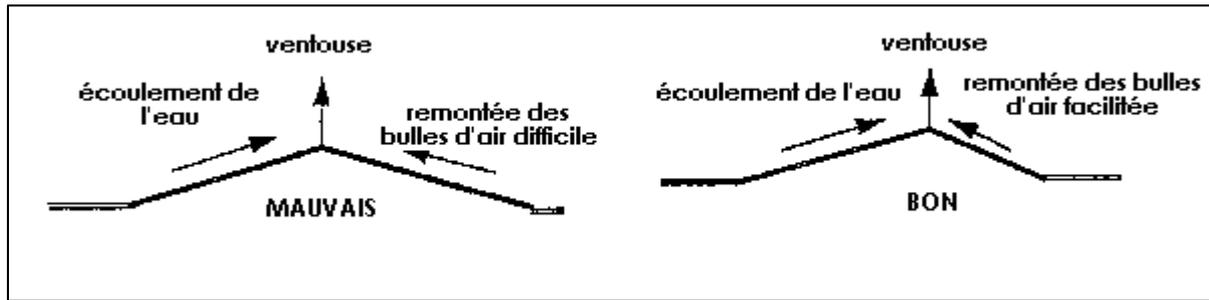


Figure (III.2) : L'emplacement des ventouses

Pour le choix de l'organe de dégazage il est indispensable de tenir compte de l'effet de l'ouvrage sur le fonctionnement de l'adduction sachant que :

- La vanne de purge n'a pas d'effet sur le fonctionnement, et qu'elle sera actionnée manuellement,
- La ventouse fonctionne automatiquement, et ne casse la pression que si elle est négative,
- Le brise charge ou la citerne casse la pression, qu'elle soit positive ou négative

### III.2.5. Dépôts dans l'adduction

L'eau captée peut être chargée en limons, sables, surtout dans le cas de sources à débit variant fortement. On constate une sédimentation de ces matériaux solides au niveau des points bas de la conduite. Pour prévenir l'apparition de problèmes dans le futur, surtout dans le cas d'adductions longues, trois précautions s'imposent :

- Prévoir un décanteur-dessaleur en tête d'ouvrage,
- Dimensionner correctement l'adduction en respectant une vitesse de l'eau supérieure à 0,5 m/s.
- Equiper la conduite d'adduction par plusieurs vannes de vidange au niveau des points plus bas du profil.

Régulièrement les vidanges seront ouvertes de manière à éliminer les dépôts solides.

### III.3. Choix du type du matériau de la tuyauterie

Le choix du matériau des conduites enterrées pour le transport de fluide dépend aussi bien de leur faisabilité technique qu'économique. Cette faisabilité sur le plan technique dépend de plusieurs exigences telles que :

- Résistance aux attaques chimiques, aux pressions et au trafic de surcharge (poids lourd) ;
- Adaptation aux terrains de pose ;
- Bonne étanchéité ;
- Facilité d'entretien et de mise en service sur le plan économique cette faisabilité dépend essentiellement :
  - De prix de la fourniture et de transport ;
  - La disponibilité sur le marché (surtout local) ; Parmi les matériaux utilisés, nous pouvons citer : l'acier- la fonte - le béton -le PVC (polychlorure de vinyle non plastifié) et le PE (polyéthylène) à haute densité PEHD ou bas densité PEBD.

Dans ce présent projet, notre étude se contentera sur l'utilisation d'une seule variante de matériaux qui est le PEHD vu les avantages qu'elle présente.

### **III.4. Assemblage et diamètre**

L'assemblage pour le PE se fait par trois techniques :

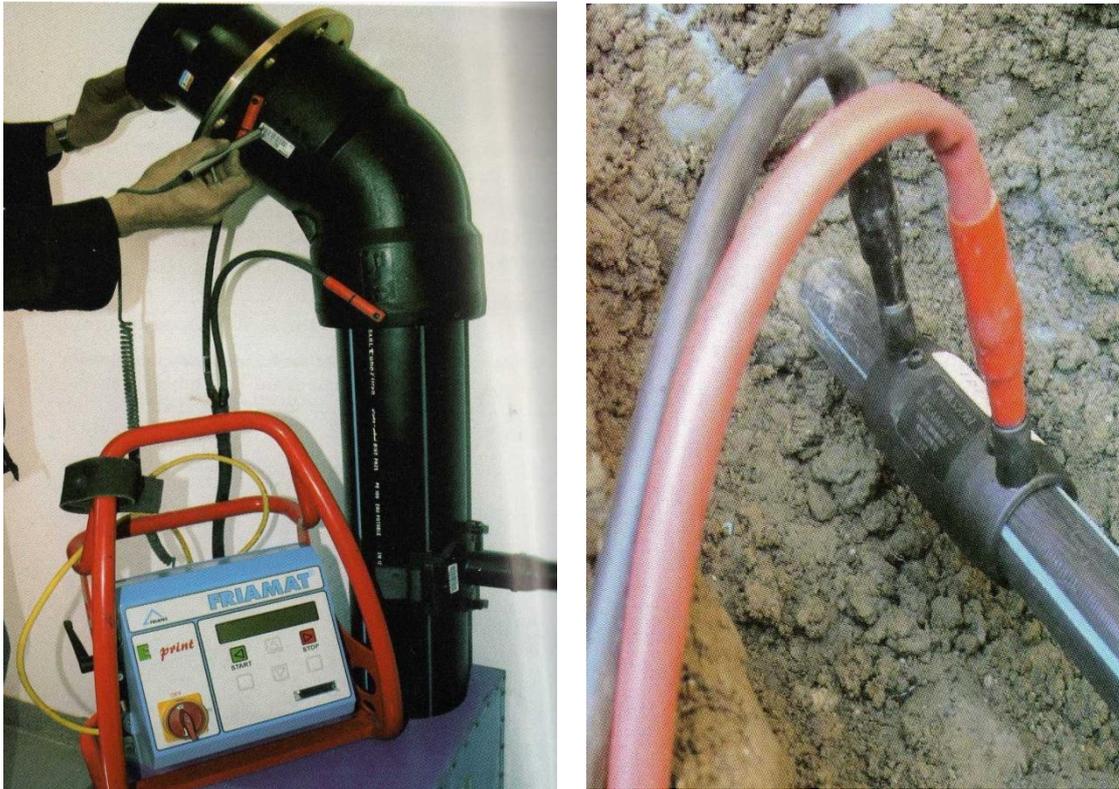
#### **III.4.1 Electro soudage**

Les raccords électro soudables sont équipés d'un fil résistant intégré au voisinage de la surface qui, après assemblage, se trouvera au contact du tube. Des bornes situées à l'extérieur de la zone de soudage permettent le raccordement de cette résistance à une source d'énergie (Figure N°III.3).

Après grattage, nettoyage et positionnement des pièces à raccorder, la tension est appliquée aux bornes de raccord.

La dissipation, par effet joule, de la puissance électrique provoque une fusion de surface des deux pièces à assembler.

Un mélange intime entre les PE du tube et du raccord assure la cohésion et l'étanchéité parfaite entre le raccord et le tube.



*Figure (III.3) : Moyens de raccords électro soudables*

#### **III.4.2. Soudage bout à bout**

Le soudage bout à bout par élément chauffant est utilisé pour assembler les tubes et raccords en PE d'épaisseurs identiques et d'indices de fluidité compatibles entre eux (entre 0,2 et 1,3 g/10 min).

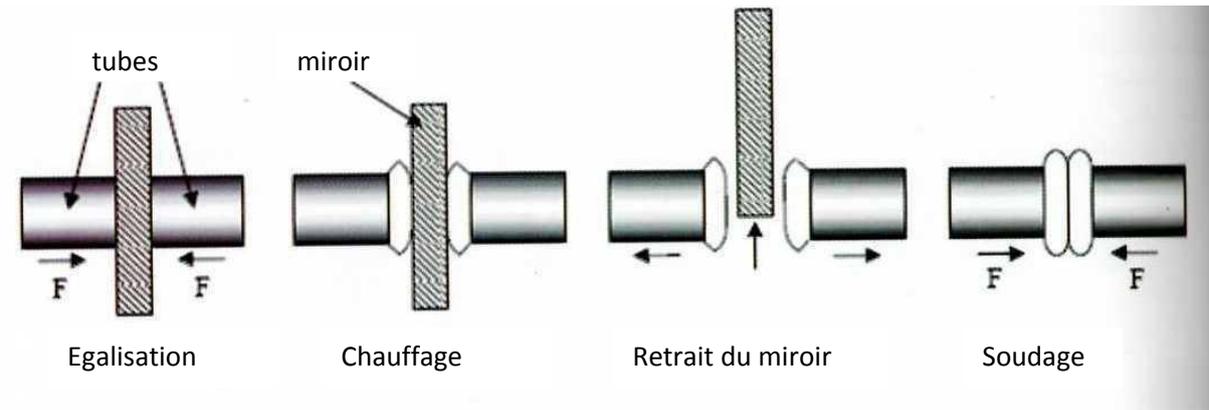
Ce procédé consiste à porter à la température de soudage, par un outil chauffant (miroir), les extrémités des tubes et/ou raccords (Figure III.4).

Après avoir retiré l'outil chauffant, les extrémités plastifiées sont mises en contact et sont maintenues en pression l'une contre l'autre pendant un cycle complet de refroidissement.

Une bonne soudure bout à bout, exécutée correctement, reconstitue parfaitement la continuité de la canalisation avec une résistance mécanique identique.

Le soudage bout à bout ne peut être effectuée qu'à partir du diamètre 90 mm.

Les figures suivantes donnent l'explication des étapes de soudages bout à bout.



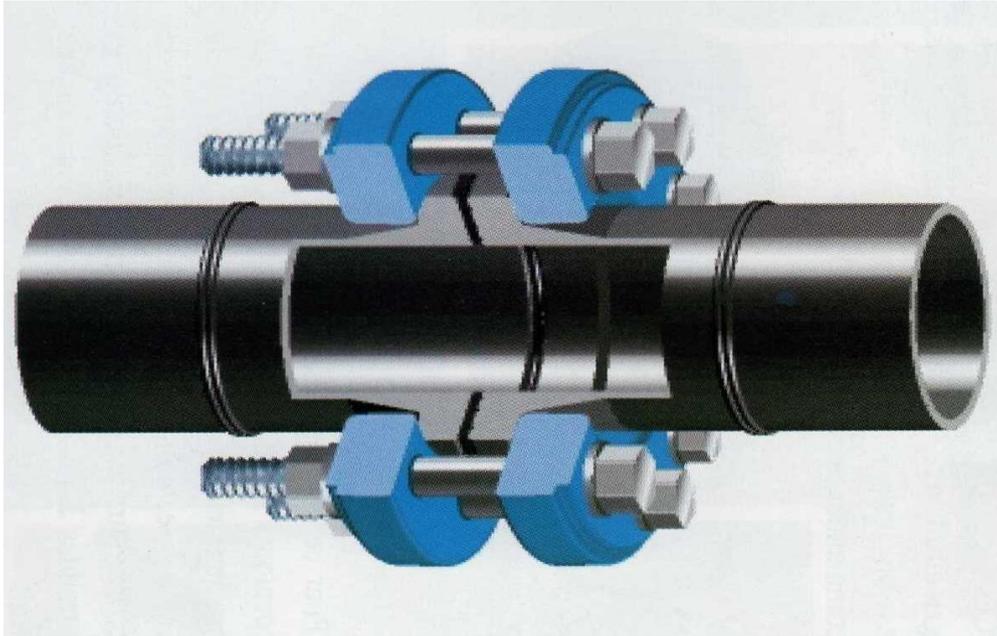
*Figure (III.4) : les étapes du soudage bout à bout*



*Figure (III.5) : les outils et la forme de soudure bout à bout*

### III.4.3. Raccords mécaniques

Ces raccords sont soit en matière plastique soit métallique, ils sont couramment utilisés jusqu'au DN 63 et existent dans des diamètres supérieurs. Leur domaine d'emploi est essentiellement celui de branchement (eau potable). Après coupe, ébavurage et chan freinage du tube, le montage s'effectue tout simplement par emboîtement et serrage du raccord.



*Figure (III.6) : Raccordement des tubes PEHD aux matériaux traditionnels*

### **III.5. Tracé et dimensionnement d'une adduction**

Le tracé et le dimensionnement d'une adduction seront établis après avoir soigneusement étudiés les besoins (quantité d'eau à fournir, et type d'agglomération...) Il faudra ensuite sélectionner la source répondant à ces contraintes, et définir un stockage éventuel (capacité et localisation).

#### **III.5.1. Choix du site de stockage**

Le choix du site de stockage est un élément délicat, on tâchera de répondre aux normes suivantes

- Assurer une pression de 5 à 10 m sur chaque fontaine (le débit normal d'un robinet est de 0,2 l/s) ;
- Etre plus près des usagers ;

#### **III.5.2. Dimensionnement de l'adduction**

Dans notre projet l'adduction est courtée, donc ce n'est pas la peine de faire l'étude technico économique.

Alors le dimensionnement se fait par la formule de BONIN et BRESS.

**III.5.2.1. Méthode de calcul**

Dans la pratique le diamètre optimal est déterminé par rapport à une fourchette de vitesse à respecter, ce diamètre est déterminé approximativement par les formules de BONIN et BRESS, ces formules sont données comme suit :

La formule de BONIN :  $D = \sqrt{Q}$

La formule de BRESS :  $D = 1.5\sqrt{Q}$

Avec :

D : Diamètre de la conduite en mètre ;

Q : Débit véhiculé en m<sup>3</sup>/s ;

L'utilisation simultanée de cette relation fournit l'intervalle des diamètres optimaux.

**III.5.2.1.1. Calcul des pertes de charge linéaires**

Les pertes de charge linéaires déterminées par la formule suivante :

$$\Delta H_l = j \cdot L.$$

La formule de calcul des pertes de la charge linéaire, dite de Colebrook, est donnée par l'équation suivante :

$$J = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Avec :

J : perte de charge par frottement en mètre de colonne d'eau par mètre de tuyau (m/m).

L : Longueur de la conduite d'adduction en mètre (m).

V : Vitesse moyenne de l'eau dans la section (m/s).

g : Accélération de la pesanteur (g= 9,81 m/s<sup>2</sup>)

$\lambda$  : Coefficient de frottement linéaire exprimé par la formule de COLLEBROOK.

D : Diamètre intérieur de la conduite en (m).

$$\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{\varepsilon}{D}\right)$$

Où :

Re : Nombre de Reynolds ;

$\varepsilon$  : Rugosité absolue en (m) ;

$$Re = \frac{4.Q}{\pi.v.D}$$

Sachant que :

Q : Débit véhiculé en (m<sup>3</sup>/s) ;

v : Viscosité cinématique de l'eau à 18° C

### ***III.5.2.1.2. Pertes de charge singulières***

On considère généralement que les pertes de charge singulières sont égales à 10% des pertes de charge linéaires.

Dans notre cas on prend  $\Delta H_s = 10\% \cdot \Delta H_L = 0,1 \cdot \Delta H_L$

Par suite la perte de charge totale sera donnée comme suivant :

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_s = 1,1 \cdot \Delta H_L$$

Avec :

$\Delta H_{tot}$  : Perte de charge totale (m)

$\Delta H_s$  : Perte de charge singulière (m)

$\Delta H_L$  : Perte de charge linéaire (m).

A la fin on trouve :

$$\Delta H_T = 1,1 \cdot J \cdot L$$

L : Longueur géométrique (m)

### ***III.5.2.1.3. Calcul du coefficient de frottement***

Le calcul du coefficient de frottement se fait comme suit :

En premier approximation la valeur de  $\lambda$  est déterminée par la formule de NIKURADZE

$$\lambda = \left( 1,14 - 0,86 \ln \frac{\varepsilon}{D} \right)^{-2}$$

Par des itérations successives on calcul la valeur approchée du coefficient de frottement par la formule de COLEBROOK qui s'exprime par :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \text{Log} \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right)$$

Avec :

$\lambda$  : Coefficient de perte de charge ;

D : Diamètre du tuyau, ou diamètre hydraulique (m) ;

V : Vitesse d'écoulement en m/s ;

g : Accélération de pesanteur. (g=9,81) ;

Re : Nombre de REYNOLDS ;

$\varepsilon$  : coefficient de rugosité équivalente de la paroi (pour les tubes en PE)

D ≤ 200 mm,  $\varepsilon = 0,01\text{mm}$  ;

D > 200 mm,  $\varepsilon = 0,02\text{mm}$  ;

#### **III.5.2.1.4. Hauteur manométrique total HMT**

Elle correspond à la hauteur géométrique d'une longueur équivalente aux pertes de charge linéaires et singulières au refoulement.

$$\text{HMT} = H_g + \Delta H_t$$

H<sub>t</sub> : Perte de charge totale.

H<sub>g</sub> : Hauteur géométrique qui correspond à la différence de niveau entre le trop plein du réservoir et le niveau dynamique du plan de pompage.

### **III.6. Calcul hydraulique de l'adduction**

L'eau est refoulée vers les deux réservoirs existant à partir de forage existant

### III.6.1. Calcul hydraulique

#### III.6.1.1. Caractéristiques du forage

- Le débit pompée actuellement  $Q_p = 13.46$  l/s
- La cote calage de la pompe de la pompe est : 70 m.

#### III.6.1.2. Calcul du diamètre économique

- *Forage vers réservoir :*

$Q$  : débit transitant = 13,46 l/s

$L$  : longueur du conduit = 1000 m

$CTN(f)$  : cote du terrain naturel du forage = 947,46 m

$N_d$  : niveau dynamique du forage = 70 m

$CTN(r)$  : cote du terrain naturel du réservoir 1057.83 m

$H_g$  : hauteur géométrique =  $C_{tp}(r) - (CTN_f - N_d)$   
 $= 1061,83 - (947,46 - 70)$

$H_g = 184,37$  m

- *Calcul de diamètre :*

La formule de BONIN :  $D = \sqrt{Q} = 0,116$  m

La formule de BRESS :  $D = 1.5\sqrt{Q} = 0,174$  m

Re	D(m)	V (m/s)	j (m/m)	L (m)	$\Delta H$ (m)	Hmt (m)	$\lambda$
167773,941	0,1022	1,64162369	0,022334092	1000	24,56750171	208,9375017	0,016617703
131089,425	0,1308	1,00221273	0,00660507	1000	7,265577454	191,6355775	0,0168758
104807,438	0,1636	0,64063226	0,002235596	1000	2,4591558	186,8291558	0,017484695

Tableau (III.1) : calcul de HMT

Tableau (III.2) : Frais d'exploitation

D (m)	P (Kw)	E (Kwh)	Fexp (Da)
0.1022	37.00514678	270137.5715	1261542.459
0.1308	33.68085262	245870.2242	1148213.947
0.1636	32.7315927	238940.6267	1115852.727

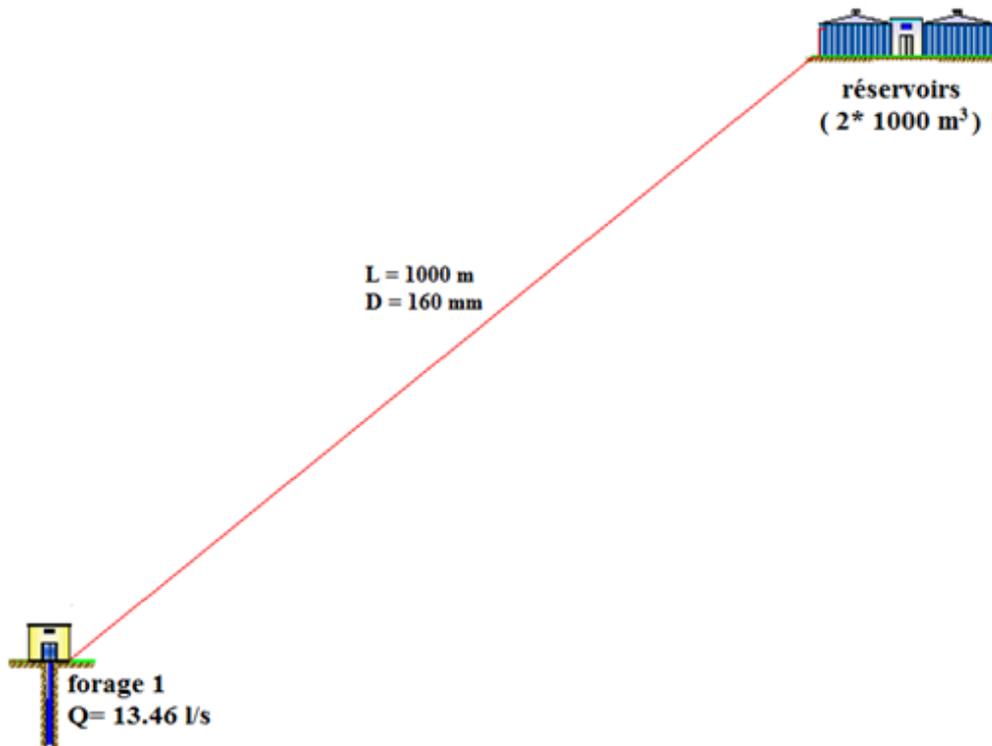
Tableau (III.3) : Frais d'amortissement

D (m)	Prix ml (Da)	L (m)	Fraixamort (Da)
0.1022	1226.87	1000	108979.7132
0.1308	2005.18	1000	178114.9929
0.1636	3184.88	1000	282904.716

Tableau (III.4) : Calcul Bilan général

	0.1022	0.1308	0.1636
Frais exp,(Da)	1261542.459	1148213.947	1115852.727
Frais amts,(Da)	108979.7132	178114.9929	282904.716
Bilan (Da)	1370522.172	1326328.94	1398757.443

Le bilan minimum est de 1326328.94, alors le diamètre économique correspond au ce bilan minimum.



*Figure (III.7) : schéma d'adduction*

### III.7. Conclusion

Le transport de l'eau constitue généralement un investissement considérable, on doit alors dans ce cas examiner, attentivement toutes les options possibles sur le plan technique et financier pour pouvoir retenir le choix optimal.

D'après les tableaux précédents, on constate que le diamètre qui répond aux conditions techniques (vitesse et pertes de charges acceptables) est celui de DN 160 mm.

# Chapitre IV

## Pompes

## IV.1. Généralité

On appelle pompe, tout appareil qui aspire un liquide d'une région à basse pression pour le refouler vers une région de pression plus élevée, ainsi le rôle de la pompe est de transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique.

## IV.2. Choix du type de la pompe

Le choix des pompes est en fonction des critères suivants :

- Le débit à refouler (Q).
- La hauteur d'élévation de l'eau (HMT).
- Le temps mis par la pompe pour élever un certain volume d'eau.
- Le rendement de la pompe.

Pour les stations de pompage sur forage, nous opterons pour les groupes électropompes immergés, pour les raisons suivantes :

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

## IV.3. Point de fonctionnement

Le point de fonctionnement d'une pompe est le point d'intersection de la courbe caractéristique de la pompe [ $H = f(Q)$ ], avec celle de la conduite [ $H = H_g + RQ^2$ ],

Avec :

$H_g$  : hauteur géométrique en m.

R : coefficient de perte de charge.

Q : le débit à refouler en  $m^3/h$ .

Ce point est noté P, qui aura  $Q_p$  et  $H_p$  comme coordonnées ; il doit être situé dans la zone de rendement maximal de cette pompe pour qu'elle débite dans les conditions optimales d'utilisation.

## IV.4. Réalisation du point de fonctionnement désiré

Dans le cas où le point nommé P ne coïncide pas avec celui désiré ; des modifications seront apportées pour l'adaptation aux conditions désirées. Pour cela on opte pour quatre méthodes :

### IV.4.1. Première méthode

#### IV.4.1.1. Temps de pompage

Le de fonctionnement  $P_1$  étant à droite de  $P_2$  (point désiré), le débit relevé  $Q_1$  sera plus important que  $Q_2$  et la durée de pompage sera réduite.

Le volume arrivant au réservoir pendant le temps  $t_2$  est :  $V = t_2 * Q_2$

Ce même volume est obtenue par du débit  $Q_1$  pendant le temps  $t_1$  .

Donc :

$$V = Q_1 * t_1 \text{ et } V = Q_2 * t_2 \rightarrow Q_1 * t_1 = Q_2 * t_2$$

On aura :

$$t_2 = \frac{Q_1 * t_1}{Q_2}.$$

La puissance fournie par la pompe est donc :

$$P_1 = \frac{g * H_1 * Q_1}{\eta}$$

$\eta$  : Rendement correspondant au point  $P_1$ .

### IV.4.2. Deuxième méthode

#### IV.4.2.1. Le vannage

Elle se fait par l'association d'une vanne a la conduite de refoulement et procède à sa fermeture partielle afin de créer des pertes de charge (h) pour obtenir le débit désiré  $Q_2$ .

La puissance absorbée par la pompe est donc :

$$P = \frac{\rho * g * H * Q_2}{\eta}$$

$\eta$  : Rendement correspondant au point  $P_2$ . (Point désiré)

### IV.4.3. Troisième méthode

#### IV.4.3.1. Rognage

Elle consiste à rogner la roue de la pompe tout en gardant la même vitesse de rotation (N). Pour cela, on trace une droite passant par le point P<sub>2</sub> qui coupe la caractéristique de la pompe en P<sub>3</sub> et cela avant le rognage.

D'après les lois de similitudes on aura : Q<sub>3</sub>

$$\frac{Q_3}{Q_2} = \frac{H_3}{H_2} = \left(\frac{D_3}{D_2}\right)^2$$

En posant  $D_2 = m * D_3$ .

Avec :

: m : coefficient de rognage.

Le pourcentage de rognage (r) sera :

$$r = 1 - m \text{ en } (\%).$$

La puissance absorbée par la pompe est donc :

$$P_2 = \frac{g * H_3 * Q_3}{\eta} \text{ en KW}$$

### IV.4. 4 Quatrième méthode

#### IV.4.4.1. La vitesse de rotation

Elle consiste à chercher la vitesse souhaitable pour que la courbe caractéristique de la pompe passe par le point désiré P<sub>2</sub>. Ainsi on trace la parabole  $y = a * X^2$  passant par P<sub>2</sub>, et l'origine ;

Avec :

$$a = H_2 / Q_2^2.$$

Cette dernière coupe la caractéristique de la pompe en P<sub>4</sub>, et d'après les lois de similitudes, on aura :

$$\frac{Q_4}{Q_2} = \frac{N}{N'}$$

$$N' = \frac{g * H * Q}{\eta}$$

La puissance absorbée par la pompe est donc :

$$P_2 = \frac{g * H * Q}{\eta} \text{ en KW.}$$

### IV.5. Phénomène de cavitation [3]

L'installation d'une pompe est une opération qui peut se révéler relativement complexe, elle dépend de telles conditions à respecter et nécessite des équipements hydrauliques plus au moins importants, à savoir le type d'installation (en charge, en aspiration), et le type de la pompe.

#### IV.5.1 : Hauteur limite d'aspiration

Pour chaque type de pompe, il y a une charge nette d'aspiration pratique à prendre en considération quel que soit le type d'installation (en charge ou en aspiration) dans le but d'éviter tout risque de cavitation, parce qu'il existait, pour une pompe donnée fonctionnant à une vitesse déterminée, une hauteur-limite d'aspiration qu'il faut respecter.

Cependant il faut que le NPSH disponible devait être toujours supérieur à NPSH requis, c'est à dire, il faut déterminer la côte exacte de l'axe de la pompe, d'où on doit déterminer la hauteur d'aspiration admissible.

##### IV.5.1.1. Installation en aspiration

On a :

$$(NPSH)_d = \frac{P_{at}}{\varpi} - \frac{P_v}{\varpi} - \left( h_a + \frac{V_1^2}{2g} + \sum h_{asp} \right) \quad (1)$$

$$\sum h_{asp} = \sum h_{asp}^{lin} + \sum h_{asp}^{sin g} \quad (2)$$

On suppose que :

$$(NPSH)_d = (NPSH)_r + 0,1 \quad (3)$$

Donc on aura :

$$(NPSH)_r + 0,1 = \frac{P_{at}}{\varpi} - \frac{P_v}{\varpi} - \left( h_a^{adm} + \frac{V_a^2}{2g} + \sum h_{asp} \right) \quad (4)$$

$$h_a^{adm} = \frac{P_{at}}{\varpi} - \frac{P_v}{\varpi} - \frac{V_a^2}{2g} - \sum h_{asp} - (NPSH)_r - 0,1 \quad (5)$$

$$\text{Alors } \nabla_{\text{axe de la pompe}} = \nabla_{\text{min}} + h_a^{ad} - r \quad (6)$$

**IV5.1.2. Installation en charge**

$$(NPSH)_d = \frac{P_{at}}{W} - \frac{P_v}{W} - \left( -h_a + \frac{V_a^2}{2g} + \sum P_{asp} \right) \quad (7)$$

On suppose :  $(NPSH)_d = (NPSH)_r + 0,1$

Donc :

$$(NPSH)_r + 0,1 = \frac{P_{at}}{\varpi} - \frac{P_v}{\varpi} - \left( -h_a^{ad} + \frac{V_a^2}{2g} + \sum h_{asp} \right) \quad (8)$$

$$\sum h_{asp} = \sum h_{asp}^{lin} + \sum h_{asp}^{sin g} \quad (9)$$

$$h_{asp}^{ad} = (NPSH)_r + 0,1 - \frac{P_{at}}{W} + \frac{P_v}{W} + \frac{V_a^2}{2g} + \sum h_{asp} \quad (10)$$

$$\nabla_{\text{axe de la pompe}} = \nabla_{\text{min}} - h_a^{ad} + r \quad (11)$$

Avec :

$(NPSH)_r$  : est une donnée fournie par le constructeur.

$(NPSH)_d$  : est donnée par l'installateur de la pompe.

$h_a^{ad}$  : La hauteur d'aspiration admissible

$\nabla_{\text{axe de la pompe}}$  : la cote exacte de l'axe de la pompe.

$\nabla_{\text{min}}$  : La cote du plan d'eau.

$r$  : Réserve de sécurité.  $r = (0,1 \div 0,3)$  m.

**IV.6. Caractéristique du réseau hydraulique**

La caractéristique de la conduite s'écrit :

$$H = H_g + RQ^2 \quad (\text{m}).$$

Avec :

$H_g$  : hauteur géométrique.

$R$  : coefficient de perte de charge.

Q : le débit.

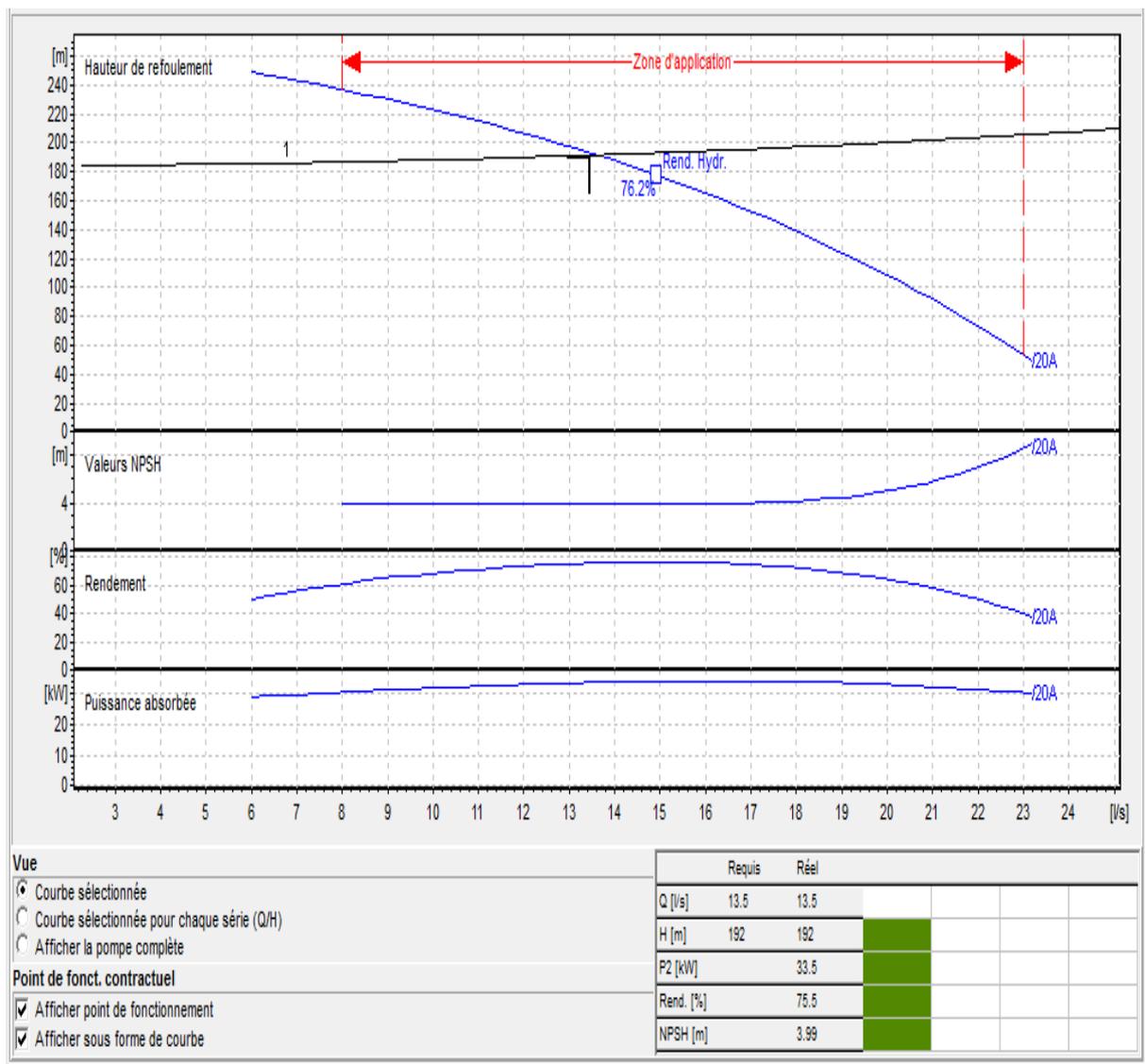
Pour faire un choix sur les pompes à utiliser, pour refouler l'eau à partir du forage jusqu'aux réservoirs finals ; nous avons fait appel au logiciel CAPRARI, il suffit d'introduire les caractéristiques requises de la pompe et on aura tout ce qui est disponible.

**IV.6.1. Tronçon << forage – réservoir >>**

Les données nécessaires pour le choix de la pompe sont :

- Q =13,46 l/s
- Hg = 184,37 m
- HMT = 191,636 m

Les courbes caractéristiques de la pompe sont présentées dans la figure (IV.6.1) ci-dessous



**Figure (IV.1) courbe caractéristique de la pompe**

On a opté pour le choix d'une pompe de type électropompe émergée: [E6S64/20A+MEH650]

- Point de fonctionnement :  $P = (Q = 13,5 \text{ l/s ; HMT} = 192 \text{ m})$  ;
- Point désiré : :  $P = (Q = 13,5 \text{ l/s ; HMT} = 192 \text{ m})$

Le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré, voir la figure (IV.6.1). Finalement les résultats de choix de la pompe sont présentés sur le tableau suivant :

**Tableau (IV.1) choix de la pompe**

Station	Type de pompe	Vitesse de rotation(tr/min)	Rendement (%)	NPSHr (m)
Forage	[E6S64/20A+MEH650]	2900	75,50	4

#### IV.7. Vérification de la cavitation

Par mesure de sécurité, les pompes immergées seront placées à 1 m au-dessous du niveau dynamique des forages, donc ces pompes travaillent en charge et par conséquent il n'y a pas de cavitation.

#### IV.8. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons utilisé le logiciel CAPRARI PUMP TUTOR, afin de choisir la pompe pour l'adduction. Le choix est porté sur une pompe immergée.

Chapitre V  
Protection des  
conduites contre  
coup de bélier

## **VI-1 : Définition**

Le coup de bélier est un phénomène transitoire oscillatoire dont les causes les plus fréquentes sont les suivantes :

- Arrêt brutal d'un ou de plusieurs groupes électropompes alimentant une conduite de refoulement débutant dans un réservoir.
- Démarrage d'une pompe.
- Fermeture instantanée ou trop rapide d'une vanne de sectionnement.

Les conduites de refoulement doivent toujours être examinées du point de vue protection contre le coup de bélier. Il en sera de même pour les conduites d'adduction dont le débit se trouve réglé à l'aval par un robinet vanne.

## **VI.2. Risques du coup de bélier**

En pratique les risques dus au coup de bélier sont importants.

### **VI.2.1. Risque de forte pression**

Les surpressions dues aux coups de bélier peuvent être engendrées l'éclatement de la conduite d'adduction.

### **VI.2.2. Pression négative**

Cette pression peut apparaître soit après une forte surpression, soit à la suite d'un arrêt instantané d'une pompe si cette pression devient inférieure à -10 m.c.e il se produit une poche de cavitation. Des conséquences néfastes peuvent être créées dans la conduite à la suite de cette pression négative, telle que l'implosion de la conduite, l'aspiration des joints et le décollement de l'enduit de protection interne.

### **VI.2 .3. Fatigue des conduites**

Le passage successif d'une surpression à une dépression et inversement peut provoquer la fatigue des conduites, ce phénomène est très compliquée dans le cas où les conduites sont enterrées.

### **VI.3. Moyens de protection contre le coup de bélier**

Les appareils anti bélier devront avoir pour effet :

- De limiter la dépression.
- De limiter la surpression.

Les appareils les plus utilisés sont les suivants :

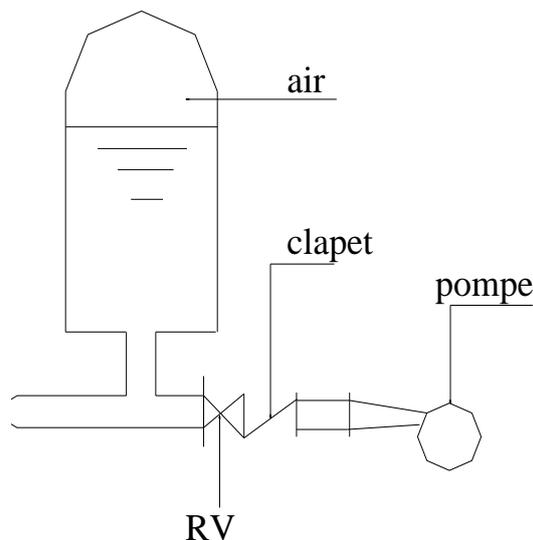
- Les volants d'inertie qui interviennent dans la protection contre les dépressions.
- Les soupapes de décharge qui interviennent dans la protection des surpressions.
- Les réservoirs d'air et les cheminées d'équilibre qui interviennent à la fois dans la protection contre les dépressions et les surpressions.

#### **VI.3.1. Les volants d'inertie**

Le volant d'inertie placer sur l'arbre du groupe constitue l'un de ces moyens grâce à l'énergie qu'il accumule pendant la marche normale. Le volant d'inertie permet d'allonger le temps d'arrêt de l'ensemble donc de diminuer l'intensité du coup de bélier.

#### **VI.3.2. Les soupapes de décharge**

Ces appareils font intervenir un organe mécanique, un ressort à boudin qui par sa compression obture en exploitation normale un orifice placé sur le conduit au point à protéger.



*Figure (VI.1) : Principe de disposition du réservoir d'air anti bélier.*

#### **VI.4. Analyse physique du phénomène du coup de bélier**

Le coup de bélier survient à l'arrêt brusque ou instantané de la pompe. Quatre phases peuvent être envisagées :

##### **VI.4.1. Phase 01**

Une onde de dépression prend naissance au départ de la pompe et se propage jusqu'au réservoir à une célérité désignée par  $a$ . Si la distance entre la pompe et le réservoir est  $L$ , le temps mis par cette onde pour atteindre le réservoir est  $\frac{L}{a}$ . Au bout de ce temps la conduite est en dépression sur toute la longueur.

##### **VI.4.2. Phase 02**

Par suite de son élasticité la conduite reprend son diamètre primitif et cela de proche en proche. L'eau revient alors dans la conduite et au bout d'un nouveau temps  $\frac{L}{a}$  c'est-à-dire à  $\frac{2L}{a}$  depuis l'origine du phénomène, toute l'eau est redescendue mais va se trouver arrêtée par le clapet de la pompe qui entre temps s'est fermé.

##### **VI.4.3. Phase 03**

En raison de cet arrêt la première tranche en contact avec le clapet va se trouver comprimée entraînant une dilatation de la conduite. Au bout d'un nouveau temps  $\frac{L}{a}$  c'est-à-dire à  $\frac{3L}{a}$  depuis l'origine toute la conduite sera dilatée avec une eau sur pressée immobile.

##### **VI.4.4. Phase 04**

Grâce à l'élasticité de la conduite celle-ci agissant à la manière d'un ressort reprend de proche en proche à partir du réservoir et en allant vers la pompe, son diamètre primitif.

Les tranches d'eau successives reprenant leurs dimensions premières au bout d'un nouveau temps  $\frac{L}{a}$  c'est-à-dire à  $\frac{4L}{a}$  depuis l'origine nous nous retrouvons dans la même situation qu'au moment de l'arrêt brusque de la pompe.

**VI.5. Vérification du coup de bélier (entre le forage et les deux réservoirs existant)**

Afin de protéger la conduite de refoulement contre l'effet du coup de bélier, lors de la fermeture trop rapide de la vanne où l'arrêt brusque de la pompe nous présentons dans cette étude le dimensionnement du réservoir d'air (anti- bélier).

**VI.5.1. Hypothèses**

Nous admettons les hypothèses simplificatrices suivantes :

On néglige les pertes de charges dans la conduite de refoulement, et on considère le phénomène comme une oscillation en masse, c'est à dire en négligeant l'élasticité de la conduite et la compressibilité de l'eau et que le dispositif ne compte pas d'organe d'étranglement.

Données :

Diamètre = 160 mm en PEHD PN 16, Epaisseur = 14 ,6 mm

Longueur de la conduite de refoulement L = 1000 m

Hauteur géométrique Hg= 184.37 m

**VI.5.2. Calcul de la célérité**

La célérité est donnée par la formule suivante :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + \frac{K \times D}{e}}}$$

- D: diamètre de la conduite.
- e: épaisseur de la conduite.
- K : coefficient k=83

Application numérique : a=319.87m/s

**VI.5.3. Calcul de la valeur max de coup de bélier**

$$B = (a \times V_0)/g$$

Avec :

B : valeur max de coup de bélier

a : la célérité de l'onde en m/s

## Chapitre V : Protection des conduites contre le coup de bélier

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

### VI.5.3.1. Calcul la surpression

$$H_{\max} = H_g + B$$

$$H_{\max} = 184.37 + 35.94 = 220.31 \text{ m}$$

### VI.5.3.2. Calcul la dépression

$$H_{\min} = H_g - B$$

$$H_{\min} = 184.37 - 35.94 = 148.43 \text{ m}$$

**Tableau (V.1) : calcul des valeurs maximales du coup de bélier**

add	Q(l/s)	D(mm)	L(m)	e(mm)	a (m/s)	V(m/s)	Hg(m )	B (m)	H <sub>max</sub> (m)	H <sub>min</sub> ( m )
F-Res	13,46	130.8	1000	14.6	351.81	1.002	184,37	35.94	220.31	148.43

Notre conduite nécessite une protection contre le coup de bélier, par ce que la valeur de la surpression est supérieur à la valeur de la pression admissible de la conduite PN 16.

Les résultantes du calcul que nous avons trouvé à partir du programme Excel sont donnes dans le tableau (VI.2) ci –dessous.

**Tableau (VI.2) : développement des résultats de calcul du réservoir d'air de la conduite**

<p><b>Données de l'Adduction</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Diametre</td><td>0,1308</td><td>m</td></tr> <tr><td>Débit</td><td>0,01346</td><td>m<sup>3</sup>/s</td></tr> <tr><td>H géomet</td><td>184,37</td><td>m</td></tr> <tr><td>Long. Cond.</td><td>1000</td><td>m</td></tr> <tr><td>coef. K</td><td>83</td><td></td></tr> <tr><td>Epaisseur e</td><td>0,0146</td><td>m</td></tr> <tr><td>C Haz Will</td><td>145,3</td><td></td></tr> </table>	Diametre	0,1308	m	Débit	0,01346	m <sup>3</sup> /s	H géomet	184,37	m	Long. Cond.	1000	m	coef. K	83		Epaisseur e	0,0146	m	C Haz Will	145,3		<p><b>Résultats</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Vitesse</td><td>1,00221273</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Section</td><td>0,01343028</td><td>m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Célérité a</td><td>351,805827</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>B</td><td>35,9413128</td><td>m</td></tr> <tr><td>Hmax</td><td>220,311313</td><td>m</td></tr> <tr><td>Hmin</td><td>148,428687</td><td>m</td></tr> <tr><td>periode θ</td><td>5,68495416</td><td>s</td></tr> <tr><td>Ho</td><td>194,37</td><td>m</td></tr> <tr><td>PDC δ</td><td>7,26237549</td><td>m</td></tr> <tr><td>a/g</td><td>35,8619599</td><td>s</td></tr> </table>	Vitesse	1,00221273	m/s	Section	0,01343028	m <sup>2</sup>	Célérité a	351,805827	m/s	B	35,9413128	m	Hmax	220,311313	m	Hmin	148,428687	m	periode θ	5,68495416	s	Ho	194,37	m	PDC δ	7,26237549	m	a/g	35,8619599	s	<p><b>Données du Réservoir d'air</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Volume U<sub>0</sub></td><td>1</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>K PDC entr</td><td>4</td><td>Vf<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>K PDC sort</td><td>34</td><td>Vf<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Exposant</td><td>1,2</td><td></td></tr> </table>	Volume U <sub>0</sub>	1	m <sup>3</sup>	K PDC entr	4	Vf <sup>2</sup>	K PDC sort	34	Vf <sup>2</sup>	Exposant	1,2	
Diametre	0,1308	m																																																															
Débit	0,01346	m <sup>3</sup> /s																																																															
H géomet	184,37	m																																																															
Long. Cond.	1000	m																																																															
coef. K	83																																																																
Epaisseur e	0,0146	m																																																															
C Haz Will	145,3																																																																
Vitesse	1,00221273	m/s																																																															
Section	0,01343028	m <sup>2</sup>																																																															
Célérité a	351,805827	m/s																																																															
B	35,9413128	m																																																															
Hmax	220,311313	m																																																															
Hmin	148,428687	m																																																															
periode θ	5,68495416	s																																																															
Ho	194,37	m																																																															
PDC δ	7,26237549	m																																																															
a/g	35,8619599	s																																																															
Volume U <sub>0</sub>	1	m <sup>3</sup>																																																															
K PDC entr	4	Vf <sup>2</sup>																																																															
K PDC sort	34	Vf <sup>2</sup>																																																															
Exposant	1,2																																																																
<p><b>Résultats des variations du volume d'air</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>U<sub>max</sub></td><td>1,07072848</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>U<sub>min</sub></td><td>1</td><td>m<sup>3</sup></td></tr> </table>	U <sub>max</sub>	1,07072848	m <sup>3</sup>	U <sub>min</sub>	1	m <sup>3</sup>	<p><b>Pression de l'air</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>pres. air Z</td><td>201,632375</td><td>/U<sup>Λ</sup></td></tr> </table>	pres. air Z	201,632375	/U <sup>Λ</sup>	<p><b>Résultats des pressions</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Surpression</td><td>6,62137362</td><td>m</td></tr> <tr><td>Dépression</td><td>15,147138</td><td>m</td></tr> </table>	Surpression	6,62137362	m	Dépression	15,147138	m																																																
U <sub>max</sub>	1,07072848	m <sup>3</sup>																																																															
U <sub>min</sub>	1	m <sup>3</sup>																																																															
pres. air Z	201,632375	/U <sup>Λ</sup>																																																															
Surpression	6,62137362	m																																																															
Dépression	15,147138	m																																																															

La surpression maximale= 6.621m.

La dépression maximale= 15.147m.

## VI.6. Réservoir d'air

C'est l'appareille plus utiliser pour la protection contre le coup du bélier. C'est un récipient contenant de l'air compriimer dans sa partie supérieure et de l'eau dans sa partie inferieur. Ces appareils sont aussi appelés « accumulateur, cloche à l'air

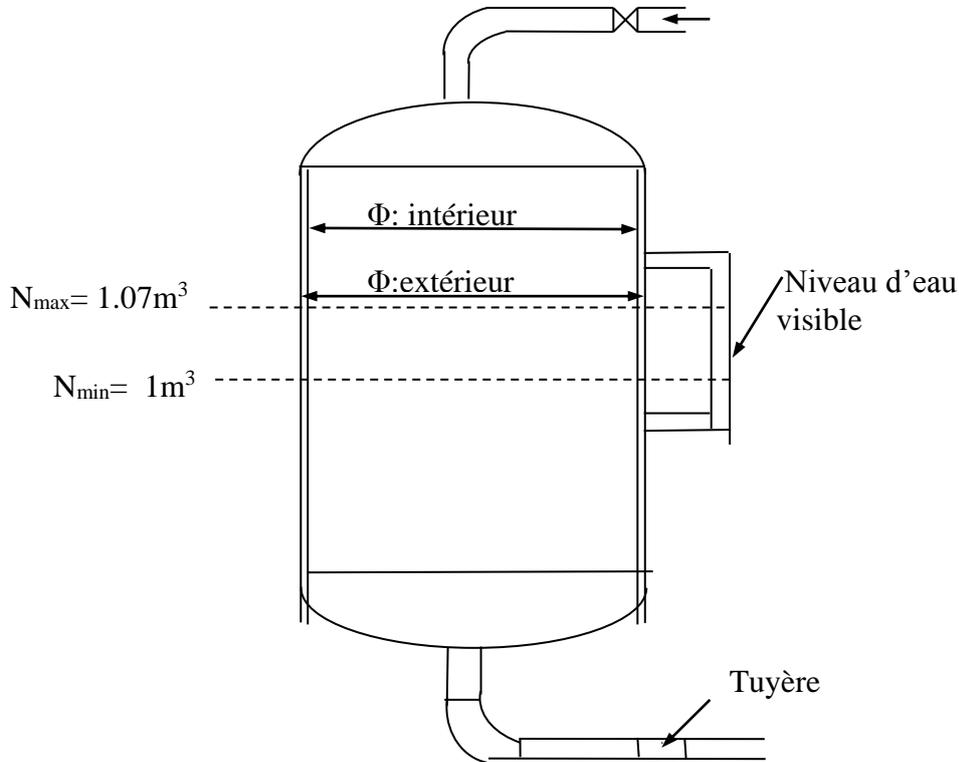


Figure (VI.2) : Réservoir d'air

### VI.6.1. Dimensionnement des réservoirs d'air [5]

#### VI.6.1. Calcul simplifié du volume du réservoir d'air anti-bélier (méthode de VIBERT)

VIBERT arrive à une expression relativement simple qui donne le volume  $U_0$  de l'air contenu dans la cloche sous un régime de marche à la vitesse  $v_0$ .

En marche normale, les caractéristiques de l'air dans le réservoir d'air sont données par  $Z_0$  et  $U_0$ , étant que :

$Z_0$  : La pression absolue en m.c.e pratiquement égale à :

$Z_0 = H_g + 10$  (on néglige la hauteur de l'eau dans le réservoir d'air au-dessus de l'axe de la conduite).

Avec :

$H_g$  : Etant la hauteur géométrique en m.

$U_0$  : volume d'air dans la cloche en régime permanent.

A la fin de la dépression, première phase du phénomène, l'air occupe un volume plus grand et sa pression sera donc la plus faible ; soit  $Z_{min}$  cette pression absolue (Figure VII.2).

A la fin de la surpression, deuxième phase, l'air occupe un volume plus petit qu'en marche normale et sa pression sera  $Z_{max}$  (Figure VII.3).

Marche normal

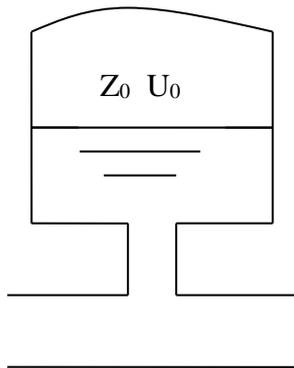


Figure 1

Fin de la dépression

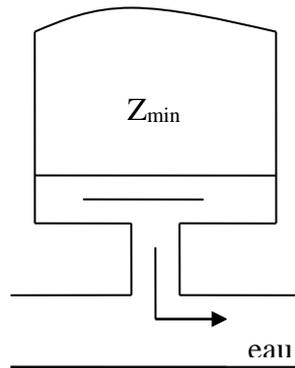


Figure 2

Fin de la surpression

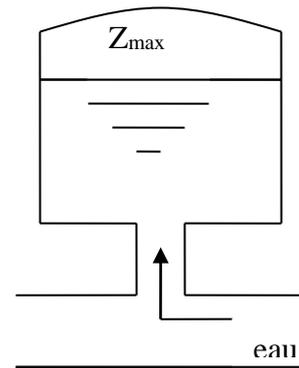


Figure 3

**Figure (VI.3) : Variation du volume d'air au cours des phases de fonctionnement du réservoir**

L'expression donnant  $U_0$  est la suivante :

$$U_0 = \frac{V_0^2}{2 \cdot g \cdot Z_0} \cdot \frac{L \cdot S}{f\left(\frac{Z}{Z_0}\right)}$$

Avec :

L : Longueur de la canalisation (m).

S : La section de la conduite (m<sup>2</sup>).

$V_0$  : Etant la vitesse d'écoulement initiale dans la conduite de refoulement.

$$f\left(\frac{Z}{Z_0}\right) = \frac{Z_0}{Z_{min}} - 1 - \log \frac{Z_0}{Z_{min}}$$

L'expression donnant  $U_0$  a fait l'objet d'un abaque, la formule a été mise sous la forme :

$$\frac{U_o}{L.S} = \frac{V_o^2}{2.g} \frac{1}{Z_o} \frac{1}{f\left(\frac{Z}{Z_o}\right)}$$

On pose :

$$h_o = \frac{V_o^2}{2g}$$

On obtient :

$$U_o = \frac{h_o}{Z_o} \cdot \frac{L.S}{f\left(\frac{Z}{Z_o}\right)}$$

Ces expressions se retrouvent sur les trois échelles de l'abaque de VIBERT.

### **VI.6.3. Calcul normal d'un réservoir d'air**

#### **VI.6.3.1. Le temps que mette l'onde pour faire un aller-retour**

$$T=2*L/a.$$

$$T=6.25 \text{ s.}$$

Avec

- L : la longueur de la conduite.
- a : cellule de l'onde (m/s).

#### **VI.6.3.2. L'accroissement du volume d'air du réservoir $\Delta U$**

$$\Delta U=S*T*V_m$$

Avec :

S : la section de la conduite de refoulement.

$V_m$  : la moyenne arithmétique entre la vitesse finale (définitive) de l'intervalle précédent et la nouvelle vitesse finale.

$$V_{m1}=(V_{f-1}+V_f)/2.$$

D'où :

$$\Delta U=0.1256 * V_m.$$

#### **VI.6.3.3. Le volume d'air du réservoir U**

$$U=U_0+\Delta U.$$

$$U=0.06+\Delta U.$$

Avec :

- $U_0$  : volume d'air initial.
- $\Delta U$  : variation de volume d'air.

**VI.6.3.4. La nouvelle pression dans le réservoir**

$$(Z_0 + \delta_0) * U_0^{1.4} = Z * U^{1.4}$$

Avec :

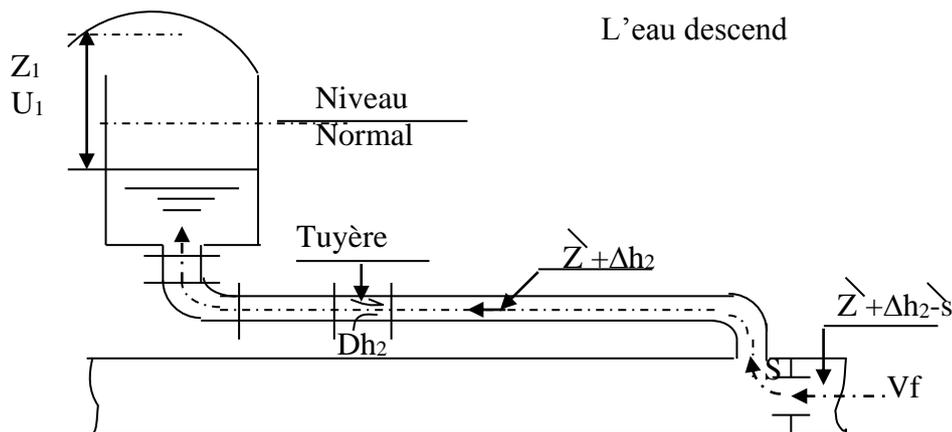
- $\delta_0$  : perte de charge dans la conduite en régime de fonctionnement normal.
- $Z_0$  : pression absolue.
- $U_0$  : volume d'air initial.
- $U$  : nouveau volume d'air.
- $Z$  : la pression dans le réservoir d'air.

Donc :

$$Z = 3.84 / U^{1.4}$$

**VI.6.3.5. Les pertes de charge dans la tuyère**

**VI.6.3.5.1. Cas d'une montée**



**Figure (V.4) : Pertes de charge à la montée**

Dans ce cas l'eau continue sa montée dans la conduite, laissant derrière elle une dépression qui oblige l'eau de sortie du réservoir d'air. Le passage de l'eau à travers la tuyère donne lieu à un coefficient de débit de l'ordre de 0.9

## Chapitre V : Protection des conduites contre le coup de bélier

Les pertes de charges dans la tuyère sont données par la formule :

$$\Delta h_1 = C_1 * \frac{(V_1)^2}{2g}$$

Avec :  $C_1$  coefficient de pertes de charge.

Le diamètre de la tuyère est choisi dans la formule suivant tel que :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{D^2}{d^2} = \frac{D^2}{(0.92 * d)^2} = K$$

$$\text{Avec } 15 < K < 20$$

D : diamètre de la conduite de refoulement en mm.

d : diamètre de la veine contractée dans la tuyère en mm.

$V_1$  : vitesse d'eau dans la tuyère en m/s.

$V_2$  : la vitesse de l'eau dans la conduite de refoulement en m/s.

### ***VI.6.3.5.1.1. Calcul du diamètre de la tubulure***

En remplaçant K par sa valeur, on aura d'après la formule qui suit :

$$15 < \frac{D^2}{(0.92*d)^2} < 20$$

Après calcul on aura : 38.8 mm < d < 44.9 mm

On prend d = 42 mm, d'où d' = 39 mm

Après substitution on aura : K = 17.15.

D'où  $V_1 = 17.15 V_f$ .

### ***VI.6.3.5.1.2. Calcul du coefficient de perte de charge ( $C_1$ )***

on a :

$m = (d'/D')^2$ , après le calcul on aura :

$$m = 0.238$$

D'après la planche I :  $C_1 = 0.62$ .

Donc la perte de charge dans la tuyère sera donnée par la formule :

$$\Delta h_1 = 0.0316 * V_1^2.$$

6.3.5.2.cas d'une descente

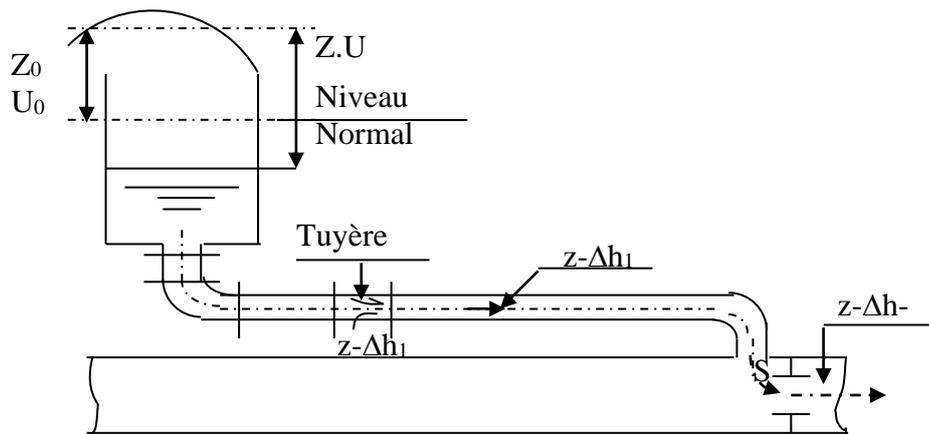


Figure (V.5) : Pertes de charge à la descente

A la descente de l'eau, la tuyère agit comme un ajutage de BORDA, elle crée une perte de charge importante avec un coefficient de débit de 0.5 donné par la formule qui suit :

$$\Delta h_2 = C_2 * \frac{(V_2)^2}{2g}$$

$C_2$  : coefficient de perte de charge.

VI.6.3.5.2.1. Calcul du coefficient de perte de charge ( $C_2$ )

Le coefficient de perte de charge  $C_2$  se détermine à partir de l'abaque, s'écrit en fonction du rapport m:

$$m = 1/2 * (d/D)^2.$$

$$m = 0.138.$$

Après l'abaque :

$$C_2 = 0.79.$$

Dans la tuyère,  $K'$  est lié à  $K$ ,

$$K' = 1.7 K$$

$$K' = 29.155 \text{ d'où } V_2 = 29.155 * V_f.$$

$$\Delta h_2 = 0.04 * (V_2)^2$$

**VI.6.3.6. Calcul de la pression absolue dans la conduite avec perte de charge**

**VI.6.3.6.1. Cas de montée de l'eau**

$$Z_{abs} = Z - \Delta h_1 \text{ (m)}$$

Avec :

Z : pression dans le réservoir d'eau (m).

$\Delta h_1$  : perte de charge lors de la descente de l'eau (m).

**VI.6.3.6.2. Cas de descente de l'eau**

$$Z'_{abs} = Z + \Delta h_2 \text{ (m)}$$

Avec :

Z : pression dans le réservoir d'air (m).

$\Delta h_2$  : perte de charge lors de la descente de l'eau (m).

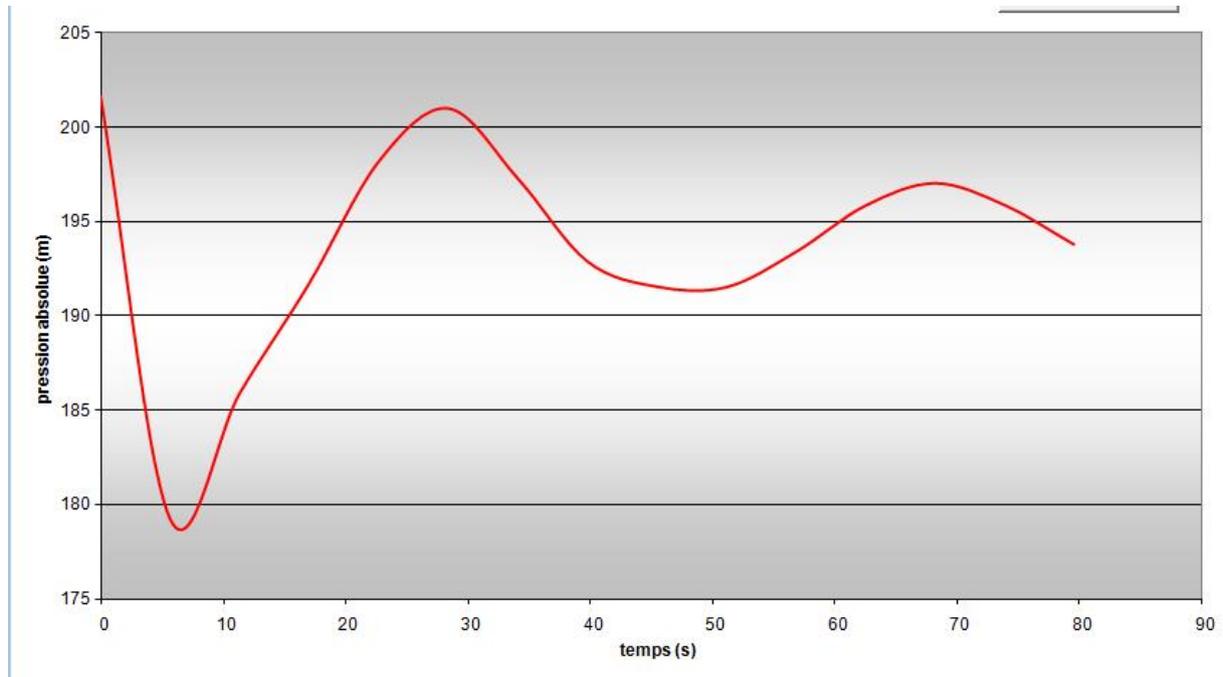
**Tableau (V.3) les étapes du calcul normal d'un réservoir d'air.**

temps	$\Delta U$	U	Z	$\Delta h_1 ; \Delta h_2$	Z- $\Delta h$ ; Z+ $\Delta h$	$\delta$	Z.+ $\Delta h$ .+ $\delta$	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	1	201,632375	0	201,632375	7,26237549	194,37	1,00221273	0	0	
5,68495416	0,05811241	1,05811241	188,417874	9,1950119	179,222862	2,15476982	177,068092	0,51975422	0,76112633	0,52003993	-0,00028571
11,3699083	0,01261607	1,07072848	185,756937	0,14373546	185,900673	0,33242798	186,233101	-0,18959929	0,16523882	-0,1895623	-3,6993E-05
17,0548625	-0,02424315	1,04648533	190,932779	0,7938322	191,726612	1,6178646	193,344476	-0,44509071	-0,3175243	-0,44548631	0,0003956
22,7398167	-0,02999834	1,01648698	197,7143	0,46326905	198,177569	0,98255078	199,160119	-0,34011609	-0,39290283	-0,34031935	0,00020326
28,4247708	-0,01382215	1,00266483	200,989481	0,00189252	200,991374	0,00603021	200,997404	-0,02174188	-0,18103545	-0,02175155	9,6668E-06
34,109725	0,00796558	1,01063041	199,089992	1,80501473	197,284978	0,47714748	196,80783	0,23103945	0,10432912	0,23040978	0,00062967
39,7946792	0,01807475	1,02870517	194,899696	2,0086208	192,891075	0,5267869	192,364288	0,24308895	0,23673378	0,24305778	3,1175E-05
45,4796333	0,01331233	1,04201749	191,91559	0,37956442	191,536025	0,11260815	191,423417	0,1049957	0,174358	0,10565822	-0,00066252
51,1645875	0,00187941	1,04389691	191,501039	0,01273605	191,513775	0,03524159	191,549016	-0,05583116	0,02461558	-0,05642705	0,0005959
56,8495416	-0,00810022	1,03579669	193,299551	0,09704213	193,396593	0,23105673	193,62765	-0,15519365	-0,10609249	-0,15575793	0,00056428
62,5344958	-0,01091935	1,02487734	195,773542	0,06788529	195,841427	0,16596544	196,007392	-0,13023566	-0,14301598	-0,13027403	3,8363E-05
68,21945	-0,0053918	1,01948554	197,016674	0,00048084	197,017155	0,00169563	197,018851	-0,01071506	-0,07061906	-0,01096409	0,00024903
73,9044041	0,00346813	1,02295366	196,21541	0,35243014	195,86298	0,10513349	195,757846	0,10184703	0,04542373	0,10181155	3,5473E-05
79,5893583	0,00848913	1,0314428	194,279103	0,49418858	193,784915	0,14377921	193,641135	0,12022253	0,11118628	0,12056101	-0,00033848

Le volume total de réservoir d'air =  $U_t = U_{max} * 1,2 = 1,2845 \text{ m}^3$ . Donc, le de réservoir d'air est de  $1,3 \text{ m}^3$ .

**VI.6.4. L'explication graphique**

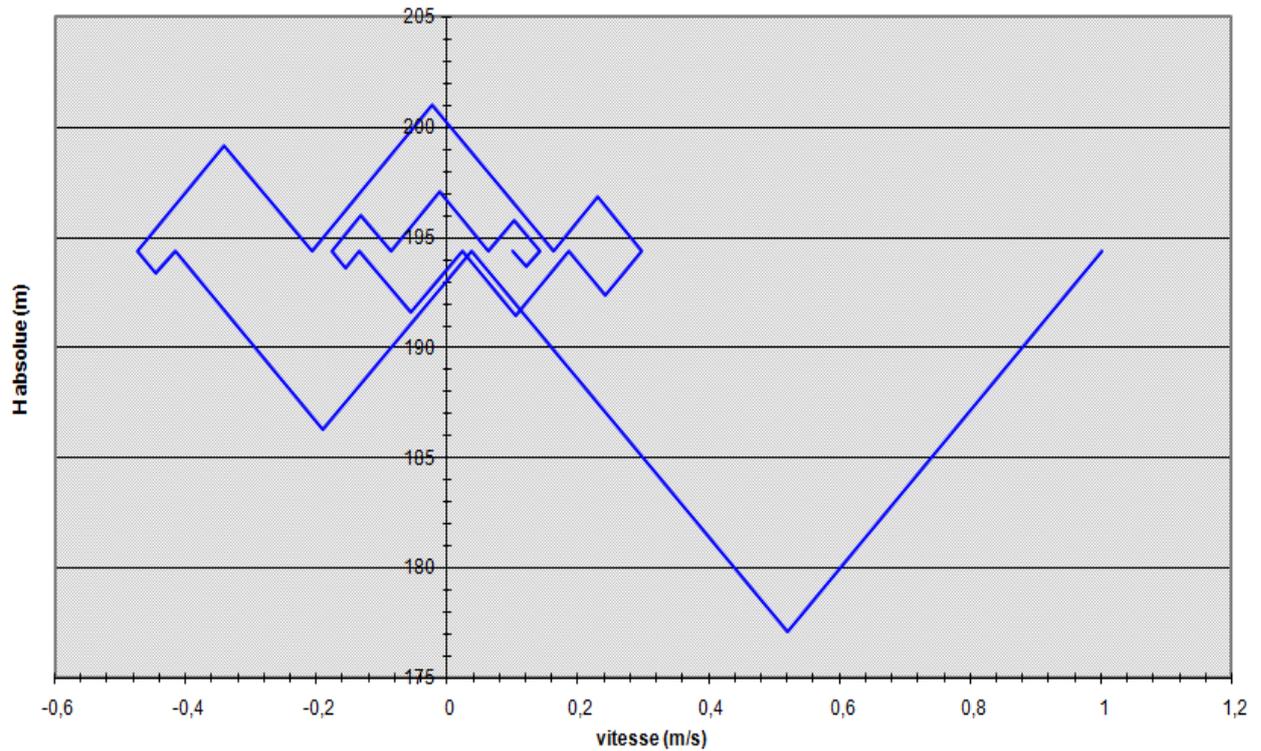
La figure (VI.6) montre d'une façon claire la dissipation progressive du front d'onde dans le temps.



*Figure (VI.6) : variation de la pression absolue en fonction de temps.*

**VI.6.5. Trace de l'épure de BERGERON**

L'épure de BERGERON est obtenue à partir de la simulation faite par le programme Excel (figure (VI.7)).



*Figure (VI.7) : Epure de BERGERON (forage-réservoir) .*

## VI.7. Conclusion

D'après l'étude effectuée dans ce chapitre, le but est de protéger notre conduite contre le coup de bélier. Après calcul, le volume total du réservoir d'air est de  $1.3 \text{ m}^3$ . Le réservoir est placé juste après la pompe.



# Chapitre VI

## Distribution

## **Introduction**

L'eau stockée dans le réservoir doit être distribuée à l'aide des canalisations sur lesquelles des branchements seront piqués en vue de satisfaire les consommateurs, toutefois, une étude préliminaire doit être faite afin d'attribuer un diamètre adéquat à la canalisation, permettant d'assurer le débit de pointe.

### **VI.1. Les différents types de réseaux [1]**

On distingue trois types de réseaux :

- Réseau ramifié.
- Réseau étagé.
- Réseau maillé.

#### ***VI.1.1. Le réseau ramifié***

Le réseau ramifié est constitué par une conduite principale et des conduites secondaires. C'est un réseau qui n'assure aucune distribution du retour, il suffit qu'une panne se produise sur la conduite principale et que toute la population à l'aval sera privée d'eau.

#### ***VI.1.2. Le Réseau étage***

Le réseau étagé est caractérisé par des différences de niveau très importantes, ce qui fait que la distribution de l'eau par le réservoir donne des fortes pressions aux points les plus bas.

En effet, ce système nécessite l'installation d'un réservoir intermédiaire, alimenté par le premier qui permet de régulariser la pression dans le réseau.

#### ***VI.1.3. Le réseau maillé***

Un réseau maillé est constitué d'une série des tronçons disposés de telle manière qu'il soit possible de décrire une ou plusieurs boucles fermées en suivant le tracé, contrairement aux réseaux ramifiés ; le réseau maillé assure une distribution de retour en cas de panne d'un tronçon.

Il est utilisé généralement dans les zones urbanisées.

**NB :** Pour notre étude, nous avons choisi un réseau maillé car c'est un réseau qui présente les avantages suivants :

- une alimentation de retour
- isolation du tronçon en cas d'une panne par un simple manœuvre robinetterie.

### **VI.2. Conception d'un réseau [1]**

Pour concevoir un réseau de distribution, nous sommes appelés à prendre en compte un certain nombre des facteurs, qui peuvent influencer sur le réseau parmi lesquels, nous avons :

- l'emplacement des quartiers
- l'emplacement des consommateurs
- le relief
- le souci d'assurer un service souple et précis.

### **VI.3. Principe du tracé du réseau maillé [1]**

Le tracé se fait comme suit :

- Tout d'abord, il faut repérer les consommateurs importants.
- repérer les quartiers ayant une densité de population importante.
- déterminer l'itinéraire (sens) principal pour assurer la distribution à ces consommateurs.
- suivant ce sens, tracer les conduites principales en parallèle.
- Ces conduites principales doivent être bien réparties pour avoir une bonne distribution d'eau.

### **- VI.4. Calcul hydraulique du réseau maille [1]**

Le dimensionnement et la détermination des débits dans un réseau maillé s'effectuent de la manière suivante, tout d'abord nous déterminons :

- la longueur de chaque tronçon du réseau maillé
- les débits routes pendant les heures considérées
- les débits spécifiques en considérant les débits routes
- les débits supposés concentrés aux nœuds.

**VI.4.1. Détermination des débits [4]****VI.4.1.1. Calcul des débits spécifiques**

Le débit spécifique est la quantité d'eau consommée par un mètre linéaire des conduites maîtresses, Il se calcule d'après la relation suivante :

$$q_s = \frac{Q_p}{\sum L_i}$$

Où :  $Q_p$  = débit de pointe

$L_i$  = longueur du tronçon

**VI.4.1.2. Calcul des débits en route**

Le débit en route est le débit d'eau consommé le long des conduites, il est supposé être consommé d'une façon uniforme sur toute la longueur.

$$Q_r = q_s \cdot L_i$$

Où :

$q_s$  = débit spécifique.

$L_i$  = longueur du tronçon

**VI.4.1.3. Le débit au nœud**

Le débit au nœud est celui qui est concentré à chaque point de jonction des conduites du réseau, il doit être déterminé à partir de la relation suivante :

$$Q_{n,i} = 0.5 \sum Q_{ri-k} + \sum Q_{conc}$$

Avec :

$Q_{n,i}$  : débit au nœud i

$\sum Q_{ri-k}$  : somme des débits route des tronçons reliés au nœud i

$\sum Q_{conc}$  : somme des débits concentrés au nœud.

Ces débits énumérés ci-dessus nous permettent de dimensionner le réseau de distribution dans les deux cas : cas de pointe et cas de pointe +incendie.

**NB :** la liste des tableaux : détermination des débits de nœuds, état des nœuds de réseau après simulation et état des arcs de réseau après simulation se trouve au annexe.

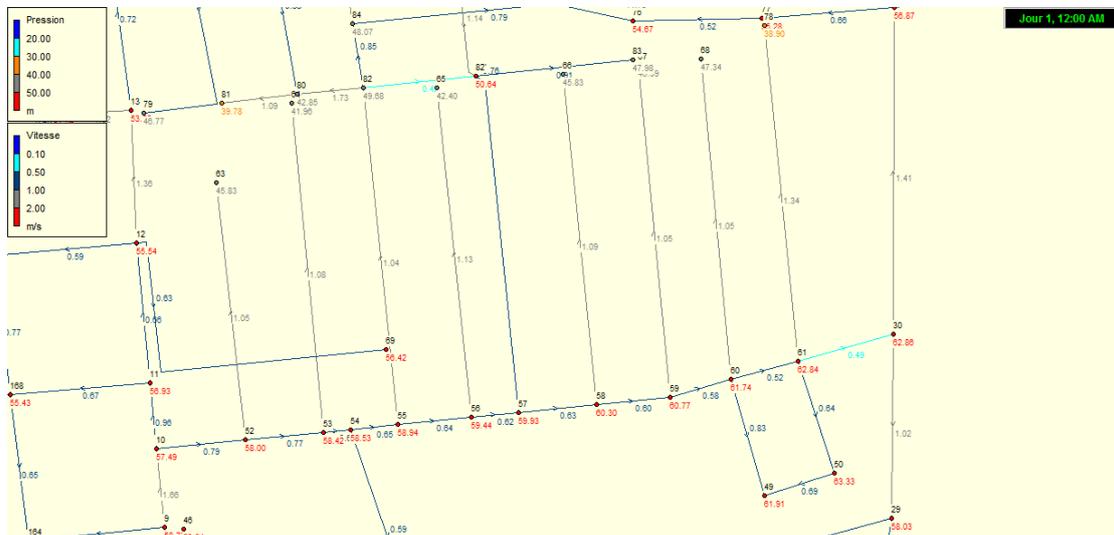


Figure (VI.1) : état d'une partie du réseau après la simulation

Après l'analyse des résultats de la simulation, on a observé que :

- Les vitesses de l'eau dans les conditions sont dans les limites souhaitées à l'exception des tronçons 173,187, 193, 219 et 239 ayants des vitesses de (0.39 ,0.43, 0.27 et 0.26) m/s.
- On a observé que les pressions dans les nœuds sont dans les limites souhaitées.

### VI.5. Étude de la distribution en tenant compte le débit d'incendie

Dans le cas où il y a incendie, on prévoit réglementairement que l'extinction de ce dernier nécessite un débit de 60 m<sup>3</sup> /h, soit 17 l/s pendant une durée de deux heures. C'est donc un volume de 120 m<sup>3</sup>, qui doit être mutuellement constitué et réservé à l'extinction des incendies. Le débit prévu nécessite réglementairement des bouches et tuyauteries d'un diamètre minimal égal à 100 mm.

Ce débit est ajouté au nœud N°50 et au nœud N°106. Ce débit est ajouté en cas où la consommation est maximale, c'est à dire à l'heure de pointe.

### VI.5.1. Etat du réseau après simulation

Après simulation de chaque Poteau d'incendies, nous avons remarqué que toutes les pressions aux nouds sont dans les limites souhaitées. Les vitesses sont acceptables, sauf les conduites d'alimentation (50 ,54,14,227,237,239, et 128), les résultats sont illustrées dans le tableau (VI.1) et comme le montre les figures (VI.2), ( VI.3),( VI.4),( VI.5).

*Tableau (VI.1) : Etat des arcs du réseau qui se changent après simulation*

Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit l/s	Vitesse m/s
Tuyau 50	99	57	0,013	8,25	3,23
Tuyau 54	96	65	0,013	13,01	3,92
Tuyau 14	161	250	0,013	51,53	1,05
Tuyau 227	175	20	0,013	-0,16	0,52
Tuyau 237	36	57	0,013	3,4	1,33
Tuyau 239	89	20	0,013	-0,19	0,59
Tuyau 128	50	15	0,015	0,36	2,02
Tuyau 127	80	60	0,015	2,98	0,98

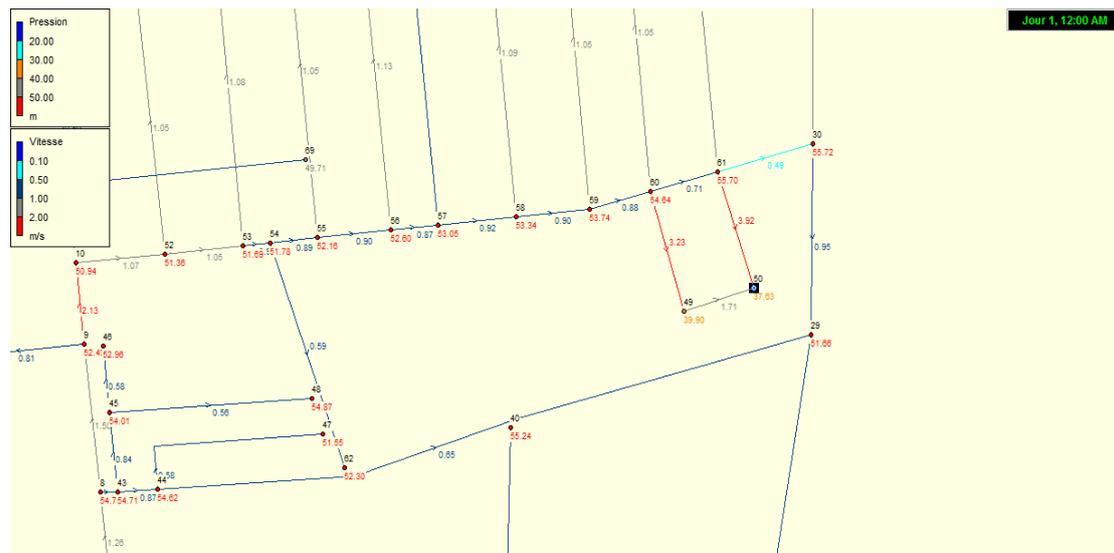


Figure (VI.2) : cas d'exploitation du poteau d'incendies placé au nœud 50.

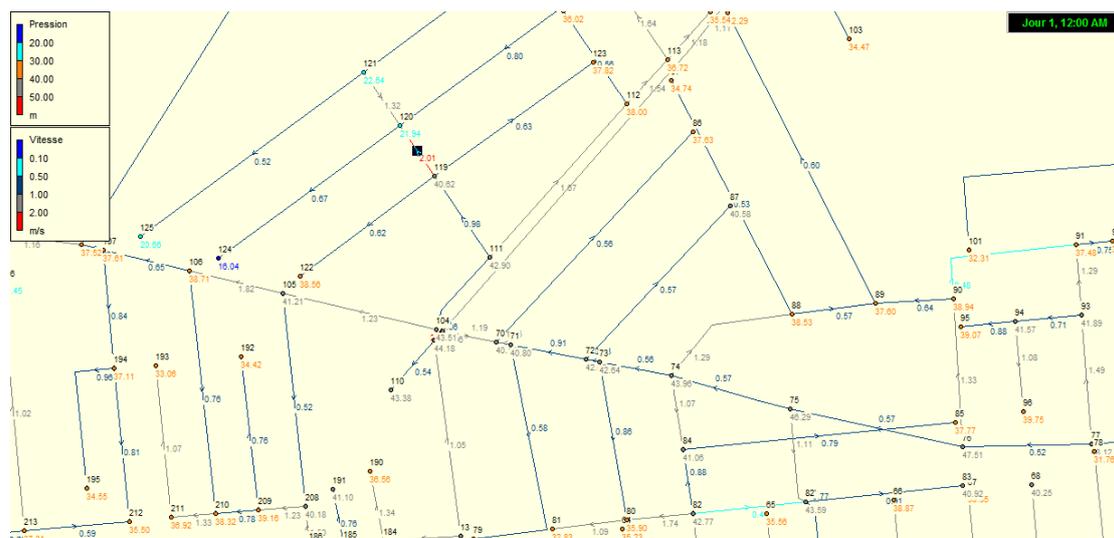


Figure (VI.3) : cas d'exploitation du poteau d'incendies placé au nœud 106.

Pour diminuer les vitesses qui sont illustrées dans le tableau (VI.4) et pour les rendre acceptables, on va augmenter les diamètres des conduites qui alimentent les poteaux d'incendies, et nous faisons la simulation une deuxième fois.

Les nouveaux diamètres et vitesses sont illustrées dans le tableau (VI.5) et comme le montre les figures (VI.4) et (VI.5).

Tableau (VI.2) : Etat des arcs du réseau qui se changent après simulation

	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit l/s	Vitesse m/s
Tuyau 50	99	57	0,013	1,85	0,72
Tuyau 54	96	200	0,013	19,41	0,62
Tuyau 14	161	250	0,013	51,38	1,05
Tuyau 227	175	20	0,013	-0,16	0,52
Tuyau 237	36	57	0,013	3,4	1,33
Tuyau 239	89	20	0,013	-0,19	0,59
Tuyau 128	50	100	0,015	8,28	1,05
Tuyau 127	80	120	0,015	10,7	0,95

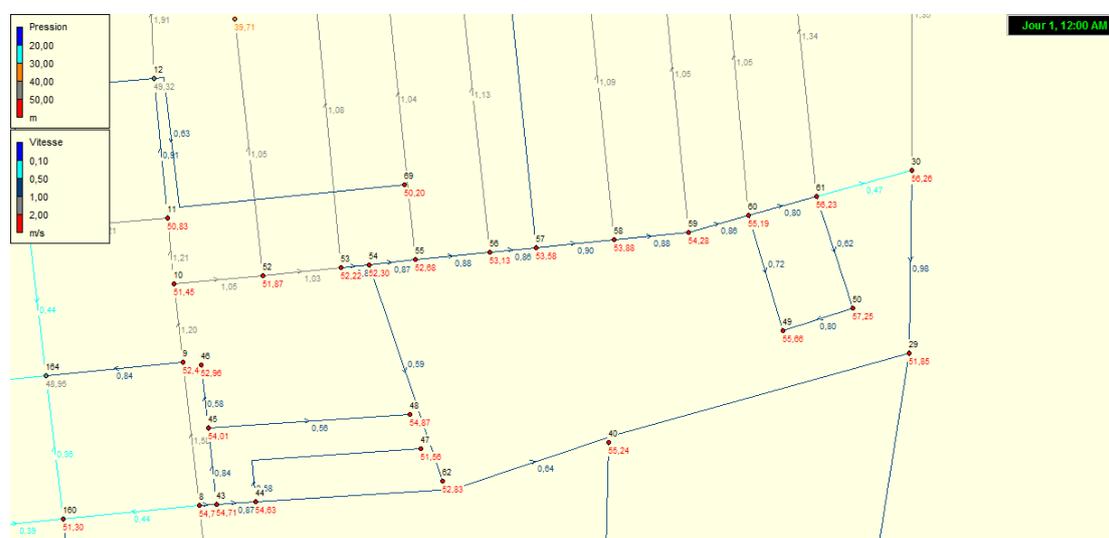
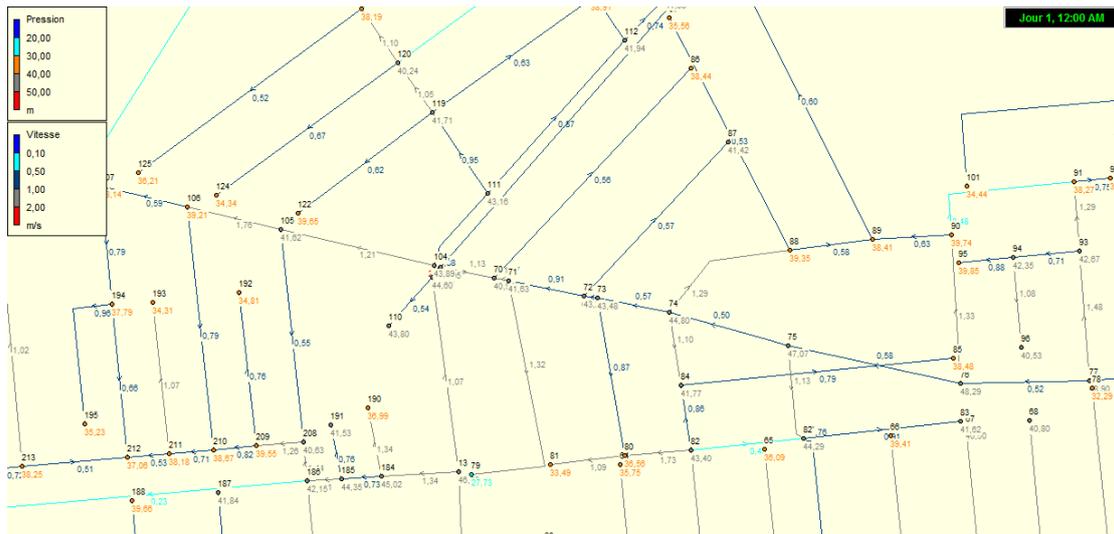


Figure (VI.4) cas d'exploitation du poteau d'incendies placé au nœud 50



*Figure (VI.5) cas d'exploitation du poteau d'incendies placé au nœud 106*

Pour l'élaboration de la répartition des débits, on prend en considération les mêmes débits des nœuds en heure de pointe, en ajoutant 17 l/s dans le nœud N°50 et dans le nœud N°106.

## VI.6. Equipement du réseau de distribution

### VI.6.1 nature de la canalisation

Le réseau sera constitué de tuyaux en acier, pour les multiples avantages qu'il présente, à savoir :

- Ils supportent des pressions élevées ;
- Une résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain) est supérieure à celle des tuyaux en matière plastiques et en fonte ;
- Ils peuvent être adaptés à toutes les conditions de service si dures soient – elles ;
- Ils offrent une bonne flexibilité ;
- Disponible sur le marché.

### VI.6.2 appareils et accessoires

#### VI.6.2.1 Robinet- vanne

Ils permettent l'isolement de divers tronçons de canalisation. On les met donc à chaque nœud du réseau.

**VI.6.2.2 Ventouses**

Elles sont placées sur les points les plus hauts. Leur rôle est de chasser l'air entraîné par l'eau venant s'accumuler en pointes et qui a tendance à perturber l'écoulement ou à détériorer la conduite.

**VI.6.2.3 Robinets de décharge**

Ils sont prévus aux points bas du réseau en vue de la vidange de la conduite sur l'égout voisin.

**VI.6.2.4 Bouches d'incendie**

Elles seront installées sur les canalisations maîtresses, capables de fournir un débit minimal de 17 l/s sous une pression de 10 bars minimum.

Elles seront espacées de 200 à 300m et réparties suivant l'importance des risques à défendre.

**VI.6.2.5 Bouches de lavage**

Elles sont disposées aux alentours des jardins publics, espaces verts et pour permettre l'entretien des plantes.

**VI.6.2.6 Raccordements**

On envisage des tés à deux ou trois emboîtements permettant le raccordement des conduites présentant des diamètres différents. Il est nécessaire de prévoir un cône de réduction pour les placer.

- Les croix pour permettre le changement de direction ;
- Les coudes pour permettre le changement de direction ;
- Les bouts d'extrémités pour la mise en place d'appareils hydrauliques.

**VI.7. Conclusion**

On peut dire que le réseau d'alimentation en eau potable de l'agglomération fonctionne normalement, la pression de service est assurée aux points les plus défavorables, les vitesses sont acceptables, mais le contrôle et la gestion rigoureuse du réseau restent des conditions indispensables pour assurer une longue vie au réseau.

# Conclusion générale

## Conclusion générale

### **Conclusion générale**

Notre étude a englobé tous les points qui touchent le plan spécifique à la réalisation d'un projet d'alimentation en eau potable.

Nous signalons que durant notre étude, une priorité a été donnée surtout au côté technique pour assurer une pression convenable et un débit suffisant aux abonnés.

La gestion d'un système d'alimentation en eau potable doit réunir tous les acteurs du domaine c'est-à-dire, autorités et techniciens.

On constate que, d'ici l'horizon de (2043) la population de la zone d'étude évoluera jusqu'à atteindre 53373 habitants, dont elle exigera une consommation en eau potable de 8005,9 m<sup>3</sup>/j.

Vue le relief ascendant de la zone d'étude, nous étions dans l'obligation de faire une adduction par refoulement vers les réservoirs de stockage de 2000 m<sup>3</sup>.

Pour le dimensionnement de la conduite d'adduction par refoulement, nous avons choisi le diamètre le plus économique qui est de 160 mm avec une vitesse adéquate (1,0022 m/s). Nous avons opté pour le PEHD PN 16 pour l'adduction.

Pour le stockage, on a trouvé que les réservoirs existants (une capacité de 2000 m<sup>3</sup>) répondants aux exigences de l'agglomération.

Dans le but de choisir les pompes adéquates, nous avons utilisé le catalogue numérique des pompes CAPRARI. Pour notre forage, le choix s'est porté sur la pompe immergée de type : [E6S64/20A+MEH650].

Le calcul hydraulique effectué sur la protection des conduites contre le phénomène du coup de bélier a justifié la nécessité d'une protection contre ce phénomène au niveau de la conduite d'adduction, l'installation d'un réservoir d'air de volume de 1300 litre était le moyen adopté contre ce phénomène.

Le réseau de distribution choisi est de type maillé, il est dimensionné d'une façon assurant des pressions et des vitesses acceptables, avec la fourchette de diamètre varie entre (40÷450) mm.

## **Conclusion générale**

---

Cette étude nous a permis de mettre en pratique, toutes les connaissances que nous avons acquises dans tous les domaines de l'hydraulique durant notre cycle de formation, et j'espère que, ce modeste travail servira, aux autorités civiles ainsi qu'aux entreprises d'exécution des travaux, comme référence, pour la réalisation de ce projet.

# Bibliographie

## **Bibliographie**

- [1] BELLIL Kamel, (1998). Gestion des réseaux d'alimentation en eau potable (cas du réseau de la ville de Sétif)'' Mémoire de fin d'études.
  
- [2] Données de région d'étude : APC et subdivision BIR EL ARCHE, wilaya de Sétif.
  
- [3] Dupont, A : Hydraulique urbaine (Tome II). (Éditions Eyrolles paris 1979).
  
- [4] FOUGHALIA Ilyas , 2014. '' Etude du réseau d'AEP des villages ain beida heriche , sedari et sebikhia , wilaya de mila,. Mémoire de fin d'études.
  
- [5] BERREKSI Ali, 2014 : Cours hydraulique 3 (coup de bélier).

### **Logiciels utilisés**

- AUTOCAD 2008 : pour tracé le réseau d'AEP.
  
- COVADIS 2008 : pour tracé le profil en long de l'adduction.
  
- EPANET : pour simulation du réseau d'AEP.
  
-

# Annexes

## Les annexes

### Annexe (I.1): tableau de variation de $\beta_{\max}$ en fonction du nombre d'habitants

Nombre d'habitants X 1000	<1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	10	20	30	100	300	>1000
$\beta_{\max}$	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,10	1,03	1

### Annexe (I.2) : Répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants

Heures	Nombre d'habitants				
	Moins de 10000	10001 à 50000	50001 à 100000	Plus de 100000	Agglomération de type rurale
0-1	01	1.5	03	3.35	0.75
1-2	01	1.5	3.2	3.25	0.75
2-3	01	1.5	2.5	3.3	01
3-4	01	1.5	2.6	3.2	01
4-5	02	2.5	3.5	3.25	03
5-6	03	3.5	4.1	3.4	5.5
6-7	05	4.5	4.5	3.85	5.5
7-8	6.5	5.5	4.9	4.45	5.5
8-9	6.5	6.25	4.9	5.2	3.5
9-10	5.5	6.25	4.6	5.05	3.5
10-11	4.5	6.25	4.8	4.85	06
11-12	5.5	6.25	4.7	4.6	8.5
12-13	07	05	4.4	4.6	8.5
13-14	07	05	4.1	4.55	06
14-15	5.5	5.5	4.2	4.75	05
15-16	4.5	06	4.4	4.7	05
16-17	05	06	4.3	4.65	3.5
17-18	6.5	5.5	4.1	4.35	3.5
18-19	6.5	05	4.5	4.4	06
19-20	5.0	4.5	4.5	4.3	06
20-21	4.5	04	4.5	4.3	06
21-22	03	03	4.8	3.75	03
22-23	02	02	4.6	3.75	02
23-24	01	1.5	3.3	3.7	01

### Annexe (I.3) : Les normes de la consommation

Secteur	Le débit
Les habitants	150 (l/j.hab)
L'arrosage	4 (l/j.m <sup>2</sup> )
Le nettoyage	30 (l/j.hab)
Le débit industriel	14 (l/s)
Les douches (entreprise)	40 (l/ouvrier) pendant 45 min
L'atelier	Chaud : 40 (l/o.eq) Froid : 25 (l/o.eq)
Les fuites	20 % du débit totale

*Annexe (III.I) : Prix pour les conduites en PEHD PN16.*

<b>Référence</b>	<b>Diamètre Ext en (mm)</b>	<b>Epaisseur</b>	<b>Qualité Produit</b>	<b>Pression Service (bar)</b>	<b>Prix TTC</b>
11 008 0201	20	2	PE100	16	40.74
11 008 0251	25	2.3	PE100	16	59.87
11 008 0321	32	3	PE100	16	99.14
11 008 0401	40	3.7	PE100	16	153.50
11 008 0501	50	4.6	PE100	16	238.07
11 008 0631	63	5.8	PE100	16	376.64
11 008 0751	75	6.8	PE100	16	529.43
11 008 0901	90	8.2	PE100	16	691.61
11 008 1101	110	10	PE100	16	1026.15
11 008 1251	125	11.4	PE100	16	1316.19
11 008 1601	160	14.6	PE100	16	2151.15
11 008 2001	200	18.2	PE100	16	3378.11
11 008 2501	250	22.7	PE100	16	6226.50
11 008 3151	350	28.6	PE100	16	8026.99
11 008 4001	400	36.3	PE100	16	12966.67
11 008 5001	500	45.4	PE100	16	19569.51
11 008 6001	630	57.25	PE100	16	31072.20

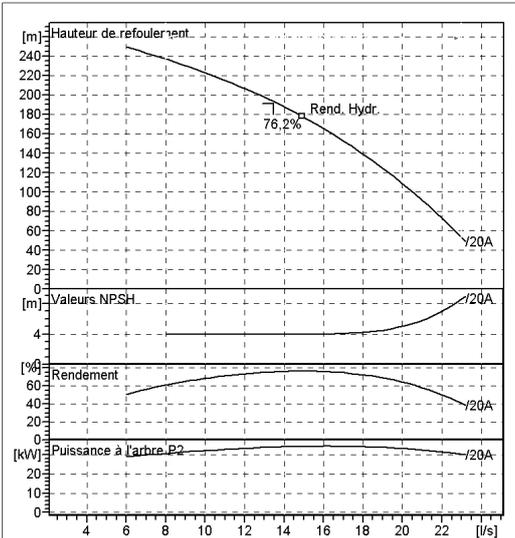
# Annexe (IV.I) : caractéristique de la pompe



Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
— ISO 9001 —

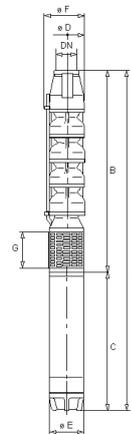
E6S64/20A + MEH650	
<b>Caractéristiques requises</b>	
Débit	13,5 l/s
Hauteur de refoulement	191 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
<b>Caractéristiques de la pompe</b>	
Débit	13,7 l/s
Hauteur de refoulement	191 m
Puissance absorbée	33,8 kW
Rendement	75,6%
Hauteur manométrique H(Q=0)	282 m
Orif. de refoulement	80 mm
<b>Caractéristiques moteur</b>	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2900 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	37 kW
Courant nominal	81 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	Y
Degré de protection	IP 68
<b>Limites opérationnelles</b>	
Démarrages / h max.	13
Température maxi. du liquide pompé	
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Caractéristiques générales</b>	
Poids	268 kg
<b>Matériaux</b>	
<b>CONSTRUCTION POMPE</b>	
Corps du clapet	Fonte
Clapet	Fonte/Acier inox
Corps d'aspiration	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Arbre	Acier inox
Roue	Fonte
Bague d'usure	Caoutchouc
Crépine	Acier inox
Gouttière protection câbles	Acier inox
Accouplement	Acier inox
<b>CONSTRUCTION MOTEUR</b>	
Support supérieur	Fonte
Support inférieur (6")	Fonte
Support inférieur (4")	Aluminium
Chemise stator	Acier inox
Butée (6")	Type Michell
Butée (4")	Acier
Para-sable	Caoutchouc



Caractéristiques de fonctionnement UNI/ISO 2548/C				
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

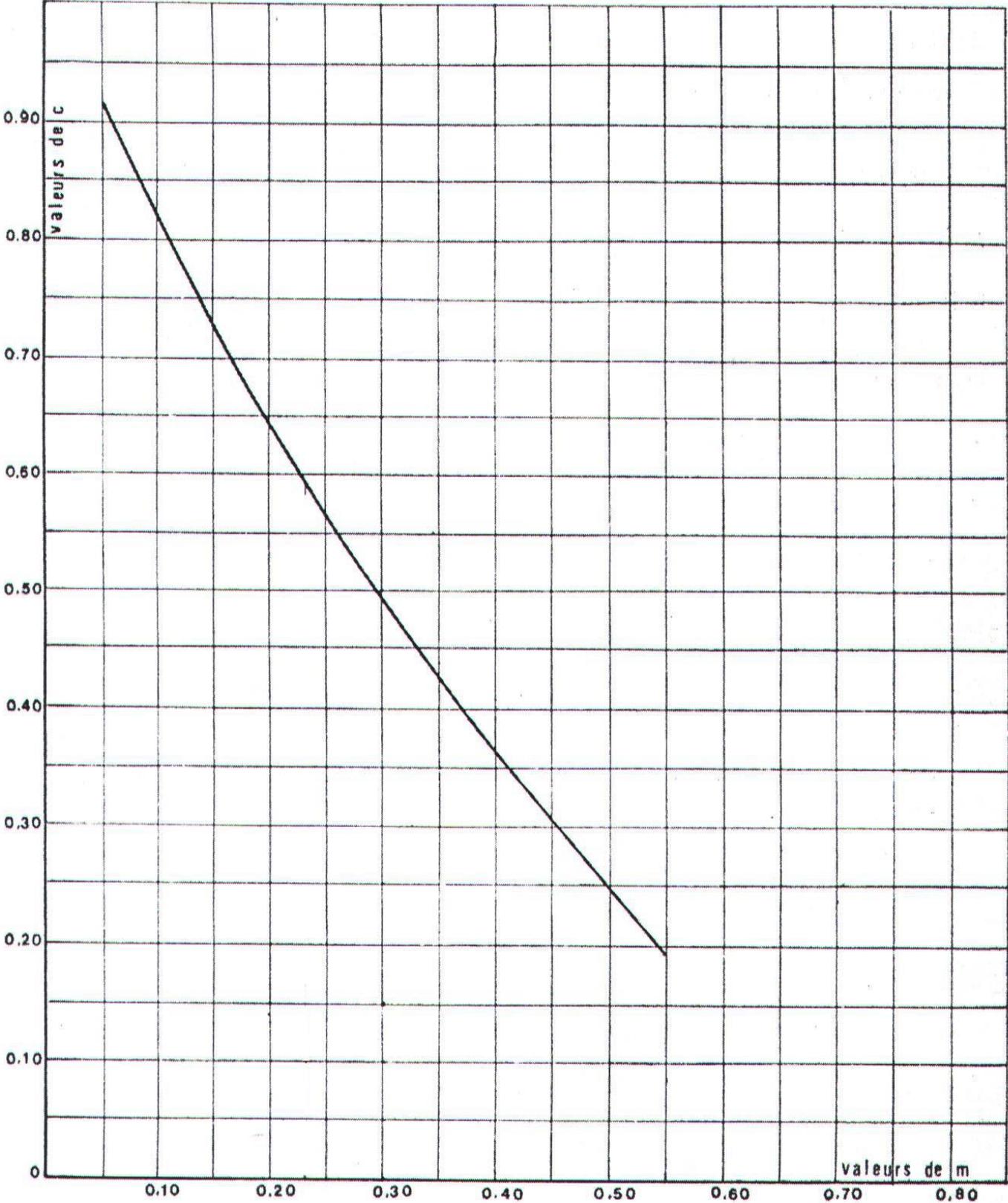
- A = 4056
- B = 2682
- C = 1374
- D = 143
- DN = G3"
- E = 143
- F = 150
- G = 124



Notes:

Date <b>23.06.2016</b>	Page <b>1</b>	Offre n°	Pos.N°
---------------------------	------------------	----------	--------

Annexe (V.I) : Coefficient de perte de charge « C » et « C' » dans une tuyère.



*Annexe (VI.1) détermination des débits de nœuds*

N° des nœuds	N° des tronçons	Longueur des tronçons	Qsp (l/s.m) (m)	Qr (l/s)	0,5Qr (l/s)	Q conc (l/s)	Q nœuds (l/s)
1	1-2	76	0,00397	0.30172	0,934935	1,6667	2,6016
	1-30	265		1.05205			
	1-31	130		0.5161			
2	2-1	76	0,00397	0.30172	1,75871	0,1666 2,5000	4,4253
	2-3	137		0.54389			
	2-74	401		1.59197			
	2-29	272		1.07984			
3	3-4	123	0,00397	0.48831	0,907145	2,2222	3,1293
	3-34	197		0.78209			
	3-2	137		0.54389			
4	4-5	68	0,00397	0.6352	0,46052		0,46052
	4-91	41		0.16277			
	3-4	123		0.48831			
5	5-6	62	0,00397	0.24614	0,57168		0,57168
	5-96	123		0.48831			
	5-38	35		0.13895			
	4-5	68		0.26996			
6	6-7	56	0,00397	0.22232	0,307675		0,307675
	6-43	37		0.14689			
	5-6	62		0.24614			
7	7-8	65	0,00397	0.25805	0,48434		0,48434
	7-100	123		0.48831			
	6-7	56		0.22232			
8	8-9	62	0,00397	0.24614	0,375165		0,375165
	8-48	62		0.24614			
	7-8	65		0.25805			
9	9-10	107	0,00397	0.42479	0,458535		0,458535

	9-59	62		0.24614			
	8-9	62		0.24614			
10	10-11	43	0,00397	0.17071	0,54786		0,54786
	10-118	126		0.50022			
	9-10	107		0.42479			
11	11-12	63	0,00397	0.25011	0,335465		0,335465
	11-70	63		0.25011			
	10-11	43		0.17071			
12	12-13	70	0,00397	0.2779			
	12-90	172		0.68284	0,73048		0,73048
	12-423	63		0.25011			
	11-12	63		0.25011			
13	13-14	63	0,00397	0.25011	0,69872		0,69872
	13-174	154		0.61138			
	13-70	65		0.25805			
	12-13	70		0.2779			
14	14-15	56	0,00397	0.22232	0,62726		0,62726
	14-71	65		0.25805			
	14-175	132		0.52404			
	13-14	63		0.25011			
15	15-16	59	0,00397	0.23423	0,661005		0,661005
	15-177	153		0.60741			
	15-72	65		0.25805			
	14-15	56		0.22232			
16	16-17	31	0,00397	0.12307	0,458535		0,458535
	16-63	141		0.55977			
	15-16	59		0.23423			
17	17-18	73	0,00397	0.28981	0,60344		0,60344
	17-178	55		0.21835			
	17-64	145		0.57565			
	16-17	31		0.12307			
18	18-19	61	0,00397	0.24217	0,545875		0,545875
	18-65	141		0.55977			

	17-18	73		0.28981			
19	19-20	52	0,00397	0.20644	0,60741		0,60741
	19-179	52		0.20644			
	19-66	141		0.55977			
	18-19	61		0.24217			
20	20-21	57	0,00397	0.22629	0,498235		0,498235
	20-67	142		0.56374			
	19-20	52		0.20644			
21	21-22	36	0,00397	0.14292	0,514115		0,514115
	21-183	104		0.41288			
	21-68	166		0.65902			
	20-21	57		0.22629			
22	22-190	164	0,00397	0.65108	1,0322		1,0322
	22-73	41		0.16277			
	22-173	279		1.10763			
	21-22	36		0.14292			
23	23-24	78	0,00397	0.30966	0,30966		0,30966
	23-73	78		0.30966			
24	24-25	105	0,00397	0.41685	0,478385		0,478385
	24-69	58		0.23026			
	23-24	78		0.30966			
25	25-26	99	0,00397	0.39303	0,50022		0,50022
	25-58	48		0.19056			
	24-25	105		0.41685			
26	26-27	52	0,00397	0.20644	0,40097		0,40097
	26-47	51		0.20247			
	25-26	99		0.39303			
27	27-28	335	0,00397	1.32995	0,958755		0,958755
	27-41	96		0.38112			
	26-27	52		0.20644			
28	28-29	393	0,00397	1.56021	2,28672		2,28672
	28-35	206		0.81782			
	28-36	218		0.86546			

	27-28	335		1.32995			
29	29-35	188	0,00397	0.74636	2,21923		2,21923
	29-2	272		1.07984			
	29-28	393		1.56021			
30	30-1	265	0,00397	1.05205	1,375605		1,375605
31	31-32	267	0,00397	1.05999			
	31-33	296		1.17512	0,529995		0,529995
	31-1	130		0.5161			
32	32-31	267	0,00397	1.05999	0,529995		0,529995
33	33-31	296	0,00397	1.17512	0,58756		0,58756
34	34-35	94	0,00397	0.37318	0,843625		0,843625
	34-37	134		0.53198			
	34-3	197		0.78209			
35	35-29	188	0,00397	0.74636	1,05205		2,3854
	35-28	206		0.81782		1,3333	
	35-40	248		0.98456			
	34-35	94		0.37318			
36	36-28	218	0,00397	0.86546	0,43273		0,43273
37	37-34	134	0,00397	0.53198	0,26599		0,26599
38	38-39	154	0,00397	0.61138	1,27834		1,27834
	38-42	33		0.52801			
	38-5	35		0.13895			
39	39-40	140	0,00397	0.5558	0,653065		0,653065
	39-44	35		0.13895			
	39-38	154		0.61138			
40	40-41	159	0,00397	0.63123			
	40-35	248		0.98456	1,085795		1,9191
	40-39	140		0.5558		0,8333	

41	41-27	96	0,00397	0.38112	0,5955		0,5955
	41-46	45		0.17865			
	41-40	159		0.63123			
42	42-43	29	0,00397	0.11513	0,41288		0,41288
	42-44	146		0.57962			
	42-38	33		0.13101			
43	43-6	37	0,00397	0.14689	0,351345		0,351345
	43-42	29		0.11513			
	43-45	140		0.5558			
44	44-45	30	0,00397	0.1191	0,418835		0,418835
	44-42	146		0.57962			
	44-39	35		0.13895			
45	45-44	310	0,00397	1.2307	1,149315		1,149315
	45-43	140		0.5558			
	45-50	129		0.51213			
46	46-47	61	0,00397	0.24217	0,406925		0,406925
	46-41	45		0.17865			
	46-56	99		0.39303			
47	47-26	51	0,00397	0.20247	0,22232		0,22232
	47-57	96		0.38112			
	47-46	61		0.24217			
48	48-49	64	0,00397	0.25408	0,37318	2,4388	2,8119
	48-59	62		0.24614			
	48-8	62		0.24614			
49	49-50	22	0,00397	0.08734	0,29378	3.5888	3,8825
	49-48	64		0.25408			
	49-50	62		0.24614			
50	50-51	39	0,00397	0.15483	0,37715		0,37715
	50-45	129		0.51213			
	50-49	22		0.08734			
51	51-52	60	0,00397	0.2382	0,319585		0,319585
	51-50	39		0.15483			
	51-61	62		0.24614			

52	52-53	38	0,00397	0.15086	0,462505		0,462505
	52-63	135		0.53595			
	52-51	60		0.2382			
53	53-54	64	0,00397	0.25408	0,275915		0,275915
	53-52	38		0.15086			
	53-64	37		0.14689			
54	54-55	61	0,00397	0.24217	0,248125		0,248125
	54-65	137		0.54389			
	54-53	64		0.25408			
55	55-56	52	0,00397	0.20644	0,4764		0,4764
	55-54	51		0.20247			
	55-66	137		0.54389			
56	56-57	57	0,00397	0.22629	0,66696		0,66696
	56-55	52		0.20644			
	56-46	99		0.39303			
	56-67	128					
57	57-58	33	0,00397	0.50816	0,490295	3,8888	4,3792
	57-47	96		0.13101			
	57-56	57		0.38112			
	57-68	118		0.22629			
58	58-25	48	0,00397	0.46846	0,38509		0,38509
	58-57	33		0.19056			
	58-69	113		0.13101			
59	59-60	66	0,00397	0.44861	0,672915		0,672915
	59-9	62		0.26202			
	59-48	62		0.24614			
	59-70	149		0.24614			
60	60-61	60	0,00397	0.59153	0,67093		0,67093
	60-59	66		0.2382			
	60-49	62		0.26202			
	60-71	150		0.24614			
61	61-60	60	0,00397	0.5955	0,38906		0,38906
	61-51	62		0.2382			

	61-62	74		0.24614			
62	62-61	74	0,00397	0.29378	0,41685		0,41685
	62-63	60		0.29378			
	62-72	76		0.2382			
63	63-64	38	0,00397	0.30172	0,74239		0,74239
	63-62	60		0.15086			
	63-52	135		0.2382			
	63-16	141		0.53595			
64	64-65	64	0,00397	0.55977	0,76224		0,76224
	64-63	38		0.25408			
	64-17	145		0.15086			
	64-53	137		0.57565			
65	65-66	61	0,00397	0.54389	0,799955		0,799955
	65-64	64		0.24217			
	65-18	141		0.25408			
	65-54	137		0.55977			
66	66-67	51	0,00397	0.54389	0,77018		0,77018
	66-19	141		0.20247			
	66-65	61		0.55977			
	66-55	135		0.24217			
67	67-68	54	0,00397	0.53595	0,744375		0,744375
	67-66	51		0.21438			
	67-20	142		0.20247			
	67-56	128		0.56374			
68	68-69	33	0,00397	0.50816	0,736435		0,736435
	68-67	54		0.13101			
	68-21	166		0.21438			
	68-57	118		0.65902			
69	69-24	58	0,00397	0.46846	0,64711		1,6196
	69-68	33		0.23026			
	69-58	113		0.13101			
	69-73	122		0.44861			
70	70-71	67	0,00397	0.48434	0,629245		0,629245

	70-11	36		0.26599			
	70-59	149		0.14292			
	70-13	65		0.59153			
	71-72	59	0,00397	0.25805	0,676885		0,676885
	71-70	67		0.23423			
	71-14	65		0.26599			
71	71-60	150		0.25805			
	72-62	76	0,00397	0.5955	0,397		0,397
	72-15	65		0.30172			
72	72-71	59		0.25805			
	73-23	78	0,00397	0.23423	0,478385		0,478385
	73-69	122		0.30966			
73	73-22	41		0.48434			
	74-2	401	0,00397	0.16277	1,538375		1,538375
	74-75	66		1.59197			
	74-95	118		0.26202			
74	74-103	190		0.46846			
	75-76	47	0,00397	0.7543	0,52007		0,52007
	75-74	66		0.18659			
75	75-104	149		0.26202			
	76-77	201	0,00397	0.59153	0,708645		0,708645
	76-75	47		0.79797			
76	76-105	109		0.18659			
	77-78	93	0,00397	0.43273	0,66299		0,66299
	77-76	201		0.36921			
77	77-147	40		0.79797			
	78-99	345	0,00397	0.1588	0,94883		0,94883
	78-159	40		1.36965			
78	78-77	93		0.1588			
	79-80	82	0,00397	0.36921	0,926995		0,926995
	79-161	40		0.32554			
79	79-78	345		0.1588			
80	80-81	170	0,00397	1.36965	0,73445		0,73445

	80-79	82		0.6749			
	80-151	27		0.32554			
	80-113	91		0.10719			
	81-82	131	0,00397	0.36127	0,772165		0,772165
	81-80	170		0.52007			
81	81-113	88		0.6749			
	82-83	95	0,00397	0.34936	0,70269		0,70269
	82-81	131		0.37715			
82	82-122	128		0.52007			
	83-242	102	0,00397	0.50816	0,63917		0,63917
	83-82	95		0.40494			
83	83-84	125		0.37715			
	84-85	189	0,00397	0.49625	0,815835		0,815835
	84-83	125		0.75033			
	84-145	29		0.49625			
84	84-242	68		0.11513			
	85-86	29	0,00397	0.26996	0,653065		0,653065
	85-84	189		0.11513			
85	85-144	111		0.75033			
	86-87	40	0,00397	0.44067			
	86-85	29		0.1588	0,696735		0,696735
86	86-202	282		0.11513			
	87-88	70	0,00397	1.11954	0,724525		0,724525
	87-86	40		0.2779			
87	87-214	255		0.1588			
	88-89	71	0,00397	1.01235	0,688795		0,688795
	88-87	70		0.28187			
88	88-213	206		0.2779			
	89-90	130	0,00397	0.81782	0,80194	0,9722	1,7741
	89-88	71		0.5161			
	89-212	158		0.28187			
89	89-138	45		0.62726			
90	90-174	57	0,00397	0.17865	1,191		1,191

	90-162	72		0.22629			
	90-89	130		0.28584			
	90-12	172		0.5161			
	90-137	169		0.68284			
91	91-4	41	0,00397	0.67093	0,53198		0,53198
	91-92	29		0.16277			
	91-244	198		0.11513			
92	92-91	29	0,00397	0.78606	0,533965		0,533965
	92-93	54		0.11513			
	92-243	186		0.21438			
93	93-94	75	0,00397	0.73842	0,39303	0,1388	1,0718
	93-92	54		0.29775			
	93-96	69		0.21438			
94	94-93	75	0,00397	0.27393	0,430745		0,430745
	94-95	72		0.29775			
	94-97	70		0.28584			
95	95-94	72	0,00397	0.2779	0,518085	0,0972	0,6153
	95-74	118		0.28584			
	95-98	71		0.46846			
96	96-5	123	0,00397	0.28187	0,76224		0,76224
	96-97	74		0.48831			
	96-93	69		0.29378			
	96-100	118		0.27393			
97	97-96	74	0,00397	0.46846	0,664975		0,664975
	97-98	73		0.29378			
	97-94	70		0.28981			
	97-101	118		0.2779			
98	98-97	73	0,00397	0.46846	0,748345		0,748345
	98-99	116		0.28981			
	98-95	71		0.46052			
	98-102	117		0.28187			
99	99-98	116	0,00397	0.46449	0,23026		0,23026

100	100-7	123	0,00397	0.46052	0,867445		0,867445
	100-101	75		0.48831			
	100-96	118		0.29775			
	100-106	121		0.46846			
101	101-100	75	0,00397	0.48037	0,522055		0,522055
	101-102	70		0.29775			
	101-97	118		0.2779			
102	102-101	70	0,00397	0.46846	0,73842		0,73842
	102-103	122		0.2779			
	102-98	117		0.48434			
	102-114	63		0.46449			
103	103-102	122	0,00397	0.25011	0,835685	0,3333	1,1690
	103-104	45		0.48434			
	103-74	190		0.17865			
	103-115	64		0.7543			
104	104-103	45	0,00397	0.25408	0,645125		0,645125
	104-105	40		0.17865			
	104-75	149		0.1588			
	104-156	91		0.59153			
105	105-104	40	0,00397	0.36127	0.093295		0.093295
	105-76	109		0.1588			
	105-153	7		0.42479			
106	106-9	127	0,00397	0.02779	1.006395		1.006395
	106-107	144		0.50419			
	106-100	121		0.57168			
	106-118	115		0.48037			
107	107-106	144	0,00397	0.45655	0.73445	0,3333	1,0677
	107-108	52		0.57168			
	107-114	60		0.20644			
	107-120	114		0.2382			
108	108-107	52	0,00397	0.45258	0.367225		0.367225
	108-109	68		0.20644			
	108-116	55		0.26996			

109	109-108	68	0,00397	0.25805	0.56771		0.56771
	109-110	43		0.26996			
	109-115	61		0.17071			
	109-122	114		0.24217			
110	110-109	43	0,00397	0.45258	0.38112		0.38112
	110-111	51		0.17071			
	110-156	36		0.20247			
	110-157	62		0.14292			
111	111-110	51	0,00397	0.24614	0.26202		0.26202
	111-112	22		0.20247			
	111-158	59		0.08734			
112	112-111	22	0,00397	0.23423	0.156815		0.156815
	112-113	24		0.08734			
	112-155	33		0.09528			
113	113-112	24	0,00397	0.13101	0.402955		0.402955
	113-80	91		0.09528			
	113-81	88		0.36127			
114	114-115	122	0,00397	0.34936	0.486325		0.486325
	114-102	63		0.48434			
	114-107	60		0.25011			
115	115-114	122	0,00397	0.2382	0.490295		0.490295
	115-103	64		0.48434			
	115-109	61		0.25408			
116	116-108	55	0,00397	0.24217	0.109175		0.109175
117	117-122	55	0,00397	0.21835	0.109175		0.109175
118	118-10	126	0,00397	0.21835	0.847595		0.847595
	118-119	74		0.50022			
	118-106	115		0.29378			
	118-125	112		0.45655			
119	119-118	74	0,00397	0.44464	0.50816	1,0417	1,5498
	119-120	70		0.29378			

	119-126	112		0.2779			
120	120-119	70	0,00397	0.44464	0.70666		4,5954
	120-121	60		0.2779		3,888	
	120-107	114		0.2382			
	120-127	112		0.45258			
121	121-120	60	0,00397	0.44464	0.34142		0.34142
	121-122	57		0.2382			
	121-117	55		0.22629			
122	122-121	57	0,00397	0.21835	0.561755		0.561755
	122-109	114		0.22629			
	122-128	112		0.45258			
123	123-12	63	0,00397	0.44464	0.307675		0.307675
	123-124	33		0.25011			
	123-129	59		0.13101			
124	124-123	33	0,00397	0.13101	0.21438		0.21438
	124-125	29		0.11513			
	124-130	46		0.18262			
125	125-124	28	0,00397	0.11116	0.49625		0.49625
	125-126	77		0.30569			
	125-118	112		0.44464			
	125-131	33		0.13101			
126	126-125	77	0,00397	0.30569	0.514115		0.514115
	126-127	70		0.2779			
	126-119	112		0.44464			
127	127-126	70	0,00397	0.2779	0.58359		0.58359
	127-128	112		0.44464			
	127-120	112		0.44464			
128	128-127	112	0,00397	0.44464	0.764225		0.764225
	128-82	128		0.50816			
	128-122	112		0.44464			
	128-136	33		0.13101			
129	129-123	59	0,00397	0.23423	0.117115		0.117115

130	130-124	46	0,00397	0.18262	0.09131		0.09131
131	131-125	33	0,00397	0.13101	0.176665		0.176665
	131-137	18		0.07146			
	131-132	38		0.15086			
132	132-131	38	0,00397	0.15086	0.402955		0.402955
	132-133	35		0.13895			
	132-139	130		0.5161			
133	133-132	35	0,00397	0.13895	0.398985		0.398985
	133-239	37		0.14689			
	133-140	129		0.51213			
134	134-239	33	0,00397	0.13101	0.49228		0.49228
	134-135	86		0.34142			
	134-142	129		0.51213			
135	135-134	86	0,00397	0.34142	0.48434		0.48434
	135-136	30		0.1191			
	135-145	128		0.50816			
136	136-135	30	0,00397	0.1191	0.121085		0.121085
	136-128	33		0.13101			
	136-242	59		0.23423			
137	137-131	18	0,00397	0.07146	0.593515		0.593515
	137-90	169		0.67093			
	137-138	112		0.44464			
138	138-139	38	0,00397	0.15086	0.387075		0.387075
	138-137	112		0.44464			
	138-89	45		0.17865			
139	139-138	38	0,00397	0.15086	0.410895		0.410895
	139-140	39		0.15483			
	139-132	130		0.5161			
140	140-139	39	0,00397	0.15483	0.6749		0.6749
	140-141	63		0.25011			
	140-133	128		0.66696			
	140-88	70		0.2779			

141	141-140	63	0,00397	0.25011	0.45655		0.45655
	141-142	38		0.15086			
	141-239	129		0.51213			
142	142-141	39	0,00397	0.15483	0.573665		0.573665
	142-143	28		0.11116			
	142-134	129		0.51213			
	142-87	93		0.36921			
143	143-142	28	0,00397	0.11116	0.30569		0.30569
	143-144	28		0.11116			
	143-240	98		0.38906			
144	144-143	28	0,00397	0.11116	0.518085		0.518085
	144-145	24		0.09528			
	144-241	98		0.38906			
	144-85	111		0.44067			
145	145-144	24	0,00397	0.09528	0.510145		0.510145
	145-84	29		0.11513			
	145-135	128		0.50816			
	145-146	76		0.30172			
146	146-145	75	0,00397	0.29775	0.148875		0.148875
147	147-152	136	0,00397	0.53992	0.58756		0.58756
	147-159	88		0.34936			
	147-77	40		0.1588			
	147-148	32		0.12704			
148	148-160	84	0,00397	0.33348	0.30966		0.30966
	148-147	32		0.12704			
	148-149	40		0.1588			
149	149-153	163	0,00397	0.64711	0.61932		0.61932
	149-161	80		0.3176			
	149-148	40		0.1588			
	149-150	29		0.11513			
150	150-154	118	0,00397	0.46846	0.34142		0.34142
	150-149	29		0.11513			

	150-151	25		0.09925			
151	151-155	116	0,00397	0.46052	0.33348		0.33348
	151-80	25		0.09925			
	151-150	27		0.10719			
152	152-147	136	0,00397	0.53992	0.26996		0.26996
153	153-149	168	0,00397	0.66696	0.506175		0.506175
	153-105	7		0.02779			
	153-154	80		0.3176			
154	154-150	118	0,00397	0.46846	0.482355		0.482355
	154-153	80		0.3176			
	154-155	45		0.17865			
155	155-156	78	0,00397	0.30966	0.53992		0.53992
	155-151	116		0.46052			
	155-154	45		0.17865			
	155-112	33		0.13101			
156	156-155	78	0,00397	0.30966	0.406925		0.406925
	156-104	91		0.36127			
	156-110	36		0.14292			
157	157-110	62	0,00397	0.24614	0.12307		0.12307
158	158-111	59	0,00397	0.23423	0.117115		0.117115
159	159-147	88	0,00397	0.34936	0.3176		0.3176
	159-78	40		0.1588			
	159-160	32		0.12704			
160	160-148	84	0,00397	0.33348	0.28981		0.28981
	160-159	32		0.12704			
	160-161	30		0.1191			
161	161-149	80	0,00397	0.3176	0.29775		0.29775
	161-160	30		0.1191			
	161-79	40		0.1588			
162	162-163	168	0,00397	0.66696	0.65108		0,7898

	162-90	72		0.28584			
	162-212	88		0.34936		0,1388	
163	163-162	168	0,00397	0.66696	0.529995		0.529995
	163-164	49		0.19453			
	163-215	50		0.1985			
164	164-163	49	0,00397	0.19453	0.510145		0.510145
	164-196	57		0.22629			
	164-165	59		0.23423			
	164-217	92		0.36524			
165	165-185	274	0,00397	1.08778	1.014335		1.014335
	165-164	59		0.23423			
	165-166	45		0.17865			
	165-219	133		0.52801			
166	166-197	97	0,00397	0.38509	0.61138		0.61138
	166-220	116		0.46052			
	166-165	45		0.17865			
	166-167	50		0.1985			
167	167-221	96	0,00397	0.38112	0.375165		0.375165
	167-166	50		0.1985			
	167-168	43		0.17071			
168	168-222	79	0,00397	0.31363	0.323555		0.323555
	168-167	43		0.33348			
	168-169	84		0.32554			
169	169-201	82	0,00397	0.24614	0.69872		0.69872
	169-223	62		0.33348			
	169-168	84		0.49228			
	169-170	124		0.26996			
170	170-227	68	0,00397	0.49228	0.61535		0.61535
	170-169	124		0.46846			
	170-171	118		0.29378			
171	171-228	74	0,00397	0.46846	1.40141		1.40141
	171-170	118		2.04058			
	171-172	514		2.04058			

172	172-171	514	0,00397	0.5558	1.8262		1.8262
	172-200	140		1.05602			
	172-173	266		0.17071			
173	173-193	43	0,00397	1.10763	1.16718		1.16718
	173-22	279		1.05602			
	173-172	266		0.28981			
174	174-175	73	0,00397	0.28981	1.034185		1.034185
	174-90	57		0.22629			
	174-13	154		0.61138			
	174-196	237		0.94089			
175	175-176	60	0,00397	0.2382	0.8734		0.8734
	175-174	73		0.28981			
	175-14	132		0.52404			
	175-195	175		0.69475			
176	176-175	60	0,00397	0.2382	0.4764		0.4764
	176-177	61		0.24217			
	176-184	119		0.47243			
177	177-178	90	0,00397	0.3573	0.60344		0.60344
	177-15	53		0.21041			
	177-176	61		0.63917			
178	178-199	139	0,00397	0.55183	0.56374		0.56374
	178-177	90		0.3573			
	178-17	55		0.21835			
179	179-180	50	0,00397	0.1985	0.63123		0.63123
	179-178	139		0.55183			
	179-19	52		0.20644			
	179-19	77		0.30569			
180	180-182	77	0,00397	0.30569	0.252095		0.252095
	180-179	50		0.1985			
181	181-182	49	0,00397	0.19453	0.25011		0.25011
	181-179	77		0.30569			
182	182-183	53	0,00397	0.21041	0.355315		0.355315
	182-181	49		0.19453			

	182-180	77		0.30569			
183	183-182	53	0,00397	0.21041	0.42479		0.42479
	183-21	104		0.41288			
	183-189	57		0.22629			
184	184-185	68	0,00397	0.26996	0.577635		4,4664
	184-176	119		0.47243			
	184-195	104		0.41288			
185	185-186	44	0,00397	0.17468	0.76621		0.76621
	185-184	68		0.26996			
	185-165	274		1.08778			
186	186-187	20	0,00397	0.0794	0.55183		0.55183
	186-185	44		0.17468			
	186-197	214		0.84958			
187	187-186	20	0,00397	0.0794	0.18262		0.18262
	187-181	23		0.09131			
	187-188	49		0.19453			
188	188-189	87	0,00397	0.34539	0.64314		0.64314
	188-187	49		0.19453			
	188-192	188		0.74636			
189	189-190	38	0,00397	0.15086	0.36127		0.36127
	189-188	87		0.34539			
	189-183	57		0.22629			
190	190-189	38	0,00397	0.15086	0.426775		0.426775
	190-22	164		0.65108			
	190-191	13		0.05161			
191	191-193	62	0,00397	0.24614	0.248125		0.248125
	191-190	13		0.05161			
	191-192	50		0.1985			
192	192-188	183	0,00397	0.72651	0.53992		0.53992
	192-191	50		0.1985			
	192-194	39		0.15483			
193	193-173	43	0,00397	0.17071	0.514115		2,7363
	193-191	62		0.24614			

	193-194	154		0.61138			
194	194-192	39	0,00397	0.15483	0.700705		0.700705
	144-193	154		0.61138			
	194-200	160		0.6352			
195	195-184	104	0,00397	0.41288	0.68681		0.68681
	195-175	175		0.69475			
	195-96	67		0.26599			
196	196-195	67	0,00397	0.26599	0.716585		0.716585
	196-174	237		0.94089			
	196-164	57		0.22629			
197	197-198	40	0,00397	0.1588	0.696735		0.696735
	197-186	214		0.84958			
	197-166	97		0.38509			
198	198-199	94	0,00397	0.37318	0.58756		0.58756
	198-179	40		0.1588			
	198-201	162		0.64314			
199	199-200	63	0,00397	0.25011	0.51213		0.51213
	199-198	94		0.37318			
	199-201	101		0.40097			
200	200-172	140	0,00397	0.5558	0.720555		0.720555
	200-199	63		0.25011			
	200-194	160		0.6352			
201	201-199	101	0,00397	0.40097	0.684825		0.684825
	201-198	162		0.64314			
	201-169	82		0.32554			
202	202-214	32	0,00397	0.12704	1.05602		1.05602
	202-86	282		1.14336			
	202-203	212		0.84164			
203	203-218	33	0,00397	0.13101	0.803925		0.803925
	203-202	211		0.83767			
	203-204	161		0.63917			

204	204-222	37	0,00397	0.14689	0.835685		0.835685
	204-203	161		0.63917			
	204-205	168		0.66696			
	204-224	55		0.21835			
205	205-204	168	0,00397	0.66696	0.54786		0.54786
	205-206	60		0.2382			
	205-225	48		0.19056			
206	206-205	60	0,00397	0.2382	0.402955		0.402955
	206-207	99		0.39303			
	206-226	44		0.17468			
207	207-206	99	0,00397	0.39303	0.55977		0.55977
	207-226	60		0.2382			
	207-208	123		0.48831			
208	208-238	60	0,00397	0.2382	0.5955		0.5955
	208-207	123		0.48831			
	208-209	117		0.46449			
209	209-237	61	0,00397	0.24217	0.597485		0.597485
	209-208	117		0.46449			
	209-210	123		0.48831			
210	201-211	86	0,00397	0.34142	0.533965		0.533965
	210-209	123		0.48831			
	210-237	60		0.2382			
211	211-229	214	0,00397	0.84958	0.67887		0.67887
	211-210	68		0.26996			
	211-236	60		0.2382			
212	212-162	88	0,00397	0.34936	0.96471		0.96471
	212-213	50		0.1985			
	212-215	163		0.64711			
	212-89	185		0.73445			
213	213-212	50	0,00397	0.1985	0.946845		0.946845
	213-214	59		0.23423			

	212-88	206		0.81782			
	212-216	162		0.64314			
	214-213	53	0,00397	0.21041	1.105645		1.105645
	214-202	32		0.15086			
	214-87	255		1.01235			
214	214-218	211		0.83767			
	215-163	50	0,00397	0.1985	0.526025		0.526025
	215-216	52		0.20644			
215	215-212	163		0.64711			
	216-215	52	0,00397	0.20644	0.52007		0.52007
	216-213	162		0.64314			
216	216-217	48		0.19056			
	217-164	92	0,00397	0.36524	0.38509		0.38509
	217-216	48		0.19056			
217	217-218	54		0.21438			
	218-217	54	0,00397	0.21438	0.69078		0.69078
	218-203	33		0.13101			
	218-214	211		0.83767			
218	218-219	50		0.1985			
	219-165	133	0,00397	0.52801	0.46052		0.46052
	219-218	50		0.1985			
219	219-220	49		0.19453			
	220-166	116	0,00397	0.46052	0.422805		0.422805
	220-219	49		0.19453			
220	220-221	48		0.19056			
	221-167	96	0,00397	0.38112	0.335465		0.335465
	221-220	48		0.19056			
221	221-222	25		0.09925			
	222-168	79	0,00397	0.31363	0.279885		0.279885
	222-221	25		0.09925			
222	222-204	37		0.14689			

223	223-169	62	0,00397	0.24614	0.49228		0.49228
	223-224	63		0.25011			
	223-227	123		0.48831			
224	224-223	63	0,00397	0.25011	0.557785		0.557785
	224-225	154		0.61138			
	224-230	64		0.25408			
225	225-224	154	0,00397	0.61138	0.645125		0.645125
	225-226	59		0.23423			
	225-205	48		0.19056			
	225-233	64		0.25408			
226	226-225	59	0,00397	0.23423	0.565725		0.565725
	226-207	60		0.2382			
	226-206	44		0.17468			
	226-238	122		0.48434			
227	227-170	68	0,00397	0.26996	0.732465		0.732465
	227-231	61		0.24217			
	227-223	123		0.48831			
	227-228	117		0.46449			
228	228-171	74	0,00397	0.29378	0.498235		0.498235
	228-229	60		0.2382			
	228-227	117		0.46449			
229	229-228	60	0,00397	0.2382	0.96471		0.96471
	229-236	154		0.61138			
	229-232	58		0.23026			
	229-211	214		0.84958			
230	230-231	58	0,00397	0.23026	0.54786		0.54786
	230-233	154		0.61138			
	230-224	64		0.25408			
231	231-227	61	0,00397	0.24217	0.657035		0.657035
	231-234	154		0.61138			
	231-230	58		0.23026			
	231-232	58		0.23026			
232	232-235	154	0,00397	0.61138	0.53595		0.53595

	232-231	58		0.23026			
	232-229	58		0.23026			
233	233-230	154	0,00397	0.61138	0.54786		0.54786
	233-225	64		0.25408			
	233-234	58		0.23026			
234	234-231	154	0,00397	0.61138	0.657035		0.657035
	234-238	60		0.2382			
	234-233	58		0.23026			
	234-235	59		0.23423			
235	235-323	154	0,00397	0.61138	0.53992		0.53992
	235-234	59		0.23423			
	235-236	59		0.23423			
236	236-229	154	0,00397	0.61138	0.661005		0.661005
	236-237	60		0.2382			
	236-235	59		0.23423			
	236-211	60		0.2382			
237	237-236	60	0,00397	0.2382	0.514115		0.514115
	237-209	61		0.24217			
	237-238	78		0.30966			
	237-210	60		0.2382			
238	238-234	60	0,00397	0.2382	0.7146		0.7146
	238-208	60		0.2382			
	238-226	122		0.48434			
	238-237	118		0.46846			
239	239-133	37	0,00397	0.14689	0.395015		0.395015
	239-134	33		0.13101			
	239-141	129		0.51213			

240	240-143	98	0,00397	0.38906	0.19453		0.19453
241	241-144	98	0,00397	0.38906	0.19453		0.19453
242	242-136	59	0,00397	0.23423	0.454565		0.454565
	242-83	102		0.40494			
	242-84	68		0.26996			
243	243-92	186	0,00397	0.73842	0.36921		0.36921
244	244-91	198	0,00397	0.78606	0.39303		0.39303

**Annexe (VI.2) : Etat des nœuds de réseau après simulation**

	Altitude	Demande Base	Charge	Pression
ID Nœud	m	l/s	m	m
Noeud 1	982.58	2.60	1050.95	68.37
Noeud 2	984.70	4.43	1050.77	66.07
Noeud 3	984.37	3.13	1050.71	66.34
Noeud 4	987.09	0.46	1050.57	63.48
Noeud 5	985.34	0.57	1050.42	65.08
Noeud 6	985.91	0.31	1050.07	64.16
Noeud 7	988.35	0.48	1049.83	61.48
Noeud 8	988.89	0.38	1049.71	60.82
Noeud 9	990.62	0.46	1049.35	58.73
Noeud 10	991.44	0.55	1048.93	57.49
Noeud 11	991.87	0.34	1048.80	56.93
Noeud 12	993.13	0.73	1048.67	55.54
Noeud 13	994.33	0.70	1047.88	53.55
Noeud 14	995.79	0.63	1047.60	51.81
Noeud 15	995.83	0.66	1047.37	51.54
Noeud 16	981.61	0.46	1049.60	67.99
Noeud 17	983.02	0.60	1049.89	66.87
Noeud 18	984.21	0.56	1046.39	62.18
Noeud 19	982.17	0.60	1049.20	67.03
Noeud 20	984.82	0.50	1049.97	65.15
Noeud 21	989.68	0.51	1047.04	57.36
Noeud 22	989.63	1.03	1048.42	58.79
Noeud 23	984.44	0.31	1046.43	61.99
Noeud 24	985.36	0.48	1049.45	64.09
Noeud 25	984.87	0.50	1049.16	64.29
Noeud 26	984.76	0.40	1049.16	64.40
Noeud 27	983.62	0.96	1048.67	65.05
Noeud 28	983.47	2.29	1048.66	65.19

Noeud 29	983.61	2.22	1041.64	58.03
Noeud 30	985.33	1.37	1048.19	62.86
Noeud 31	988.33	0.53	1045.20	56.87
Noeud 32	988.84	0.53	1042.56	53.72
Noeud 33	991.02	0.59	1041.33	50.31
Noeud 34	996.89	0.84	1039.62	42.73
Noeud 35	997.46	2.39	1038.82	41.36
Noeud 36	984.84	0.43	1048.46	63.62
Noeud 37	984.53	0.27	1043.20	58.67
Noeud 38	984.72	1.28	1048.27	63.55
Noeud 39	984.63	0.65	1047.85	63.22
Noeud 40	985.88	1.91	1047.02	61.14
Noeud 41	984.39	0.59	1048.32	63.93
Noeud 42	981.87	0.41	1038.29	56.42
Noeud 43	988.84	0.35	1049.63	60.79
Noeud 44	988.17	0.42	1048.89	60.72
Noeud 45	988.99	1.15	1049.08	60.09
Noeud 46	989.21	0.41	1048.25	59.04
Noeud 47	987.24	0.22	1044.89	57.65
Noeud 48	987.40	2.81	1048.35	60.95
Noeud 49	985.05	3.88	1046.96	61.91
Noeud 50	984.23	0.38	1047.56	63.33
Noeud 52	990.80	0.46	1048.80	58.00
Noeud 53	990.27	0.28	1048.69	58.42
Noeud 54	990.14	0.25	1048.67	58.53
Noeud 55	989.68	0.84	1048.62	58.94
Noeud 56	989.11	0.67	1048.55	59.44
Noeud 57	988.58	4.38	1048.51	59.93
Noeud 58	988.13	0.39	1048.43	60.30
Noeud 59	987.59	0.67	1048.36	60.77
Noeud 60	986.57	0.67	1048.31	61.74
Noeud 61	985.42	0.39	1048.26	62.84

Noeud 62	986.49	0.42	1045.54	59.05
Noeud 63	993.29	0.74	1039.12	45.83
Noeud 64	993.80	0.76	1035.76	41.96
Noeud 65	991.86	0.80	1034.26	42.40
Noeud 66	989.26	0.77	1035.09	45.83
Noeud 67	988.91	0.74	1035.90	46.99
Noeud 68	988.91	0.74	1036.25	47.34
Noeud 69	990.33	1.62	1046.75	56.42
Noeud 70	995.24	0.63	1042.59	47.35
Noeud 71	995.13	0.68	1043.11	47.98
Noeud 72	994.40	0.40	1044.01	49.61
Noeud 73	994.28	0.48	1044.08	49.80
Noeud 74	993.17	1.54	1044.29	51.12
Noeud 75	991.07	0.52	1044.52	53.45
Noeud 76	990.16	0.91	1044.83	54.67
Noeud 77	989.70	0.66	1044.98	55.28
Noeud 78	989.50	0.95	1028.40	38.90
Noeud 79	994.27	0.93	1041.04	46.77
Noeud 80	993.97	0.73	1036.82	42.85
Noeud 81	994.05	0.77	1033.83	39.78
Noeud 82	993.28	0.70	1042.96	49.68
Noeud 83	989.05	0.64	1037.03	47.98
Noeud 84	993.22	0.82	1041.29	48.07
Noeud 85	990.36	0.56	1035.14	44.78
Noeud 86	995.32	0.7	1040.17	44.85
Noeud 87	994.40	0.72	1042.14	47.74
Noeud 88	993.88	0.69	1039.56	45.68
Noeud 89	994.08	0.77	1038.84	44.76
Noeud 90	993.58	1.19	1039.68	46.10
Noeud 91	992.43	0.53	1037.07	44.64
Noeud 92	991.62	0.53	1036.34	44.72
Noeud 93	991.80	1.07	1040.85	49.05

Noeud 94	991.58	0.43	1040.31	48.73
Noeud 95	992.55	0.62	1038.78	46.23
Noeud 96	989.86	0.76	1036.76	46.90
Noeud 97	995.67	0.66	1037.57	41.90
Noeud 98	996.28	0.75	1035.73	39.45
Noeud 99	991.37	0.23	1039.30	47.93
Noeud 100	990.83	0.87	1040.73	49.90
Noeud 101	993.95	0.52	1033.55	39.60
Noeud 102	993.24	0.74	1038.43	45.19
Noeud 103	996.33	1.17	1038.21	41.88
Noeud 104	995.88	0.65	1047.32	51.44
Noeud 105	997.27	0.09	1047.09	49.82
Noeud 106	998.20	1.01	1046.69	48.49
Noeud 107	999.10	1.07	1046.49	47.39
Noeud 108	999.14	0.36	1046.44	47.30
Noeud 109	999.28	0.57	1039.66	40.38
Noeud 110	995.70	0.38	1046.71	51.01
Noeud 111	996.31	0.26	1047.15	50.84
Noeud 112	995.94	0.16	1041.84	45.90
Noeud 113	995.90	0.4	1040.50	44.60
Noeud 114	996.22	0.49	1039.63	43.41
Noeud 115	997.00	0.49	1037.28	40.28
Noeud 116	997.31	0.11	1036.99	39.68
Noeud 117	997.63	0.11	1036.32	38.69
Noeud 118	998.75	0.85	1035.27	36.52
Noeud 119	997.21	1.55	1045.76	48.55
Noeud 120	998.15	4.60	1027.92	29.77
Noeud 121	999.06	0.34	1029.53	30.47
Noeud 122	997.18	0.56	1043.67	46.49
Noeud 123	996.26	0.31	1042.01	45.75
Noeud 124	997.72	0.21	1021.59	23.87
Noeud 125	998.75	0.5	1027.24	28.49

Noeud 126	996.74	0.51	1040.65	43.91
Noeud 127	996.65	0.58	1033.02	36.37
Noeud 128	997.42	0.76	1031.57	34.15
Noeud 129	997.28	0.12	1034.22	36.94
Noeud 130	997.93	0.9	1034.64	36.71
Noeud 131	998.14	0.18	1035.08	36.94
Noeud 132	998.81	0.4	1035.95	37.14
Noeud 133	997.72	0.4	1037.16	39.44
Noeud 134	998.02	0.49	1036.13	38.11
Noeud 135	998.05	0.48	1038.77	40.72
Noeud 136	999.80	0.12	1044.61	44.81
Noeud 137	1000.37	0.59	1045.06	44.69
Noeud 138	1000.68	0.39	1044.63	43.95
Noeud 139	999.48	0.41	1034.16	34.68
Noeud 140	999.06	0.67	1040.65	41.59
Noeud 141	999.22	0.46	1042.80	43.58
Noeud 142	1000.50	0.57	1043.53	43.03
Noeud 143	1000.01	0.31	1043.09	43.08
Noeud 144	1000.59	0.52	1042.71	42.12
Noeud 145	1000.40	0.51	1043.27	42.87
Noeud 146	1000.66	0.15	1043.72	43.06
Noeud 147	1000.40	0.59	1044.04	43.64
Noeud 148	1000.48	0.31	1044.35	43.87
Noeud 149	1002.16	0.62	1044.47	42.31
Noeud 150	1002.60	0.34	1038.65	36.05
Noeud 151	991.50	0.33	1047.61	56.11
Noeud 152	990.74	0.27	1035.77	45.03
Noeud 153	988.88	0.5	1049.56	60.68
Noeud 154	989.75	0.48	1049.30	59.55
Noeud 155	990.75	0.54	1049.14	58.39
Noeud 156	991.49	0.41	1048.87	57.38
Noeud 157	991.68	0.12	1048.25	56.57

Noeud 158	985.92	0.12	1039.49	53.57
Noeud 159	986.22	0.32	1046.13	59.91
Noeud 160	990.21	0.29	1046.92	56.71
Noeud 161	991.56	0.3	1048.61	57.05
Noeud 162	992.22	0.79	1047.63	55.41
Noeud 163	992.12	0.53	1044.67	52.55
Noeud 164	991.25	0.51	1046.20	54.95
Noeud 165	991.76	1.01	1047.35	55.59
Noeud 166	992.85	0.61	1045.09	52.24
Noeud 167	993.29	0.37	1043.54	50.25
Noeud 168	993.15	0.32	1048.58	55.43
Noeud 169	993.72	0.7	1047.87	54.15
Noeud 170	994.21	0.62	1047.71	53.50
Noeud 171	994.75	1.4	1047.52	52.77
Noeud 172	994.10	1.83	1047.11	53.01
Noeud 173	992.23	1.16	1043.82	51.59
Noeud 174	992.09	1.03	1030.26	38.17
Noeud 175	993.23	0.87	1047.44	54.21
Noeud 176	994.42	0.48	1047.80	53.38
Noeud 177	994.75	0.6	1047.46	52.71
Noeud 178	994.91	0.56	1044.77	49.86
Noeud 179	995.14	0.63	1046.50	51.36
Noeud 180	995.38	0.25	1042.91	47.53
Noeud 181	996.07	0.25	1040.48	44.41
Noeud 182	995.34	0.36	1042.21	46.87
Noeud 183	994.72	0.42	1046.79	52.07
Noeud 184	994.62	4.47	1046.58	51.96
Noeud 185	994.94	0.76	1046.26	51.32
Noeud 186	995.54	0.55	1044.94	49.40
Noeud 187	995.98	0.18	1044.61	48.63
Noeud 188	996.21	0.64	1042.66	46.45
Noeud 189	997.43	0.36	1042.98	45.55

Noeud 190	995.81	0.42	1039.74	43.93
Noeud 191	995.81	0.24	1044.31	48.50
Noeud 192	997.31	0.54	1040.00	42.69
Noeud 193	997.72	2.73	1039.24	41.52
Noeud 194	998.25	0.7	1045.02	46.77
Noeud 195	997.08	0.68	1041.29	44.21
Noeud 196	998.54	0.72	1033.08	34.54
Noeud 197	993.20	0.7	1045.20	52.00
Noeud 198	994.08	0.58	1046.43	52.35
Noeud 199	997.69	0.51	1042.18	44.49
Noeud 200	997.59	0.72	1039.66	42.07
Noeud 201	993.88	0.68	1044.36	50.48
Noeud 202	991.52	1.06	1041.48	49.96
Noeud 203	992.90	0.8	1043.27	50.37
Noeud 204	996.12	0.84	1041.42	45.30
Noeud 205	996.07	0.55	1046.11	50.04
Noeud 206	997.29	0.4	1045.26	47.97
Noeud 207	997.89	0.56	1042.60	44.71
Noeud 208	995.83	0.59	1043.99	48.16
Noeud 209	995.84	0.6	1043.28	47.44
Noeud 210	996.26	0.53	1043.04	46.78
Noeud 211	996.51	0.67	1041.89	45.38
Noeud 212	996.89	0.96	1041.31	44.42
Noeud 213	997.50	0.95	1041.90	44.40
Noeud 137'	1001.35	0.34	1044.82	43.47
Noeud 82'	990.92	0.83	1041.56	50.64
Réservoir 214	1061.83	Sans Valeur	1063.83	2.00

*Annexe (VI.3) : Etat des arcs de réseau après simulation*

	Longueur	Diamètre	Rugosité	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.
ID Arc	m	mm	mm	l/s	m/s	m/km
Tuyau 1	8000	450	0.016	161.01	1.01	1.61
Tuyau 2	118	450	0.016	157.95	0.99	1.55
Tuyau 3	22	400	0.016	150.73	1.20	2.53
Tuyau 4	60	400	0.016	146.28	1.16	2.40
Tuyau 5	65	400	0.016	145.06	1.15	2.36
Tuyau 6	147	400	0.013	144.49	1.15	2.33
Tuyau 7	121	400	0.013	132.95	1.06	2.00
Tuyau 8	69	400	0.013	124.30	0.99	1.76
Tuyau 9	117	350	0.013	118.11	1.23	3.08

Tuyau 10	65	300	0.013	117.09	1.66	6.43
Tuyau 11	55	300	0.013	67.96	0.96	2.36
Tuyau 12	115	300	0.013	46.57	0.66	1.18
Tuyau 13	109	200	0.013	42.70	1.36	7.23
Tuyau 14	161	250	0.013	35.34	0.72	1.73
Tuyau 15	11	147.60	0.013	34.33	2.01	21.39
Tuyau 16	69	40	0.015	0.46	0.65	19.63
Tuyau 17	67	53.60	0.015	1.76	0.78	13.14
Tuyau 18	265	45	0.013	0.56	0.58	13.18
Tuyau 19	46	45	0.015	0.60	0.62	14.98
Tuyau 20	68	50	0.013	1.32	0.67	10.91
Tuyau 21	262	45	0.013	0.51	0.53	11.17
Tuyau 22	334	50	0.015	1.03	0.52	7.04
Tuyau 23	220	47	0.013	0.31	0.54	16.11
Tuyau 24	175	140	0.013	11.22	0.73	3.56
Tuyau 25	128	140	0.013	8.76	0.57	2.28
Tuyau 26	4	184.60	0.013	7.02	0.26	0.41
Tuyau 27	197	109	0.013	4.71	0.51	2.49
Tuyau 28	10	147.60	0.013	3.75	0.22	0.39
Tuyau 29	329	40	0.013	1.05	0.84	21.34
Tuyau 30	151	40	0.013	-0.72	1.02	43.37
Tuyau 31	268	147.60	0.013	24.12	1.41	11.14
Tuyau 32	155	80	0.013	5.97	1.19	17.08
Tuyau 33	100	81.40	0.013	5.21	1.00	12.25
Tuyau 34	488	80	0.013	2.49	0.49	3.52
Tuyau 35	80	45	0.013	0.48	0.50	9.88
Tuyau 36	83	57	0.013	1.98	0.78	11.99
Tuyau 37	288	45	0.013	0.27	0.55	18.26
Tuyau 38	34	57	0.013	1.28	0.50	5.50
Tuyau 39	145	40	0.013	0.65	0.52	9.04
Tuyau 40	244	60	0.013	1.91	0.68	8.77
Tuyau 41	58	45	0.013	0.59	0.61	14.46

Tuyau 42	271	45	0.013	0.41	0.84	38.29
Tuyau 43	14	100	0.013	5.81	0.74	5.51
Tuyau 44	33	40	0.013	1.09	0.87	22.69
Tuyau 45	388	40	0.013	0.45	0.63	18.67
Tuyau 46	62	81.40	0.013	4.37	0.84	8.92
Tuyau 47	52	40	0.013	0.41	0.58	15.92
Tuyau 48	170	42	0.013	0.22	0.58	23.51
Tuyau 49	166	80	0.013	2.81	0.56	4.38
Tuyau 50	99	57	0.013	2.12	0.83	13.56
Tuyau 51	61	57	0.013	-1.76	0.69	9.70
Tuyau 54	96	65	0.013	2.14	0.64	7.31
Tuyau 55	73	280	0.013	48.58	0.79	1.78
Tuyau 56	65	280	0.013	47.38	0.77	1.70
Tuyau 57	23	300	0.013	46.34	0.66	1.17
Tuyau 58	39	300	0.013	45.67	0.65	1.14
Tuyau 59	60	290	0.013	42.17	0.64	1.16
Tuyau 60	38	290	0.013	40.70	0.62	1.09
Tuyau 61	64	270	0.013	35.79	0.63	1.22
Tuyau 62	61	270	0.013	34.63	0.60	1.15
Tuyau 63	52	270	0.013	33.22	0.58	1.06
Tuyau 64	57	270	0.013	29.68	0.52	0.87
Tuyau 65	81	260	0.013	26.21	0.49	0.83
Tuyau 66	188	40	0.013	0.42	0.59	16.61
Tuyau 67	212	40	0.013	0.74	1.05	45.65
Tuyau 68	270	40	0.013	0.76	1.08	47.90
Tuyau 69	272	40	0.013	0.80	1.13	52.54
Tuyau 70	272	40	0.013	0.77	1.09	49.04
Tuyau 71	273	40	0.013	0.74	1.05	45.65
Tuyau 72	264	40	0.013	0.74	1.05	45.65
Tuyau 73	229	57	0.013	1.62	0.63	8.37
Tuyau 74	44	40	0.013	0.41	1.29	108.51
Tuyau 75	14	44	0.013	-0.92	1.02	37.36

Tuyau 76	61	60	0.013	-2.53	0.90	14.63
Tuyau 77	11	80	0.013	-3.65	0.73	7.04
Tuyau 78	60	100	0.013	-4.41	0.56	3.36
Tuyau 79	103	140	0.013	-8.80	0.57	2.29
Tuyau 80	144	150	0.013	-10.12	0.57	2.12
Tuyau 81	105	180	0.013	-13.17	0.52	1.41
Tuyau 82	108	184.60	0.013	-17.62	0.66	2.12
Tuyau 83	277	40	0.013	0.95	1.34	71.69
Tuyau 84	214	45	0.013	0.93	0.58	9.70
Tuyau 85	131	40	0.013	0.28	0.88	55.44
Tuyau 86	61	40	0.013	0.77	1.09	49.04
Tuyau 87	54	40	0.013	-1.22	1.73	113.76
Tuyau 88	92	40	0.013	0.13	0.42	15.23
Tuyau 89	60	40	0.013	0.78	1.10	49.91
Tuyau 90	53	40	0.013	-0.60	0.85	31.57
Tuyau 91	222	40	0.013	0.56	0.79	27.70
Tuyau 92	235	40	0.013	0.70	0.56	10.31
Tuyau 93	172	40	0.013	0.72	0.57	10.84
Tuyau 94	118	45.20	0.013	2.07	1.29	40.02
Tuyau 95	67	40	0.013	0.72	0.57	10.82
Tuyau 96	64	40	0.013	-0.80	0.64	13.09
Tuyau 97	121	45.20	0.013	2.14	1.33	42.57
Tuyau 98	137	40	0.013	0.15	0.48	19.01
Tuyau 99	29	40	0.013	0.53	0.75	25.11
Tuyau 100	57	40	0.013	-0.91	1.29	66.28
Tuyau 101	53	57	0.013	1.81	0.71	10.21
Tuyau 102	46	40	0.013	0.62	0.88	33.23
Tuyau 103	74	40	0.013	0.76	1.08	47.90
Tuyau 104	215	40	0.013	0.66	0.53	9.29
Tuyau 105	267	40	0.013	0.75	0.60	11.66
Tuyau 106	106	57	0.013	-3.79	1.49	38.93
Tuyau 107	81	40	0.013	0.23	0.73	40.19

Tuyau 108	44	57	0.013	2.13	0.83	13.68
Tuyau 109	296	40	0.013	0.52	0.74	24.27
Tuyau 110	124	40	0.015	0.74	0.72	18.51
Tuyau 111	160	50	0.013	1.17	0.60	8.79
Tuyau 112	3	147.60	0.013	27.44	1.60	14.14
Tuyau 113	133	180	0.013	15.01	0.59	1.79
Tuyau 114	88	147.60	0.013	14.73	0.86	4.52
Tuyau 115	72	147.60	0.013	11.23	0.66	2.76
Tuyau 116	19	130	0.013	7.90	0.60	2.70
Tuyau 117	98	45	0.013	0.57	1.16	69.12
Tuyau 118	64	40	0.013	0.38	0.54	13.92
Tuyau 119	64	150	0.013	11.78	0.67	2.78
Tuyau 120	168	81.40	0.013	8.74	1.68	31.60
Tuyau 121	49	81.40	0.013	8.07	1.55	27.29
Tuyau 122	52	81.40	0.013	6.18	1.19	16.75
Tuyau 123	52	60	0.013	4.71	1.67	45.10
Tuyau 124	50	81.40	0.013	3.48	0.67	5.92
Tuyau 125	41	60	0.013	2.69	0.95	16.22
Tuyau 126	70	60	0.013	2.58	0.91	15.03
Tuyau 127	80	60	0.015	2.78	0.98	17.30
Tuyau 128	50	40	0.015	0.36	2.02	356.76
Tuyau 129	54	60	0.015	-3.73	1.32	29.67
Tuyau 130	137	44	0.015	0.56	0.62	15.24
Tuyau 131	160	45	0.015	0.31	0.63	23.44
Tuyau 132	184	40	0.015	0.21	0.67	34.44
Tuyau 133	212	45	0.013	0.50	0.52	10.79
Tuyau 134	92	44	0.015	0.51	0.56	12.90
Tuyau 135	211	44	0.015	-0.72	0.80	24.17
Tuyau 136	84	44	0.015	1.49	1.64	88.99
Tuyau 137	54	40	0.015	0.18	0.59	26.98
Tuyau 138	211	81.40	0.013	-4.57	0.88	9.67
Tuyau 139	50	60	0.013	-5.14	1.82	53.10

Tuyau 140	49	81.40	0.013	-4.28	0.82	8.60
Tuyau 141	48	81.40	0.013	-4.44	0.85	9.20
Tuyau 142	25	81.40	0.013	-3.94	0.76	7.39
Tuyau 143	129	44	0.015	0.98	1.08	41.91
Tuyau 144	106	44	0.015	0.74	0.81	24.90
Tuyau 145	87	44	0.015	0.69	0.75	21.86
Tuyau 146	188.5	40	0.013	0.40	0.57	15.24
Tuyau 147	63	60	0.013	3.51	1.24	26.40
Tuyau 148	63	60	0.013	2.70	0.95	16.41
Tuyau 150	123.50	40	0.015	-0.25	0.80	47.33
Tuyau 151	45	45	0.015	-0.94	0.59	9.89
Tuyau 152	45	40	0.015	0.66	0.53	9.39
Tuyau 153	188.50	40	0.013	0.41	0.58	15.92
Tuyau 154	47	40	0.015	-0.23	0.73	40.07
Tuyau 155	47	40	0.015	-0.74	1.04	45.86
Tuyau 156	47	45	0.015	-1.20	0.75	15.35
Tuyau 157	47.05	45	0.015	0.90	0.56	9.15
Tuyau 158	50.00	40	0.015	0.59	0.47	7.60
Tuyau 159	47	40	0.015	0.57	0.80	28.48
Tuyau 160	47	40	0.015	-0.11	0.33	9.63
Tuyau 161	47	40	0.015	-0.26	0.36	6.80
Tuyau 162	47	80	0.015	-3.51	0.70	6.56
Tuyau 163	123.50	40	0.015	-0.16	0.51	21.25
Tuyau 165	123.5	79.20	0.015	-2.67	0.54	4.20
Tuyau 167	45.00	100	0.013	-3.82	0.49	2.59
Tuyau 168	215.00	40	0.015	0.07	0.38	18.90
Tuyau 169	215.00	43	0.015	0.27	0.66	27.82
Tuyau 170	102.00	111	0.013	4.78	0.49	2.34
Tuyau 171	102.00	100	0.015	4.44	0.57	3.41
Tuyau 172	639	130	0.015	6.97	0.53	2.16
Tuyau 173	715	50	0.015	0.76	0.39	4.13
Tuyau 174	220	40	0.015	0.27	0.86	53.82

Tuyau 175	27	100	0.013	8.17	1.04	10.24
Tuyau 176	29	100	0.013	7.55	0.96	8.87
Tuyau 177	54	120	0.013	6.75	0.60	2.99
Tuyau 178	75	110	0.013	5.84	0.61	3.51
Tuyau 179	72	80	0.013	4.12	0.82	8.73
Tuyau 180	310	65	0.013	2.52	0.76	9.82
Tuyau 181	198	40	0.013	0.12	0.68	50.86
Tuyau 182	186	47	0.013	0.32	0.56	17.03
Tuyau 186	118	40	0.013	0.53	0.75	25.11
Tuyau 187	70	62	0.013	1.31	0.43	3.82
Tuyau 188	114	45.20	0.013	1.01	0.63	11.00
Tuyau 189	113	40	0.013	0.56	0.80	27.85
Tuyau 190	145	40	0.013	0.59	0.47	7.65
Tuyau 191	117	40	0.013	0.37	0.52	13.28
Tuyau 192	70	45	0.013	0.37	0.75	31.70
Tuyau 193	115	40	0.013	0.08	0.25	6.21
Tuyau 194	121	40	0.013	-0.46	0.65	19.60
Tuyau 195	115	200	0.013	21.05	0.67	1.98
Tuyau 196	144	147.60	0.013	15.38	0.90	4.89
Tuyau 197	52	147.60	0.013	12.16	0.71	3.19
Tuyau 198	69	147.60	0.013	11.12	0.65	2.71
Tuyau 199	141	120	0.013	6.64	0.59	2.91
Tuyau 200	90	52	0.013	2.87	1.35	36.60
Tuyau 201	660	40	0.013	1.03	0.82	20.54
Tuyau 202	72	55	0.013	1.48	0.62	8.47
Tuyau 203	117	40	0.013	0.16	0.52	21.71
Tuyau 204	60	40	0.013	-0.23	0.72	39.06
Tuyau 205	60	63	0.013	-1.95	0.63	7.23
Tuyau 206	122	45.20	0.013	0.86	0.53	8.23
Tuyau 207	117	57	0.013	1.51	0.59	7.42
Tuyau 208	74	80	0.013	2.91	0.58	4.66
Tuyau 209	70	57	0.013	2.13	0.83	13.68

Tuyau 210	60	40	0.013	0.86	1.22	59.87
Tuyau 211	52	40	0.013	0.25	0.80	46.60
Tuyau 212	112	40	0.013	0.56	0.79	27.70
Tuyau 213	55	40	0.013	0.42	0.59	16.61
Tuyau 214	55	40	0.013	0.36	0.51	12.65
Tuyau 215	115	90	0.013	4.90	0.77	6.74
Tuyau 216	62	80	0.013	6.66	1.32	20.88
Tuyau 217	33	57	0.013	1.77	0.69	9.80
Tuyau 218	27	40	0.013	0.77	1.09	48.99
Tuyau 219	259	40	0.013	0.27	0.38	7.55
Tuyau 220	130	40	0.013	-0.44	0.62	17.52
Tuyau 221	111	57	0.013	3.02	1.18	25.78
Tuyau 222	109	40	0.013	0.18	0.57	26.09
Tuyau 223	109	40	0.013	0.64	0.91	35.17
Tuyau 224	58	40	0.013	0.42	1.34	117.93
Tuyau 225	45	40	0.013	0.24	0.76	43.34
Tuyau 226	32	55	0.013	2.97	1.25	29.79
Tuyau 227	175	40	0.013	-0.20	0.63	17.72
Tuyau 228	126	40	0.013	0.54	0.76	25.96
Tuyau 229	200	57	0.013	-2.49	0.98	18.23
Tuyau 230	124	57	0.013	2.73	1.07	21.42
Tuyau 231	126	45	0.013	-0.88	0.91	29.40
Tuyau 232	97	57	0.013	-2.26	0.88	15.19
Tuyau 233	95	40	0.013	0.68	0.96	39.21
Tuyau 234	203	40	0.013	0.72	1.02	43.46
Tuyau 235	37	57	0.013	2.58	1.01	19.19
Tuyau 236	35	57	0.013	1.44	0.56	6.67
Tuyau 237	36	57	0.013	3.40	1.33	31.93
Tuyau 239	89	40	0.013	-0.08	0.26	6.61
Tuyau 240	29	57	0.013	-1.75	0.69	9.63
Tuyau 241	32	57	0.013	2.98	1.17	25.15
Tuyau 242	58	40	0.013	0.72	1.02	43.46

Tuyau 244	60	45	0.013	-0.72	0.75	20.55
Tuyau 245	60	40	0.013	-0.44	0.62	18.07
Tuyau 246	225	57	0.013	2.64	1.03	20.16
Tuyau 247	45	57	0.013	2.54	1.00	18.80
Tuyau 248	146	45	0.013	0.80	0.50	7.42
Tuyau 249	133	40	0.013	1.06	0.84	21.63
Tuyau 250	173	40	0.013	0.16	0.52	21.95
Tuyau 251	88	35	0.013	0.84	0.87	27.17
Tuyau 253	133	57	0.013	1.40	0.55	6.39
Tuyau 254	86	57	0.013	1.95	0.76	11.60
Tuyau 255	96	30	0.013	0.56	0.79	27.70
Tuyau 257	568	81.40	0.013	5.82	1.12	15.04
Tuyau 258	75	60	0.013	-2.21	0.78	11.44
Tuyau 260	277	57	0.013	2.66	1.04	20.42
Tuyau 261	56	40	0.013	0.80	1.14	52.83
Tuyau 262	272	40	0.013	-0.54	0.76	25.54
Tuyau 263	129	40	0.013	0.64	0.91	35.17

## Résumé

Dans ce mémoire de fin d'étude, nous avons traité la conception générale d'un système d'alimentation en eau potable du centre de BIR EL ARCHE (wilaya de Sétif) à partir de forage situé dans la région sud-est du chef-lieu, et un forage en cours de réalisation.

L'étude a été menée sur six étapes principales : la présentation du site et l'estimation des besoins, le dimensionnement des réservoirs de stockage, l'adduction, le choix des pompes, protection des conduites contre le phénomène de coup de bélier et le dimensionnement du réseau de distribution.

Les mots clés : refoulement, coup de bélier, adduction, pompe.

## ملخص

خلال مذكرة التخرج هذه قمنا بمعالجة نظام التزويد بالماء الشروب لبلدية ' بئر العرش ' التابعة لإقليم ولاية سطيف، وذلك انطلاقا من الآبار المتواجدة بالمنطقة.

وقد تمت الدراسة على ست مراحل أساسية: استعراض الموقع وتقدير الاحتياجات، حساب قنوات الإيراد وصهاريج التخزين، الإمداد بالمياه، حساب شبكة التوزيع، اختيار المضخات، وأخيرا حماية القنوات من ضربة الحمل.

الكلمات المفتاحية : ضخ، ضربة الحمل، إيراد، مضخة.

## summary

In this memory of end of study, we discussed the General design of a system of drinking water supply of the centre of BIR EL ARCH (wilaya of Sétif) from drilling in the southeastern region of the capital. And a drilling underway.

The study was conducted on six main steps: the presentation of the site and the estimation of needs, sizing of storage tanks, the water supply, the choice of pumps, protection of pipes against the phenomenon of water hammer and dimensioning of the distribution network.

Key words : suupression, hammer, adduction, pump.