



Faculté de Technologie  
Département d'Hydraulique

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présentés par :

**MAKHLOUFI HALIM**

**ZOBID MADJID**

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

Option : **Hydraulique Urbaine**

### INTITULE :

## **ETUDE DE RENFORCEMENT DE LA CHAÎNE D'ADDUCTION DE LA COMMUNE IGHRAM A PARTIR DU BARRAGE TICHY-HAF (W.BEJAIA)**

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

- Président : **M<sup>r</sup> BRAKENI. A**
- Promoteur (s) : **M<sup>r</sup> SAOU.A**
- Examineur (s) : **M<sup>r</sup> NASRI. K**

# Remerciements

*Voici enfin que ce modeste travail arrive à terme. On tient à exprimer toutes notre reconnaissance à ceux qui au long de ce mémoire nous ont apporté leur soutien, la participation de certains a été décisive pour l'aboutissement de ce travail qu'il nous est agréable de présenter tout particulièrement :*

*On remercie Dieu le tout puissant, de m'avoir donné tout le courage et la patience pour mener ce travail à terme.*

*On tient tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude et un grand respect à notre promoteur M<sup>r</sup> SAOU.A pour la clarté de ses enseignements, son soutien indéfectible et sa patience à toute épreuve afin que cette thèse soit menée à bien.*

*Nos sincères remerciements s'adressent aussi aux membres de jury d'avoir accepter de juger notre travail.*

*Les enseignants du département d'hydraulique qui ont donné de leur savoir.*

*L'ensemble du personnel de la direction d'hydraulique de la wilaya de Bejaia.*

*Le président ainsi que le personnel du service technique de l'APC d'Ighram qui ont mis à notre disposition tous les documents dont ils disposent.*

*Nous remercions très chaleureusement toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# Dédicace

*Je dédie ce travail :*

*A la mémoire de mon père qui a souhaité vivre pour  
longtemps juste pour nous voir Qu'est-ce que nous  
allons devenir.*

*A celle qui m'a transmis la vie, l'amour, le courage, à  
toi chère maman toutes mes joies, mon amour et ma  
reconnaissance.*

*A mon frère, Fares*

*A toute la famille Makhloufi.*

*A mes oncles, Hammanou, Hocine, Brahim*

*Omar, djamel, Karim*

*A mes deux cousins, Adel et Ramy*

*A tout mes amis en particulier :*

*Samir, Locif et morad.*

*A mon binôme Madjid et à toute sa famille*

*Et à toute la promotion 2016/2017*

*de l'hydraulique.*

*M. HALIM*

# Dédicace

*Je dédie ce travail :*

*Avant tout à mes chers parents, aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.*

*A mon frère Farid.*

*A toute la famille Zobid, et Lounis.*

*A la mémoire de mes grands-parents.*

*A mon binôme Halim et à toute sa famille*

*A tous mes amis en particulier Ali.s ; Ahmed Khaled.Z ; Ghilas.A ; Ghilas.B ; Hani.D ; Khellaf.Z ; Malik.B ; Massi.R ; Nafaa.B ; Rabah.I ; Sofiane.I ; Yanis.I ; Yahia.I ; Ziad.T.*

*Et à toute la promotion 2016/2017  
de l'hydraulique.*

*MADJID.Z*

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau (I.1) : Ressources en eau disponibles .....	02
Tableau (I.2) : les réservoirs existants .....	04
Tableau (I.3) : Répartition de la population pour l'année 2008 .....	06
Tableau (I.4) : Evaluation de la population à différents horizons .....	07
Tableau (I.5) : Répartition des besoins de consommation par habitant .....	08
Tableau (I.6) : Equipements existants .....	08
Tableau (I.6) : Equipements existants (suite) .....	09
Tableau (I.7) : Besoins domestiques à différents horizons .....	09
Tableau (I.8) : Besoins scolaires .....	10
Tableau (I.9) : Besoins administratifs .....	10
Tableau (I.10) : Besoins socio-culturels .....	11
Tableau (I.11) : Besoins sanitaires .....	11
Tableau (I.12) : Autre besoins .....	12
Tableau (I.13) : Estimation du débit des équipements pour l'horizon 2047 .....	12
Tableau (I.13) : Estimation du débit des équipements pour l'horizon 2047 (suite)...	13
Tableau (I.14) : Majoration de la consommation moyenne journalière .....	13
Tableau (I.14) : Majoration de la consommation moyenne journalière (suite) .....	14
Tableau (I.15) : Débit maximum journalier à différents horizons .....	14
Tableau (I.15) : Débit maximum journalier à différents horizons (suite) .....	15
Tableau (I.16) : Variation des valeurs de $\beta_{\max}$ .....	15
Tableau (I.17) : Détermination des valeurs des coefficients $K_{\max,h}$ en fonction du nombre d'habitants.....	16
Tableau (I.18) : Débit horaire maximum à différents horizons .....	16
Tableau (I.18) : Débit horaire maximum à différents horizons (suite) .....	17
Tableau (I.19) : Récapitulatif des résultats .....	17
Tableau (I.20) : Estimation de la population future des localités touchée .....	18
Tableau (I.21) : Besoin en eau des localités touchée .....	18
Tableau (I.22) : Bilan ressources-besoins .....	18
Tableau (II.1) : Classification des réservoirs .....	20
Tableau (II.2) : Détermination analytique de la capacité du réservoir (RP) .....	26
Tableau (II.3) : Détermination graphique de la capacité du réservoir (RP) .....	27
Tableau (II.4) : Dimensionnement de la station de reprise tidja (SR1) .....	29
Tableau (III.1) : Côtes des réservoirs .....	48
Tableau (III.2) : Calcul de la perte de charge total (PK-RP) .....	49
Tableau (III.3) : Calcul de la perte de charge total (RP-SR1) .....	50
Tableau (III.4) : Calcul de la $H_{mt}$ du tronçon (R2-R3) .....	53
Tableau (III.5) : Calcul des frais d'exploitation et d'amortissement (R2-R3) .....	53
Tableau (III.6) : Calcul du bilan du tronçon (R2-R3) .....	53

Tableau (III.7) : Calcul de la $H_{mt}$ du tronçon (R3-R4) .....	53
Tableau (III.8) : Calcul des frais d'exploitation et d'amortissement (R3-R4) .....	54
Tableau (III.9) : Calcul du bilan du tronçon (R3-R4) .....	54
Tableau (III.10) : Calcul de la $H_{mt}$ du tronçon (R4-R5) .....	54
Tableau (III.11) : Calcul des frais d'exploitation et d'amortissement (R4-R5) .....	54
Tableau (III.12) : Calcul du bilan du tronçon (R4-R5) .....	55
Tableau (III.13) : Calcul de la $H_{mt}$ du tronçon (RP-R6) .....	55
Tableau (III.14) : Calcul des frais d'exploitation et d'amortissement (RP-R6) .....	55
Tableau (III.15) : Calcul du bilan du tronçon (RP-R6) .....	55
Tableau (III.16) : Calcul de la $H_{mt}$ pour les différents tronçons .....	56
Tableau (III.17) : Calcul des frais d'exploitation pour les différents tronçons .....	56
Tableau (III.18) : Calcul des frais d'amortissement pour les différents tronçons.....	57
Tableau (III.19) : Calcul du bilan pour les différents tronçons .....	57
Tableau (III.20) : Calcul de la perte de charge total (RT-R11) .....	58
Tableau (III.21) : Tableau récapitulatif des diamètres des différents tronçons .....	59
Tableau (IV.1) : Tension de vapeur d'eau pompée en fonction de la température .....	67
Tableau(IV.2) : Réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R3..	72
Tableau(IV.3) : Réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R4..	73
Tableau(IV.4) : Réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R6..	77
Tableau(IV.5) : Réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R8 vers R9 .....	78
Tableau(IV.6) : Réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R8 vers RT.....	79
Tableau(IV.7) : Réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R12	81
Tableau(IV.8) : Réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R13	84
Tableau (V.1) : Calcul de la valeur maximale du coup de bélier .....	87
Tableau (V.2) : Valeur numérique du tronçon principal de la bifurcation SR1-A .....	88
Tableau (V.3) : Calcul du temps de fermeture de la vanne .....	102

**LISTE DES FIGURES**

Figure (I.1) : Carte des communes de la wilaya de Bejaia .....	03
Figure (I.2) : Evaluation de la population des zones d'études .....	07
Figure (II.1) : Emplacement d'un réservoir .....	20
Figure (II.2) : Adduction avec chute libre .....	21
Figure (II.3) : Adduction noyée .....	21
Figure (II.4) : Conduite de distribution .....	21
Figure (II.5) : Conduite de trop-plein et vidange .....	22
Figure (II.6): By-pass entre l'adduction et distribution .....	22
Figure (II.7) : Système à deux prises .....	23
Figure (II.8) : Système à siphon .....	23
Figure (II.9) : Détermination graphique de la capacité du réservoir principale (RP) ...	28
Figure (II.10) : Détermination graphique de la capacité du réservoir de la zone 4 .....	33
Figure (IV.1) : Courbes caractéristiques d'une pompe .....	61
Figure (IV.2) : Point de fonctionnement d'une pompe .....	63
Figure (IV.3) : Photo illustrant le phénomène de cavitation .....	65
Figure (IV.4) : Courbe des NPSH .....	66
Figure (IV.5) : Couplage de la pompe avec le réseau .....	68
Figure (IV.6) : Détermination du point de fonctionnement et point homologue .....	71
Figure (IV.7) : Détermination du point homologue .....	75
Figure (IV.8) : Détermination du point de fonctionnement de la pompe installé à (R6)	76
Figure (IV.9) : Détermination du point de fonctionnement et point homologue .....	83
Figure (V.1) : Principe de la disposition d'un réservoir d'air (anti-bélier) .....	89
Figure (V.2) : Principe de la construction de l'épure de Bergeron .....	90
Figure (V.3) : Calcul du réservoir d'air du tronçon (R9-R10) .....	94
Figure (V.4) : Variation de la pression absolue en fonction du temps pour le tronçon (R9-R10) .....	95
Figure (V.5) : Epure de BERGERON pour le tronçon (R9-R10) .....	95
Figure (V.6) : Enveloppe des pressions en régime permanent et transitoire pour tronçon (R9-R10) .....	96
Figure (V.7) : Calcul du réservoir d'air du tronçon (R12-R13) .....	97
Figure (V.8) : Variation de la pression absolue en fonction du temps pour le tronçon (R12-R13) .....	98
Figure (V.9) : Epure de BERGERON pour le tronçon (R12-R13) .....	98
Figure (V.10) : Enveloppe des pressions en régime permanent et transitoire pour le tronçon (12-R13) .....	99
Figure (V.11) : Calcul du réservoir d'air du tronçon (R13-R14) .....	100

Figure (V.12) : Variation de la pression absolue en fonction du temps pour le tronçon (R13-R14) .....	101
Figure (V.13) : Epure de BERGERON pour le tronçon (R13-R14) .....	101
Figure (V.14) : Enveloppe des pressions en régime permanent et transitoire pour le tronçon (R13-R14) .....	102



**LISTE DES SYMBOLES**

- A** : Amortissement annuel (Annuité).  
**a** : Célérité de l'onde (m/s).  
**B<sub>L</sub>** : Bilan en (DA).  
**B** : Valeur du coup de bélier (m).  
**CTN** : Côte Terrain Naturel en (m).  
**CR** : Côte du radier en (m).  
**CTP** : Côte Trop Plein en (m).  
**D** : Diamètre du tuyau en (m).  
**D<sub>ext</sub>** : diamètre extérieur en (mm)  
**D<sub>int</sub>** : diamètre intérieur en (mm)  
**d'** : Diamètre de la veine contractée en (m).  
**E** : Energie consommée par la pompe (KWh).  
**e'** : Prix unitaire du KWh. en (DA).  
**e** : Epaisseur de la conduite (mm).  
**g** : Accélération de la pesanteur en  $m/s^2$ .  
**Ha** : Hauteur d'aspiration en (m).  
**H<sub>d</sub>** : La valeur maximale de la pression-dépression en (m).  
**Hg** : Hauteur géométrique en (m).  
**H<sub>L</sub>** : Perte de charge linéaire en (m).  
**Hmt** : La hauteur manométrique totale en (m).  
**H<sub>r</sub>** : La hauteur géométrique de refoulement en (m).  
**H<sub>s</sub>** : La valeur maximale de la pression-surpression en (m).  
**H<sub>t</sub>** : Perte de charge totale (m).  
**H<sub>0</sub>** : Pression absolue de la conduite.  
**h<sub>d</sub>** : Charge disponible en (m)  
**h<sub>s</sub>** : Perte de charge singulière en (m).  
**i** : Taux d'annuité.  
**J** : Pertes de charge par frottement en (m/ml).  
**Ja** : Perte de charge à l'aspiration en (m).  
**Jr** : Perte de charge au refoulement (m).  
**J<sub>v</sub>** : Perte de charge dans la vanne (m).  
**K** : Coefficient de rugosité équivalente de la paroi.  
**K<sub>max,j</sub>** : Coefficient d'irrégularité maximal qui dépend de l'importance de l'agglomération.  
**K<sub>max,h</sub>** : Coefficient de variation de consommation maximum horaire.  
**K<sub>f</sub>** : coefficient de fuite.  
**L** : Longueur de la conduite en (m).  
**N<sub>i</sub>** : Nombre de consommateurs.  
**N** : Vitesse de rotation de la pompe (tr/min).  
**N'** : nouvelle vitesse de rotation de la pompe (tr/min).  
**n** : Nombre d'années sur lequel s'effectuera l'amortissement ( $n = 30$  ans).  
**(NPSH)<sub>d</sub>** : Charge nette minimale disponible à l'aspiration.  
**(NPSH)<sub>r</sub>** : Charge nette minimale requise à l'aspiration.  
**P** : Puissance de pompage en (KWh).  
**Pa** : Puissance absorbée par la pompe en (KW).  
**P<sub>0</sub>** : Pression absolu.  
**P<sub>U</sub>** : Prix unitaire de la conduite (DA/ml).  
**P%** : Résidu maximal dans le réservoir (%).

- Q** : Débit refoulé dans la conduite en ( $m^3/s$ ).
- Q<sub>dom</sub>** : Débit domestique ( $m^3/j$ ).
- Q<sub>équi</sub>** : débit des équipements ( $m^3/j$ ).
- Q<sub>max.h</sub>** : Débit entrant dans la station ( $m^3/h$ ).
- Q<sub>max.j</sub>** : Débit d'eau maximal du jour le plus chargé de l'année.
- Q<sub>moy.j</sub>** : Consommation moyenne journalière des consommateurs en  $m^3/s$ .
- Q<sub>max.j</sub>** : Consommation maximale journalière en ( $m^3/j$ ).
- Q<sub>p</sub>** : Débit de point en (l/s).
- q** : Dotation moyenne journalière des consommateurs en l/j/cons.
- R** : Coefficient qui caractérise la résistance de la conduite.
- Re** : Nombre de Reynolds.
- S** : Section de la conduite ( $m^2$ ).
- t** : Temps nécessaire pour maintenir la crépine en charge en (h).
- Tv**: Pression de vapeur maximale que l'air peut supporter à une température donnée.
- T** : Nombre d'heures de pompage (h).
- U**: nouveau volume d'air.
- U<sub>0</sub>** : Volume d'air initial.
- V** : Vitesse d'écoulement en (m/s).
- V<sub>f</sub>**: Vitesse finale choisie.
- V<sub>max</sub>** : Résidu maximal en ( $m^3$ ).
- V<sub>min</sub>** : Résidu minimal en ( $m^3$ ).
- V<sub>m</sub>**: Vitesse moyenne dans un intervalle donné (m/s).
- V<sub>sr</sub>** : Volume de la station de reprise en ( $m^3$ ).
- V<sub>tot</sub>** = Volume total du réservoir en ( $m^3$ ).
- V<sub>u</sub>** : volume utile de stockage en ( $m^3$ ).
- V<sub>0</sub>** : vitesse d'écoulement en régime permanent initiale (m/s).
- Z** : Pression dans le réservoir d'air.
- Z<sub>0</sub>** : Pression absolue.
- $\alpha_{max}$**  : Coefficient qui dépend du niveau de vie et du confort.
- $\beta_{max}$**  : Coefficient qui dépend du nombre d'habitant.
- $\nu$**  : Viscosité cinématique de l'eau.
- $\xi$**  : Coefficient d'ouverture de la vanne en (%).
- $\theta$**  : l'angle d'ouverture de la vanne en ( $^\circ$ ).
- $\rho$**  : Masse volumique de l'eau.
- $\eta$**  : Rendement de la pompe en (%).
- $\delta$**  : Pertes de charge dans la conduite en régime de fonctionnement normal.
- $\lambda$**  : Coefficient de pertes de charge.

## **LISTE DES ANNEXES**

- Annexe (1) : Statistiques des régimes de consommations des agglomérations
- Annexe (2) : Dimensionnement du réservoir R1 de la zone 1
- Annexe (3) : Dimensionnement du réservoir R2 de la zone 2
- Annexe (4) : Dimensionnement du réservoir R3 de la zone 3
- Annexe (5) : Détermination analytique de la capacité du réservoir R4 de la zone 4
- Annexe (6) : Détermination graphique de la capacité du réservoir R4
- Annexe (7) : Dimensionnement du réservoir R5 de la zone 5
- Annexe (8) : Dimensionnement du réservoir R6 de la zone 6
- Annexe (9) : Dimensionnement du réservoir R7 de la zone 7
- Annexe (10) : Dimensionnement du réservoir R8 de la zone 8
- Annexe (11) : Dimensionnement du réservoir R9 de la zone 9
- Annexe (12) : Dimensionnement du réservoir R10 de la zone 10
- Annexe (13) : Dimensionnement du réservoir tampon Bouhkim (RT)
- Annexe (14) : Dimensionnement du réservoir R11 de la zone 11
- Annexe (15) : Dimensionnement du réservoir R12 de la zone 12
- Annexe (16) : Dimensionnement du réservoir R13 de la zone 13
- Annexe (17) : Dimensionnement du réservoir R14 de la zone 14
- Annexe (18) : Schéma synoptique de la chaîne d'adduction de la commune Ighram
- Annexe (19) : Prix de revient des conduites
- Annexe (20) : Evolution du coefficient de singularité  $\xi$  d'une vanne à papillon en fonction de son degré d'ouverture.
- Annexe (21) : Abaque des pertes de charge pour les conduites en PEHD
- Annexe (22) : Courbe caractéristique de la pompe du tronçon SR1- (R1- R2)
- Annexe (23) : Courbe caractéristique de la pompe du tronçon R2-R3
- Annexe (24) : Courbe caractéristique de la pompe du tronçon R3-R4
- Annexe (25) : Courbe caractéristique de la pompe du tronçon R4-R5
- Annexe (26) : Courbe caractéristique de la pompe du tronçon RP-R6
- Annexe (27) : Courbe caractéristique de la pompe du tronçon R6-R7
- Annexe (28) : Courbe caractéristique de la pompe du tronçon R7-R8
- Annexe (29) : courbe caractéristique de la pompe du tronçon R8-R9
- Annexe (30) : Courbe caractéristique de la pompe du tronçon R8-RT
- Annexe (31) : Courbe caractéristique de la pompe du tronçon R9-R10
- Annexe (32) : Courbe caractéristique de la pompe du tronçon R11-R12
- Annexe (33) : Courbe caractéristique de la pompe du tronçon R12-R13
- Annexe (34) : Courbe caractéristique de la pompe du tronçon R13-R14
- Annexe (35) : Coefficient de perte de charge  $c$  dans une tuyère

# SOMMAIRE

Introduction générale .....	01
<b>Chapitre I : Présentation du site et Estimation des besoins</b>	
I.1. Introduction .....	02
I.2. Présentation du site .....	02
I.2.1. Situation géographique .....	02
I.2.2. Situation topographique .....	02
I.2.3. Situation hydrographique .....	02
I.2.4. Ressources hydrique de la zone d'étude .....	02
I.2.5. Situation climatique .....	04
I.2.6. Donnée démographique .....	04
I.2.7. Description du système en eau existant dans la commune d'ighram .....	04
I.2.8. Ouvrages de stockage .....	04
I.3. Estimation des besoins en eau .....	05
I.3.1. Situation démographique de la zone d'étude .....	05
I.3.2. Choix du taux d'accroissement .....	06
I.3.3. Estimation de la population .....	06
I.3.4. Normes de consommation .....	08
I.3.5. Equipement existant .....	08
I.3.6. Calcul des besoins en eau .....	09
I.3.6.1. Besoins domestiques .....	09
I.3.6.2. Besoins scolaire .....	10
I.3.6.3. Besoins administratifs .....	10
I.3.6.4. Besoins socioculturels .....	11
I.3.6.5. Besoins sanitaires .....	11
I.3.6.6. Autres besoins .....	12
I.3.6.7. Estimation des débits des équipements pour l'horizon 2047 pour chaque zone.....	12
I.3.7. Calcul du débit moyen journalier .....	13
I.3.8. Calcul du débit maximum journalier ( $Q_{\max,j}$ ).....	14

I.3.9. Calcul du débit pointe ( $Q_p$ ) .....	15
I.3.10. Tableau récapitulatif .....	17
I.3.11. Bilan ressources-besoins et conclusion .....	18
<b>Chapitre II : Les Réservoirs</b>	
II.1. Introduction .....	19
II.2. Caractéristiques du réservoir .....	19
II.3. Choix du site d'implantation .....	19
II.4. Classification des réservoirs .....	20
II.5. Choix du type de réservoir .....	20
II.6. Equipement des réservoirs .....	21
II.6.1. Conduite d'adduction .....	21
II.6.2. Conduite de distribution .....	21
II.6.3. Conduite trop plein .....	22
II.6.4. Vidange .....	22
II.6.5. By-pass .....	22
II.6.6. Matérialisation de la réserve d'incendie .....	23
II.7. Entretien des réservoirs .....	24
II.8. Calcul de la capacité de stockage .....	24
II.8.1. Méthode analytique .....	24
II.8.1.1. Détermination de la valeur de P .....	25
II.8.1.2. Le volume total du réservoir .....	25
II.8.2. Méthode graphique .....	25
II.9. Dimensionnement des capacités des réservoirs .....	25
II.9.1. Dimensionnement de la capacité du réservoir principal (RP) .....	25
II.9.1.1. Méthode analytique .....	26
II.9.1.2. Méthode graphique .....	27
II.9.2. Dimensionnement de la capacité des réservoirs du premier versant de la commune Ighram .....	29
II.9.2.1. Dimensionnement de la bêche de la station de reprise Tidja (SR1)..	29
II.9.2.2. Capacité du réservoir de la zone 1 (R1) .....	30
II.9.2.3. Capacité du réservoir de la zone 2 (R2) .....	30
II.9.2.4. Capacité du réservoir de la zone 3 (R3) .....	31
II.9.2.5. Capacité du réservoir de la zone 4 (R4) .....	32
II.9.2.6. Capacité du réservoir de la zone 5 (R5) .....	33

II.9.3. Dimensionnement des capacités des réservoirs du deuxième versant de la commune Ighram .....	34
II.9.3.1. Capacité du réservoir de la zone 6 (R6) .....	34
II.9.3.2. Capacité du réservoir de la zone 7 (R7) .....	35
II.9.3.3. Capacité du réservoir de la zone 8 (R8) .....	36
II.9.3.4. Capacité du réservoir de la zone 9 (R9) .....	37
II.9.3.5. Capacité du réservoir de la zone 10 (R10) .....	37
II.9.3.6. Capacité du réservoir tampon bouhkim (RT) .....	38
II.9.3.7. Capacité du réservoir de la zone 11 (R11) .....	38
II.9.3.8. Capacité du réservoir de la zone 12 (R12) .....	39
II.9.3.9. Capacité du réservoir de la zone 13 (R13) .....	39
II.9.3.10. Capacité du réservoir de la zone 14 (R14) .....	40
II.10. Conclusion .....	40

### **Chapitre III : Adduction**

III.1. Introduction .....	41
III.2. Choix du tracé .....	41
III.3. Choix du type de conduite .....	42
III.4. Description du schéma d'adduction .....	43
III.5. Etude technico-économique .....	43
III.5.1. Calcul du diamètre économique .....	43
III.5.2. Calcul de la vitesse .....	44
III.5.3. Calcul des pertes de charge .....	44
III.5.3.1. Pertes de charges linéaires ( $H_L$ ) .....	44
III.5.3.2. Pertes de charges singulières ( $H_S$ ) .....	45
III.5.3.3. Les pertes de charge totales ( $H_t$ ) .....	45
III.5.4. Détermination de la hauteur manométrique totale ( $H_{MT}$ ) .....	46
III.5.5. puissance absorbé par la pompe.....	46
III.5.7. Frais d'exploitation .....	46
III.5.8. Frais d'amortissement .....	46
III.5.9. Calcul du bilan .....	47
III.6. Dimensionnement des conduites gravitaire .....	47
III.7. Les équipements utilisés .....	48
III.8. Calcul des diamètres économiques .....	49

III.8.1. Tronçon PK-réservoir principal (RP) .....	49
III.8.2. Calcul des diamètres économiques pour les différents tronçons du Premier versant .....	50
III.8.2.1. Adduction gravitaire .....	50
III.8.2.2. Adduction par refoulement .....	51
III.8.3. Calcul des diamètres économiques pour les différents tronçons du deuxième versant .....	55
III.8.3.1. Adduction par refoulement .....	55
III.8.3.2. Adduction gravitaire .....	58
III.9. Conclusion .....	59
 <b>Chapitre IV : Etude et choix des pompes</b>	
IV.1. Introduction .....	60
IV.2. Le choix du type de la pompe .....	60
IV.3. Les courbes caractéristiques de la pompe .....	60
IV.3.1. Puissance absorbée .....	61
IV.3.2. Hauteur manométrique totale (Hmt) .....	61
IV.4. Le point de fonctionnement de la pompe .....	62
IV.4.1. réalisation du point de fonctionnement désiré .....	62
IV.4.1.1. Caractéristique de la conduite .....	62
IV.5 Etude de la cavitation .....	65
IV.6. Choix de type de pompe pour les différentes stations .....	67
IV.6.1. Premier versant .....	63
IV.6.1.1. Les pompes installées sur la station de reprise (SR1) .....	67
IV.6.1.2. La pompe installée sur la station de reprise (R2) .....	70
IV.6.1.3. La pompe installée sur la station de reprise (R3) .....	70
IV.6.1.4. La pompe installée sur la station de reprise (R4) .....	72
IV.6.2. Deuxième versant .....	73
IV.6.2.1. La pompe installée sur la station de reprise (RP) .....	73
IV.6.2.3. La pompe installée sur la station de reprise (R6) .....	76
IV.6.2.4. La pompe installée sur la station de reprise (R7) .....	77
IV.6.2.5. Les pompes installées sur la station de reprise (R8) .....	78
IV.6.2.6. Le pompe installée sur la station de reprise (R9) .....	80
IV.6.2.7. Les pompes installées sur la station de reprise (R11) .....	80
IV.6.2.8. La pompe installée sur la station de reprise (R12) .....	81

IV.6.2.9. Les pompes installées sur la station de reprise (R13) .....	82
IV.7. Conclusion .....	84
<b>Chapitre V : protection contre coup de bélier</b>	
V.1. Introduction .....	85
V.2. Causes du phénomène .....	85
V.3. Moyens de protection contre le régime transitoire .....	85
V.4. Etude du coup de bélier .....	86
V.4.1. Calcul des valeurs du coup de bélier pour les différents tronçons	87
V.4.2. Calcul des valeurs du coup de bélier pour le cas de la bifurcation	88
V.4.3. Méthode de calcul d'un réservoir d'air	88
V.4.3.1. Principe de fonctionnement	88
V.4.3.2. Principe de calcul	89
V.4.3.3. Principe de construction de l'épure de Bergeron .....	90
V.4.4. Application du calcul pour les différents tronçons .....	92
V.4.4.1. Tronçon (R9-R10) .....	92
V.4.4.2. Tronçon (R12-R13) .....	96
V.4.4.3. Tronçon (R13-R14) .....	99
V.5. Conduite gravitaire .....	102
V.6. Conclusion .....	102
Conclusion générale .....	103





# ***Introduction générale***

*INTRODUCTION GENERALE*  
*« L'eau c'est la vie et aucune vie ne peut se faire sans elle »*

Dans ce contexte même l'homme est conscient du caractère vital de cette denrée précieuse et il n'a cessé de s'organiser depuis des millénaires pour maîtriser la science relative à l'eau. L'importance de l'eau dans l'économie humaine ne cesse de croître et L'approvisionnement en eau douce devient ainsi de plus en plus difficile, tant en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie accéléré et des techniques industrielles modernes.

Dans le monde d'aujourd'hui il ya beaucoup de problèmes liées à la rareté et l'insuffisance des ressources en eau et a la répartition inégale des ces derniers. Et parfois aussi, on rencontre des problèmes lies à la gestion des ressources et des réseaux. Cependant, pour assurer un approvisionnement continu en eau potable il faut bien dimensionner le réseau d'alimentation en eau potable et choisir une source qui peut satisfaire les besoins à long terme.

La commune d'Ighram (wilaya de Bejaia) souffre d'un manque énorme en quantité d'eau potable. Ce manque est dû essentiellement à :

- ❖ Volume d'eau qui arrive aux consommateurs est très loin du volume des besoins, à cause des pertes de charge énormes le long de réseau d'un coté, et d'un autre coté, au manque d'entretien au niveau des stations de pompage qi sont souvent en panne,
- ❖ La vétusté et la corrosion avancée de certains tronçons des conduites,
- ❖ L'accroissement démographique et l'extension que connaît la région.

A cet effet, la direction d'hydraulique de la wilaya de Bejaia à estimer nécessaire d'envisager leur alimentation à partir du barrage de Tichy-haf pour remédier aux différents problèmes existants en matière d'eau.

Il est à noté que le projet que nous avons mené consiste à étudier la nouvelle chaine d'adduction en eau potable de la commune d'Ighram et ses environs, et qui s'articulera principalement sur les axes suivants :

- D'abord, nous avons commencé par une collecte de données concernant la région de l'étude pour bien présenter cette dernière d'une part, et de faire une bonne estimation des besoins en eau de la population de la commune de l'autre part.et cela dans le premier chapitre.
- Dans le deuxième chapitre, on passera au dimensionnements des ouvrages de stockage et vérifier la capacité des réservoirs existants.
- Tandis que le troisième chapitre portera sur l'adduction, où on étudiera le choix du tracé, le type de conduites et l'étude technico-économique qui comportera le dimensionnement des conduites.
- Dans le quatrième chapitre, nous avons utilisé le catalogue Caprari à fin de choisir les pompes adéquates pour les différentes stations de pompage.
- Un cinquième chapitre sera consacré à la fin de ce modeste mémoire, à traiter un point extrêmement important dans l'étude du projet d'alimentation en eau potable, en l'occurrence, le phénomène transitoire très dangereux du coup de bélier.
- On terminera finalement par une conclusion générale.

# ***CHAPITRE I***

## ***Présentation du site et Estimation des besoins***

## I.1. introduction

Avant tout projet d'alimentation en eau potable, l'étude du site est nécessaire pour connaître toutes les caractéristiques du lieu et les facteurs qui influent sur la conception du projet et les besoins en eau qui varient en fonction des types de consommation (domestique, sanitaire,...etc.). Il est également nécessaire de procéder au recensement et ainsi d'avoir leurs normes de consommation unitaire, dans le but d'estimer les besoins de la population à long terme (30 ans) qui présente l'âge de la conduite bien entretenue.

## I.2. Présentation du site

### I.2.1. Situation géographique

Ighram est une commune de la daïra d'Akbou, elle est située au sud-ouest de la wilaya de Bejaia à une distance de plus de 70 km de chef-lieu de wilaya et à moins de 5 km du chef-lieu de la commune d'Akbou, elle est limitée par (Figure (I.1)) :

- ❖ la wilaya de Tizi-Ouzou au nord ;
- ❖ les communes d'Akbou et Tazmalt au sud ;
- ❖ les communes d'Akbou et Chellataà l'est ;
- ❖ la commune de Beni Mellikeche à l'ouest.

### I.2.2. Situation topographique

Le relief de la zone d'étude est de type semi-montagneux et montagneux à pentes modérées, il est aussi caractérisé par des collines taillées par des ravins avec de faibles pentes, elle s'étend sur une superficie de 50,11 km<sup>2</sup>.

### I.2.3. Situation hydrographique

Le réseau hydrographique de la commune d'Ighram est constitué de deux oueds importants Taslent et Illoula qui participent à la réalimentation des nappes de l'oued Soummam.

### I.2.4. Ressources hydrique de la zone d'étude

La commune étudiée dispose de différentes sources d'approvisionnement qui sont données dans le tableau (I.1) :

*Tableau (I.1) : Ressources en eau disponibles*

Commune	Sources		Forages		Total
	N <sup>bre</sup>	Débit (l/s)	N <sup>bre</sup>	Débit (l/s)	Débit (l/s)
<b>Ighram</b>	2	2,7	2	45	<b>47,7</b>



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

### I.2.5. Situation climatique

La commune d'Ighram, vu sa situation géographique, possède un climat semi-aride, sec et chaud en été, froid en hiver. La pluie moyenne est de 110 mm en hiver et 4 mm en été. La température moyenne est de 32°C en été et 9°C en hiver.[1]

### I.2.6. Donnée démographique

La région d'étude compte une population d'environ **12328** habitants (RGPH 2008).

### I.2.7. Description du système d'alimentation en eau existant dans la commune d'Ighram

La chaîne existante est alimentée par deux forages qui se trouvent sur la nappe alluvionnaire d'Azaghar à une cote de 185 m, ces derniers refoulent chacun un débit vers des stations de reprises. Les puits et les sources appartenant à la commune d'Ighram débitent très peu, ces ressources ne peuvent pas être prises en compte à cause de leur étroite dépendance avec les précipitations. Les services d'exploitations notent que la plupart de ces ressources d'eau sont insignifiantes et presque à sec durant les périodes estivales.

### I.2.8. Ouvrages de stockage

**Tableau (I.2) : les réservoirs existants**

Nom	Lieu desservi	Capacité (m <sup>3</sup> )	Type
Chef-lieu	Ighram	300	Semi-enterré
Chef-lieu	Ancien village (ircen)	200	Semi-enterré
Hellil	Hellil	100	Semi-enterré
Tazaghart	Tazaghart	150	Semi-enterré
Tala Fathoun	Laazib	150	Semi-enterré
Timcilt	Timcilt et Tala Fathoun	150	Semi-enterré
Alma Ouguenane	IghilNacer et Alma Ouguenane	300	Semi-enterré
TiziMaali	TiziMaali	150	Semi-enterré
Azouna	Azouna	100	Semi-enterré
Bouhkim	/	250	Semi-enterré
Ait Boudaoud	Ait Boudaoud	150	Semi-enterré
Iguerbane	Iguerbane	150	Semi-enterré
Amoura	Amoura	150	Semi-enterré
TighiltMakhlouf	TighiltMakhlouf	200	Semi-enterré

## I.3. Estimation des besoins en eau

Après avoir présenté le site de notre projet, on procédera au recensement des types de consommateurs ; L'évaluation des besoins en eau, pour chaque horizon d'étude, s'effectue selon les phases suivantes :

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

### I.3.1. Situation démographique de la zone d'étude

La région d'étude est départagée en deux versants, d'après le schéma du système d'alimentation en eaux potable existant de la commune d'Ighram, chaque versant est divisé en plusieurs zones, ces zones sont réparties comme suit :

Premier versant :

- Zone 1 : Comprend le village Ircen ;
- Zone 2 : Comprend le village Ighram ;
- Zone 3 : Comprend le village Hellil ;
- Zone 4 : Comprend les villages Taslent;
- Zone 5 : Comprend le village Tazaghart ;

Deuxième versant :

- Zone 6 : Comprend le village Laazib ;
- Zone 7 : Comprend les villages Tala Fathouneet Timcilt ;
- Zone 8 : Comprend le village Ighil Naser et Alma Ouguenane ;
- Zone 9 : Comprend le village Tizimaali ;
- Zone 10: Comprend le village Azzouna ;
- Zone 11 : Comprend le village Ait Boudaoud ;
- Zone 12 : Comprend le village Iguerbane;
- Zone 13 : Comprend le village Amoura ;
- Zone 14 : Comprend le village Tighilt Makhlof.

Selon les renseignements donnés par le service technique de l'APC, la zone d'étude compte une population d'environ **12328** habitants (selon le RGPH 2008). La population de chaque zone est répartie dans le tableau (I.3) ci-après :[1]

Tableau (I.3): Répartition de la population pour l'année 2008

Zones		Nombre d'habitants en 2008	Pourcentage (%) en 2008
Premier versant	Zone1	417	3,38
	Zone2	2016	16,35
	Zone 3	570	4,62
	Zone4	1185	9,61
	Zone5	848	6,88
Sous totale 01		<b>5036</b>	<b>40,84</b>
Deuxième versant	Zone6	722	5,86
	Zone7	1064	8,63
	Zone8	2630	21,33
	Zone 9	744	6,04
	Zone 10	696	5,65
	Zone 11	83	0,67
	Zone 12	193	1,57
	Zone 13	365	2,96
	Zone 14	795	6,45
Sous totale 02		<b>7292</b>	<b>59,16</b>
<b>TOTAL</b>		<b>12328</b>	<b>100</b>

### I.3.2. Choix du taux d'accroissement

Le choix du taux d'accroissement «  $t_{ac}$  » est fait sur la base du développement du tissu urbain ainsi que l'horizon d'étude. Le taux d'accroissement de la population de la région d'étude est de **1,4 %** selon les données du service technique de l'A.P.C. [1]

### I.3.3. Estimation de la population

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

$$P = P_0 \times (1 + t_{ac})^n \quad (I.1)$$

Sachant que :

- P : Population future à l'horizon considéré ;
- $P_0$  : Population de l'année de référence ;
- $t_{ac}$  : Taux d'accroissement annuel de la population pris à **1,4 %** ;
- n : Nombre d'années séparant l'année de référence et l'horizon considéré.

En se référant au dénombrement de la population fait en 2008 par les services d'urbanisme de l'A.P.C de la zone d'étude, on évaluera la population aux horizons futurs. On a retenu l'année en cours, le moyen et le long terme (2047).

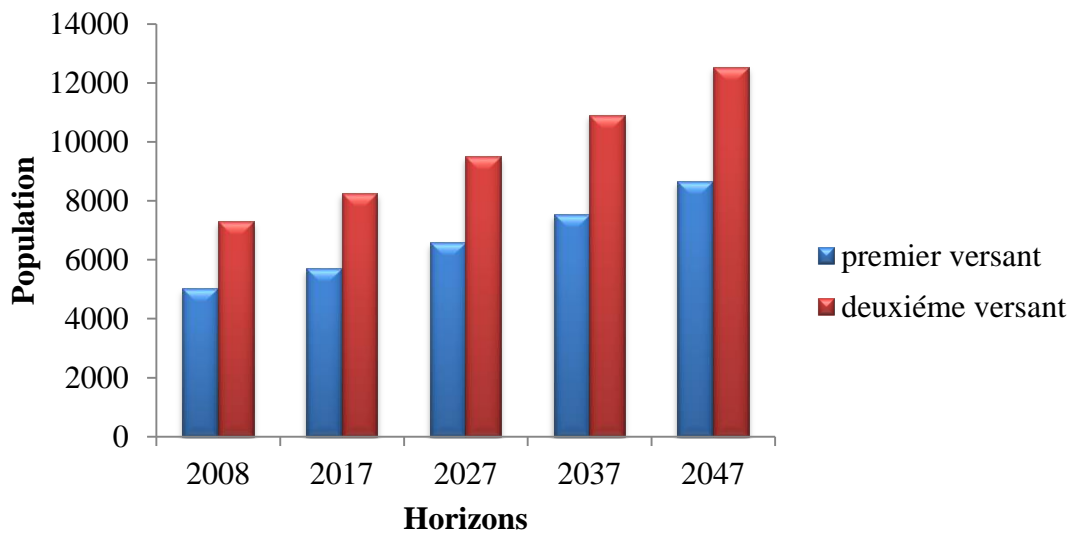


Les résultats sont présentés dans le tableau (I.4) suivant :

*Tableau (I.4): Evaluation de la population à différents horizons*

Zones		Horizons				
		2008	2017	2027	2037	2047
Premier versant	Zone 1	417	473	543	624	717
	Zone 2	2016	2285	2625	3017	3467
	Zone 3	570	646	772	853	980
	Zone 4	1185	1343	1543	1773	2038
	Zone 5	848	961	1104	1229	1458
Sous totale 01		<b>5036</b>	<b>5708</b>	<b>6587</b>	<b>7536</b>	<b>8660</b>
Deuxième versant	Zone 6	722	818	940	1081	1242
	Zone 7	1064	1206	1386	1592	1830
	Zone 8	2630	2981	3425	3936	4523
	Zone 9	744	843	969	1113	1280
	Zone 10	696	789	906	1042	1197
	Zone 11	83	94	108	124	143
	Zone 12	193	219	251	289	332
	Zone 13	365	414	475	546	628
	Zone 14	795	901	1035	1190	1367
Sous totale 02		<b>7292</b>	<b>8265</b>	<b>9495</b>	<b>10913</b>	<b>12542</b>
<b>TOTAL</b>		<b>12328</b>	<b>13973</b>	<b>16082</b>	<b>18449</b>	<b>21202</b>

Suivant le Tableau ( I.4), on trace un graphe traduisant l'évaluation de la population par an, et on obtient la représentation ci-dessous (Figure(I.2)).



*Figure (I.2): Evaluation de la population des zones d'études*

**I.3.4. Normes de consommation**

La zone d'étude représente des agglomérations à caractère rural, la norme de consommation est fixée à une valeur de 125 l/j/hab. Les besoins de consommation par habitant sont repartis comme suit :

*Tableau (I.5): Répartition des besoins de consommation par habitant*

Besoins	Dotation (l/j/hab)
Boisson	5
Cuisine	35
Lavabo	15
Douche	50
Arrosage	20
<b>Total</b>	<b>125</b>

En définitif, on majorera la norme de 20% en raison de l'extension de la région, amélioration du niveau de vie et du développement de la consommation individuelle. La norme de consommation deviendra de **150 l/j/hab.** [2]

**I.3.5. Equipements existants**

Les équipements qui existent dans les zones d'études sont regroupés dans le tableau suivant [1]:

*Tableau (I.6) : Equipements existants*

Zones	Secteur	Equipements	
Premier Versant	Zone 1	Scolaire	1 Ecole primaire
		Administratif	1 Algérie poste
		Socio culturel	1 Mosquée
	Zone 2	Scolaire	1 Ecole primaire, 1 C.E.M
		Administratif	1 APC
		Sanitaire	1 Salle de soin
		Socio culturel	1 Mosquée
	Zone 3	/	/
	Zone 4	Scolaire	1 Ecole primaire, 1 C.E.M
		Administratif	1 Algérie poste
		Sanitaire	1 Salle de soin
		Socio culturel	1 Mosquée
	Zone 5	Scolaire	1 Ecoles primaires
Socio culturel		1 Mosquées	
Deuxième Versant	Zone 6	Scolaire	1 Ecole primaire
		Socio culturel	1 Mosquée
	Zone 7	Scolaire	1 Ecole primaire
		Socio culturel	1 Mosquée
	Zone 8	Scolaire	1 Ecoles primaires
		Socio culturel	1 Mosquées 1 voute sportive
		Sanitaire	1 Salle de soin
		Administratif	1 Algérie poste

**Tableau (I.6) : Equipements existants (suite).**

Zones		Secteur	Equipements
Deuxième Versant	Zone 9	Socio culturel	1 Mosquée
		Scolaire	1 Ecole primaire
	Zone 10	Scolaire	1 Ecole primaire
		Socio culturel	1 Mosquée
	Zone 11	/	/
	Zone 12	/	/
	Zone 13	/	/
	Zone 14	Scolaire	1 Ecole primaire
Socio culturel		1 Mosquée	

### I.3.6. Calcul des besoins en eau

La consommation moyenne journalière se détermine en tenant compte des différents types de consommation : domestique, scolaire, sanitaire, administratif ainsi que les besoins socioculturels etc.... La consommation moyenne journalière se détermine par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy j}} = \sum (q \cdot N_i / 1000) \quad (\text{I.2})$$

Avec :

- $Q_{\text{moy j}}$  : Consommation moyenne journalière en (m<sup>3</sup>/j) ;
- $q$  : Dotation moyenne journalière des consommateurs en (l/j.cons) ;
- $N_i$  : Nombre de consommateurs.

#### I.3.6.1. Besoins domestiques

**Tableau (I.7) : Besoins domestiques à différents horizons**

	Zones	Population		Dotation (l/j.hab)	Besoin (m <sup>3</sup> /j)	
		2017	2047		2017	2047
Premier versant	Zone 1	473	717	150	70,95	107,55
	Zone 2	2285	3467	150	342,75	520,05
	Zone 3	646	980	150	96,9	147
	Zone 4	1343	2038	150	201,45	305,7
	Zone 5	961	1458	150	144,15	218,7
<b>Sous totale 01</b>		<b>5708</b>	<b>8660</b>	<b>150</b>	<b>856,2</b>	<b>1299</b>
Deuxième versant	Zone 6	818	1242	150	122,7	186,3
	Zone 7	1206	1830	150	180,9	274,5
	Zone 8	2981	4523	150	447,15	678,45
	Zone 9	843	1280	150	126,45	192
	Zone 10	789	1197	150	118,35	179,55
	Zone 11	94	143	150	14,1	21,45
	Zone 12	219	332	150	32,85	49,8
	Zone 13	414	628	150	62,1	94,2
<b>Sous totale 02</b>		<b>8265</b>	<b>12542</b>	<b>150</b>	<b>1239,75</b>	<b>1881,3</b>
<b>TOTAL</b>		<b>13973</b>	<b>21202</b>	<b>150</b>	<b>2095,95</b>	<b>3180,3</b>

**I.3.6.2. Besoins scolaires**

Les équipements scolaires sont nombreux et touchent les deux catégories : l'enseignement primaire, le moyen (C.E.M). Ils sont répartis comme suit :

**Tableau (I.8): Besoins scolaires**

	Zones	Equipements existants	Effectifs	Dotation (l/j/eff)	Besoins (m <sup>3</sup> /j)
<b>Premier Versant</b>	<b>Zone 1</b>	<b>1 Ecole primaire</b>	105	15	1,575
	<b>Zone 2</b>	<b>1 Ecole primaire</b>	320	15	4,8
		<b>1 C.E.M</b>	395	15	5,925
	<b>Zone 3</b>	/	0	0	0
	<b>Zone 4</b>	<b>1 Ecole primaire</b>	285	15	4,275
		<b>1 C.E.M</b>	338	15	5,07
<b>Zone 5</b>	<b>1 Ecole primaire</b>	110	15	1,65	
<b>Sous total 01</b>			-	-	<b>32,295</b>
<b>Deuxième Versant</b>	<b>Zone 6</b>	<b>1 Ecole primaire</b>	130	15	1,95
	<b>Zone 7</b>	<b>1 Ecole primaire</b>	210	15	3,15
	<b>Zone 8</b>	<b>1 Ecole primaire</b>	330	15	4,95
	<b>Zone 9</b>	<b>1 Ecole primaire</b>	150	15	2,25
	<b>Zone 10</b>	<b>1 Ecole primaire</b>	100	15	1,5
	<b>Zone 11</b>	/	0	0	0
	<b>Zone 12</b>	/	0	0	0
	<b>Zone 13</b>	/	0	0	0
	<b>Zone 14</b>	<b>1 Ecole primaire</b>	210	15	3,15
<b>Sous total 02</b>			-	-	<b>16,95</b>
<b>TOTAL</b>			-	-	<b>40,245</b>

**I.3.6.3. Besoins administratifs****Tableau (I.9): Besoins administratifs**

	Zones	Types d'équipements	Nombres d'employés	Dotation (l /j/emp)	Besoins (m <sup>3</sup> /j)
<b>Premier Versant</b>	<b>Zone 1</b>	1 Algérie poste	3	10	0,03
	<b>Zone 2</b>	1 APC	163	10	1,63
	<b>Zone 4</b>	1 Algérie poste	3	10	0,03
<b>Sous totale 01</b>			-	-	<b>1,69</b>
<b>Deuxième Versant</b>	<b>Zone 8</b>	1 Algérie poste	3	10	0,03
<b>Sous totale 02</b>			-	-	<b>0,03</b>
<b>TOTAL</b>			-	-	<b>1,72</b>

## I.3.6.4. Besoins socioculturels

Tableau(I.10) : Besoins socioculturels

	Zones	Type d'équipements	Nombres d'usagés	Dotation (l /j/usa)	Besoins (m <sup>3</sup> /j)
<b>Premier Versant</b>	<b>Zone 1</b>	1 Mosquée	100	15	1,5
	<b>Zone 2</b>	1 Mosquée	175	15	5,625
	<b>Zone 3</b>	/	/	/	/
	<b>Zone 4</b>	1 Mosquée	310	15	4,65
	<b>Zone 5</b>	1 Mosquée	150	15	2,25
<b>Sous totale 01</b>			-	-	<b>14,025</b>
<b>Deuxième Versant</b>	<b>Zone 6</b>	1 Mosquée	270	15	4,05
	<b>Zone 7</b>	1 Mosquée	250	15	3,75
	<b>Zone 8</b>	1 Mosquée	420	15	6,3
		1 voute sportive	60	60	3,6
	<b>Zone 9</b>	1 Mosquée	200	15	3
	<b>Zone 10</b>	1 Mosquée	200	15	3
	<b>Zone 11</b>	/	/	/	/
	<b>Zone 12</b>	/	/	/	/
	<b>Zone 13</b>	/	/	/	/
	<b>Zone 14</b>	1 Mosquée	271	15	4,065
<b>Sous total 02</b>			-	-	<b>27,765</b>
<b>TOTAL</b>			-	-	<b>41,79</b>

## I.3.6.5. Besoins sanitaires

Au plan sanitaire, la commune d'Ighram dispose de trois salles de soin à Ighram(C.L),Ighil Nacer, et une autre à Taslent, les résultats sont explicités dans le tableau (I.11) ci- après :

Tableau (I.11): Besoins sanitaires

Zones	Types d'équipements	N <sup>bre</sup> d'employés	N <sup>bre</sup> de patients	Dotation par employé (l /j/emp)	Dotation (l/patient/j)	Besoins (m <sup>3</sup> /j) par employés	Besoins (m <sup>3</sup> /j) par patients	Besoins (m <sup>3</sup> /j)
<b>Zone 2</b>	1Salle de soin	5	60	15	10	0,08	0,60	0,68
<b>Zone 4</b>	1Salle de soin	3	40	15	10	0,05	0,40	0,45
<b>Sous totale 01</b>		/	/	/	/	/	/	<b>1,13</b>
<b>Zone 8 (2<sup>ème</sup> versant)</b>	1Salle de soin	5	50	15	10	0,08	0,60	0,68
<b>Sous totale 02</b>		/	/	/	/	/	/	<b>0,68</b>
<b>TOTAL</b>		/	/	/	/	/	/	<b>1,81</b>

**I.3.6.6. autres besoins**

Ces besoins sont les restaurants et les cafétérias situées aux différentes zones de la commune, les résultats sont énumérés dans le tableau (I.12) ci- après:

**Tableau (I.12): Autres besoins**

	Zones	Types d'équipements	N <sup>br</sup> d'employés	Dotation par équipement (l/j/équip)	Besoins (m <sup>3</sup> /j)
<b>Premier Versant</b>	<b>Zone 2</b>	<b>5 Restaurants</b>	20	600	3
		<b>10 Cafétérias</b>	20	400	4
	<b>Zone 4</b>	<b>2 Cafétérias</b>	2	400	0,8
<b>Sous totale 01</b>			-	-	<b>7,8</b>
<b>Deuxième Versant</b>	<b>Zone 6</b>	<b>3 Cafétérias</b>	3	400	1,2
		<b>2 Restaurants</b>	6	600	1,2
	<b>Zone 7</b>	<b>2 Cafétérias</b>	2	400	0,8
	<b>Zone 8</b>	<b>4 Cafétérias</b>	6	400	1,6
	<b>Zone 14</b>	<b>1 Cafétérias</b>	2	400	0,4
<b>Sous totale 02</b>			-	-	<b>5,2</b>
<b>TOTAL</b>			-	-	<b>13</b>

**I.3.6.7. Estimation des débits des équipements pour l'horizon 2047 pour chaque zone**

Après l'estimation détaillée des équipements et de leurs besoins, on obtient une demande en eau d'équipements publics pour chaque zone pour l'horizon 2017. Et pour estimer les besoins d'équipements projetés, on fait intervenir le rapport entre les besoins d'équipements et les besoins domestiques de chaque zone, et à la base de ce rapport, on estime les besoins projetés d'équipement pour l'horizon voulu, en appliquant la formule suivante [2] :

$$\frac{Q_{\text{équi } 2017}}{Q_{\text{dom } 2017}} = \frac{Q_{\text{équi } 2047}}{Q_{\text{dom } 2047}} \quad (\text{I.3})$$

Les résultats sont représentés dans le tableau (I.13) suivant :

**Tableau (I.13) : Estimation du débit des équipements pour l'horizon 2047**

	Zones	Besoin domestique Q <sub>domes</sub> (m <sup>3</sup> /j)		Besoin d'équipement Q <sub>équi</sub> (m <sup>3</sup> /j)		Q <sub>dome</sub> +Q <sub>équi</sub> (m <sup>3</sup> /j)	
		2017	2047	2017	2047	2017	2047
<b>premier Versant</b>	<b>Zone 1</b>	70,95	107,55	6,105	9,25	77,06	116,80
	<b>Zone 2</b>	342,75	520,05	22,66	34,40	365,41	554,45
	<b>Zone 3</b>	96,9	147	0	0	96,9	147
	<b>Zone 4</b>	201,45	305,7	14,025	21,29	215,47	326,99
	<b>Zone 5</b>	144,15	218,7	3,9	5,92	148,05	224,62
<b>Sous totale 01</b>		<b>856,2</b>	<b>1299</b>	<b>46,69</b>	<b>70,86</b>	<b>902,89</b>	<b>1369,86</b>

Tableau (I.13) : Estimation du débit d'équipement pour l'horizon 2047(suite).

Zone		Besoin domestique $Q_{domes}$ (m <sup>3</sup> /j)		Besoin d'équipement $Q_{equi}$ (m <sup>3</sup> /j)		$Q_{dome}+Q_{equi}$ (m <sup>3</sup> /j)	
		2017	2047	2017	2047	2017	2047
Deuxième Versant	Zone 6	122,7	186,3	6	9,11	128,70	195,41
	Zone 7	180,9	274,5	6,9	10,47	187,80	284,97
	Zone 8	447,15	678,45	15,56	23,61	462,71	702,06
	Zone 9	126,45	192	5,25	7,97	131,70	199,97
	Zone 10	118,35	179,55	4,5	6,83	122,85	186,38
	Zone 11	14,1	21,45	0	0	14,10	21,45
	Zone 12	32,85	49,8	0	0	32,85	49,80
	Zone 13	62,1	94,2	0	0	62,10	94,20
	Zone 14	135,15	205,05	7,215	10,95	142,37	216,00
Sous totale 02		<b>1239,75</b>	<b>1881,3</b>	<b>45,425</b>	<b>68,94</b>	<b>1285,18</b>	<b>1950,23</b>
<b>TOTAL</b>		<b>2095,95</b>	<b>3180,3</b>	<b>92,115</b>	<b>139,80</b>	<b>2188,07</b>	<b>3320,09</b>

### I.3.7. calcul du débit moyen journalier

On doit effectuer une majoration de 20%, afin de compenser les fuites au niveau du réseau d'adduction qui sont fonction du type de conduite, de la nature du terrain et de la qualité de l'entretien et, cela afin d'éviter tout risque d'insuffisance dans la consommation journalière.

Donc le débit moyen journalier est donné comme suit :

$$Q_{moyj} = K_f \times (Q_{dom} + Q_{equi}) \quad (I.4)$$

Où :

- $Q_{moyj}$  : Débit moyen journalier (l/s) ;
- $K_f$  : Coefficient de fuite ;
- $Q_{dom}$  : Débit domestique (l/s) ;
- $Q_{equi}$  : Débit d'équipement (l/s).

Ainsi, on obtient les résultats suivants pour les différents horizons:

Tableau (I.14) : majoration de la consommation moyenne journalière

Zones		$Q_{dome}+Q_{equi}$ (l/s)		$K_f$	$Q_{moyj}$ (l/s)	
		2017	2047		2017	2047
premier Versant	Zone 1	0,89	1,35	1,2	1,07	1,62
	Zone 2	4,23	6,42	1,2	5,08	7,70
	Zone 3	1,12	1,70	1,2	1,34	2,04
	Zone 4	2,49	3,78	1,2	3	4,54
	Zone 5	1,71	2,6	1,2	2,05	3,12
Sous totale 01		<b>10,44</b>	<b>15,85</b>	/	<b>12,54</b>	<b>19,02</b>

Tableau (I.14) : majoration de la consommation moyenne journalière (suite)

zone		Q <sub>dome</sub> +Q <sub>equi</sub> (l/s)		K <sub>f</sub>	Q <sub>moy j</sub> (l/s)	
		2017	2047		2017	2047
Deuxième Versant	Zone 6	1,49	2,26	1,2	1,79	2,71
	Zone 7	2,17	3,30	1,2	2,61	3,96
	Zone 8	5,36	8,13	1,2	6,43	9,75
	Zone 9	1,52	2,31	1,2	1,83	2,78
	Zone 10	1,42	2,16	1,2	1,71	2,59
	Zone 11	0,16	0,25	1,2	0,20	0,30
	Zone 12	0,38	0,58	1,2	0,46	0,69
	Zone 13	0,72	1,09	1,2	0,86	1,31
	Zone 14	1,65	2,50	1,2	1,98	3,00
Sous totale 02		<b>14,87</b>	<b>22,58</b>	/	<b>17,87</b>	<b>27,09</b>
<b>TOTAL</b>		<b>25,31</b>	<b>38,43</b>	/	<b>30,41</b>	<b>46,11</b>

**I.3.8. calcul du débit maximum journalier (Q<sub>max j</sub>)**

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

$$Q_{max j} = K_{max j} \times Q_{moy j} \tag{I.5}$$

Avec :

- Q<sub>maxj</sub> : Débit maximum journalier (l/s) ;
- Q<sub>moyj</sub> : Débit moyen journalier (l/s) ;
- K<sub>max j</sub> : Coefficient de d'irrégularité maximal qui varie entre 1,1 et 1,3 ; dans notre étude, on prendra : K<sub>max j</sub>=1,3

On aura alors :

$$Q_{max j} = 1,3 \times Q_{moy j}$$

Tableau (I.15) : Débit maximum journalier à différents horizons

	Zones	Q <sub>moy j</sub> (l/s)		K <sub>max j</sub>	Q <sub>max j</sub> (l/s)	
		2017	2047		2017	2047
premier Versant	Zone 1	1,07	1,62	1,3	1,39	2,10
	Zone 2	5,08	7,70	1,3	6,61	10,01
	Zone 3	1,34	2,04	1,3	1,74	2,65
	Zone 4	2,99	4,54	1,3	3,89	5,90
	Zone 5	2,05	3,12	1,3	2,67	4,06
Sous totale 01		<b>12,54</b>	<b>19,02</b>	/	<b>16,3</b>	<b>24,72</b>



Tableau (I.15) : Débit maximum journalier à différents horizons (suite)

Zone		Q <sub>moy j</sub> (l/s)		K <sub>max j</sub>	Q <sub>max j</sub> (l/s)	
		2017	2047		2017	2047
Deuxième Versant	Zone 6	1,79	2,71	1,3	2,33	3,52
	Zone 7	2,61	3,96	1,3	3,39	5,15
	Zone 8	6,43	9,75	1,3	8,36	12,68
	Zone 9	1,83	2,78	1,3	2,38	3,61
	Zone 10	1,71	2,59	1,3	2,22	3,37
	Zone 11	0,2	0,3	1,3	0,26	0,39
	Zone 12	0,46	0,69	1,3	0,60	0,90
	Zone 13	0,86	1,31	1,3	1,12	1,70
	Zone 14	1,98	3	1,3	2,57	3,90
Sous totale 02		<b>17,87</b>	<b>27,09</b>	/	<b>23,23</b>	<b>35,22</b>
TOTAL		<b>30,41</b>	<b>46,11</b>	/	<b>39,53</b>	<b>59,94</b>

### I.3.9. calcul du débit pointe (Q<sub>p</sub>)

La variation du débit horaire dans la journée est caractérisé par le coefficient de variation K<sub>max,h</sub>, appelés coefficient de consommation maximum horaire. Ce coefficient est calculé pour la journée la plus changée de l'année, il est déterminé par l'expression suivant :

$$K_{max.h} = \frac{\text{consommation maximale horaire}}{\text{consommation moyenne horaire}} = \frac{Q_{max.h}}{Q_{moy.h}}$$

Avec :

$$Q_{max.h} = K_{max.h} \times Q_{moy.h}$$

La valeur de K<sub>max,h</sub> varie en fonction de β<sub>max</sub> et α<sub>max</sub>.

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

- α<sub>max</sub> : varie entre 1,2 et 1,4 ; on prend α<sub>max</sub>=1,3.
- β<sub>max</sub> : dépend du nombre d'habitant, et sera déterminé par interpolation on utilisant les valeurs données dans le tableau suivant :

Tableau (I.16): Variation des valeurs de β<sub>max</sub>

Nombre d'hab × 10 <sup>3</sup>	< 1	1,5	2,5	4	6	10	20	30	100	300	>10 <sup>3</sup>
β <sub>max</sub>	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,03	1

D'après ce tableau, on trouve les valeurs de β<sub>max</sub> et les résultats du coefficient de K<sub>max,h</sub> qui sont portés dans le tableau (I.17) suivant :

*Tableau (I.17) : Détermination des valeurs des coefficients  $K_{max,h}$  en fonction du nombre d'habitants*

Zones		Population		$\alpha_{max}$	$\beta_{max}$		$K_{max,h}$	
		2017	2047		2017	2047	2017	2047
Premier Versant	Zone 1	473	717	1,3	2	2	2,6	2,6
	Zone 2	2285	3467	1,3	1,64	1,54	2,13	2,00
	Zone 3	646	980	1,3	2	2	2,60	2,60
	Zone 4	1343	2038	1,3	1,86	1,69	2,42	2,20
	Zone 5	961	1458	1,3	2	1,82	2,6	2,37
Deuxième Versant	Zone 6	818	1242	1,3	2	1,9	2,6	2,47
	Zone 7	1206	1830	1,3	1,92	1,73	2,50	2,25
	Zone 8	2981	4523	1,3	1,57	1,47	2,04	1,91
	Zone 9	843	1280	1,3	2	1,89	2,6	2,46
	Zone 10	789	1197	1,3	2	1,92	2,6	2,50
	Zone 11	94	143	1,3	2	2	2,6	2,6
	Zone 12	219	332	1,3	2	2	2,6	2,6
	Zone 13	414	628	1,3	2	2	2,6	2,6
	Zone 14	901	1367	1,3	2	1,85	2,60	2,41

Par suite, les débits de pointes à différents horizons seront :

*Tableau (I.18) : débit horaire maximum à différents horizons*

Zones		$Q_{max,j}(l/s)$		$K_{max,h}$		$Q_p(l/s)$	
		2017	2047	2017	2047	2017	2047
premier Versant	Zone 1	1,39	2,10	2,6	2,6	3,61	5,49
	Zone 2	6,61	10,01	2,13	2,00	14,06	20,02
	Zone 3	1,74	2,65	2,60	2,60	4,52	6,89
	Zone 4	3,89	5,90	2,42	2,20	9,41	12,98
	Zone 5	2,67	4,06	2,6	2,37	6,94	9,62
Sous totale 01		<b>16,30</b>	<b>24,72</b>	/	/	<b>38,54</b>	<b>55</b>

Tableau (I.18) : débit horaire maximum à différents horizons (suite).

Zone		Q <sub>max j</sub> (l/s)		K <sub>max h</sub>		Q <sub>p</sub> (l/s)	
		2017	2047	2017	2047	2017	2047
Deuxième Versant	Zone 6	2,33	3,52	2,6	2,47	6,06	8,69
	Zone 7	3,39	5,15	2,50	2,25	8,48	11,59
	Zone 8	8,36	12,68	2,04	1,91	17,05	24,22
	Zone 9	2,38	3,61	2,6	2,46	6,19	8,88
	Zone 10	2,22	3,37	2,6	2,50	5,77	8,43
	Zone 11	0,26	0,39	2,6	2,6	0,68	1,01
	Zone 12	0,60	0,90	2,6	2,6	1,56	2,34
	Zone 13	1,12	1,70	2,6	2,6	2,91	4,42
	Zone 14	2,57	3,90	2,60	2,405	6,68	9,38
Sous totale 02		<b>23,23</b>	<b>35,22</b>	/	/	<b>55,38</b>	<b>78,96</b>
<b>TOTAL</b>						<b>93,96</b>	<b>134,54</b>

## I.3.10. Tableau récapitulatif

Les résultats trouvés précédemment sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Tableau (I.19) : Récapitulatif des résultats

Zones		Population		Q <sub>moy j</sub> (l/s)		Q <sub>max j</sub> (l/s)		Q <sub>p</sub> (l/s)	
		2017	2047	2017	2047	2017	2047	2017	2047
premier Versant	Zone 1	473	717	1,07	1,62	1,39	2,10	3,61	5,49
	Zone 2	2285	3467	5,08	7,70	6,61	10,01	14,06	20,02
	Zone 3	646	980	1,34	2,04	1,74	2,65	4,52	6,89
	Zone 4	1343	2038	2,99	4,54	3,89	5,90	9,41	12,98
	Zone 5	961	1458	2,05	3,12	2,67	4,06	6,94	9,62
Sous totale 01		<b>5708</b>	<b>8660</b>	<b>12,54</b>	<b>19,02</b>	<b>16,30</b>	<b>24,72</b>	<b>38,54</b>	<b>55</b>
Deuxième Versant	Zone 6	818	1242	1,79	2,71	2,33	3,52	6,06	8,69
	Zone 7	1206	1830	2,61	3,96	3,39	5,15	8,48	11,59
	Zone 8	2981	4523	6,43	9,75	8,36	12,68	17,05	24,22
	Zone 9	843	1280	1,83	2,78	2,38	3,61	6,19	8,88
	Zone 10	789	1197	1,71	2,59	2,22	3,37	5,77	8,43
	Zone 11	94	143	0,20	0,30	0,26	0,39	0,68	1,01
	Zone 12	219	332	0,46	0,69	0,60	0,90	1,56	2,34
	Zone 13	414	628	0,86	1,31	1,12	1,70	2,91	4,42
Zone 14	901	1367	1,98	3,00	2,57	3,90	6,68	9,38	
Sous totale 02		<b>8265</b>	<b>12542</b>	<b>17,87</b>	<b>27,09</b>	<b>23,23</b>	<b>35,22</b>	<b>55,38</b>	<b>78,96</b>
<b>TOTAL</b>		<b>13973</b>	<b>21202</b>	<b>30,42</b>	<b>46,11</b>	<b>39,53</b>	<b>59,94</b>	<b>93,92</b>	<b>133,96</b>

**Remarque :** Lors de l'établissement du tracé d'adduction réalisé, le maître de l'ouvrage à demander l'intégration de quelque localité touchée, Ait lahdir, poste 17 et Azaghar.

## ❖ Estimation de la population des localités

La population des localités touchées par le projet sont représentées dans le tableau ci-après :

*Tableau (I.20) : Estimation de la population future des localités touchée*

Localités	RGPH 2008	2017	2027	2037	2047
Ait lahdir	600	680	781	898	1032
Azaghar	2500	2833	3256	3741	4300
Poste 17	20000	22666	26047	29932	34396
<b>Total</b>	<b>23100</b>	<b>26179</b>	<b>30084</b>	<b>34571</b>	<b>39728</b>

## ❖ Consommation des localités

Les débits de consommation des localités ajoutées à l'étude sont représentés dans le tableau suivant :

*Tableau (I.21) : Besoins en eau des localités touchée*

Localités	population		Q <sub>moy,j</sub> (l/s)		Q <sub>max,j</sub> (l/s)	
	2017	2047	2017	2047	2017	2047
Aitlahdir	680	1032	1,42	2,15	1,84	2,80
Azaghar	2833	4300	5,90	8,96	7,67	11,65
Poste 17	22666	34396	47,22	71,66	61,39	93,16
<b>Total</b>	<b>26179</b>	<b>39728</b>	<b>54,54</b>	<b>82,77</b>	<b>70,90</b>	<b>107,60</b>

## I.3.11. Bilan ressources-besoins et conclusion

Le bilan a été établi pour toutes les zones d'étude, le tableau des besoins et les ressources en eau disponibles, nous permet d'établir le bilan suivant :

*Tableau (I.22) : Bilan ressources-besoins*

Bilan ressources-besoins	Horizon	
	2017	2047
<b>Ressources disponibles (deux forages) (m<sup>3</sup>/j)</b>	4121,3	4121,3
<b>Besoins (m<sup>3</sup>/j)</b>	3416,256	5178,816
<b>Bilan (m<sup>3</sup>/j)</b>	<b>705,044</b>	<b>-1057,516</b>

Ce bilan nous montre clairement que la commune d'Ighram présente un déficit en eau potable, ce qui nécessite la mobilisation de nouvelles ressources pour assurer les besoins en eau en situation future. Ces ressources devront combler le déficit estimé à long terme à **5178,816m<sup>3</sup>/j** soit de **59,94l/s**.

Dans ce but, l'état à financer un projet d'alimentation en eau potable qui renforcera les six communes au sud de la wilaya de Bejaia en eau potable des agglomérations et d'industries à partir du barrage Tichy-Haf. Pour répondre aux déficits des localités de la commune d'Ighram, une conduite d'adduction secondaire sera réalisée en un point de piquage situé à la cote **213,48m** de ce transfert.

# ***CHAPITRE II***

## ***Les réservoirs***

## **II.1. Introduction**

Les réservoirs sont des ouvrages hydrauliques construits par l'homme, au départ uniquement pour emmagasiner l'eau afin de l'utiliser lors des saisons où cette dernière se fait rare.

Aujourd'hui, ils sont conçus dans le but d'assurer divers fonctions et rôles tels que [2] :

- Assurer la continuité des distributions pendant l'arrêt de la pompe ;
- Assurer les pressions nécessaires en tout point du réseau ;
- Servir de liaison entre deux régimes, l'apport d'eau qui est uniforme et la distribution qui est variable ;
- Réduction des dépenses d'énergie (stockage la nuit et distribution gravitaire pendant les heures de pointe) ;
- Assurer une réserve d'incendie ;
- Conserver la température de l'eau et la mettre à l'abri de la contamination ;
- Milieu où on peut traiter l'eau à l'aide de chlore.

## **II.2. Caractéristiques du réservoir**

Le réservoir doit assurer les caractéristiques suivantes :

- Une bonne résistance face aux efforts exercés par le poids propre de l'ouvrage, de l'eau stockée et des efforts extérieurs (vent, séisme...) ;
- Assurer une bonne étanchéité et protéger l'eau contre toute contamination.

## **II.3. Choix du site d'implantation**

L'emplacement des réservoirs dépend essentiellement des données topographiques et de la nature du terrain. Bien qu'il y ait des réservoirs existants, leur emplacement doit respecter les aspects suivants :

- L'emplacement du réservoir doit être aussi choisi de telle façon à pouvoir satisfaire les abonnés en pression suffisante.
- Le site du réservoir doit être le plus proche possible de l'agglomération (économie) pouvant alimenter le point le plus défavorable (Figure (II.1)).
- La cote du radier doit être supérieure à la plus haute cote piézométrique exigée dans le réseau, ce qui est respecté dans le cas de la ville étudiée dans le présent mémoire.

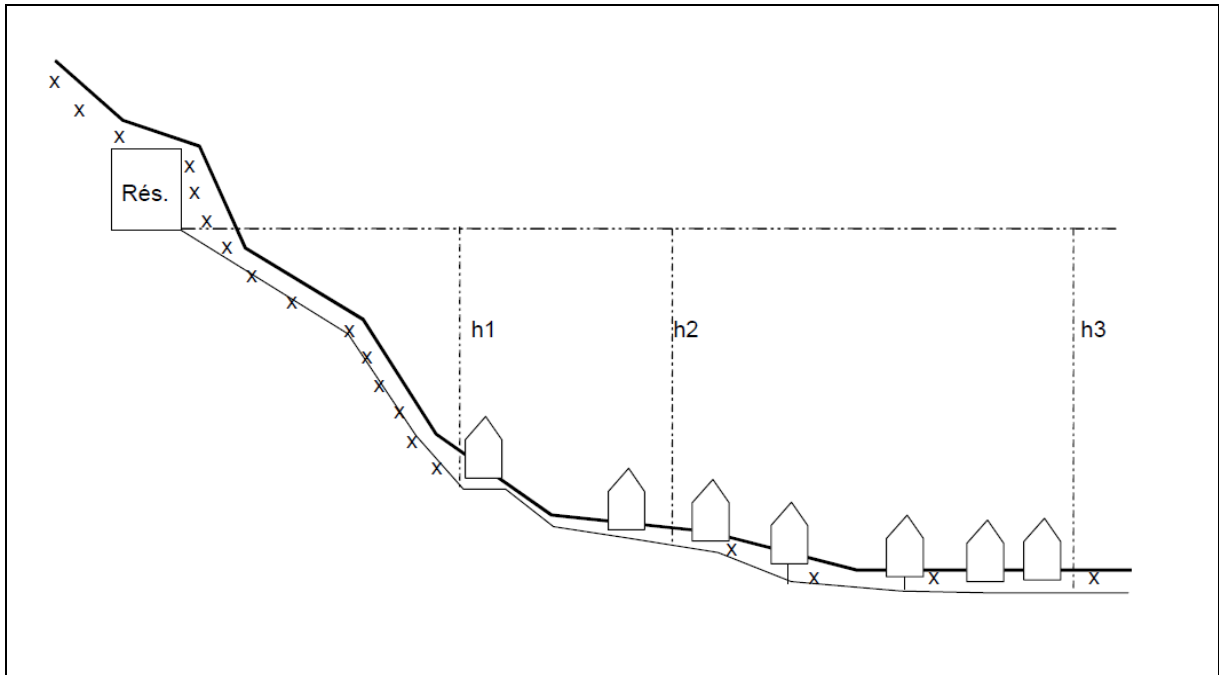


Figure (II.1): Emplacement d'un réservoir

## II.4. Classification des réservoirs

Ils peuvent être classés suivant le tableau(II.1) ci-dessous :

Tableau (II.1) : classification des réservoirs

N°	Nature de classification	Type de réservoirs
1	Leur position par rapport au sol	Réservoirs enterrés Réservoirs semi enterrés Réservoirs surélevés
2	Leur forme	Réservoirs circulaires Réservoirs carrés et rectangulaires Réservoirs quelconques
3	Leur mode de fermeture	Réservoirs couverts Réservoirs non couverts
4	Leur matériau de construction	Réservoirs métalliques Réservoirs en maçonnerie (béton armé ou précontraint)

## II.5. Choix du type de réservoir

Vu le relief très accidenté de la zone d'étude, on optera pour des réservoirs circulaires semi-enterrés pour les motifs suivant :

- L'étude architecturale est simplifiée ;
- L'étanchéité est facile à réaliser ;
- Conservation de l'eau à une température constante ;
- Les frais de terrassement sont moins onéreux.

## II.6. Equipement des réservoirs

Les réservoirs sont équipés des systèmes d'arrive, de départ, de vidange et de trop plein, ainsi qu'un mécanisme de régulation de capteur de niveau d'eau dans la cuve commandant des pompe qui l'alimentent. Les réservoirs alimentés à partir d'adduction gravitaire seront commandés par robinet à flotteur.

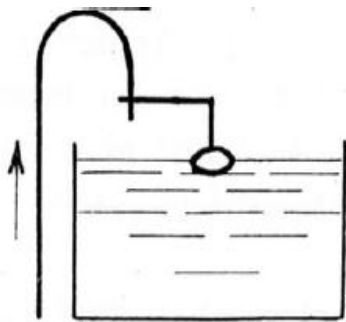
### II.6.1. Conduite d'adduction

La conduite d'adduction à son débouche dans le réservoir, doit pouvoir d'obturer quand l'eau atteint dans la cuve son niveau maximal [3] :

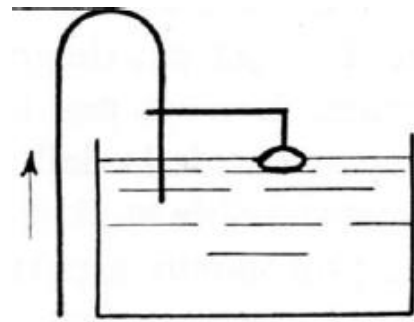
- Obturation par robinet flotteur si l'adduction est gravitaire ;
- Un dispositif permettant l'arrêt du moteur si l'adduction s'effectue par refoulement.

L'adduction s'effectue soit :

- En chute libre en provoquant a l'arrive dans le réservoir une oxygénation de l'eau ;
- En plongeant la conduite de façon à ce que l'extrémité soit toujours noyée.



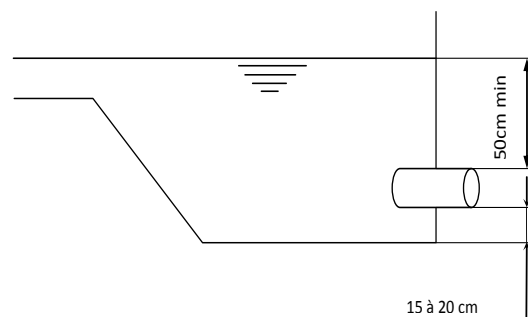
*Figure (II.2) : Adduction avec chute libre*



*Figure (II.3) : Adduction noyée*

### II.6.2. Conduite de distribution

Le départ de la conduite de distribution s'effectue à 0,15 ou 0,20 m au-dessus du radier en vue d'éviter l'introduction dans la conduite des boues ou des sables qui éventuellement pourraient se décanter dans la cuve [3].



*Figure (II.4) : Conduite de distribution*



### II.6.3. Conduite trop plein

Cette conduite devra évacuer la totalité du débit arrivant au réservoir vers un exutoire lorsque le niveau d'eau dans celui-ci atteint sa limite maximale ou en cas de défaillance du système d'arrêt des pompes [3].

Pour éviter l'intrusion d'insectes ou moustiques, on aménage un siphon dans la conduite de trop plein (Figure (II.5)).

### II.6.4. Vidange

Elle part du point bas du réservoir pour évacuer les dépôts et se raccorde sur la canalisation du trop-plein (Figure (II.5))[3].

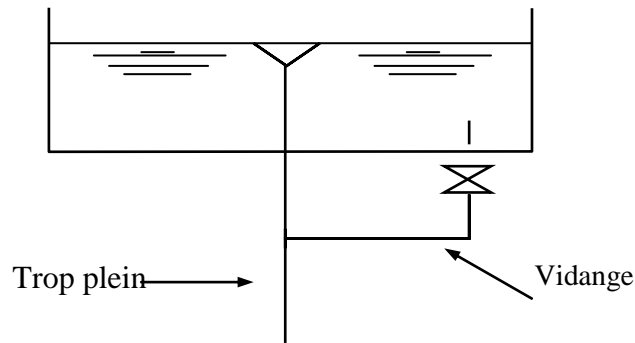


Figure (II.5) : Conduite de trop-plein et vidange

### II.6.5. by-pass

En cas d'indisponibilité (nettoyage) ou de réparation du réservoir, il est nécessaire de prévoir une communication entre les conduites d'adduction et de distribution. Elle s'effectue selon le schéma de la figure (II.6) ; en temps normale 1 et 3 sont ouvertes et 2 fermé. En by-pass on ferme 1 et 3 et on ouvre 2.[4]

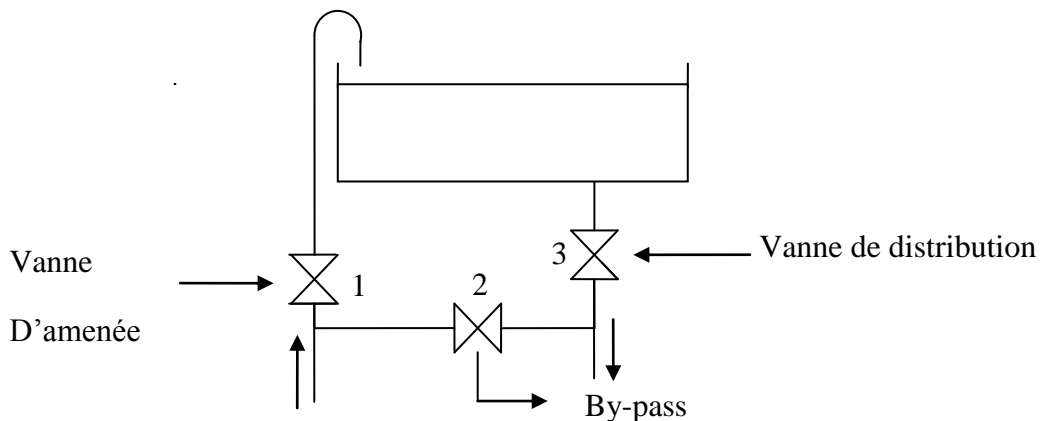


Figure (II.6) : By-pass entre l'adduction et distribution

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

Pour conserver la réserve destinée à lutter contre les incendies, des dispositions sont prises pour empêcher le passage de l'eau de la réserve d'incendie dans la distribution, on distingue deux types de disposition [4] :

#### ➤ Système à deux prises

En temps normal, "1" est fermée et "2" ouverte. En cas de sinistre, il suffit d'ouvrir "1". Il existe ainsi une tranche d'eau morte ce qu'il faut éviter (Figure (II.7)).

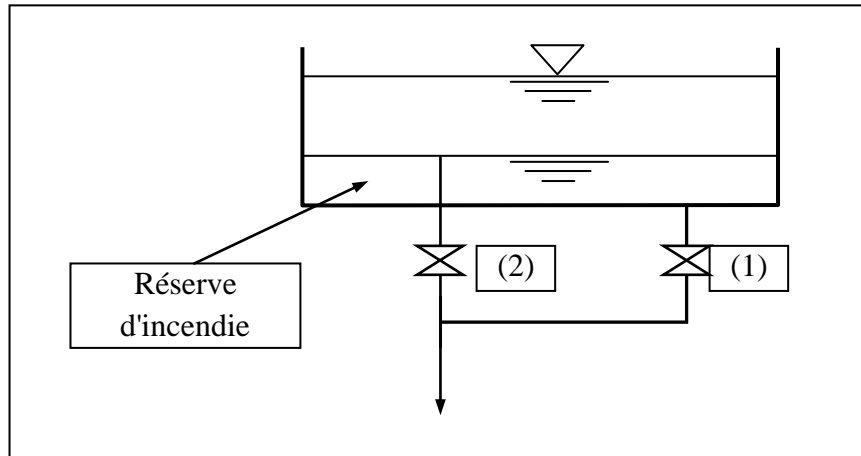


Figure (II.7) : Système à deux prises

#### ➤ Système à siphon

Ce système à l'avantage de renouveler constamment la réserve d'incendie. Quand le niveau atteint son niveau minimum, le siphon se désamorçage. En temps normal "1" et "3" ouvertes et "2" fermée. En cas de sinistre, on ouvre la vanne "2", cette dernière sera, de préférence, une vanne papillon à ouverture rapide et commandée électriquement (Figure (II.8)).[4]

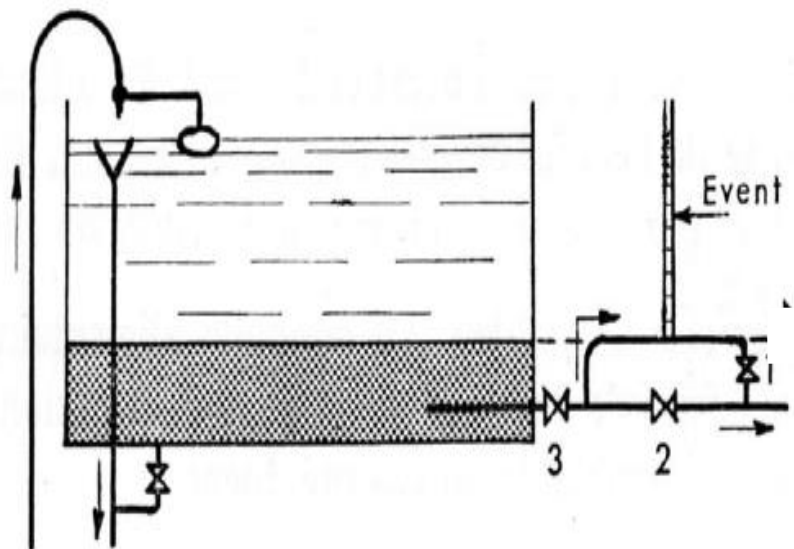


Figure (II.8) : Système à siphon

## II.7. Entretien des réservoirs

Les structures du réservoir doivent faire l'objet d'une surveillance régulière en ce qui concerne toutes les fissures, ainsi que les phénomènes de corrosions sur les parties métalliques en raison de l'atmosphère humide qui y règne.

Un soin particulier doit être apporté au nettoyage des cuves ; opération comportant plusieurs étapes telles que :

- ✓ Isolement et vidange de la cuve ;
- ✓ Elimination des dépôts sur les parois ;
- ✓ Désinfection à l'aide des produits chlorés.
- ✓ Remise en service.

## II.8. Calcul de la capacité de stockage

La capacité du réservoir doit être estimée en tenant compte des variations du débit à l'entrée et à la sortie, c'est-à-dire, d'une part, du mode d'exploitation des ouvrages situés en amont (adduction et station de reprise), et d'autre part, du régime de distribution (consommation moyenne journalière de l'agglomération). Le calcul de la capacité peut se faire suivant deux méthodes :

- ❖ Méthode analytique.
- ❖ Méthode graphique.

### II.8.1. Méthode analytique

La capacité du réservoir est déterminée à partir de la différence entre le débit entrant et le débit sortant du réservoir, on calculera le résidu pour chaque heure, la valeur maximale trouvée sera le pourcentage du volume de stockage.

La répartition des débits d'apport se fait sur **24 heures** dans le cas où l'adduction est gravitaire, et sur **20 heures** dans le cas d'adduction par refoulement, et cela pour avoir un temps nécessaire pour la réparation des pannes éventuelles et d'entretien au niveau de la station de pompage.

Le volume maximal de stockage du réservoir pour la consommation est déterminé par la formule suivante :

$$V_U = P\% \times \frac{Q_{\max j}}{100} \quad (\text{II.1})$$

Avec :

- $V_u$  : Volume utile de stockage pour la consommation en  $\text{m}^3$ .
- $Q_{\max j}$  : Consommation maximale journalière ( $\text{m}^3/\text{j}$ ).
- $P\%$  : Résidu maximal dans le réservoir en (%).

### II.8.1.1. Détermination de la valeur de P

- Nous avons déjà déterminé les valeurs du coefficient de variation horaire  $K_{max.h}$  pour chacune des zones à desservir. Le tableau de distribution du débit journalier (Annexe (1)) nous permet de répartir la consommation maximale journalière sur 24 heures.
- On répartit le débit selon le type d'adduction :
  - Le débit de pompage qui se fait sur 20 heures tout au long de la journée.
  - Le débit par adduction gravitaire qui se fait sur 24 heures tout au long de la journée.
- On fait la différence pour chaque heure de stockage entre l'apport et la consommation ; cette différence est reportée dans une colonne des surplus et des déficits selon son signe ;
- La détermination du résidu se fait par un cumule des surplus et des déficits ;
- La valeur P% max sera la somme des valeurs absolues des deux valeurs extrêmes portant de différents signes.

### II.8.1.2. Le volume total du réservoir

Le volume total du réservoir sera calculé en tenant compte de la réserve d'incendie qui est prise égale à  $120 \text{ m}^3$  (Volume nécessaire pour éteindre un incendie de 2 heures à raison de  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

$$V_{tot} = V_u + V_{incendie} \quad (\text{II.2})$$

### II.8.2. Méthode graphique

Cette méthode consiste à rapporter sur un graphique les résultats de la variation de la consommation, en portant sur l'axe des abscisses les heures, et sur l'axe des ordonnées le résidu cumulé.

Le volume utile de stockage du réservoir est obtenu en sommant la valeur absolue de l'écart des deux extrêmes de la courbe, ce volume est donné par la formule suivante :

$$V_u = |V_{max}| + |V_{min}| \quad (\text{II.3})$$

Avec :

$V_{max}$  : résidu maximal en ( $\text{m}^3$ )

$V_{min}$  : résidu minimal en ( $\text{m}^3$ )

## II.9. Dimensionnement des capacités des réservoirs

### II.9.1. Dimensionnement de la capacité du réservoir principal (RP)

Ce réservoir assure l'adduction gravitaire vers les localités du premier versant, et le deuxième versant par refoulement. Ainsi il assure la distribution pour les localités d'Ait Lahdir, poste 17 et Azaghar gravitairement, dont le nombre d'habitants est 39728 habitants, aussi on aura :

$$\begin{cases} \alpha_{max} = 1,3 \\ \beta_{max} = 1,14 \end{cases} \Rightarrow K_{max.h} = \alpha_{max} \times \beta_{max} = 1,48$$

On prend  $K_{max,h}=1,5$ .

$Q_{max,j}= 14475,456 \text{ m}^3/\text{j}$  ; repartit sur :  $Q_{max,j}= 2135,808 \text{ m}^3/\text{j}$  vers le premier versant.

$Q_{max,j}= 3043,008 \text{ m}^3/\text{j}$  vers le deuxième versant.

$Q_{max,j}= 9296,64 \text{ m}^3/\text{j}$  vers les trois localités.

### II.9.1.1. Méthode analytique

Les résultats de calcul analytique de la capacité de réservoir principale de la commune Ighram sont donnés dans le tableau (II.2) ci-après :

**Tableau (II.2) : détermination analytique de la capacité du réservoir principale (RP)**

Heures	apport (%)	distribution (%)	Adduction Gr (%)	Adduction Ref (%)	Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
0-1	4,166	0,963	0,615	1,051	2,629	1,537	/	1,537
1-2	4,166	0,963	0,615	1,051	2,629	1,537	/	3,074
2-3	4,166	0,963	0,615	1,051	2,629	1,537	/	4,611
3-4	4,166	0,963	0,615	1,051	2,629	1,537	/	6,148
4-5	4,166	1,606	0,615	1,051	3,272	0,894	/	7,042
5-6	4,166	2,248	0,615	1,051	3,914	0,252	/	<b>7,294</b>
6-7	4,166	2,89	0,615	1,051	4,556	/	-0,39	6,904
7-8	4,166	3,532	0,615	1,051	5,198	/	-1,032	5,872
8-9	4,167	4,014	0,615	1,051	5,68	/	-1,513	4,359
9-10	4,167	4,014	0,615	1,051	5,68	/	-1,513	2,846
10-11	4,167	4,014	0,615	1,051	5,68	/	-1,513	1,333
11-12	4,167	4,014	0,615	1,051	5,68	/	-1,513	-0,18
12-13	4,167	3,211	0,615	1,051	4,877	/	-0,71	-0,89
13-14	4,167	3,211	0,615	1,051	4,877	/	-0,71	-1,6
14-15	4,167	3,532	0,615	1,051	5,198	/	-1,031	-2,631
15-16	4,167	3,853	0,615	1,051	5,519	/	-1,352	-3,983
16-17	4,167	3,853	0,615	1,051	5,519	/	-1,352	-5,335
17-18	4,167	3,532	0,615	1,051	5,198	/	-1,031	-6,366
18-19	4,167	3,211	0,615	1,051	4,877	/	-0,71	-7,076
19-20	4,167	2,89	0,615	1,051	4,556	/	-0,389	<b>-7,465</b>
20-21	4,167	2,569	0,615	0	3,184	0,983	/	-6,482
21-22	4,167	1,927	0,615	0	2,542	1,625	/	-4,857
22-23	4,167	1,284	0,615	0	1,899	2,268	/	-2,589
23-24	4,167	0,963	0,615	0	1,578	2,589	/	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>64,22</b>	<b>14,76</b>	<b>21,02</b>	/	/	/	/

D'après le tableau ci-dessus : **P%=14,759**

- **Volume d'utile de stockage  $V_u$  :**

$$V_u = (P \times Q_{max,j})/100$$

$$V_u = (14,759 \times 14475,456)/100$$

D'où :  $V_u = 2136,43 \text{ m}^3$

• **Volume total  $V_{\text{tot}}$  :**

$$V_{\text{tot}} = V_u + V_{\text{incendie}}$$

$$V_{\text{tot}} = 2136,43 + 120$$

D'où :  $V_{\text{tot}} = 2256,43 \text{ m}^3$ .

On choisira un volume standard de  $2500 \text{ m}^3$ , la capacité de réservoir à projeter est de  $2500 \text{ m}^3$ .

**II.9.1.2. Méthode graphique**

Les résultats de calcul graphique de la capacité de réservoir principale de la commune Ighram sont donnés dans le tableau (II.3) ci-après :

**Tableau (II.3) : détermination graphique de la capacité du réservoir principale (RP)**

Heures	apport ( $\text{m}^3$ )	distribution ( $\text{m}^3$ )	Adduction Gr ( $\text{m}^3$ )	Adduction Ref( $\text{m}^3$ )	Sortie ( $\text{m}^3$ )	Surplus ( $\text{m}^3$ )	Déficit ( $\text{m}^3$ )	Résidu ( $\text{m}^3$ )
<b>0-1</b>	603,144	139,45	88,992	152,15	380,592	222,552	/	222,552
<b>1-2</b>	603,144	139,45	88,992	152,15	380,592	222,552	/	445,104
<b>2-3</b>	603,144	139,45	88,992	152,15	380,592	222,552	/	667,656
<b>3-4</b>	603,144	139,45	88,992	152,15	380,592	222,552	/	890,208
<b>4-5</b>	603,144	232,416	88,992	152,15	473,558	129,586	/	1019,794
<b>5-6</b>	603,144	325,382	88,992	152,15	566,524	36,62	/	<b>1056,414</b>
<b>6-7</b>	603,144	418,349	88,992	152,15	659,491	/	-56,347	1000,067
<b>7-8</b>	603,144	511,315	88,992	152,15	752,457	/	-149,313	850,754
<b>8-9</b>	603,144	581,04	88,992	152,15	822,182	/	-219,038	631,716
<b>9-10</b>	603,144	581,04	88,992	152,15	822,182	/	-219,038	412,678
<b>10-11</b>	603,144	581,04	88,992	152,15	822,182	/	-219,038	193,64
<b>11-12</b>	603,144	581,04	88,992	152,15	822,182	/	-219,038	-25,398
<b>12-13</b>	603,144	464,832	88,992	152,151	705,975	/	-102,831	-128,229
<b>13-14</b>	603,144	464,831	88,992	152,151	705,974	/	-102,83	-231,059
<b>14-15</b>	603,144	511,315	88,992	152,151	752,458	/	-149,314	-380,373
<b>15-16</b>	603,144	557,798	88,992	152,151	798,941	/	-195,797	-576,17
<b>16-17</b>	603,144	557,798	88,992	152,151	798,941	/	-195,797	-771,967
<b>17-18</b>	603,144	511,315	88,992	152,151	752,458	/	-149,314	-921,281
<b>18-19</b>	603,144	464,832	88,992	152,151	705,975	/	-102,831	-1024,112
<b>19-20</b>	603,144	418,349	88,992	152,151	659,492	/	-56,348	<b>-1080,46</b>
<b>20-21</b>	603,144	371,866	88,992	0	460,858	142,286	/	-938,174
<b>21-22</b>	603,144	278,899	88,992	0	367,891	235,253	/	-702,921
<b>22-23</b>	603,144	185,933	88,992	0	274,925	328,219	/	-374,702
<b>23-24</b>	603,144	139,45	88,992	0	228,442	374,702	/	0
<b>Total</b>	<b>14475,456</b>	<b>9296,64</b>	<b>2135,808</b>	<b>3043,008</b>	/	/	/	/

Les résultats calculés dans le tableau (II.3) ci-dessus sont représentés dans la figure (II.9) ci-après :

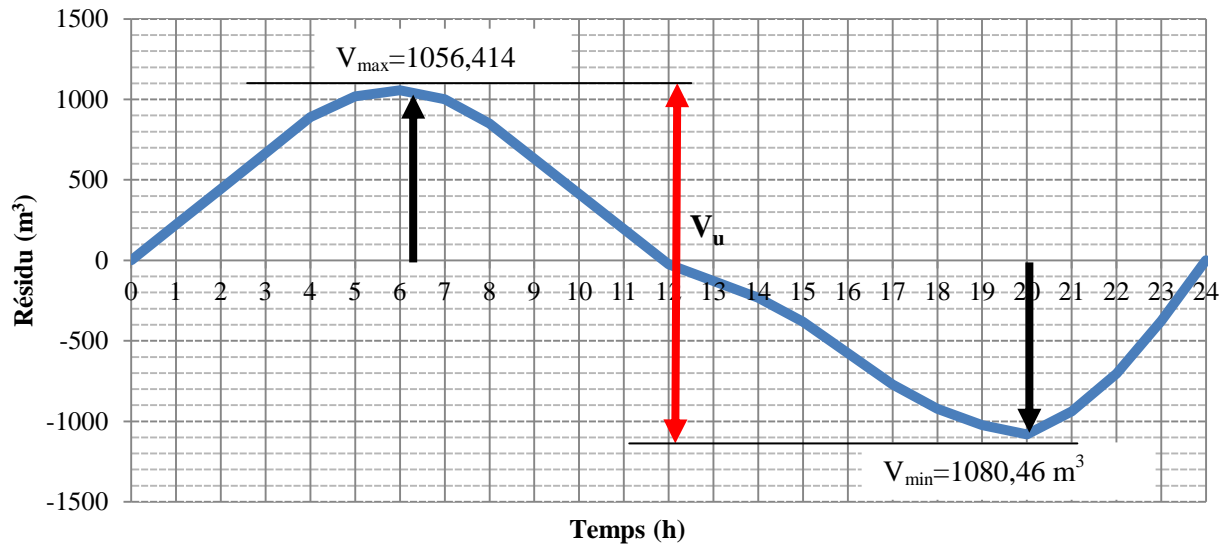


Figure (II.9) : détermination graphique de la capacité du réservoir principal (RP)

D’après la figure (II.9) précédent, le volume utile du réservoir est de :

$$V_u = V_{\max} + V_{\min} = 1056,414 + 1080,46 = \mathbf{2136,874 \text{ m}^3}$$

Et le volume total est de :

$$V_{\text{tot}} = V_u + V_{\text{incendie}} = 2136,874 + 120 = \mathbf{2256,874 \text{ m}^3}$$

➤ *Diamètre du réservoir principal de la commune Ighram*

Après avoir déterminé la capacité du réservoir, et vu que les agglomérations à alimenter sont importantes, la hauteur du réservoir peut atteigne 10 m. On prendra H=8 m

$$D = \left[ \frac{4 \times V}{\pi \times H} \right]^{1/2} \tag{II.5}$$

Donc le diamètre du réservoir projeté sera **20 m**.

➤ *La hauteur d’incendie*

La hauteur d’incendie est celle occupée par le la réserve d’incendie, elle est calculée comme suit :

$$H_{\text{inc}} = \frac{4 \times V_{\text{inc}}}{\pi \times D_{2500}^2} \tag{II.6}$$

La hauteur occupée par la réserve d’incendie sera de **0,382 m**

## II.9.2. Dimensionnement de la capacité des réservoirs du premier versant de la commune Ighram

### II.9.2.1. Dimensionnement de la bêche de la station de reprise Tidja (SR1)

La bêche à eau de la première station de reprise est considérée comme un réservoir vu qu'elle est alimentée gravitairement à partir du réservoir principal Ighram, ce qui fait qu'elle est alimentée en continu. Et refoule pendant une durée de 20 heures par jour.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau (II.4) : Dimensionnement de la station de reprise (SR1)

Heures	Apport (%)	Sortie(%)	Déficit (%)	Surplus (%)	Résidu (%)
0-1	4,16	5	-0,84	-	-0,84
1-2	4,16	5	-0,84	-	-1,68
2-3	4,16	5	-0,84	-	-2,52
3-4	4,16	5	-0,84	-	-3,36
4-5	4,16	5	-0,84	-	-4,2
5-6	4,16	5	-0,84	-	-5,04
6-7	4,16	5	-0,84	-	-5,88
7-8	4,16	5	-0,84	-	-6,72
8-9	4,17	5	-0,83	-	-7,55
9-10	4,17	5	-0,83	-	-8,38
10-11	4,17	5	-0,83	-	-9,21
11-12	4,17	5	-0,83	-	-10,04
12-13	4,17	5	-0,83	-	-10,87
13-14	4,17	5	-0,83	-	-11,7
14-15	4,17	5	-0,83	-	-12,53
15-16	4,17	5	-0,83	-	-13,36
16-17	4,17	5	-0,83	-	-14,19
17-18	4,17	5	-0,83	-	-15,02
18-19	4,17	5	-0,83	-	-15,85
19-20	4,17	5	-0,83	-	<b>-16,68</b>
20-21	4,17	0	-	4,17	-12,51
21-22	4,17	0	-	4,17	-8,34
22-23	4,17	0	-	4,17	-4,17
23-24	4,17	0	-	4,17	0
<b>Total</b>	100	100			

D'après le tableau ci-dessus : **P% = 16,68**

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

$$V_{SR1} = (P \times Q_{\max,j}) / 100$$

$$V_{SR1} = (16,68 \times 2135,808) / 100$$

D'où  **$V_{SR1} = 356,25 \text{ m}^3$**



On choisira un volume standard de  $400 \text{ m}^3$ , la bête à eau existante a une capacité de  $50 \text{ m}^3$ , on optera alors au jumelage de deux bêtes à eau de **350** et **50  $\text{m}^3$** .

➤ **Le diamètre du réservoir**

On prendra  $H=4 \text{ m}$ .

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

Avec :  $V=350 \text{ m}^3$

$$D = \left[ \frac{4 \times 350}{\pi \times 4} \right]^{1/2}$$

D'où :  $D=10,56 \text{ m}$

### II.9.2.2. Capacité du réservoir de la zone 1 (R1)

Ce réservoir assure la distribution vers la localité Ircen dont le nombre d'habitants est 717 habitants, aussi on aura :

$$\begin{cases} \alpha_{max} = 1,3 \\ \beta_{max} = 2 \end{cases} \Rightarrow K_{max.h} = \alpha_{max} \times \beta_{max} = 2,6$$

Avec un débit de :  $Q_{max,j} = 181,44 \text{ m}^3/\text{j}$

Les résultats de dimensionnement du réservoir R1 sont motionnée dans le tableau (II.5) voir (Annexe (2)).

D'où on aura : **P%=19,10**

- **Volume utile  $V_u$ :**

$$V_u = (P \times Q_{max,j}) / 100$$

$$V_u = (19,10 \times 181,44) / 100$$

D'où :  **$V_u = 34,66 \text{ m}^3$**

- **Volume total  $V_{tot}$ :**

$$V_{tot} = V_u + V_{incendie}$$

$$V_{tot} = 34,66 + 120$$

D'où :  **$V_{tot} = 154,66 \text{ m}^3$** .

On choisira un volume standard de  $200 \text{ m}^3$ , par conséquent, le réservoir existant ayant une capacité de **250  $\text{m}^3$**  est suffisant ; la hauteur du réservoir est 4m avec  $D=8,92 \text{ m}$  et  $H_{inc}=1,92 \text{ m}$ .

### II.9.2.3. Capacité du réservoir de la zone 2 (R2)

Ce réservoir assure le refoulement vers R3, et la distribution pour la localité Ighram (chef-lieu). Et comme le nombre d'habitants du chef-lieu est de 3467 habitants, on aura donc :

$$\begin{cases} \alpha_{max} = 1,3 \\ \beta_{max} = 1,54 \end{cases} \Rightarrow K_{max.h} = \alpha_{max} \times \beta_{max} = 2$$

Avec un débit de :  $Q_{max,j} = 1953,504 \text{ m}^3/\text{j}$

Les résultats de dimensionnement du réservoir R2 sont mentionnés dans le tableau (II.6) voir (Annexe (3)).

D'où, on aura : **P%= 8,88**

$$V_u = (8,88 \times 1953,504)/100$$

$$V_u = 173,47 \text{ m}^3$$

Le volume total de ce réservoir est 293,47 m<sup>3</sup>, On choisira un volume standard de 300 m<sup>3</sup>, par conséquent, le réservoir existant ayant une capacité de **300 m<sup>3</sup>** est suffisant ; la hauteur du réservoir est 4 m avec D= 9,77m et H<sub>inc</sub>= 1,60 m.

#### II.9.2.4. Capacité du réservoir de la zone 3 (R3)

Ce réservoir assure le refoulement vers R4, et la distribution pour la localité Hellil. Et comme le nombre d'habitants de Hellil est de 980 habitants, on aura donc :

$$\alpha_{max} = 1,3 \text{ et } \beta_{max} = 2 \Rightarrow K_{max.h} = \alpha_{max} \times \beta_{max} = 2,6$$

On prend K<sub>max.h</sub>= 2,5 ; avec un débit de : Q<sub>max.j</sub>= 1088,64 m<sup>3</sup>/j

Les résultats de dimensionnement du réservoir R3 sont mentionnés dans le tableau (II.7) voir (Annexe (4)).

D'après le tableau ci-dessus : **P%= 4,038**

$$V_u = (4,038 \times 1088,64)/100$$

$$V_u = 43,96 \text{ m}^3$$

Le volume total de ce réservoir est 163,96 m<sup>3</sup>, On choisira un volume standard de 200 m<sup>3</sup>, par conséquent, le réservoir existant ayant une capacité de **100 m<sup>3</sup>**, donc on optera pour deux réservoirs jumelées de **100 m<sup>3</sup>**.

#### ➤ Diamètre de réservoir à projeter (R3)

Vu que les agglomérations de la zone 3 à alimenter sont de moyenne importance, la hauteur du réservoir peut varier de 4 à 5 m. On prendra H= 4 m.

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

Donc le diamètre du réservoir projeté sera **5,64 m**.

#### ➤ Hauteur d'incendie du réservoir jumelé (100 -100) m<sup>3</sup>

On considère qu'on a un seul réservoir de 200 m<sup>3</sup>

$$H_{inc} = \left[ \frac{4 \times V_{inc}}{\pi \times (D_{200})^2} \right]$$

Avec :

$$D_{200} = \left[ \frac{4 \times V_{tot}}{\pi \times H} \right]^{1/2}$$

D'où :

$$D_{200} = 7,98 \text{ m}$$

Donc,

$$H_{inc} = \left[ \frac{4 \times 120}{\pi \times (7,98)^2} \right]$$

$$H_{inc} = 2,40 \text{ m}$$

#### II.9.2.5. Capacité du réservoir de la zone 4 (R4)

Ce réservoir assure le refoulement vers R5, et la distribution pour la localité Teslent. Et comme le nombre d'habitants de Taslent est de 2038 habitants, on aura donc :

$$\alpha_{max} = 1,3 \text{ et } \beta_{max} = 1,69 \Rightarrow K_{max.h} = \alpha_{max} \times \beta_{max} = 2,20$$

On prend  $K_{max.h} = 2,5$  ; avec un débit de :  $Q_{max.j} = 859,68 \text{ m}^3/\text{j}$

##### ➤ Méthode Analytique

Les résultats de calcul graphique de la capacité de réservoir de la zone 4 (R4) sont donnés dans le tableau (II.8) voir (annexe (5)).

D'où on aura : **P% = 11,361**

##### • Volume utile $V_u$ :

$$V_u = (P \times Q_{max.j}) / 100$$

$$V_u = (11,361 \times 859,68) / 100$$

D'où :  **$V_u = 97,67 \text{ m}^3$**

Le volume total de ce réservoir est  $217,67 \text{ m}^3$ , alors la capacité de réservoir à projeter est de  **$250 \text{ m}^3$** .

##### ➤ Méthode graphique

Les résultats de calcul graphique de la capacité de réservoir de la zone 4 sont donnés dans le tableau (II.9) voir (annexe (6)).

Les résultats calculés dans le tableau (II.9) sont représentés dans la figure (II.10) ci-après :

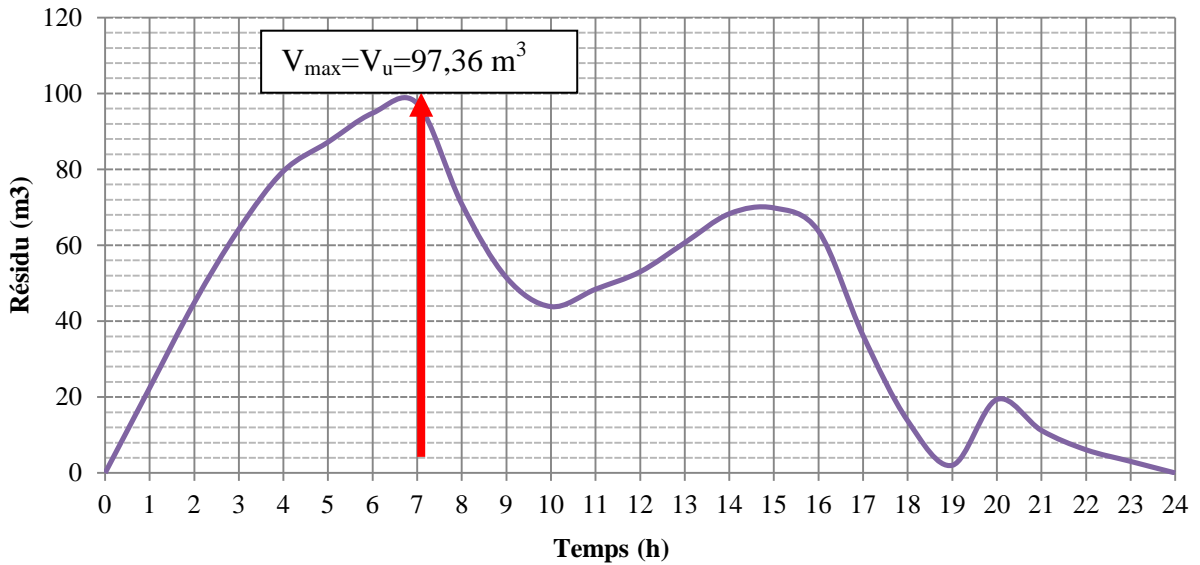


Figure (II.10) : détermination graphique de la capacité du réservoir de la zone 4

➤ **Diamètre du réservoir**

On prendra  $H = 4 \text{ m}$ .

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

Avec :  $V = 250 \text{ m}^3$

$$D = \left[ \frac{4 \times 250}{\pi \times 4} \right]^{1/2}$$

D'où :  $D = 8,9 \text{ m}$

➤ **Hauteur d'incendie**

$$H_{inc} = \left[ \frac{4 \times V_{inc}}{\pi \times (D_{250})^2} \right]$$

Alors :

$$H_{inc} = 1,93 \text{ m}$$

**II.9.2.6. Capacité du réservoir de la zone 5 (R5)**

Ce réservoir reçoit un débit de  $Q_{\max,j} = 350,784 \text{ m}^3/\text{j}$ , assure la distribution pour la localité Tazaghart. Et comme le nombre d'habitants de Tazaghart est de 1458 habitants, on aura donc :

$$\alpha_{\max} = 1,3 \text{ et } \beta_{\max} = 1,82 \Rightarrow K_{\max.h} = \alpha_{\max} \times \beta_{\max} = 2,37$$

Les résultats de dimensionnement du réservoir R5 sont mentionnés dans le tableau (II.10) voir (Annexe (7)).

D'où on aura : **P% = 19,1**

$$V_u = (19,1 \times 350,784) / 100$$

$$V_u = 67 \text{ m}^3$$

Le volume total de ce réservoir est  $187 \text{ m}^3$ , On choisira un volume standard de  $200 \text{ m}^3$ , par conséquent, le réservoir existant ayant une capacité de  $150 \text{ m}^3$ , alors la capacité de réservoir à projeter est de  $50 \text{ m}^3$ .

➤ **Diamètre du réservoir projeter**

On prendra  $H= 4 \text{ m}$ .

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

Avec :  $V= 50 \text{ m}^3$

D'où :  **$D= 4 \text{ m}$**

➤ **Hauteur d'incendie du réservoir jumelé (150 -50)  $\text{m}^3$**

On considère qu'on a un seul réservoir de  $200 \text{ m}^3$

$$H_{inc} = \left[ \frac{4 \times V_{inc}}{\pi \times (D_{200})^2} \right]$$

Avec :

$$D_{200} = \left[ \frac{4 \times V_{tot}}{\pi \times H} \right]^{1/2}$$

D'où :

$$\mathbf{D_{200}= 7,98 \text{ m}}$$

Donc,

$$\mathbf{H_{inc}=2,40 \text{ m}}$$

### II.9.3. Dimensionnement des capacités des réservoirs du deuxième versant de la commune Ighram

#### II.9.3.1. Capacité du réservoir de la zone6(R6)

Ce réservoir assure le refoulement vers R7, reçoit un débit de  $Q_{\max,j}= 3043,008 \text{ m}^3/\text{j}$  et assure la distribution vers la localité Laazib dont le nombre d'habitants est 1242 habitants, ce qui donnera :

$$\alpha_{\max} = 1,3 \text{ et } \beta_{\max} = 1,9 \Rightarrow K_{\max,h} = \alpha_{\max} \times \beta_{\max} = 2,47$$

On prend  $K_{\max,h}= 2,5$

Les résultats de dimensionnement du réservoir R6 sont motionnée dans le tableau(II.11) voir (Annexe (8)).

D'où on aura :  **$P= 1,91 \%$**

$$V_u = (1,91 \times 3043,008) / 100$$

$$\mathbf{V_u = 58,12 \text{ m}^3}$$

Le volume total de ce réservoir est  $178,12 \text{ m}^3$ , On choisira un volume standard de  $200 \text{ m}^3$ , par conséquent, le réservoir existant ayant une capacité de  $150 \text{ m}^3$ , alors la capacité de réservoir à projeter est de  $50 \text{ m}^3$  avec  $H = 4\text{m}$  et  $D = 4\text{m}$ . On considère qu'on a un seul réservoir de  $200 \text{ m}^3$  qui donnera  $H_{inc} = 2,40 \text{ m}$ .

### II.9.3.2. Capacité du réservoir de la zone 7 (R7)

Ce réservoir assure le refoulement vers R8, reçoit un débit de  $Q_{max,j} = 2738,88 \text{ m}^3/\text{j}$ , et assure la distribution vers la localité Tala Fathoun et Timcilt dont le nombre d'habitants est 1830 habitants, ce qui donnera :

$$\alpha_{max} = 1,3 \text{ et } \beta_{max} = 1,9 \Rightarrow K_{max.h} = \alpha_{max} \times \beta_{max} = 2,47$$

On prend  $K_{max.h} = 2,5$

Les résultats de dimensionnement du R7 sont motionnés dans le Tableau (II.12) voir (annexe(9)).

D'où, on aura :  $P\% = 3,136$

- **Volume utile  $V_u$ :**

$$V_u = (P \times Q_{max,j}) / 100$$

$$V_u = (3,136 \times 2738,88) / 100$$

D'où :  $V_u = 85,89 \text{ m}^3$

- **Volume total  $V_{tot}$  :**

$$V_{tot} = V_u + V_{incendie}$$

$$V_{tot} = 85,89 + 120$$

D'où :  $V_{tot} = 205,89 \text{ m}^3$ .

On choisira un volume standard de  $250 \text{ m}^3$ , par conséquent, le réservoir existant ayant une capacité de  $150 \text{ m}^3$ , alors la capacité du réservoir à projeter est de  $100 \text{ m}^3$ .

➤ **Diamètre du réservoir projeter**

On prendra  $H = 4 \text{ m}$ .

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

Avec :  $V = 100 \text{ m}^3$

D'où :  $D = 5,64 \text{ m}$

➤ **Hauteur d'incendie du réservoir jumelé (150 -100)  $\text{m}^3$**

On considère qu'on a un seul réservoir de  $250 \text{ m}^3$

$$H_{inc} = \left[ \frac{4 \times V_{inc}}{\pi \times (D_{250})^2} \right]$$

Avec :

$$D_{250} = \left[ \frac{4 \times V_{tot}}{\pi \times H} \right]^{1/2}$$

D'où :

$$D_{250} = 8,92 \text{ m}$$

Donc,

$$H_{inc} = 1,92 \text{ m}$$

### II.9.3.3. Capacité du réservoir de la zone8 (R8)

Ce réservoir assure le refoulement vers R9 et vers le réservoir tampon Bouhkim ; reçoit un débit de  $Q_{max,j} = 2293,92 \text{ m}^3/\text{j}$ , assure la distribution vers la localité Alma Ougnane et Ighil Naser dont le nombre d'habitants est 4523 habitants, ce qui donnera :

$$\alpha_{max} = 1,3 \text{ et } \beta_{max} = 1,47 \Rightarrow K_{max,h} = \alpha_{max} \times \beta_{max} = 1,9$$

Les résultats de dimensionnement du R8 sont motionnée dans le Tableau (II.13) voir (annexe 10)

D'où, on aura : P % = **9,165**

- **Volume utile  $V_u$ :**

$$V_u = (P \times Q_{max,j}) / 100$$

$$V_u = (9,165 \times 2293,92) / 100$$

D'où :  $V_u = 210,24 \text{ m}^3$

Le volume totale de ce réservoir est  $330,24 \text{ m}^3$  On choisira un volume standard de  $350 \text{ m}^3$ , par conséquent, le réservoir existant ayant une capacité de  $300 \text{ m}^3$ , alors la capacité du réservoir à projeter est de  $50 \text{ m}^3$ , avec  $H = 4\text{m}$  et  $D = 4\text{m}$ .

- **Hauteur d'incendie du réservoir jumelé (300 -50)  $\text{m}^3$**

On considère qu'on a un seul réservoir de  $350 \text{ m}^3$

$$H_{inc} = \left[ \frac{4 \times V_{inc}}{\pi \times (D_{350})^2} \right]$$

Avec :

$$D_{350} = \left[ \frac{4 \times V_{tot}}{\pi \times H} \right]^{1/2}$$

D'où :

$$D_{250} = 10,56 \text{ m}$$

Donc,

$$H_{inc} = 1,35\text{m}$$

**II.9.3.4. Capacité du réservoir de la zone9 (R9)**

Ce réservoir assure le refoulement vers R10, reçoit un débit de  $Q_{\max,j} = 603,072 \text{ m}^3/\text{j}$ , et assure la distribution vers la localité Tizi Maali dont le nombre d'habitants est 1280 habitants, ce qui donnera :

$$\alpha_{\max} = 1,3 \text{ et } \beta_{\max} = 1,89 \Rightarrow K_{\max.h} = \alpha_{\max} \times \beta_{\max} = 2,46$$

On prend :  $K_{\max.h} = 2,5$

Les résultats de dimensionnement du R9 sont motionnée dans le Tableau (II.14) voir (annexe 11)

D'où, on aura : **P%= 9,91**

- **Volume utile  $V_u$  :**

$$V_u = (P \times Q_{\max,j}) / 100$$

$$V_u = (9,91 \times 603,072) / 100$$

D'où :  **$V_u = 59,76 \text{ m}^3$**

Le volume totale de ce réservoir est  $179,79 \text{ m}^3$  On choisira un volume standard de  $200 \text{ m}^3$ , par conséquent, le réservoir existant ayant une capacité de  **$150 \text{ m}^3$** , alors la capacité du réservoir à projeter est de  **$50 \text{ m}^3$** . Diamètre du réservoir projeter est de 4 m avec  $H = 4 \text{ m}$ .

➤ **Hauteur d'incendie du réservoir jumelé (150 -50)  $\text{m}^3$**

On considère qu'on a un seul réservoir de  $200 \text{ m}^3$

$$H_{inc} = \left[ \frac{4 \times V_{inc}}{\pi \times (D_{200})^2} \right]$$

Avec :

$$D_{200} = \left[ \frac{4 \times V_{tot}}{\pi \times H} \right]^{1/2}$$

D'où :

$$\mathbf{D_{200} = 7,98 \text{ m}}$$

Donc,

$$\mathbf{H_{inc} = 2,40 \text{ m}}$$

**II.9.3.5. Capacité du réservoir de la zone10 (R10)**

Ce réservoir reçoit un débit de  $Q_{\max,j} = 291,168 \text{ m}^3/\text{j}$ , assure la distribution vers la localité Azouna dont le nombre d'habitants est 1197 habitants, ce qui donnera :

$$\alpha_{\max} = 1,3 \text{ et } \beta_{\max} = 1,92 \Rightarrow K_{\max.h} = \alpha_{\max} \times \beta_{\max} = 2,5$$

Les résultats de dimensionnement du R10 sont motionnée dans le Tableau (II.15) voir (annexe(12)).

D'où, on aura : **P%=19,1**



- **Volume utile  $V_u$  :**

$$V_u = (P \times Q_{\max,j}) / 100$$

$$V_u = (19,1 \times 291,168) / 100$$

D'où :  $V_u = 55,61 \text{ m}^3$

Le volume totale de ce réservoir est  $175,61 \text{ m}^3$  On choisira un volume standard de  $200 \text{ m}^3$ , par conséquent, le réservoir existant ayant une capacité de  $100 \text{ m}^3$ , alors la capacité du réservoir à projeter est de  $100 \text{ m}^3$ . Le diamètre du réservoir projeté  $5,64 \text{ m}$  avec  $H=4\text{m}$ .

- **Hauteur d'incendie du réservoir jumelé (100 -100)  $\text{m}^3$**

On considère qu'on a un seul réservoir de  $200 \text{ m}^3$

avec :

$$D_{200} = \left[ \frac{4 \times V_{tot}}{\pi \times H} \right]^{1/2}$$

D'où :

$$D_{200} = 7,98 \text{ m}$$

Et :

$$H_{inc} = 2,40 \text{ m}$$

#### II.9.3.6. Capacité du réservoir tampon bouhkim (RT)

Le réservoir tampon Bouhkim alimente gravitairement le réservoir R11, reçoit un débit de  $Q_{\max,j} = 595,296 \text{ m}^3/\text{j}$  refouler par R8. Les résultats de dimensionnement sont motionnée dans le Tableau (II.16) voir (annexe (13)).

D'où, on aura :  $P\% = 16,664$

- **Volume utile  $V_u$  :**

$$V_u = (P \times Q_{\max,j}) / 100$$

$$V_u = (16,664 \times 595,296) / 100$$

D'où :  $V_u = 99,20 \text{ m}^3$

Le réservoir existant ayant une capacité de  $250 \text{ m}^3$  est suffisant.

#### II.9.3.7. Capacité du réservoir de la zone 11 (R11)

Ce réservoir assure le refoulement vers R12, reçoit un débit de  $Q_{\max,j} = 595,296 \text{ m}^3/\text{j}$ , et assure la distribution vers la localité Ait Boudaoud dont le nombre d'habitants est 143 habitants, ce qui donnera :

$$\alpha_{max} = 1,3 \text{ et } \beta_{max} = 2 \Rightarrow K_{max.h} = \alpha_{max} \times \beta_{max} = 2,6$$

On prend :  $K_{max.h} = 2,5$

Les résultats de dimensionnement du R11 sont motionnée dans le Tableau (II.17) voir (annexe (14)).

D'où, on aura : **P%=16,453**

- **Volume utile  $V_u$  :**

$$V_u = (P \times Q_{\max,j}) / 100$$

$$V_u = (16,453 \times 595,296) / 100$$

D'où :  **$V_u = 97,94 \text{ m}^3$**

Le volume totale de ce réservoir est  $217,94 \text{ m}^3$  On choisira un volume standard de  $250 \text{ m}^3$ , par conséquent, le réservoir existant ayant une capacité de  **$150 \text{ m}^3$** , alors la capacité du réservoir à projeter est de  **$100 \text{ m}^3$** .

#### **II.9.3.8. Capacité du réservoir de la zone12 (R12)**

Ce réservoir assure le refoulement vers R13, reçoit un débit de  $Q_{\max,j} = 561,6 \text{ m}^3/\text{j}$ , et assure la distribution vers la localité Iguerbane dont le nombre d'habitants est 332 habitants, ce qui donnera :

$$\alpha_{\max} = 1,3 \text{ et } \beta_{\max} = 2 \Rightarrow K_{\max,h} = \alpha_{\max} \times \beta_{\max} = 2,6$$

On prend :  $K_{\max,h} = 2,5$

Les résultats de dimensionnement du R12 sont motionnée dans le Tableau (II.18) voir (annexe(15)).

D'où, on aura : **P%= 2,649**

- **Volume utile  $V_u$  :**

$$V_u = (P \times Q_{\max,j}) / 100$$

$$V_u = (2,649 \times 561,6) / 100$$

D'où :  **$V_u = 14,88 \text{ m}^3$**

Le volume totale de ce réservoir est  $134,88 \text{ m}^3$  On choisira un volume standard de  $150 \text{ m}^3$ , par conséquent, le réservoir existant ayant une capacité de  **$150 \text{ m}^3$**  est suffisant.

#### **II.9.3.9. Capacité du réservoir de la zone13 (R13)**

Ce réservoir assure le refoulement vers R14, reçoit un débit de  $Q_{\max,j} = 483,84 \text{ m}^3/\text{j}$ , et assure la distribution vers la localité Amoura dont le nombre d'habitants est 628 habitants, ce qui donnera :

$$\alpha_{\max} = 1,3 \text{ et } \beta_{\max} = 2 \Rightarrow K_{\max,h} = \alpha_{\max} \times \beta_{\max} = 2,6$$

On prend :  $K_{\max,h} = 2,5$

Les résultats de dimensionnement du R13 sont motionnée dans le Tableau (II.19) voir (annexe(16)).

D'où, on aura : **P%= 5,799**

- **Volume utile  $V_u$  :**

$$V_u = (P \times Q_{\max,j}) / 100$$

$$V_u = (5,799 \times 483,84) / 100$$

D'où :  $V_u = 28,06 \text{ m}^3$

Le volume totale de ce réservoir est  $148,06 \text{ m}^3$  On choisira un volume standard de  $150 \text{ m}^3$ , par conséquent, le réservoir existant ayant une capacité de  **$150 \text{ m}^3$**  est suffisant.

### II.9.3.10. Capacité du réservoir de la zone14 (R14)

Ce réservoir reçoit un débit de  $Q_{\max,j} = 336,96 \text{ m}^3/\text{j}$ , et assure la distribution vers la localité Tighilt Makhoulf dont le nombre d'habitants est 1367 habitants, ce qui donnera :

$$\alpha_{\max} = 1,3 \text{ et } \beta_{\max} = 1,85 \Rightarrow K_{\max,h} = \alpha_{\max} \times \beta_{\max} = 2,41$$

On prend :  $K_{\max,h} = 2,5$

Les résultats de dimensionnement du R14 sont motionnée dans le Tableau (II.20) voir (annexe(17)).

D'où, on aura :  **$P\% = 19,1$**

- **Volume utile  $V_u$  :**

$$V_u = (P \times Q_{\max,j}) / 100$$

$$V_u = (19,1 \times 336,96) / 100$$

D'où :  $V_u = 64,36 \text{ m}^3$

Le volume totale de ce réservoir est  $184,36 \text{ m}^3$  On choisira un volume standard de  $200 \text{ m}^3$ , par conséquent, le réservoir existant ayant une capacité de  **$200 \text{ m}^3$**  est suffisant.

## II.10. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons déterminé les volumes des réservoirs ainsi que leurs dimensions (hauteur, hauteur d'incendie et diamètre du réservoir), ces capacités garantiront l'alimentation en eau potable des localités en question.

Après avoir fait le dimensionnements final des réservoirs, il nous parait nécessaire de dimensionner les conduites véhiculant l'eau entre les réservoirs, où cette étude sera détaillée dans le chapitre ci-après.

# ***CHAPITRE III***

## ***Adduction***

### III.1. Introduction

Après avoir fait le dimensionnement final des réservoirs, nous passerons à présent au dimensionnement des conduites qui vont assurer le transport de l'eau sous forme d'adduction à savoir :

#### ↳ Adduction gravitaire [4]

Dans l'adduction gravitaire, le lieu de captage se situe à une altitude supérieure à celle du réservoir de desserte de l'agglomération. Ce type d'adduction ne fait intervenir que le seul travail de la pesanteur.

#### ↳ Adduction par refoulement

Dans l'adduction par refoulement, le lieu de captage se situe à un niveau inférieur à celui du réservoir et l'écoulement se fait par pompage.

### III.2. choix du tracé

Le tracé de la conduite est choisi selon certains facteurs d'ordre technique et économique, il exige les conditions suivantes [6] :

- ⇒ Le profil doit être le plus régulier et le plus court possible (sur-profondeur et sous-profondeur sont parfois inévitables) afin de réduire les frais d'investissement.
- ⇒ Le profil sera étudié pour que l'air puisse être évacué facilement, car le cantonnement d'air engendre la rupture de la veine liquide.
- ⇒ Pour les conduites de longueurs importantes (plusieurs kilomètres), il sera bon de prévoir quelques vannes de sectionnements en vue de faciliter les réparations éventuelles.
- ⇒ Les contres pentes qui peuvent donner lieu, en exploitation, à des cantonnements d'air plus au moins difficiles à évacuer, sont à éviter.
- ⇒ Il y a lieu de concevoir un tracé en plan, avec des coudes largement ouverts afin d'éviter les butées importantes. A cet effet, le parcours empreint ne suivra pas facilement les accotements de la route.

On préfère souvent de le concevoir le long des routes et les pistes pour faciliter la pose des conduites et son exploitation c'est-à-dire :

- Faciliter l'accès pour l'entretien et les réparations.
- Faciliter la détection des fuites et les vannes défectueuses.

En conclusion, on essaiera de suivre le tracé déjà existant et les nouveaux tracés projetés dépendront des conditions d'ordre technique et économique.

### III.3. choix du type de conduite

Le marché du matériel hydraulique a évolué avec l'évolution des récentes technologies spécialisées dans le domaine. De ce fait, on dispose de différents types de conduites et selon le matériau constitutif, on distingue :

- Conduite en acier ;
- Conduite en fonte ductile ;
- Conduite en PVC (Chlorure de Polyvinyle) ;
- Conduite en PEHD (Polyéthylène Haute Densité).

Dans notre cas, on opte pour des conduites en fonte ductile et en PEHD, vu les avantages qu'elles présentent à savoir :

- **Conduite en fonte ductile [7]**
  - ✓ Résistance aux pressions élevées ;
  - ✓ Très rigide et solide ;
  - ✓ Les longueurs courantes de ces tuyaux sont :
    - 6 m pour les petits et moyens diamètres (800 mm) ;
    - 7m à 8,25 à partir de 800 mm de diamètres.
  - ✓ La fonte permet de supporter des pressions de services atteignant 50 bar pour les tuyaux qui ne dépassent pas 600 mm de diamètres ;
  - ✓ leurs résistances aux contraintes du sol.
- **Conduite en PEHD**
  - ✓ fiable au niveau des branchements (pas de fuite) ;
  - ✓ bonne caractéristique hydraulique (coefficient de rugosité très fiable) ;
  - ✓ répond parfaitement aux normes de potabilité ;
  - ✓ durée de vie prouvée par l'expérience et le test de vieillissements (théoriquement de 50ans à une température 20(°C).

### III.4. description du schéma d'adduction

L'analyse de la situation actuelle du système d'AEP de la commune d'Ighram, montre que la plus grande partie de la commune est alimentée à partir des deux forages qui se trouvent à Azaghar en passant par le réservoir tampon de Laazib (300 m<sup>3</sup>), il serait intéressant d'acheminer les eaux de Tichy Haf vers ce réservoir.

Étant donné que la capacité de stockage de la commune est insuffisante pour les horizons de calcul, et vu que lors du l'établissement du tracé d'adduction le maître d'ouvrage à demander l'intégration de trois localités (Ait lahdir, Azaghar et Poste 17), nous projetons un réservoir de **2500 m<sup>3</sup>** implanté à une côte **260,61 m**.

Dans le cadre de l'étude le point de démarrage du système d'adduction est le point de piquage (PK) situé à une **CTN = 213,48 m** à partir du transfert Tichy Haf – Tazmalt de la conduite principale **DN 600**. L'eau s'écoulera gravitairement avec un débit de **167,54 l/s** jusqu'à le nouveau réservoir projeté (RP).

A partir de ce réservoir (RP) l'eau sera partagée en deux chaînes d'adduction qui sont :

- La première chaîne assure une alimentation en eau des différentes localités du premier versant qui débute de **SR1** jusqu'au réservoir **R5** par un refoulement successif.
- La deuxième chaîne assure une alimentation en eau des différentes localités du deuxième versant allant de **RP** jusqu'au **R14** par un refoulement successif.

Ce réservoir (RP) assure aussi une distribution vers les trois localités intégrées (Ait lahdir, Azaghar et Poste 17) avec un débit de **107,6 l/s**. (voir annexe (18))

### III.5. Etude technico-économique

Elle consiste à étudier le choix le plus économique pour le diamètre de la conduite, qui repose sur deux critères [8] :

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

#### III.5.1. Calcul du diamètre économique

Le choix du diamètre économique d'une tuyauterie résulte d'un compromis entre les dépenses d'investissements et les dépenses de fonctionnement c'est-à-dire que ce choix est conditionné par deux facteurs opposés :

- a. Réduire les pertes de charge, par conséquent la puissance prise par la pompe, ce qui conduit à choisir un diamètre grand que possible.
- b. Réduire les frais d'installation, ce qui conduit à réduire au minimum les diamètres.

Afin d'obtenir équilibre relatif entre ces deux facteurs, le diamètre doit être choisi, de façon à avoir l'optimum économique qui résulte de ces deux types de dépenses. Pour cela, on dispose de deux corrélations qui permettent l'approximation de ce diamètre économique  $D_N$  [8] :

✚ **Formule de BONNIN :**

$$D_{N1} = \sqrt{Q} \quad (\text{III.1})$$

✚ **Formule DE BRESS :**

$$D_{N2} = 1,5 \times \sqrt{Q} \quad (\text{III.2})$$

Avec :

- $Q$  : Débit refoulé dans la conduite en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

On prendra tous les diamètres compris entre  $D_{N1}$  et  $D_{N2}$ , mais le choix final se portera sur le diamètre pour lequel le coût sera minimal et la vitesse d'écoulement sera comprise entre **0,5m/s** et **2 m/s**.

### III.5.2. Calcul de la vitesse

Elle est donnée par la formule suivante :

$$V = \frac{4Q}{\pi \times D^2} \quad (\text{III.3})$$

### III.5.3. Calcul des pertes de charge

#### III.5.3.1. Pertes de charge linéaires ( $H_L$ )

Elles sont déterminées par la formule de *Darcy –Weisbbach* :

$$H_L = J \times L \quad (\text{III.4})$$

Avec :

$$J = \frac{\lambda \times V^2}{2 \times g \times D} \quad (\text{III.5})$$

#### ▪ Calcul du coefficient des pertes de charge $\lambda$

Pour déterminer le coefficient des pertes de charge  $\lambda$  aux différents régimes, on peut appliquer les formules suivantes [8] :

- **Régime turbulent rugueux**

Formule de NIKURADZI :

$$\lambda = \left( 1,14 - 0,86 \times \text{Ln} \frac{K}{D} \right)^{-2} \quad (\text{III.6})$$



- **Régime transitoire**

Formule de COLEBROOK :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[ \frac{K}{3,71 \times D} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt{\lambda}} \right] \quad (\text{III.7})$$

Avec :

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

**K = 0,15 mm** pour les conduites en fonte ductile.

Et pour PEHD :

**K = 0,01 mm si D ≤ 200 mm**

**K = 0,02 mm si D >200 mm**

- Re : Nombre de Reynolds donné par la formule suivante :

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad (\text{III.8})$$

Avec :

- $\nu$  : Viscosité cinématique de l'eau.
- à 20°C :  $\nu = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

### III.5.3.2. Pertes de charge singulières ( $H_s$ )

Elles sont provoquées par les coudes, les vannes, les clapets..., elles sont estimées à 20% des pertes de charge linéaires pour fonte ductile et 10% pour le PEHD.

Pour fonte ductile :  $h_s = 0,2 \times H_L$  (III.9)

Pour le PEHD :  $h_s = 0,1 \times H_L$  (III.10)

### III.5.3.3. Les pertes de charge totales ( $H_t$ )

Elles représentent la somme des pertes de charge linéaires et singulières pour chaque conduite de longueur L, donc on aura:

Fonte ductile :  $H_t = 1,2 \times H_L = 1,2 \times J \times L$  (III.11)

$$\text{PEHD:} \quad H_t = 1,1 \times H_L = 1,1 \times J \times L \quad (\text{III.12})$$

### III.5.4. Détermination de la hauteur manométrique totale ( $H_{MT}$ )

Elle représente une hauteur d'élévation fictive qui résulte de la somme de la hauteur géométrique et les pertes de charge résultantes de l'aspiration et du refoulement.

$$H_{MT} = H_g + H_t \quad (\text{III.13})$$

Avec :

- $H_g$  : hauteur géométrique (m) ;

### III.5.5. puissance absorbé par la pompe

C'est la puissance mécanique absorbée au niveau de l'arbre de la pompe, elle est déterminée d'après la formule suivante :

$$P_a = \frac{\rho \times H_{mt} \times Q}{\eta} \quad (\text{III.14})$$

Avec :

- $P_a$  : Puissance absorbée par la pompe en (KW).
- $\eta$  : Rendement de la pompe en % (généralement on prend 75%).

### III.5.6. Energie consommée par la pompe

Elle est fixée par la formule suivante :

$$E = P \times T \times 365 \quad (\text{III.15})$$

Avec :

- $T$  : Nombre d'heures de pompage (20h).
- $P$  : Puissance de pompage en (KWh).

### III.5.7. Frais d'exploitation

$$F_{\text{exp}} = E \times e' \quad (\text{DA}) \quad (\text{III.16})$$

Avec:

- $E$  : Energie consommée par la pompe (KWh)
- $e'$  : Prix unitaire du KWh. Evalué à **4,176 DA**.

### III.5.8. Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement seront calculés à partir de la formule suivante :

$$F_{\text{amort}} = P_u \times L \times A \quad (\text{III.17})$$

Avec :

- $P_U$  : Le prix unitaire de la conduite (DA/ml). (Voir annexe (19)).

- $L$  : Longueur de la conduite en m.

- $A$  : Annuité.

#### ❖ Calcul de l'amortissement annuel

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i \quad (\text{III.18})$$

Avec :

-  $A$ : L'amortissement annuel (Annuité).

-  $i$ : Taux d'annuité = 8 %.

-  $n$ : Nombre d'années sur lequel s'effectuera l'amortissement ( $n=30$ ans)

D'où :

$$A = \frac{0,08}{(1,08)^{30} - 1} + 0,08 = \mathbf{0,088827433}$$

Soit :  $A = \mathbf{0,0888}$

#### III.5.9. Calcul du bilan

Le bilan sera calculé par la formule suivante :

$$B_L = F \exp + F \text{ amort} \quad (\text{III.19})$$

#### III.6. Dimensionnement des conduites gravitaire

Pour le calcul des conduites gravitaires, quatre paramètres interviennent :

- Le débit ( $Q$ )
- La vitesse ( $V$ )
- Les pertes de charges ( $J$ )
- Le diamètre ( $D$ )

La différence entre la côte radier (CR) et la côte trop plein (CTP) sera la charge disponible ( $H_d$ ), cette dernière sera égale à la charge nécessaire pour vaincre les frottements. La ligne piézométrique joignant les points extrêmes, de départ et d'arrivée, aura donc pour pente ( $j$ ), et la perte de charge unitaire acceptable pour l'écoulement est :

$$J = \frac{H_t}{1,2 \times L} \quad (\text{III.20})$$

Ayant  $Q$  et  $J$ , on cherchera le diamètre  $D$ , qui écoulera ce débit  $Q$  avec des pertes de charge  $J$ . Si la vitesse n'est pas vérifiée, alors on choisira un autre diamètre  $D$  avec une vitesse acceptable et on vérifie à chaque fois, que  $H_t \leq h_d$ , pour le même débit.

Les côtes du radier et de trop plein des différents réservoirs sont représentées dans le tableau suivant :

*Tableau (III.1) : Côtes des réservoirs*

Zone	Réservoirs	CTN (m)	Hauteur totale (m)	Hauteur apparente (m)	Hauteur enterrée (m)	Cote trop plein (m)	Cote radier (m)
Premier versant	PK	213,48	/	/	/	/	/
	Réservoir principale (RP)	260,51	8	5	3	265,51	257,51
	SR1 tidja	240,92	4	2	2	242,92	238,92
	(R1) IRCEN	402,5	4	2	2	404,5	400,5
	(R2) IGH RAM	429,85	4	2	2	431,85	427,85
	(R3) HELLIL	584,92	4	2	2	586,92	582,92
	(R4) TESLENT	749,90	4	2	2	751,9	747,9
	(R5) TAZAGHART	833,68	4	2	2	835,68	831,68
Deuxièmes versant	Réservoir principal (RP)	260,51	8	5	3	265,51	257,51
	(R6) TALA FATHOUNE	449,47	4	2	2	451,47	447,47
	(R7) Timcilt	559,49	4	2	2	561,49	557,49
	(R8) Alma ougnane	736,30	4	2	2	738,30	734,30
	(RT) bouhkim	827,47	4	2	2	829,47	825,47
	(R9) Tizimaali	912,06	4	2	2	914,06	910,06
	(R10) Azouna	1047,06	4	2	2	1049,06	1045,06
	(R11) ait boudaoued	678,26	4	2	2	680,26	676,26
	(R12) Ighirben	827,99	4	2	2	829,99	825,99
	(R13) Amoura	953,49	4	2	2	955,49	951,49
	(R14) Tighilt Makhlouf	1079,94	4	2	2	1081,94	1077,94

### III.7. Les équipements utilisés

Les principaux équipements sont :

- robinets vannes
- ventouses
- vidanges

### III.8. Calcul des diamètres économiques

#### III.8.1. Tronçon PK-réservoir principal (RP)

Ce tronçon est alimenté à partir du point de piquage, l'écoulement se fait gravitairement vu la grande pression qui règne dans la conduite principale du transfert qui est d'environ **6 bar**.

Données :

$$- Q = 0,16754 \text{ m}^3/\text{s}. \quad - L = 2741,724\text{m}. \quad - h_d = 52,13\text{m}.$$

On a fixé les vitesses maximum et minimum à 2 m/s et 0,5 m/s respectivement, par suite on détermine les diamètres maximum et minimum, qui sont : **0,6533 m** et **0,3267 m**.

Alors, les diamètres normalisés sont : 350, 400, 450, 500, 550, 600 et 650 mm. Les résultats du calcul sont représentés dans le tableau ci-dessous :

*Tableau (III.2) : calcul de la perte de charge total (PK-RP)*

D (mm)	V (m/s)	Re	$\lambda$	j (m/m)	L (m)	H <sub>t</sub> (m)
350	1,742	609645,132	0,017031035	0,007524751	2741,724	24,757
400	1,334	533439,49	0,016769411	0,003800224	2741,724	12,509
450	1,054	474168,436	0,016589134	0,002086183	2741,724	6,864
500	0,854	426751,592	0,016466429	0,001222759	2741,724	4,023
550	0,706	387955,993	0,016384856	0,000755476	2741,724	2,486

Pour que l'eau arrive au réservoir principal il faut que  $H \geq H_t + h_d$ , avec **H** la pression au point de piquage qu'est d'environ 6 bars.

Dans ce cas, on optera pour un diamètre de **450 mm** car  $H_t + h_d = 58,994\text{m}$  est inférieur à **H=60m** avec une vitesse acceptable de **1,054 m/s**.

Pour garder le même débit véhiculé dans la conduite avec la même vitesse et même diamètre, on utilise une vanne papillon de diamètre **D=450 mm** afin de créer des pertes de charge singulière.

- **Calcule de la perte de charge dans la vanne**

$$J_v = H - (H_t + h_d) \quad (\text{III.21})$$

$$D'où : J_v = 60 - 58,994 = 6,006\text{m}.$$

- **Calcule de coefficient d'ouverture de la vanne «  $\xi$  »**

On a:

$$J_v = \xi \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad (\text{III.22})$$

$$D'où : \xi = J_v \times \frac{2g}{v^2}$$

$$\xi = 106,07$$

- **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  (°) :**

Le type de la vanne sera une "vanne à papillon", d'où l'angle d'ouverture de cette dernière sera déterminé à partir de l'abaque «Evolution du coefficient de singularité  $\xi$  d'une vanne papillon en fonction de son degré d'ouverture» (Annexe (20)).

Alors, pour  $\xi = 106,07$  l'angle d'ouverture de la vanne ( $\theta$ ) sera de **59°**.

### III.8.2. Calcul des diamètres économiques pour les différents tronçons du premier versant

#### III.8.2.1. Adduction gravitaire

##### A. Tronçon RP- SR1

Ce tronçon est alimenté à partir du réservoir principale Ighram, l'écoulement se fait gravitairement.

Données :

$$- Q = 0,02472 \text{ m}^3/\text{s}. \quad - L = 711,71 \text{ m}. \quad - h_d = 14,59 \text{ m}.$$

Les diamètres maximum et minimum sont : **0,2509** et **0,1255m**.

Les diamètres normalisés sont : 150, 200 et 250 mm. Les résultats de calcul sont représentés dans le tableau ci-après :

**Tableau (III.3) : calcul de la perte de charge total (RP-SR1)**

D (mm)	V (m/s)	Re	$\lambda$	j (m/m)	L (m)	$H_t$ (m)
150	1,4	209936,31	0,020973764	0,01395978	711,71	11,922
200	0,787	157452,23	0,020379622	0,00321888	711,71	2,749
250	0,504	125961,78	0,020183996	0,00104464	711,71	0,892

Le diamètre choisi est de **150 mm**, car  $H_t = 11,922 \text{ m}$  est inférieur à  $h_d = 14,59 \text{ m}$ , avec une vitesse acceptable de **1,4 m/s**.

On utilise une vanne de type papillon pour garder le même débit et la même vitesse dans la conduite ainsi que le même diamètre qui est de **150 mm**.

- **Calcul de la perte de charge dans la vanne**

$$J_v = h_d - H_t \quad (\text{III.23})$$

$$\text{D'où : } J_v = 14,59 - 11,922 = \mathbf{2,668 \text{ m}}.$$

- **Calcul de coefficient d'ouverture de la vanne «  $\xi$  »**

On a : 
$$\xi = J_v \times \frac{2g}{V^2}$$

Par conséquent : 
$$\xi = 26,7$$

- **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  (°) :**

À partir de l'abaque «Evolution du coefficient de singularité  $\xi$  d'une vanne papillon en fonction de son degré d'ouverture) (Annexe (20)), Pour  $\xi = 26,71$  l'angle d'ouverture de la vanne ( $\theta$ ) sera de **47,88°**.

### III.8.2.2. Adduction par refoulement

#### A. Tronçon SR1-(R1- R2)

L'étude de cette adduction par refoulement ne serait pas économique, on déterminera les pertes de charge totales le long de ce tronçon pour enfin déterminer la cote piézométrique au point A.

##### ➤ Tronçon R2-A

Données

-  $Q = 0,02261 \text{ m}^3/\text{s}$ .                      -  $H_g = 105,27 \text{ m}$ .                      -  $L = 1730,635 \text{ m}$ .

On prend  $V_{\max} = 1,5 \text{ m/s}$ , d'où  $D_{\min} = 0,139 \text{ m}$ .

On prend un diamètre  $D_{\text{ext}} = 200 \text{ mm}$ , d'un diamètre intérieur  $D_{\text{int}} = 155,2 \text{ mm}$ , pour une vitesse acceptable de  $V = 1,2 \text{ m/s}$ .

D'après l'abaque des pertes de charge (Annexe (21)), on trouve  $J = 0,008 \text{ m/ml}$ , d'où  $H_t = 15,23 \text{ m}$ .

Donc, la cote piézométrique est  $C_p(A) = CTP(R2) + H_t = 431,85 + 15,23 = 447,08 \text{ m}$ .

##### ➤ Tronçon R1-A

Même procédure que la précédente dans ce tronçon de conduite.

Données :

- Le débit :  $Q = 0,00211 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- $h_d = C_p(A) - CTP(R1) = 447,08 - 404,5 = 42,58 \text{ m}$ .
- Longueur du tronçon  $L = 353,308 \text{ m}$ .

On prend  $V_{\max} = 1,5 \text{ m/s}$ , d'où  $D_{\min} = 0,042 \text{ m}$ .

On prend un diamètre extérieur  $D_{\text{ext}} = 63 \text{ mm}$ , d'un diamètre intérieur  $D_{\text{int}} = 48,8 \text{ mm}$ , pour une vitesse acceptable de  $V = 1,13 \text{ m/s}$ .

D'après l'abaque des pertes de charge (Annexe (21)), on trouve  $J= 0,038\text{m/ml}$ , d'où  $H_t = 14,77\text{m}$ .  
Pour ramener la pression à zéro et garder le même débit à l'entrée du réservoir R1, on place vannes papillon de façon à créer des pertes de charge.

↪ *Calcul des pertes de charge dans la vanne  $J_v$  :*

$$J_v = H_d - H_t = 42,58 - 14,77 = 27,81\text{m}$$

↪ *Calcul du coefficient d'ouverture de la vanne « $\xi$ » :*

On a :

$$\xi = J_v \times \frac{2g}{V^2}$$

$$\xi = 27,81 \times \frac{2 \times 9,81}{(1,13)^2}$$

Par conséquent,  $\xi = 427,3$

↪ *Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  (°) :*

À partir de l'abaque «Evolution du coefficient de singularité  $\xi$  d'une vanne papillon en fonction de son degré d'ouverture) (Annexe (20)), Pour  $\xi = 427,3$  l'angle d'ouverture de la vanne papillon ( $\theta$ ) sera de  $64^\circ$ .

### ➤ *Tronçon SR1-A*

Ce tronçon est alimenté à partir du réservoir SR1, l'écoulement se fait par refoulement.

Données :

- Débit :  $Q = 0,02472 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Longueur :  $L = 1473,697 \text{ m}$ .
- $H_g = 87,66 \text{ m}$ .

On prend un diamètre extérieur  $D_{\text{ext}} = 250 \text{ mm}$  avec un diamètre intérieur  $D_{\text{int}} = 194,2 \text{ mm}$ , pour une vitesse acceptable de  $V = 0,835 \text{ m/s}$ .

D'après l'abaque des pertes de charge (Annexe (21)), on trouve  $J = 0,003 \text{ m/ml}$ , d'où  $H_t = 4,86\text{m}$ .

### *B. Tronçon R2-R3*

Ce tronçon est alimenté à partir du réservoir R2, l'écoulement se fait par refoulement.

Données :

- $Q = 0,0126 \text{ m}^3/\text{s}$
- $L = 680,381 \text{ m}$ .
- $H_g = 159,07 \text{ m}$ .

D'après :

Bonnin :  $D_{N1} = 0,112 \text{ m}$

Bress :  $D_{N2} = 0,168 \text{ m}$



D'où les diamètres normalisés sont : 125 et 150 mm. Ici, on dispose d'une pompe, donc on doit calculer la Hmt de cette dernière.

**Tableau (III.4) : Calcul de la  $H_{mt}$  du tronçon (R2-R3)**

D (mm)	V (m/s)	Re	$\lambda$	j (m/m)	L (m)	$H_t$ (m)	Hmt (m)
125	1,03	128407,643	0,022379644	0,009629548	680,381	7,86	166,93
150	0,713	107006,369	0,022035681	0,003810421	680,381	3,11	162,18

**Tableau (III.5) : Calcul des frais d'exploitation et d'amortissement (R2-R3)**

D (mm)	P (Kw)	E (Kwh)	F exp (Da)	Prix ml (Da)	L (m)	F amort (Da)
125	27,51175	200835,7586	838690,1278	4029,42	680,381	243524,0336
150	26,72873	195119,7566	814820,1034	4428,24	680,381	267627,3177

**Tableau (III.6) : Calcul du bilan du tronçon (R2-R3)**

D(mm)	Fexp (DA)	Famort (DA)	Bilan (DA)
125	838690,1278	243524,0336	1082214,161
150	814820,1034	267627,3177	1082447,421

Le diamètre le plus économique est **125mm**, avec une vitesse acceptable qui est égale à **1,03m/s**.

### C. Tronçon R3-R4

Données :

- $Q = 0,00995 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- $L = 772,561 \text{ m}$ .
- $H_g = 168,98 \text{ m}$

D'après :

- Bonnin :  $D_{N1} = 0,0997 \text{ m}$
- Bress :  $D_{N2} = 0,1496 \text{ m}$

D'où les diamètres normalisés sont : 100,125 et 150 mm.

**Tableau (III.7) : Calcul de la  $H_{mt}$  du tronçon (R3-R4)**

D (mm)	V (m/s)	Re	$\lambda$	j (m/m)	L (m)	$H_t$ (m)	Hmt (m)
100	1,27	126751,592	0,023355428	0,019124746	772,561	17,73	186,71
125	0,81	101401,274	0,022797011	0,006116961	772,561	5,67	174,65
150	0,56	84501,0616	0,022544392	0,002431029	772,561	2,25	171,23

**Tableau (III.8) : Calcul des frais d'exploitation et d'amortissement (R3-R4)**

D (mm)	P (Kw)	E (Kwh)	F exp (Da)	Prix ml (Da)	L (m)	F amort (Da)
100	24,29956479	177386,823	740767,3728	3458,3	772,561	237324,4914
125	22,73011216	165929,8187	692922,923	4029,42	772,561	276517,3791
150	22,28538653	162683,3216	679365,5512	4428,24	772,561	303886,2464

**Tableau (III.9) : Calcul du bilan du tronçon (R3-R4)**

D (mm)	F exp (DA)	F amort (DA)	Bilan (DA)
100	740767,3728	237324,4914	978091,8642
125	692922,923	276517,3791	969440,3021
150	679365,5512	303886,2464	983251,7976

D'après les calculs effectués, le diamètre économique est :  $D=125$  mm, avec une vitesse acceptable de  $0,81$  m/s.

#### D. Tronçon R4-R5

Données :

-  $Q=0,00406$  m<sup>3</sup>/s.

-  $L=1187,25$  m

-  $H_g=87,78$  m

D'après :

- Bonnin :  $D_{N1}=0,064$  m

- Bress :  $D_{N2}=0,096$  m

D'où les diamètres normalisés sont : 90 et 110 mm (PEHD).

**Tableau (III.10) : Calcul de la  $H_{mt}$  du tronçon R4-R5**

$D_{int}$ (mm)	V (m/s)	Re	$\lambda$	j (m/m)	L (m)	$H_t$ (m)	Hmt (m)
73,6	0,955	70271,393	0,0199678	0,01260535	1187,25	16,46	104,24
90	0,639	57466,3836	0,020683025	0,004775461	1187,25	6,24	94,02

**Tableau (III.11) : Calcul des frais d'exploitation et d'amortissement (R4-R5)**

$D_{int}$ (mm)	P (Kw)	E (Kwh)	F exp (Da)	Prix ml (Da)	L (m)	F amort (Da)
73,6	5,535764985	40411,08439	168756,6884	571,69	1187,25	60290,63909
90	4,992734444	36446,96144	152202,511	844,3	1187,25	89040,19064

**Tableau (III.12) : Calcul du bilan du tronçon (R4-R5)**

<b>D<sub>ext</sub> (mm)</b>	<b>F exp (DA)</b>	<b>F amort (DA)</b>	<b>Bilan (DA)</b>
90	168756,6884	60290,63909	229047,3275
110	152202,511	89040,19064	241242,7016

D'après les calculs effectués, le diamètre économique est : **D=90 mm**, avec une vitesse acceptable de **0,955 m/s**.

### III.8.3. Calcul des diamètres économiques pour les différents tronçons du deuxième versant

#### III.8.3.1. Adduction par refoulement

##### A. Tronçon RP-R6

Données :

- $Q = 0,03522 \text{ m}^3/\text{s}$
- $L = 1242,176 \text{ m}$
- $H_g = 193,96 \text{ m}$

D'après :

- Bonnin :  $D_{N1} = 0,188 \text{ m}$
- Bress :  $D_{N2} = 0,282 \text{ m}$

D'où les diamètres normalisés sont : 200 et 250mm.

**Tableau (III.13) : Calcul de la  $H_{mt}$  du tronçon (RP-R6)**

<b>D(mm)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>Re</b>	<b><math>\lambda</math></b>	<b>j (m/m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>H<sub>t</sub> (m)</b>	<b>H<sub>mt</sub> (m)</b>
200	1,122	224331,21	0,019839674	0,006360993	1242,176	9,482	203,442
250	0,718	179464,968	0,01949322	0,002047972	1242,176	3,053	197,013

**Tableau (III.14) : Calcul des frais d'exploitation et d'amortissement (RP-R6)**

<b>D (mm)</b>	<b>P (Kw)</b>	<b>E (Kwh)</b>	<b>F exp (Da)</b>	<b>Prix ml (Da)</b>	<b>L (m)</b>	<b>Famort (Da)</b>
200	93,72140688	684166,2702	2857078,344	5663,86	1242,176	624946,3811
250	90,75948915	662544,2708	2766784,875	7461,72	1242,176	823321,0056

**Tableau (III.15) : Calcul du bilan du tronçon (RP-R6)**

<b>D (mm)</b>	<b>F exp (DA)</b>	<b>F amort (DA)</b>	<b>Bilan (DA)</b>
200	2857078,344	624946,3811	3482024,725
250	2766784,875	823321,0056	3590105,88

D'après les calculs effectués, le diamètre économique est : **200 mm**, avec une vitesse acceptable de **1,122 m/s**.

### B. Tableau récapitulatif

Suivant la méthode utilisée précédemment, les résultats des calculs pour les tronçons (R6-R7), (R7-R8), (R8-R9), (R8-RT), (R9-R10), (R11-R12), (R12-R13), (R13-R14) sont donnés dans les tableaux suivant :

**Tableau (III.16) : Calcul de la  $H_{nt}$  pour les différents tronçons**

Tronçons	Q (m <sup>3</sup> /s)	Hg (m)	D (mm)	V (m/s)	Re	$\lambda(10^{-3})$	L (m)	H <sub>t</sub> (m)	H <sub>mt</sub> (m)
<b>R6-R7</b>	0,0317	114,02	200	1,01	201910,83	19,987606	699,966	4,36	118,38
			250	0,646	161528,66	19,682307	699,966	1,41	115,43
<b>R7-R8</b>	0,02655	180,81	200	0,846	169108,28	20,258008	1041,588	4,61	185,42
			250	0,541	135286,62	20,029423	1041,588	1,5	182,31
<b>R8-R9</b>	0,00698	179,76	100	0,889	88917,197	23,951245	891,399	10,32	190,08
			125	0,569	71133,758	23,569721	891,399	3,33	183,09
<b>R8-RT (PEHD)</b>	0,00689	95,17	110	1,08	97523,0007	18,657357	331,836	4,528	99,698
			125	0,84	85881,3118	19,044843	331,836	2,448	97,618
<b>R9-R10 (PEHD)</b>	0,00337	139	75	1,267	73762,777	19,929225	596,644	18,4	157,4
			90	0,793	58328,7178	20,714089	596,644	5,91	144,91
			110	0,53	47699,929	21,495039	596,644	2,45	141,45
<b>R11.R12</b>	0,0065	153,73	100	0,828	82802,548	24,092109	641,749	6,49	160,21
			125	0,530	66242,038	23,756673	641,749	2,10	155,83
<b>R12.R13</b>	0,0056	129,5	73,6	1,317	96926,0593	18,801929	429,545	10,67	140,17
			90	0,881	79263,9774	19,405631	429,545	4,028	133,528
<b>R13.R14</b>	0,0039	130,45	73,6	0,917	67502,077	20,124779	512,863	6,61	137,06
			90	0,613	55201,6985	20,851732	512,863	2,51	132,96

**Tableau (III.17) : Calcul des frais d'exploitation pour les différents tronçons**

Tronçons	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	P (Kw)	E (Kwh)	F exp (Da)
<b>R6-R7</b>	0,0317	200	49,08487074	358319,5564	1496342,468
		250	47,86021679	349379,5826	1459009,137
<b>R7-R8</b>	0,02655	200	64,39270221	470066,7262	1962998,648
		250	63,30966123	462160,527	1929982,361
<b>R8-R9</b>	0,00698	100	17,35437812	126686,9603	529044,7463
		125	16,71574431	122024,9335	509576,1221
<b>R8-RT</b>	0,00689	90	8,984948006	65590,12044	273904,343
		102,2	8,79746543	64221,49764	268188,9741
<b>R9-R10 (PEHD)</b>	0,00337	75	6,938104955	50648,16617	211506,7419
		90	6,387706077	46630,25436	194727,9422
		110	6,234979281	45515,34875	190072,0964
<b>R11-R12</b>	0,0065	100	13,62135195	99435,86926	415244,19
		125	13,24823591	96712,12213	403869,822
<b>R12-R13</b>	0,0056	73,6	10,26715059	74950,19931	312992,0323
		90	9,780635073	71398,63603	298160,7041
<b>R13-R14</b>	0,0039	73,6	6,991879881	51040,72313	213146,0598
		90	6,782361325	49511,23767	206758,9285

Tableau (III.18) : Calcul des frais d'amortissement pour les différents tronçons

Tronçons	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	Prix ml (Da)	L (m)	F amort (Da)
<b>R6-R7</b>	0,0317	200	5663,86	699,966	352157,1972
		250	7461,72	699,966	463941,27
<b>R7-R8</b>	0,02655	200	5663,86	1041,588	524029,3253
		250	7461,72	1041,588	690370,1887
<b>R8-R9</b>	0,00698	100	3458,3	891,399	273830,564
		125	4029,42	891,399	319052,2369
<b>R8-RT</b>	0,00689	90	844,3	331,836	24886,70516
		102,2	1093,08	331,836	32219,77931
<b>R9-R10 (PEHD)</b>	0,00337	75	473,63	596,644	25101,61096
		90	571,69	596,644	30298,62966
		110	844,3	596,644	44746,51127
<b>R11-R12</b>	0,0065	100	3458,3	641,749	197140,1029
		125	4029,42	641,749	229696,7508
<b>R12-R13</b>	0,0056	73,6	571,69	429,545	21813,04912
		90	844,3	429,545	32214,58723
<b>R13-R14</b>	0,0039	73,6	571,69	512,863	26044,08342
		90	844,3	512,863	38463,18744

Tableau (III.19) : Calcul du bilan pour les différents tronçons

Tronçons	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	F exp (DA)	F amort (DA)	Bilan (DA)	Diamètre choisi (mm)
<b>R6-R7</b>	0,0317	200	1496342,468	352157,1972	1848499,665	<b>200</b>
		250	1459009,137	463941,27	1922950,407	
<b>R7-R8</b>	0,02655	200	1962998,648	524029,3253	2487027,974	<b>200</b>
		250	1929982,361	690370,1887	2620352,55	
<b>R8-R9</b>	0,00698	100	529044,7463	273830,564	802875,3102	<b>100</b>
		125	509576,1221	319052,2369	828628,3591	
<b>R8-RT</b>	0,00689	90	24886,70516	24886,70516	298791,0481	<b>110</b>
		102,2	268188,9741	32219,77931	300408,7535	
<b>R9-R10 (PEHD)</b>	0,00337	75	211506,7419	25101,61096	236608,3529	<b>90</b>
		90	194727,9422	30298,62966	225026,5719	
		110	190072,0964	44746,51127	234818,6076	
<b>R11-R12</b>	0,0065	100	415244,19	197140,1029	612384,2929	<b>100</b>
		125	403869,822	229696,7508	633566,5729	
<b>R12-R13</b>	0,0056	73,6	312992,0323	21813,04912	334805,0814	<b>110</b>
		90	298160,7041	32214,58723	330375,2913	
<b>R13-R14</b>	0,0039	73,6	213146,0598	26044,08342	239190,1432	<b>90</b>
		90	206758,9285	38463,18744	245222,116	

### III.8.3.2. Adduction gravitaire

#### A. Tronçon RT-R11

Ce tronçon est alimenté à partir du réservoir tampon Bouhkim, l'écoulement se fait gravitairement.

Données :

$$- Q = 0,00689 \text{ m}^3/\text{s}. \quad -L = 2122,262 \text{ m}. \quad -h_d = 153,21 \text{ m}.$$

Les diamètres maximum et minimum sont : **0,1325** et **0,0663m**.

Les diamètres normalisés sont : 90, 110 et 125 mm en **PEHD(PN20)**. Les résultats de calcul sont représentés dans le tableau ci-après :

**Tableau (III.20) : calcul de la perte de charge total (RT-R11)**

$D_{int}$ (mm)	V (m/s)	Re	$\lambda$	j (m/m)	L (m)	$H_t$ (m)
69,8	1,802	125745,99	0,017998122	0,042653061	2122,262	99,57
85,4	1,204	102776	0,018507071	0,015997366	2122,262	37,35
97	0,933	90485,258	0,01888148	0,008633313	2122,262	21,98

Le diamètre choisi est de **90 mm**, car  $H_t = 99,57 \text{ m}$  est inférieur à  $h_d = 153,21 \text{ m}$ , avec une vitesse acceptable de **1,802 m/s**.

- **Calcul de la perte de charge dans la vanne**

$$J_v = h_d - H_t \quad (\text{III.24})$$

$$D'où : J_v = 153,21 - 99,57 = \mathbf{53,64m}.$$

- **Calcul de coefficient d'ouverture de la vanne «  $\xi$  »**

$$\text{On a :} \quad \xi = J_v \times \frac{2g}{V^2}$$

$$\xi = 53,64 \times \frac{2 \times 9,81}{(1,802)^2}$$

$$\text{Par conséquent ; } \xi = 324,1$$

- **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  (°) :**

À partir de l'abaque «Evolution du coefficient de singularité  $\xi$  d'une vanne papillon en fonction de son degré d'ouverture) (Annexe (20)), Pour  $\xi = 324,1$  l'angle d'ouverture de la vanne ( $\theta$ ) sera de  $63,26^\circ$ .

### III.9. Conclusion

A travers ce chapitre consacré à l'adduction, nous présumons avoir touché aux grands axes de l'étude technique, elle consiste à déterminer les différents paramètres liés aux frais d'amortissement et d'exploitation.

Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau. (Tableau(III.21)).

**Tableau (III.21):** Tableau récapitulatif des diamètres des différents tronçons

zone	Tronçon	Type d'adduction	Type de conduite	D (mm)	V (m/s)	Hmt (m)
	PK-RP	Gravitaire	Fonte ductile	450	1,054	/
Premier versant	RP-SR1	Gravitaire	Fonte ductile	150	1,4	/
	SR1-A	Refoulement	PEHD	250	0,835	213,02
	A-R1	Refoulement	PEHD	63	1,13	/
	A-R2	Refoulement	PEHD	200	1,2	/
	R2-R3	Refoulement	Fonte Ductile	125	1,03	166,93
	R3-R4	Refoulement	Fonte ductile	125	0,81	174,65
	R4-R5	Refoulement	PEHD	90	0,955	104,24
	RP-R6	Refoulement	Fonte ductile	200	1,123	203,442
Deuxième versant	R6-R7	Refoulement	Fonte ductile	200	0,965	118,38
	R7-R8	Refoulement	Fonte ductile	200	0,846	185,42
	R8-R9	Refoulement	Fonte ductile	100	0,889	190,08
	R8-RT	Refoulement	PEHD	110	1,08	99,698
	RT-R11	Gravitaire	PEHD	90	1,802	/
	R9-R10	Refoulement	PEHD	90	0,792	144,91
	R11-R12	Refoulement	Fonte ductile	100	0,828	160,21
	R12-R13	Refoulement	PEHD	110	0,881	133,528
R13-R14	Refoulement	PEHD	90	0,917	137,06	

# ***CHAPITRE IV***

## ***Etude et choix des pompes***



## IV.1. Introduction

Une pompe est un appareil qui aspire un fluide d'une région à basse pression pour le refouler vers une région à plus haute pression. Ainsi, le rôle de la pompe est de transformer l'énergie électrique en énergie hydraulique.

Du point de vue physique, le fonctionnement d'une pompe consiste à transformer l'énergie mécanique de son moteur d'entraînement en énergie hydraulique, c'est-à-dire qu'elle transmet au courant liquide qui la traverse une certaine puissance. La réserve d'énergie reçue par le liquide à l'intérieur de la pompe permet au courant de surmonter les pertes de charge et de s'élever jusqu'à une certaine hauteur.

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

## IV.2. Le choix du type de la pompe

Le choix du type de la pompe à installer se base sur les critères suivant :

- Le débit à refouler ( $Q$ ) ;
- La hauteur manométrique totale ( $H_{mt}$ ) ;
- Assurer le rendement maximum ( $\eta$ ).

Dans notre étude on a opté pour des pompes centrifuges à axe horizontal pour les avantages qu'elles présentent, à savoir :

- Elles constituent des groupes légers peu encombrante ;
- Elles assurent le refoulement des débits important à des hauteurs considérables ;
- Elles sont susceptible de travailler dans des conditions maximum de rendement élevé.

## IV.3. Les courbes caractéristiques de la pompe

Les performances d'une pompe sont exprimées par les trois types de courbes suivantes [9] :

- La courbe, débit hauteur ( $Q, H$ ) : exprime les variations des différentes hauteurs d'élévation en fonction du débit  $H = f(Q)$ .
- La courbe de puissance absorbée en fonction du débit  $P = f(Q)$  ;
- La courbe des rendements : exprime les variations du rendement de la pompe en fonction du débit  $\eta = f(Q)$ .

Le point d'intersection de la courbe ( $Q, H$ ) avec l'axe des ordonnées s'appelle le point de barbotage ou encore point à vanne fermée.

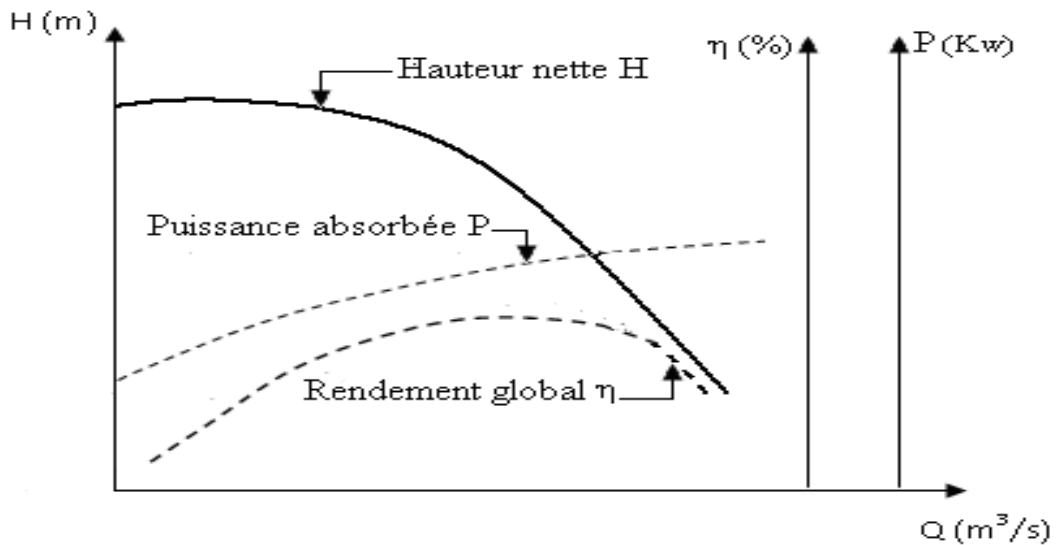


Figure (IV.1) : Courbes caractéristiques d'une pompe.

### IV.3.1. Puissance absorbée

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

$$Pa = \frac{9,81 \cdot Hmt \cdot Q}{\eta}$$

Avec :

- Pa : Puissance absorbée en (Kw).
- Q : Débit à refouler en (m<sup>3</sup>/s).
- Hmt : Hauteur manométrique totale (m).
- η : Rendement de la pompe.

### IV.3.2. Hauteur manométrique totale (Hmt)

La Hmt est la somme des termes suivants :

$$Hmt = Ha + Hr + Ja + J_T \quad (IV.1)$$

**a) La hauteur géométrique de refoulement (Hr) :**

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

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

**b) La hauteur géométrique d'aspiration (Ha) :**

Qui sera négative pour une aspiration en dépression, positive pour une aspiration en charge. C'est la distance séparant l'axe de la pompe du plan de pompage pour un groupe

horizontal. Elle représentera la distance qui sépare le plan de la première roue (pompe multicellulaires) et le plan de pompage s'il s'agit d'un groupe vertical.

**c) Les pertes de charges totales (d'aspiration et de refoulement) :**

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

$$J_T = J_a + J_r \quad (\text{m}) \quad (\text{IV.2})$$

Avec :

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

## IV.4. Le point de fonctionnement de la pompe

### IV.4.1. Réalisation du point de fonctionnement désiré

#### IV.4.1.1. Caractéristique de la conduite

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

$$J = R \cdot Q^2 \quad (\text{IV.3})$$

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

$$R = 1,1 \times \frac{8 \times \lambda \times L}{\pi^2 \times D^5 \times g} \quad (\text{IV.4})$$

Avec :

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

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

$$H_c = H_g + J \quad (\text{IV.5})$$

Où :

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

Graphiquement, le point de fonctionnement est le point d'intersection de la courbe caractéristique de la conduite «  $H_c = f(Q)$  » et celle de la pompe «  $H = f(Q)$  » (Figure (IV.2)) ; et pour un meilleur fonctionnement, ce point doit être situé au droit du rendement maximum de la pompe appelé point nominal.

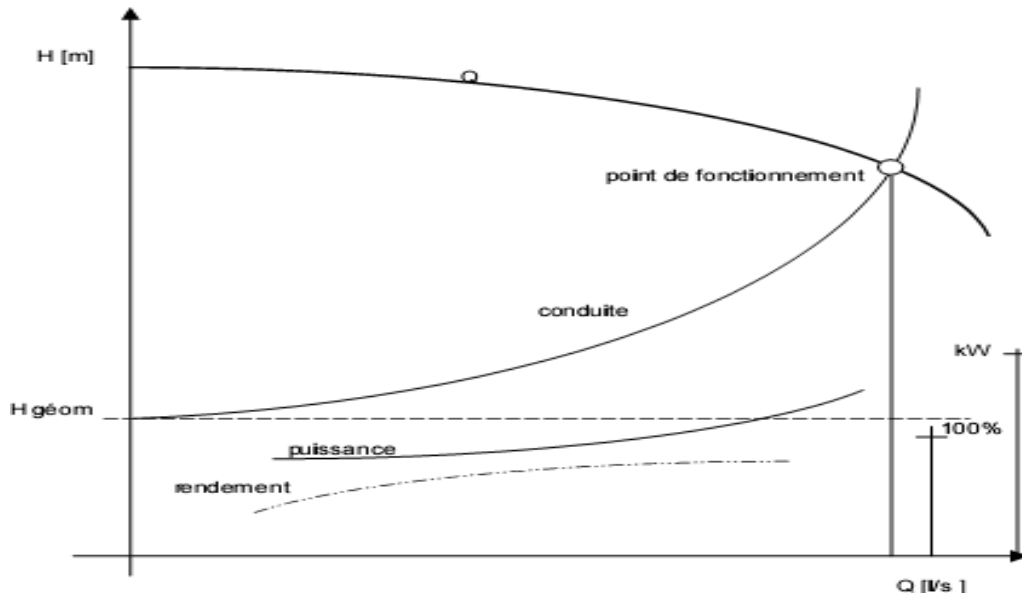


Figure (IV.2) : Point de fonctionnement d'une pompe

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

Le point de fonctionnement peut être obtenu par la modification de l'un des paramètres de fonctionnement de la pompe, Pour cela, quatre cas peuvent se présenter :

**a) Première variante :** réduction ou augmentation du temps de pompage

On garde la courbe  $H_2 = f(Q_2)$  telle qu'elle est, le débit  $Q_2$  sera plus grand que le débit désiré ( $Q_1$ ), pour cela, nous sommes tenus de faire diminuer le temps de pompage tout en conservant le volume d'eau constant.

Le volume d'eau entrant dans le réservoir pendant un temps  $T_1 = 20$  heures est de :

$V (m^3) = 20 \times Q_1$  ; ce même volume sera obtenu par le refoulement d'un débit  $Q_2$  pendant un temps  $T_2$ . Donc on peut écrire :

$$Q_1 \times T_1 = Q_2 \times T_2 \tag{IV.6}$$

D'où :

$$T_2 = T_1 \times \frac{Q_1}{Q_2} \tag{IV.7}$$

Et la puissance absorbée par la pompe sera :

$$P_{a1} = \frac{g \times Q_2 \times H_2}{\eta} (KW) \tag{IV.8}$$

**b) Deuxième variante :** régulation par étouffement (le vannage)

Elle considère à vanner au refoulement pour créer une perte de charge afin d'obtenir le débit  $Q_1$ .

La puissance absorbée par la pompe sera :

$$P_{a2} = \frac{g \times Q_1 \times H'}{\eta} \text{ (KW)} \quad (\text{IV.9})$$

Avec :

$$H' = H_1 + h \text{ (m)} \quad (\text{IV.10})$$

Où :

$H'$  : la distance séparée entre le point désiré et l'intersection de la verticale passant par le même point avec la caractéristique de la pompe.

$h$  : Perte de charge engendrée par le vannage.

$\eta$  : Rendement correspondant au point  $P_2 (Q_2, H_2)$ .

$Q_1$  : débit désiré.

**c) Troisième variante : Rognage de la roue.**

Le rognage de la roue consiste à réduire le diamètre extérieur de la roue sans modifier le corps de pompe. Dans notre projet on opte pour des pompes centrifuges multicellulaires, Dans le cas cette solution n'est pas commode, en raison du nombre de cellules qu'il faut rogner.

**d) Quatrième variante : (Variation de la vitesse de rotation).**

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

On trace ma parabole d'équation  $y = ax^2$  (**courbe d'iso-rendement**) qui contient le point homologue qui passe par  $P_1$  et qui coupe la courbe caractéristique de la pompe au point  $P_3 (Q_3, H_3)$ , on aura alors la nouvelle vitesse de rotation  $N'$  donnée par :

$$N' = N \times \frac{Q_1}{Q_3} \text{ (Tr/min)} \quad (\text{IV.11})$$

L'équation du courbe iso rendement s'écrit :

$$H = \frac{H_1}{Q_1^2} \times Q^2 \quad (\text{IV.12})$$

La puissance absorbée sera :

$$P_{a3} = \frac{g \times Q_1 \times H_1}{\eta} \quad (\text{IV.13})$$

## IV.5. Etude de la cavitation

La cavitation est un phénomène physique très complexe, qui se manifeste lorsque la pression absolue du liquide descend au-dessous de la tension de vapeur du liquide. Il se forme des bulles d'air, qui, dans les zones de pression les plus élevées, provoquent d'importantes perturbations ; bruits dans l'écoulement, des vibrations, ce qui entraîne la détérioration des caractéristiques hydrauliques (le rendement, la hauteur de refoulement,...) et l'érosion des matériaux au niveau de la pompe (Figure (IV.3)).

Pour éviter ce phénomène, on doit assurer à l'aspiration une certaine pression dite : **Charge nette minimale disponible à l'aspiration** ( $NPSH_d$ ) (donnée par l'utilisateur), qui sera supérieure à la **Charge nette minimale requise à l'aspiration** ( $NPSH_r$ ) (donnée par le constructeur) :

$$NPSH_d > NPSH_r$$



*Figure (IV.3) : Photo illustrant le phénomène de cavitation sur des aubes d'une pompe centrifuge*

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

Elle est donnée par le fabricant sous la forme d'une courbe donnant le  $NPSH$  requis (en mètre de liquide) en fonction du débit (Figure (IV.4)).

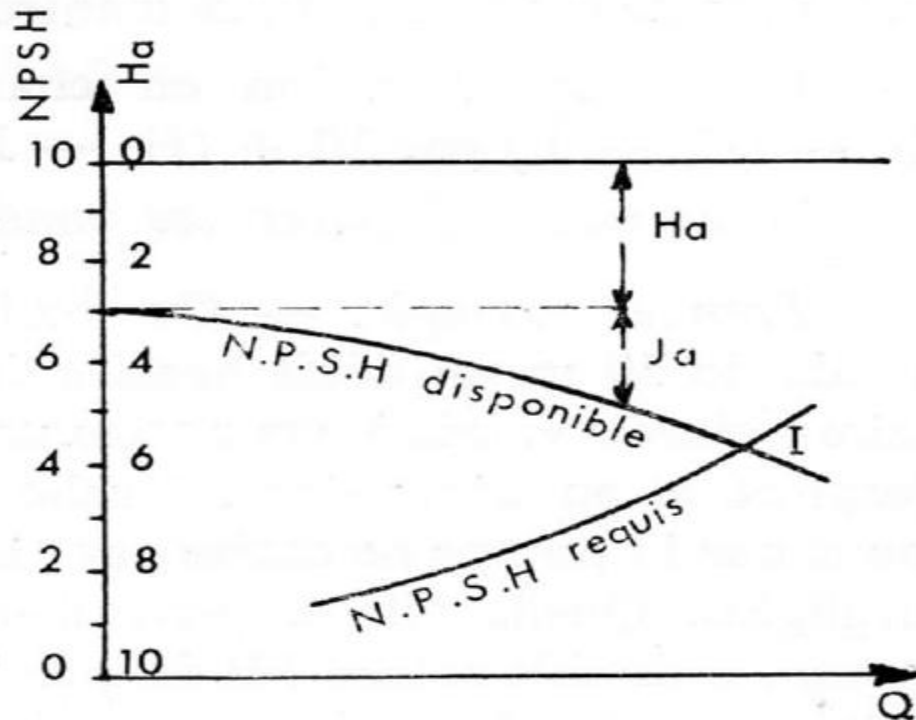


Figure (IV.4) : Courbe des NPSH

#### ❖ Qu'est-ce que le N.P.S.H. ?

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

##### ➤ Pour l'alimentation en charge :

$$(\text{NPSH})_d = \frac{P_0}{g \times \rho} + H_a - (J_a + T_v) \quad (\text{IV.14})$$

##### ➤ Pour l'alimentation en dépression :

$$(\text{NPSH})_d = \frac{P_0}{g \times \rho} - H_a - (J_a + T_v) \quad (\text{IV.15})$$

Avec :

- $H_a$  : Hauteur d'aspiration en (m).
- $J_a$  : Pertes de charge à l'aspiration en (m).
- $\frac{P_0}{g \times \rho}$  : Pression en mètre de colonne d'eau au point d'aspiration en (m).
- $T_v$  : C'est la pression de vapeur maximale que l'air peut supporter à une température donnée.

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

T °C	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
T <sub>v</sub> (mce)	0,06	0,125	0,238	0,432	0,752	1,25	2,03	3,17	4,82	7,14	10,33

**Remarque :**

Les pompes sont installées presque au même niveau du radier, d'où :  $H_a = 4$  m,  $T_v = 0,238$  et  $J_a = 0$  puisque les pertes de charge dans la conduite d'aspiration sont négligeable.

**IV.6. Choix de type de pompe pour les différentes stations****IV.6.1. Premier versant****IV.6.1.1. La pompe installée sur la station de reprise (SR1-(R1-R2))****✚ Caractéristiques de la conduite :**

$$Q = 24,72 \text{ l/s.}$$

$$D_{\text{ext}} = 250 \text{ mm, } D_{\text{int}} = 194,2 \text{ m avec}$$

$$H_g = 192,93 \text{ m.}$$

$$H_{\text{mt}} = 213,02 \text{ m.}$$

**✚ Caractéristiques de la pompe :**

D'après le logiciel CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal

**PM 100/ 4 D** et une autre de secours dont ces caractéristiques sont les suivantes (voir annexe(22)) :

- $N = 2900$  tr/min.
- $\eta = 74$  %.
- $P = 73,4$  KW.
- $NPSH_r = 3,24$  m

**➤ Tracé de la courbe**

Pour ce cas, on trace d'abord la caractéristique de l'ensemble des conduites qui sont couplées comme suit (voir figure (IV.5)) :

↪ La conduite C2 avec C3 en parallèle en ajoutant les débits pour une même hauteur, on trace (C2+C3). cette dernière sera couplée avec C1 en série, en ajoutant les hauteurs pour un même débit et on trace la courbe caractéristique du réseau (C1+C2+C3).

↪ On trace aussi la courbe caractéristique de la pompe  $H_p$ .

**➤ Solution**

Le point d'intersection de la courbe caractéristique de la pompe  $H_p$  avec la courbe du réseau (C1+C2+C3) représente le point de fonctionnement de la pompe P2 ( $Q_2 = 25,05$  l/s ;  $H_2 = 214$  m), le point désiré P1 ( $Q_1 = 24,72$  l/s ;  $H_1 = 213,02$ m)

On remarque que le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré, donc cette pompe nécessite des modifications (Figure IV.5)



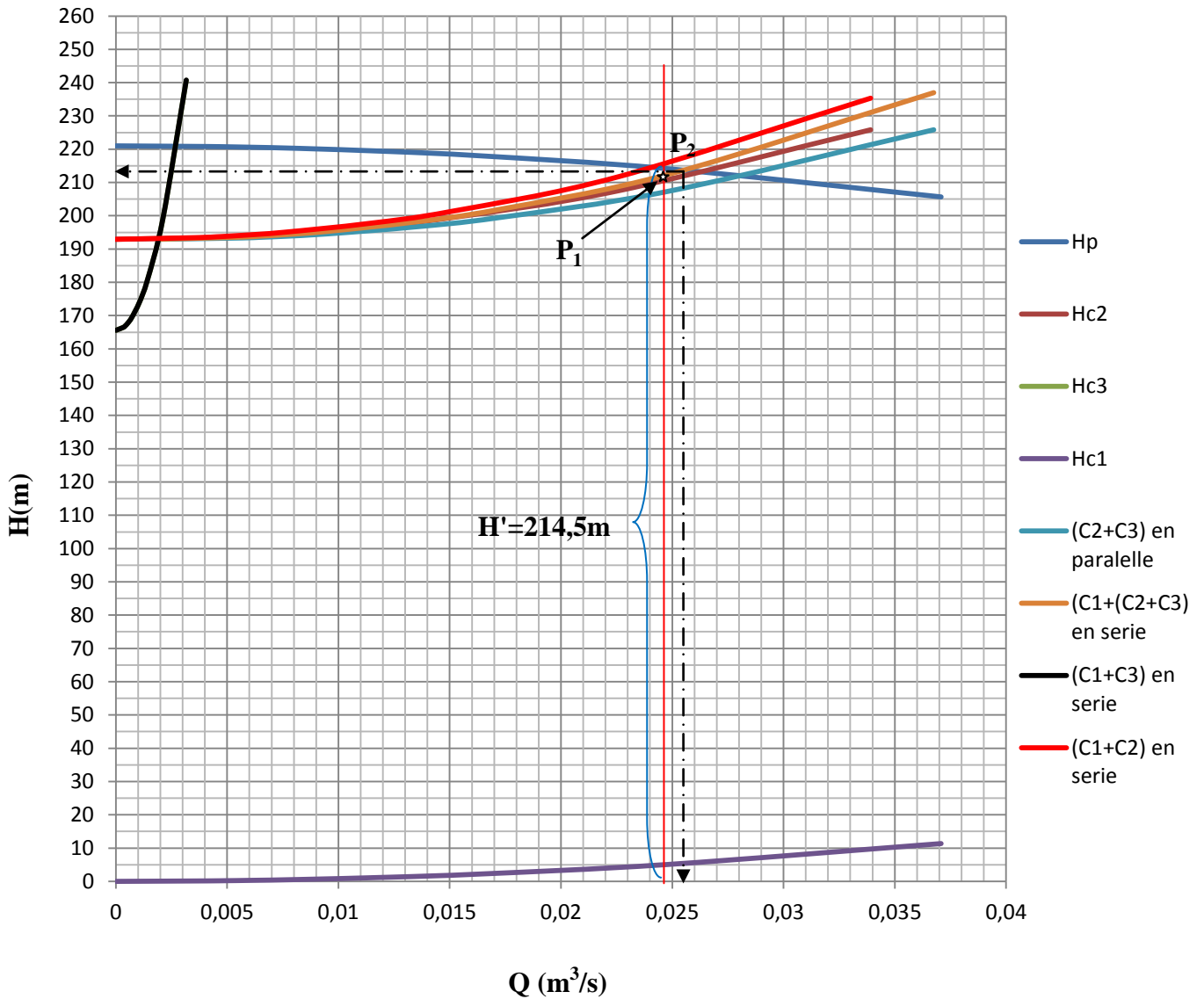


Figure (IV.5) :couplage de la pompe avec le réseau.

### A. Réalisation du point de fonctionnement

#### A.1. Réduction ou augmentation du temps de pompage

Afin d'adopter la pompe aux conditions de travail désirées, il y a lieu de varier le temps de pompage qui sera :

$$T_1 \times Q_1 = T_2 \times Q_2$$

D'où,  $T_2 = 20 \times (24,72/25,05) = 19,74 \text{ h} \approx 20 \text{ h}$

La puissance absorbée sera :

$$P_{a1} = \frac{g \times Q_2 \times H_2}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,02505 \times 214}{0,74}$$

D'où :  $P_{a1} = 71,07 \text{ KW}$

### A.2. Le vannage

Les pertes de charge créées par la vanne d'étouffement sont égales à :

$$h = H' - H_1 = 214,5 - 213,02 = \mathbf{1,3 \text{ m}}$$

Les coordonnées du point H' sont :  $H' = 214,5 \text{ m}$ ,  $Q_1 = 24,72 \text{ l/s}$  et  $\eta = 74 \%$ .

La puissance absorbée sera :

$$P_{a2} = \frac{g \times Q \times H'}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,02472 \times 214,5}{0,74}$$

D'où :  $P_{a2} = \mathbf{70,29 \text{ KW}}$

### A.3. Variation de la vitesse de rotation

La nouvelle vitesse de rotation de la pompe s'écrit comme suit :

$$N' = N \times \frac{Q_2}{Q_3} \text{ (tr/min)}$$

❖ L'équation de la courbe iso rendement s'écrit :

$$H = \frac{H_1}{Q_1^2} \times Q^2 = \frac{213,02}{24,72^2} \times Q^2$$

$$\mathbf{H = 0,349 \times Q^2}$$

Cette courbe  $H = 0,349 \times Q^2$  est appelée courbe iso rendement, donc tous les points homologues appartiennent à celle-ci

❖ L'équation de la pompe est donnée comme suit :

$$H_p = aQ^2 + b$$

$$\text{Pour } \begin{cases} Q = 0 \text{ l/s, } H_p = 221 \text{ m.} \\ Q = 25,05 \text{ l/s, } H = 214 \text{ m.} \end{cases}$$

$$\text{D'où, } 214 = a \times 25,05^2 + 221, \text{ donc } a = -0,011$$

$$\text{Ce qui donne : } \mathbf{H_p = -0,011Q^2 + 221}$$

La Courbe iso-rendement coupe la caractéristique de la pompe au point  $P_3 (Q_3, H_3)$ .

Les coordonnées du point  $P_3$  sont (24,78 l/s, 214,3 m).

$$\text{D'où : } N' = 2900 \times (24,72/24,78) = \mathbf{2892,98 \text{ tr/mn}}$$

La puissance absorbée sera :

$$P_{a3} = \frac{g \times Q_1 \times H_1}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,02472 \times 213,02}{0,74}$$

$$\text{D'où : } \mathbf{P_{a3} = 69,81 \text{ KW}}$$

### C. Etude de la cavitation

$$NPSH_r = 3,24 \text{ m.}$$

$$NPSH_d = 10,33 - 0,0012 * CTP(SR1) + 4 - 0,238$$

$$\text{D'où : } NPSH_d = 13,8 \text{ m}$$

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

On opte pour la troisième variante qui consiste à la variation de la vitesse de rotation qui présente une puissance minimale.

#### IV.6.1.2. La pompe installée sur la station de reprise (R2)

##### ✚ Caractéristiques de la conduite :

$$Q = 12,6 \text{ l/s ; } L = 680,381 \text{ m ; } D = 125 \text{ mm ; } H_g = 159,07 \text{ m ; } H_{mt} = 166,93 \text{ m.}$$

##### ✚ Caractéristiques de la pompe :

D'après le logiciel CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal

**PM 100/ 11 C** et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques (voir annexe (23))

#### A. Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe

- $N = 1450 \text{ tr/min,}$
- $\eta = 71,5\%,$
- $P = 29,7 \text{ KW,}$
- $NPSH_r = 1,89 \text{ m.}$
- Le point de fonctionnement :  $P_2 (Q_2 = 12,6 \text{ l/s, } H_2 = 167 \text{ m}),$
- Le point désiré :  $P_1 (Q_1 = 12,6 \text{ l/s, } H_1 = 166,93 \text{ m}).$

On remarque que le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré, donc cette pompe ne nécessite pas des modifications.

#### B. Etude de la cavitation

$$NPSH_r = 1,89 \text{ m.}$$

$$NPSH_d = 10,33 - 0,0012 * CTP(R2) + 4 - 0,238$$

$$\text{D'où : } NPSH_d = 13,57 \text{ m}$$

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

#### IV.6.1.3. La pompe installée sur la station de reprise (R3)

##### ✚ Caractéristiques de la conduite :

$$Q = 9,95 \text{ l/s, } L = 772,561 \text{ m, } D = 125 \text{ mm, } H_g = 168,98 \text{ m, } H_{mt} = 174,65 \text{ m.}$$

##### ✚ Caractéristiques de la pompe :

D'après le logiciel CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal

**PM 100/ 9 A** et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques (voir annexe (24))

**A. Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe**

- $N = 1450 \text{tr/min}$ ;
- $\eta = 70,5 \%$ ;
- $P = 31,4 \text{ KW}$ ;
- $NPSH_r = 1,89 \text{ m}$ .
- Le point de fonctionnement :  $P_2$  ( $Q_2 = 12,56 \text{ l/s}$ ,  $H_2 = 178 \text{ m}$ ),
- Le point désiré :  $P_1$  ( $Q_1 = 9,95 \text{ l/s}$ ,  $H_1 = 174,65 \text{ m}$ ).

On remarque que le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré, donc cette pompe nécessite des modifications (voir figure (IV.6))

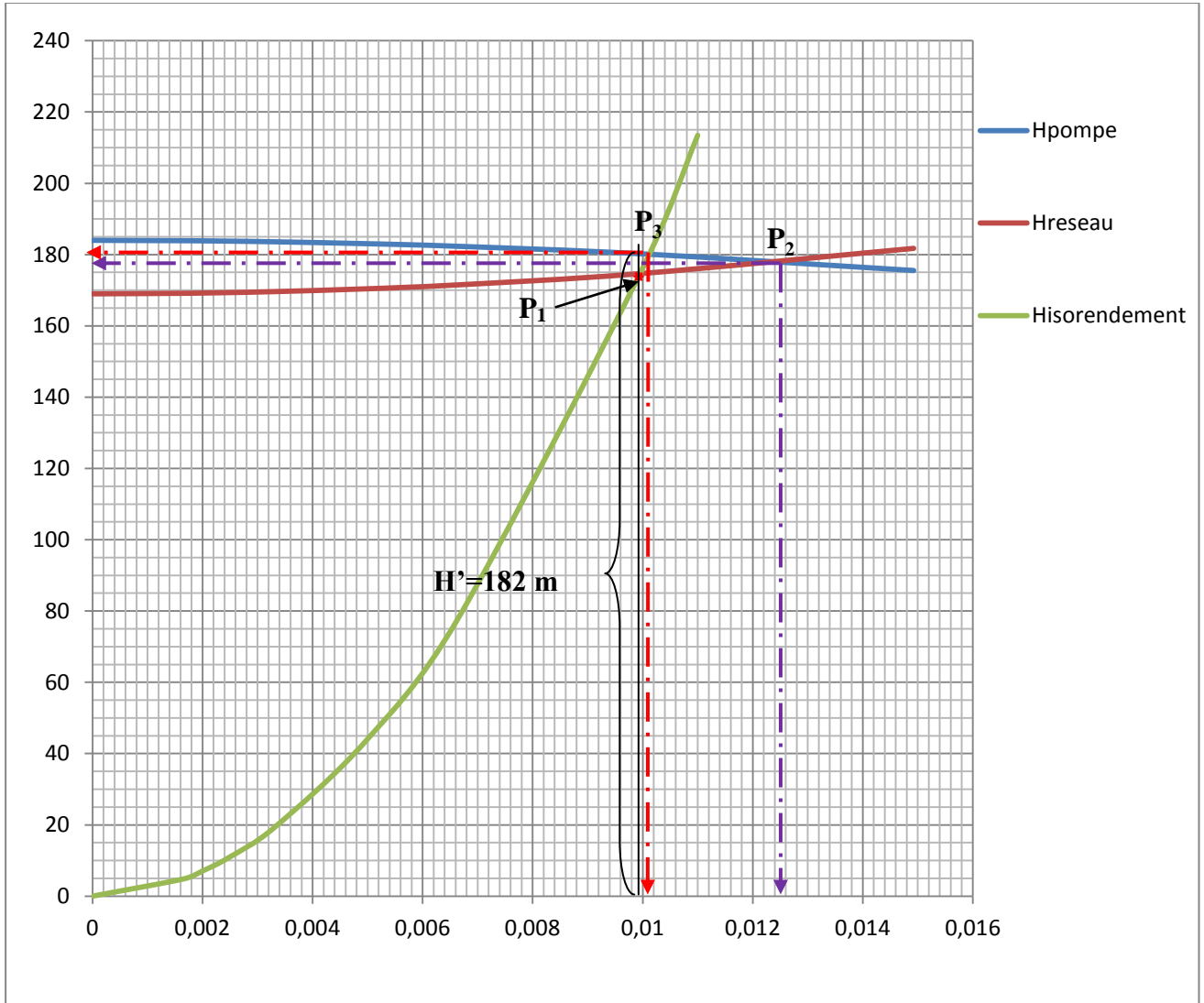


Figure (IV.6) : déterminations du point de fonctionnement et le point homologue

**B. Réalisation du point de fonctionnement**

Les résultats de réalisation du point de fonctionnement sont donnés dans le tableau suivant :

**Tableau(IV.2) : réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R3**

Variante	Réduire ou augmentation du temps de pompage	la régulation par étouffement (le vannage)	Variation de la vitesse de rotation
Temps de pompage (h)	15,84	20	20
Perte de charge h (m)	/	7,35	/
Equation de la courbe iso-rendement $H=f(Q)$	/	/	<b><math>H= 1,764 \times Q^2</math></b>
Equation de la pompe $H=f(Q)$	/	/	<b><math>H_p= -0,038Q^2 + 184</math></b>
Coordonnées du point Homologue	/	/	$P_3 (10,1 \text{ l/s}, 180,12 \text{ m})$
Vitesse N' (tr/min)	/	/	<b>1428,47</b>
Puissance absorbé (KW)	<b>31,11</b>	<b>25,2</b>	<b>24,18</b>

On opte pour la troisième variante qui consiste à la variation de la vitesse de rotation, qui présente une puissance minimale.

### C. Etude de la cavitation

$$NPSH_r = 1,89 \text{ m.}$$

$$NPSH_d = [10,33 - 0,0012 * CTP(R3)] + 4 - 0,238$$

$$D'où : NPSH_d = 13,8 \text{ m}$$

Alors,  $NPSH_d > NPSH_r$ , donc, la pompe ne Cavite pas.

#### IV.6.1.4. La pompe installée sur la station de reprise (R4)

##### ✚ Caractéristiques de la conduite :

$$Q = 4,06 \text{ l/s} ; L = 1187,25 \text{ m} ; D = 90 \text{ mm} ; H_g = 87,78 \text{ m} ; H_{mt} = 104,24 \text{ m.}$$

##### ✚ Caractéristiques de la pompe :

D'après le logiciel CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal

HMU40-1/ 5C et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques (voir annexe (25))

#### A. Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe

- $N = 2900 \text{ tr/min.}$
- $\eta = 66,7\%.$
- $P = 7,16 \text{ KW}$
- $NPSH_r = 2,16 \text{ m}$
- Le point de fonctionnement :  $P_2 (Q_2 = 4,53 \text{ l/s}, H_2 = 108 \text{ m}),$
- Le point désiré :  $P_1 (Q_1 = 4,06 \text{ l/s}, H_1 = 104,24 \text{ m}).$

On remarque que le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré, donc cette pompe nécessite des modifications.

#### B. Réalisation du point de fonctionnement

Les résultats de la réalisation du point de fonctionnement sont donnés dans le tableau ci-après :

**Tableau(IV.3) : réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R4**

Variante	Réduire ou augmentation du temps de pompage	la régulation par étouffement (le vannage)	Variation de la vitesse de rotation
Temps de pompage (h)	<b>17,92</b>	20	20
Perte de charge h (m)	/	<b>9,76</b>	/
Equation de la courbe iso-rendement $H=f(Q)$	/	/	<b><math>H= 6,32 \times Q^2</math></b>
Equation de la pompe $H=f(Q)$	/	/	<b><math>H_p= -1,072Q^2 + 130</math></b>
Coordonnées du point Homologue	/	/	$P_3$ (4,19 l/s ; 111,18m)
Vitesse $N'$ (tr/min)	/	/	<b>2810,02</b>
Puissance absorbé (KW)	<b>7,196</b>	<b>6,8</b>	<b>6,22</b>

On opte pour la troisième variante qui consiste à la variation de la vitesse de rotation.

### C. Etude de la cavitation

$$NPSH_r = 2,16 \text{ m.}$$

$$NPSH_d = [10,33 - 0,0012 * CTP(R4)] + 4 - 0,238$$

$$\text{D'où : } NPSH_d = 13,18 \text{ m}$$

Alors,  $NPSH_d > NPSH_r$ , donc, la pompe ne Cavite pas.

## IV.6.2. Deuxième versant

### IV.6.2.1. La pompe installé sur la station de reprise (RP)

#### ✚ Caractéristiques de la conduite :

$$Q = 35,22 \text{ l/s, } L = 1242,176 \text{ m, } D = 200 \text{ mm, } H_g = 193,96 \text{ m, } H_{mt} = 203,442 \text{ m.}$$

#### ✚ Caractéristiques de la pompe :

D'après le logiciel CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal

**PM 125/ 8 A** et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques (voir annexe (26)).

### A. Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe

- $N = 1450 \text{ tr/min.}$
- $\eta = 75\%.$
- $P = 97,3 \text{ KW.}$
- $NPSH_r = 1,75 \text{ m}$

- Le point de fonctionnement :  $P_2$  ( $Q_2 = 36,4 \text{ l/s, } H_2 = 204 \text{ m}$ ),
- Le point désiré :  $P_1$  ( $Q_1 = 35,22 \text{ l/s, } H_1 = 203,443 \text{ m}$ ).

On remarque que le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré, par conséquent cette pompe nécessite des modifications.

## B. Réalisation du point de fonctionnement

### B.1. Réduction ou augmentation du temps de pompage

Afin d'adopter la pompe aux conditions de travail désirées, il y a lieu de varier le temps de pompage qui sera :

$$T_1 \times Q_1 = T_2 \times Q_2$$

$$D'où, T_2 = 20 \times (35,22/36,4) = \mathbf{19,35 \text{ h}}$$

La puissance absorbée sera :

$$P_{a1} = \frac{g \times Q_2 \times H_2}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0364 \times 204}{0,75}$$

$$D'où : P_{a1} = \mathbf{97,13 \text{ KW.}}$$

### B.2. Le vannage

Les pertes de charge créées par la vanne d'étouffement sont égales à :

$$h = H' - H_1 = 207 - 203,443 = \mathbf{3,557 \text{ m}}$$

Les coordonnées du point H' sont : H'= 207 m, Q'= 35,22 l/s et  $\eta = 75 \%$ .

La puissance absorbée sera :

$$P_2 = \frac{g \times Q' \times H'}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,03522 \times 207}{0,75}$$

$$D'où : P_{a2} = \mathbf{95,36 \text{ KW}}$$

### B.3. Variation de la vitesse de rotation

La nouvelle vitesse de rotation de la pompe s'écrit comme suit :

$$N' = N \times \frac{Q_2}{Q_3} \text{ (tr/mn)}$$

❖ L'équation du courbe iso rendement s'écrit :

$$H = \frac{H_1}{Q_1^2} \times Q^2 = \frac{203,443}{35,22^2} \times Q^2$$

$$\mathbf{H = 0,164 \times Q^2}$$

Cette courbe  $H = 0,164 \times Q^2$  est appelée courbe iso rendement, donc tous les points homologues appartiennent à celle-ci.

❖ L'équation de la pompe est donnée comme suit :

$$H_p = aQ^2 + b$$

$$\text{Pour } \begin{cases} Q = 0 \text{ l/s, } H_p = 261 \text{ m.} \\ Q = 36,4 \text{ l/s, } H = 204 \text{ m.} \end{cases}$$

$$\text{D'où, } 204 = a \times 36,4^2 + 261, \text{ donc } a = -0,043$$

$$\text{Ce qui donne : } H_p = -0,043Q^2 + 261$$

La courbe iso-rendement coupe la caractéristique de la pompe au point  $P_3 (Q_3, H_3)$ . Les coordonnées du point  $P_3$  sont (35,5 l/s ; 206,7m) voir figure (IV.7)

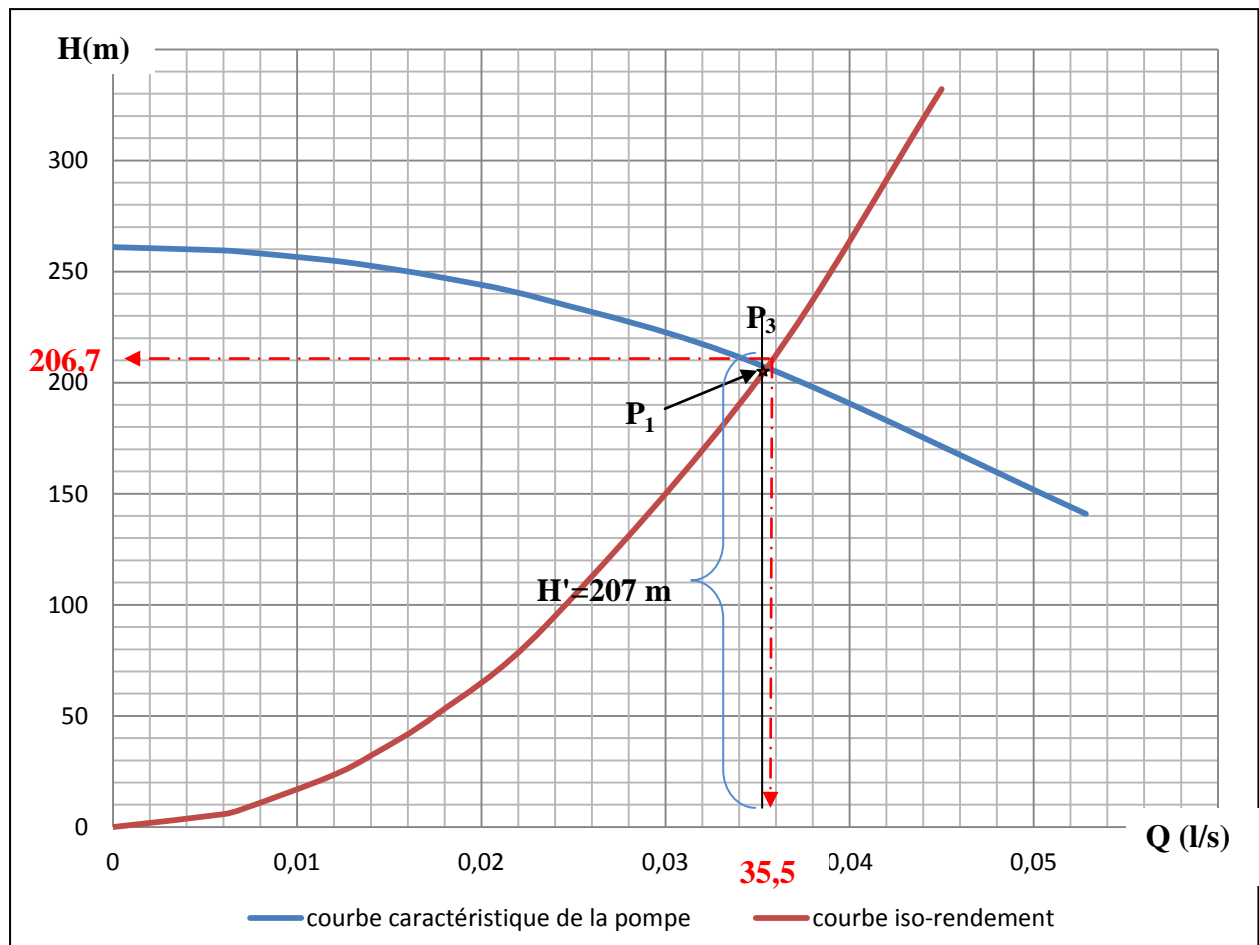


Figure (IV.7) : détermination du point homologue

$$\text{D'où : } N' = 1450 \times (35,22/35,5) = 1438,56 \text{ tr/min}$$

La puissance absorbée sera :

$$P_{a3} = \frac{g \times Q_1 \times H_1}{\eta}$$

$$\text{D'où : } P_{a2} = 93,72 \text{ KW}$$

On opte pour la troisième variante qui à la variation de la vitesse de rotation, qui présente une puissance minimale.



**C. Etude de la cavitation**

$NPSH_r = 1,86 \text{ m.}$

$NPSH_d = [10,33 - 0,0012 * CTP(RP)] + 8 - 0,238$

**D'où :  $NPSH_d = 17,77 \text{ m}$**

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

**IV.6.2.3. La pompe installée sur la station de reprise (R6)**

**Caractéristiques de la conduite :**

$Q = 31,7 \text{ l/s ; } L = 699,966 \text{ m ; } D = 200 \text{ mm ; } H_g = 114,02 \text{ m ; } H_{mt} = 118,38 \text{ m.}$

**Caractéristiques de la pompe :**

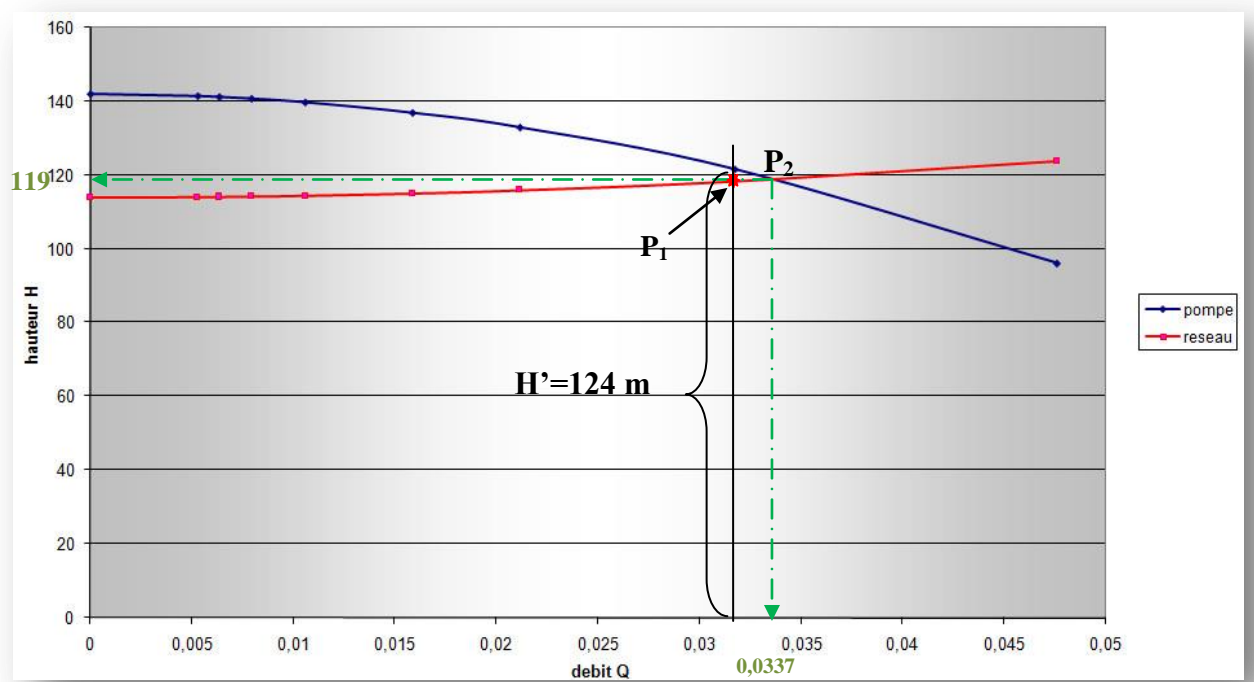
D'après le logiciel CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal

**PM 100/ 3 E** et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques (voir annexe (27))

**A. Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe**

- $N = 2900 \text{ tr/min.}$
- $\eta = 75\%.$
- $P = 52 \text{ KW.}$
- $NPSH_r = 3,66 \text{ m}$
- Le point de fonctionnement :  $P_2 (Q_2 = 33,7 \text{ l/s, } H_2 = 119 \text{ m}),$
- Le point désiré :  $P_1 (Q_1 = 31,7 \text{ l/s, } H_1 = 118,38 \text{ m}).$

On remarque que le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré, donc cette pompe nécessite des modifications (voir figure (IV.8))



**Figure (IV.8) : détermination du point de fonctionnement de la pompe installée à R6**

## B. Réalisation du point de fonctionnement

Les résultats de réalisation du point de fonctionnement on utilisant les trois variantes sont mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau(IV.4) : réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R6**

Variante	Réduire ou augmentation du temps de pompage	la régulation par étouffement (le vannage)	Variation de la vitesse de rotation
Temps de pompage (h)	<b>18,81</b>	20	20
Perte de charge h (m)	/	<b>5,62</b>	/
Equation de la courbe iso-rendement $H=f(Q)$	/	/	$H=0,118Q^2$
Equation de la pompe $H=f(Q)$	/	/	$H_p=-0,02Q^2+142$
Coordonnées du point Homologue	/	/	$P_3(32,08l/s ; 121,42m)$
Vitesse $N'$ (tr/min)	/	/	2865,65
Puissance absorbé (KW)	52,45	51,42	<b>49,08</b>

On opte pour la troisième variante qui consiste à la variation de la vitesse de rotation, qui présente une puissance minimale.

## C. Etude de la cavitation

$$NPSH_r = 6,01 \text{ m.}$$

$$NPSH_d = [10,33 - 0,0012 * CTP(R6)] + 4 - 0,238$$

$$\text{D'où : } NPSH_d = 13,55 \text{ m}$$

Alors,  $NPSH_d > NPSH_r$ , donc, la pompe ne Cavite pas.

### IV.6.2.4. La pompe installée sur la station de reprise (R7)

#### ✚ Caractéristiques de la conduite :

$$Q = 26,55 \text{ l/s ; } L = 1041,588 \text{ m ; } D = 200 \text{ mm ; } H_g = 180,81 \text{ m ; } H_{mt} = 185,42 \text{ m.}$$

#### ✚ Caractéristiques de la pompe :

D'après le logiciel CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal

**PM 80/ 4 A** et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques (voir annexe (28))

## A. Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe

- $N = 2900 \text{ tr/min.}$
  - $\eta = 75,5\%.$
  - $P = 62,4 \text{ KW.}$
  - $NPSH_r = 4,18 \text{ m}$
  - Le point de fonctionnement :  $P_2 (Q_2 = 26,55 \text{ l/s, } H_2 = 185,42 \text{ m}),$
  - Le point désiré :  $P_1 (Q_1 = 26,55 \text{ l/s, } H_1 = 185,42 \text{ m}).$
- On remarque que le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré, donc cette pompe ne nécessite pas des modifications.

**B. Etude de la cavitation**

$NPSH_r = 4,18 \text{ m.}$

$NPSH_d = [10,33 - 0,0012 * CTP(R7)] + 4 - 0,238$

**D'où :  $NPSH_d = 13,42 \text{ m}$**

D'où,  $NPSH_d > NPSH_r$ , donc, la pompe ne Cavite pas.

**IV.6.2.5. Les pompes installées sur la station de reprise (R8)**

**a. (R8) vers (R9)**

**✚ Caractéristiques de la conduite :**

$Q = 6,98 \text{ l/s ; } L = 891,399 \text{ m ; } D = 100 \text{ mm ; } H_g = 179,76 \text{ m ; } H_{mt} = 190,08 \text{ m.}$

**✚ Caractéristiques de la pompe :**

D'après le logiciel CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal

**HMU40-2/ 7B** et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques (voir annexe (29))

**A. Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe**

- $N = 2900 \text{ tr/min.}$
- $\eta = 70,9\%.$
- $P = 19,5 \text{ KW.}$
- $NPSH_r = 2,07 \text{ m}$
- Le point de fonctionnement :  $P_2 (Q_2 = 7,45 \text{ l/s, } H_2 = 191 \text{ m}),$
- Le point désiré :  $P_1 (Q_1 = 6,98 \text{ l/s, } H_1 = 190,08 \text{ m}).$

On remarque que le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré, donc cette pompe nécessite des modifications.

**B. Réalisation du point de fonctionnement**

Les résultats de la réalisation du point de fonctionnement sont donnés dans le tableau ci-après :

**Tableau(IV.5) : réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R8 vers R9**

Variante	Réduire ou augmentation du temps de pompage	la régulation par étouffement (le vannage)	Variation de la vitesse de rotation
Temps de pompage (h)	<b>18,74</b>	20	20
Perte de charge h (m)	/	<b>7,92</b>	/
Equation de la courbe iso-rendement $H=f(Q)$	/	/	<b><math>H = 3,9 \times Q^2</math></b>
Equation de la pompe $H=f(Q)$	/	/	<b><math>H_p = -0,649Q^2 + 227</math></b>
Coordonnées du point Homologue	/	/	$P_3 (7,06 \text{ l/s ; } 194,65 \text{ m})$
Vitesse $N'$ (tr/min)	/	/	<b>2867,14</b>
Puissance absorbé (KW)	19,69	19,12	<b>18,36</b>

On opte pour la troisième variante qui consiste à la variation de la vitesse de rotation, et qui présente une puissance minimale.

### C. Etude de la cavitation

$$\text{NPSH}_r = 2,07 \text{ m.}$$

$$\text{NPSH}_d = [10,33 - 0,0012 * \text{CTP}(\text{R8})] + 4 - 0,238$$

$$\text{D'où : NPSH}_d = 13,21 \text{ m}$$

Alors,  $\text{NPSH}_d > \text{NPSH}_r$ , donc, la pompe ne Cavite pas

#### b. (R8) vers (RT)

##### ✚ Caractéristiques de la conduite :

$$Q = 6,89 \text{ l/s} ; L = 331,836 \text{ m} ; D = 110 \text{ mm} ; H_g = 95,17 \text{ m} ; H_{mt} = 99,7 \text{ m.}$$

##### ✚ Caractéristiques de la pompe :

D'après le logiciel CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal

HMU40-2/ 4C et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques (voir annexe (30))

### A. Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe

- $N = 2900 \text{ tr/min.}$
- $\eta = 70,5\%.$
- $P = 10,4 \text{ KW.}$
- $\text{NPSH}_r = 2,06 \text{ m}$
- Le point de fonctionnement :  $P_2 (Q_2 = 7,41 \text{ l/s}, H_2 = 100 \text{ m}),$
- Le point désiré :  $P_1 (Q_1 = 6,89 \text{ l/s}, H_1 = 99,7 \text{ m}).$

On remarque que le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré, donc cette pompe nécessite des modifications

### B. Réalisation du point de fonctionnement

Les résultats de la réalisation du point de fonctionnement sont donnés dans le tableau ci-après :

**Tableau(IV.6) : réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R8 vers RT**

Variante	Réduire ou augmentation du temps de pompage	la régulation par étouffement (le vannage)	Variation de la vitesse de rotation
Temps de pompage (h)	<b>18,11</b>	20	20
Perte de charge h (m)	/	<b>5,3</b>	/
Equation de la courbe iso-rendement $H=f(Q)$	/	/	<b><math>H = 2,1 \times Q^2</math></b>
Equation de la pompe $H=f(Q)$	/	/	<b><math>H_p = -0,25Q^2 + 113,72</math></b>
Coordonnées du point Homologue	/	/	<b><math>P_3 (6,95 \text{ l/s} ; 101,41 \text{ m})</math></b>
Vitesse $N'$ (tr/min)	/	/	<b>2874,96</b>
Puissance absorbé (KW)	10,31	10,07	<b>9,56</b>

On opte pour la troisième variante qui consiste à la variation de la vitesse de rotation qui présente une puissance minimale.

### C. Etude de la cavitation

$$\text{NPSH}_r = 2,06 \text{ m.}$$

D'où,  $\text{NPSH}_d > \text{NPSH}_r$ , donc, la pompe ne Cavite pas

#### IV.6.2.6. La pompe installée sur la station de reprise (R9)

##### ✚ Caractéristiques de la conduite :

$$Q = 3,37 \text{ l/s} ; L = 596,644 \text{ m} ; D_{\text{ext}} = 90 \text{ mm} ; H_g = 139 \text{ m} ; H_{\text{mt}} = 144,91 \text{ m.}$$

##### ✚ Caractéristiques de la pompe :

D'après le logiciel CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal

**HMU40-1/ 6C** et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques (voir annexe (31))

#### A. Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe

- $N = 2900 \text{ tr/min}$
- $\eta = 63 \%$ .
- $P = 7,62 \text{ KW}$ .
- $\text{NPSH}_r = 2,37 \text{ m}$
- Le point de fonctionnement :  $P_2 (Q_2 = 3,37 \text{ l/s}, H_2 = 145 \text{ m})$ ,
- Le point désiré :  $P_1 (Q_1 = 3,37 \text{ l/s}, H_1 = 144,91 \text{ m})$ .

On remarque que le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré, donc cette pompe ne nécessite pas des modifications.

### B. Etude de la cavitation

$$\text{NPSH}_r = 2,37 \text{ m.}$$

D'où,  $\text{NPSH}_d > \text{NPSH}_r$ , donc, la pompe ne Cavite pas

#### IV.6.2.7. Les pompes installées sur la station de reprise (R11)

##### ✚ Caractéristiques de la conduite :

$$Q = 6,5 \text{ l/s} ; L = 641,749 \text{ m} ; D = 100 \text{ mm} ; H_g = 153,73 \text{ m} ; H_{\text{mt}} = 160,21 \text{ m.}$$

##### ✚ Caractéristiques de la pompe :

D'après le logiciel CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal

**HMU40-2/ 6C** et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques (voir annexe (32))

#### A. Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe

- $N = 2900 \text{ tr/min}$ .
- $\eta = 70,5\%$ .
- $P = 14,9 \text{ KW}$ .
- $\text{NPSH}_r = 1,99 \text{ m}$
- Le point de fonctionnement :  $P_2 (Q_2 = 6,6 \text{ l/s}, H_2 = 160 \text{ m})$ ,
- Le point désiré :  $P_1 (Q_1 = 6,5 \text{ l/s}, H_1 = 160,21 \text{ m})$ .

On remarque que le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré, donc cette pompe ne nécessite pas des modifications.

**B. Etude de la cavitation**

$NPSH_r = 1,99 \text{ m.}$

$NPSH_d = [10,33 - 0,0012 * CTP(R11)] + 4 - 0,238$

**D'où :  $NPSH_d = 13,28 \text{ m}$**

Alors,  $NPSH_d > NPSH_r$ , donc, la pompe ne Cavite pas.

**IV.6.2.8. Les pompes installées sur la station de reprise (R12)**

**✚ Caractéristiques de la conduite :**

$Q = 5,6 \text{ l/s ; } L = 429,545 \text{ m ; } D = 110 \text{ mm ; } H_g = 129,5 \text{ m ; } H_{mt} = 133,528 \text{ m.}$

**✚ Caractéristiques de la pompe :**

D'après le logiciel CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal

**HMU40-2/ 5B** et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques (voir annexe (33))

**A. Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe**

- $N = 2900 \text{ tr/min.}$
- $\eta = 70,9\%.$
- $P = 13,9 \text{ KW}$
- $NPSH_r = 2,07 \text{ m}$
- Le point de fonctionnement :  $P_2 (Q_2 = 7,46 \text{ l/s, } H_2 = 137 \text{ m}),$
- Le point désiré :  $P_1 (Q_1 = 5,6 \text{ l/s, } H_1 = 133,528 \text{ m}).$

On remarque que le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré, donc cette pompe nécessite des modifications.

**B. Réalisation du point de fonctionnement**

Les résultats de la réalisation du point de fonctionnement sont donnés dans le tableau ci-après :

**Tableau(IV.7) : réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R12**

Variante	Réduire ou augmentation du temps de pompage	la régulation par étouffement (le vannage)	Variation de la vitesse de rotation
Temps de pompage (h)	<b>15</b>	20	20
Perte de charge h (m)	/	<b>19,47</b>	/
Equation de la courbe iso-rendement $H=f(Q)$	/	/	<b><math>H = 4,258 \times Q^2</math></b>
Equation de la pompe $H=f(Q)$	/	/	<b><math>H_p = -0,45Q^2 + 162</math></b>
Coordonnée du point Homologue	/	/	$P_3 (5,87 \text{ l/s ; } 146,5 \text{ m})$
Vitesse $N'$ (tr/min)	/	/	<b>2766,61</b>
Puissance absorbé (KW)	<b>14,14</b>	<b>11,86</b>	<b>10,35</b>

On opte pour la troisième variante qui consiste à la variation de la vitesse de rotation qui présente la puissance minimale.

### C. Etude de la cavitation

$$\text{NPSH}_r = 2,07 \text{ m.}$$

$$\text{NPSH}_d = [10,33 - 0,0012 * \text{CTP}(\text{R12})] + 4 - 0,238$$

$$\text{D'où : NPSH}_d = 13,1 \text{ m}$$

Alors,  $\text{NPSH}_d > \text{NPSH}_r$ , donc, la pompe ne Cavite pas.

#### IV.6.2.9. Les pompes installées sur la station de reprise (R13)

##### ✚ Caractéristiques de la conduite :

$$Q = 3,9 \text{ l/s ; } L = 512,863 \text{ m ; } D = 100 \text{ mm ; } H_g = 130,45 \text{ m ; } H_{mt} = 137,06 \text{ m.}$$

##### ✚ Caractéristiques de la pompe :

D'après le logiciel CAPRARI, on opte pour une pompe multicellulaire à axe horizontal

**HMU40-2/ 6E** et une autre de secours qui ont les caractéristiques identiques (voir annexe (34))

### A. Données techniques et Caractéristiques du groupe électro pompe

- $N = 2900 \text{ tr/min.}$
- $\eta = 66,6\%.$
- $P = 10,5 \text{ KW.}$
- $\text{NPSH}_r = 1,98 \text{ m}$
- Le point de fonctionnement :  $P_2 (Q_2 = 5,05 \text{ l/s, } H_2 = 142 \text{ m}),$
- Le point désiré :  $P_1 (Q_1 = 3,9 \text{ l/s, } H_1 = 137,06 \text{ m}).$

On remarque que le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré, donc cette pompe nécessite des modifications. (Voir figure (IV.9))

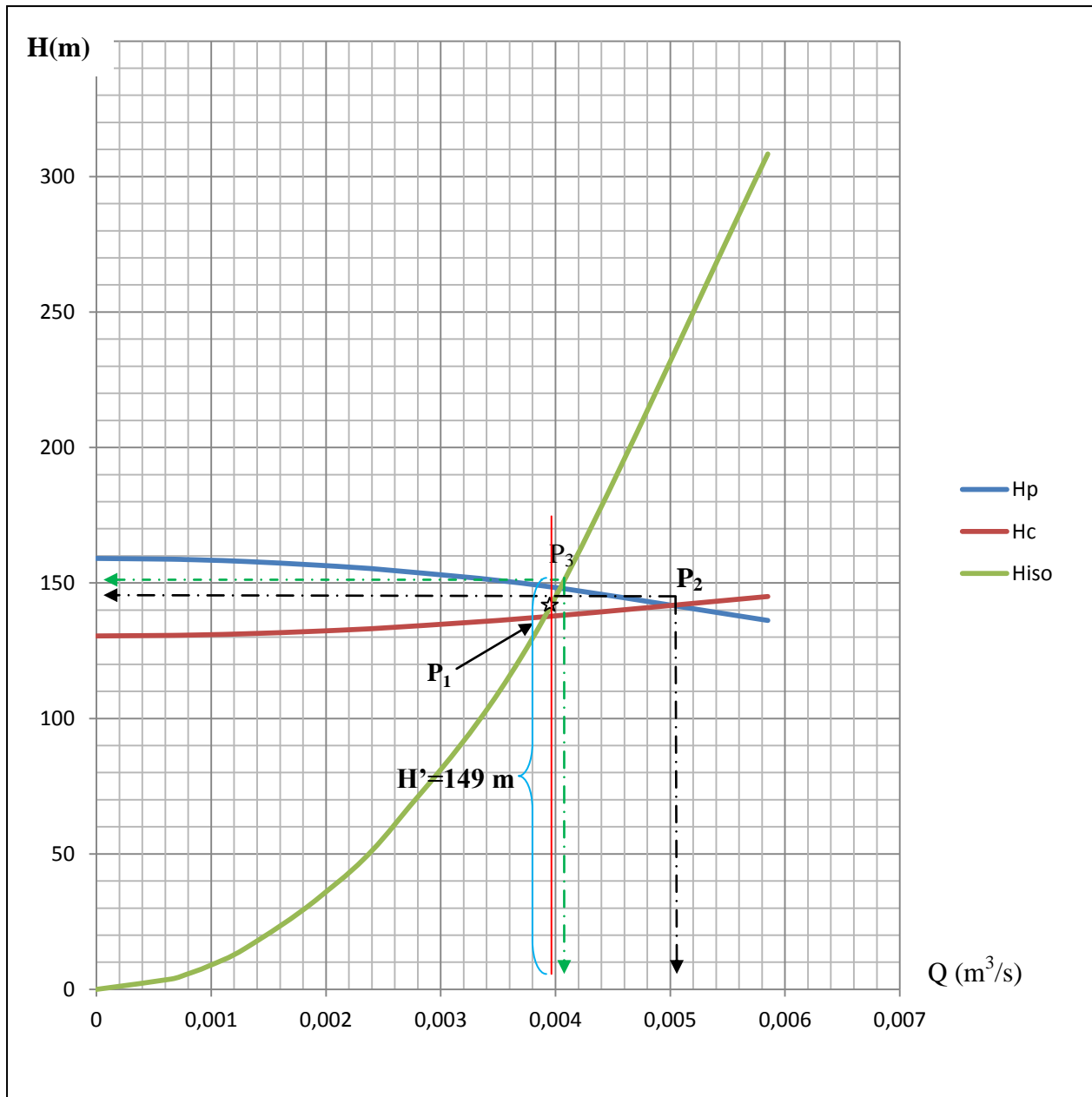


Figure (IV.9) : détermination du point de fonctionnement et point homologue.

### B. Réalisation du point de fonctionnement

Les résultats de calcul de réalisation du point de fonctionnement sont motionnés dans le tableau suivant :



**Tableau(IV.8) : réalisations du point fonctionnement pour la pompe installée à R13**

Variante	Réduire ou augmentation du temps de pompage	la régulation par étouffement (le vannage)	Variation de la vitesse de rotation
Temps de pompage (h)	<b>15,46</b>	20	20
Perte de charge h (m)	/	<b>11,94</b>	/
Equation de la courbe iso-rendement $H=f(Q)$	/	/	<b><math>H=9,01 \times Q^2</math></b>
Equation de la pompe $H=f(Q)$	/	/	<b><math>H_p = -0,44Q^2 + 153,22</math></b>
Coordonnées du point Homologue	/	/	$P_3 (4,03 \text{ l/s} ; 146,33 \text{ m})$
Vitesse $N'$ (tr/min)	/	/	<b>2806,45</b>
Puissance absorbé (KW)	<b>10,56</b>	<b>8,56</b>	<b>7,87</b>

On opte pour la troisième variante qui consiste à la variation de la vitesse de rotation qui présente la puissance minimale.

### C. Etude de la cavitation

$$NPSH_r = 1,98 \text{ m.}$$

$$NPSH_d = [10,33 - 0,0012 * CTP(R13)] + 4 - 0,238$$

$$\text{D'où : } NPSH_d = 12,95 \text{ m}$$

Alors,  $NPSH_d > NPSH_r$ , donc, la pompe ne Cavite pas.

## IV.7. Conclusion

Dans ce chapitre, on a utilisé des pompes centrifuges multicellulaires à axe horizontal. Le choix d'une pompe doit être fait en accord avec les caractéristiques hydraulique de l'installation envisagée, on a remarqué que ce n'est pas le cas pour certaines pompes, d'où on a opté pour quelques modifications.

L'analyse des différentes variantes conduit à prendre en considération la variante qui donne la puissance absorbée la plus petite de toutes les variantes étudiées et la solution la plus économique.

# ***CHAPITRE V***

## ***Protection contre le coup de bélier***

## V.1. Introduction

Le coup de bélier est un phénomène transitoire provoqué par la mise en marche ou l'arrêt d'une pompe, fermeture ou ouverture brusque d'une vanne. Il provoque une propagation d'onde et une oscillation en masse de l'eau à l'intérieur de la conduite. Il est à l'origine de variation importante de la pression qui peut être supérieure à la pression nominale de la conduite, soit inférieure à la pression atmosphérique. C'est un désordre qu'on ne peut pas supprimer mais qu'il faut contrôler afin qu'il reste dans les limites de prise en charge par l'installation.

## V.2. Causes du phénomène

Les causes les plus fréquentes provoquant le phénomène sont [7] :

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

## V.3. Moyens de protection contre le régime transitoire

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

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

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

Les dispositifs les plus utilisés sont :

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

## V.4. Etude du coup de bélier

L'étude consiste à calculer les surpressions et les dépressions dans les différents tronçons des conduites de refoulement, et vérifier que ces valeurs ne dépassent pas la valeur de la pression de service. [7]

### La valeur du coup de bélier

La célérité des ondes est donnée par la formule d'ALLIEVI ci-dessous :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \frac{K \times D}{e}}} \quad (\text{V.1})$$

Avec :

- K : Coefficient dépendant de la nature de la conduite ;
- D : Diamètre intérieur de la conduite (mm) ;
- e : Epaisseur de la conduite (mm).

Où :

- K = 83 pour le PEHD et 0,6 pour fonteductile.

#### ➤ 1<sup>er</sup> Cas : Fermeture brusque

La fermeture brusque est caractérisée par un temps T, tel que :  $T < \frac{2 \times L}{a}$ .

La valeur maximale du coup de bélier est :

$$B = \frac{a \times V_0}{g} \quad (\text{V.2})$$

Avec :

- B : La valeur du coup de bélier (m) ;
- a : La célérité de l'onde (m/s) ;
- V<sub>0</sub> : Vitesse d'écoulement en régime permanent initiale (m/s) ;
- g : Accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>) ;

#### ◆ La valeur maximale de la pression-surpression est :

$$H_s = Z_0 + B \quad (\text{V.3})$$

#### ◆ La valeur maximale de la pression-dépression est :

$$H_d = Z_0 - B \quad (\text{V.4})$$

Où :

- $Z_0$ : La pression absolue au point le plus haut de la conduite, telle que :

$$Z_0 = H_g + 10 \quad (V.5)$$

Avec :

- $H_g$  : Hauteur géométrique de refoulement ;
- 10 : Pression atmosphérique ;
- $Z_0$  : Pression absolue de la conduite.

➤ *2<sup>ème</sup> Cas : Fermeture lente*

La fermeture lente est caractérisée par un temps T tel que :  $T > \frac{2 \times L}{a}$ .

La valeur maximale du coup de bélier sera calculée par la formule de MICHAUD :

$$B = \frac{2 \times L \times V_0}{g \times T} \quad (V.6)$$

#### V.4.1. Calcul des valeurs du coup de bélier pour les différents tronçons

Les valeurs numériques du coup de bélier pour chaque tronçon sont représentées dans le tableau suivant :

*Tableau (V.1) : Calcul de la valeur maximale du coup de bélier*

Tronçon	Caractéristiques des conduites de refoulement									
	D (mm)	e (mm)	$V_0$ (m/s)	$H_g$ (mm)	$Z_0$ (m)	a (m/s)	B (m)	$H_s$ (m)	Hd (m)	PNS (bars)
R2-R3	125	4,8	1,03	159,07	169,07	1238,23	130,01	299,08	39,06	40
R3-R4	125	4,8	0,81	168,98	178,98	1238,23	102,24	281,22	76,74	40
R4-R5	73,6	8,2	0,954	87,78	97,78	351,50	34,18	131,96	63,60	16
RP-R6	200	5,4	1,122	193,96	203,96	1178,89	134,83	338,79	69,13	40
R6-R7	200	5,4	1,01	114,02	124,02	1178,89	121,37	245,39	2,65	40
R7-R8	200	5,4	0,846	180,81	190,81	1178,89	101,67	292,48	89,14	40
R8-R9	100	4,8	0,889	179,76	189,76	1269,65	115,06	304,82	74,70	40
R8-RT	90	10	1,08	95,17	105,17	351,05	38,65	143,82	66,52	16
R9-R10	73,6	8,2	0,793	139	149	351,50	28,41	177,41	120,59	16
R11-R12	100	4,8	0,828	153,73	163,73	1269,65	107,16	270,89	56,57	40
R12-R13	90	10	0,881	129,5	139,5	351,05	31,53	171,03	107,97	16
R13-R14	73,6	8,2	0,917	130,45	140,45	351,50	32,86	173,31	107,59	16
PK - RP	450	7,8	1,054	52,13	62,13	1087,22	116,81	178,94	-54,68	40
RP-SR1	150	5	1,4	14,59	24,59	1215,85	173,52	198,11	-148,93	40
RT- R11	69,8	10,1	1,8	153,21	163,21	396,98	72,84	236,05	90,37	20

**Conclusion :**

D'après le tableau (V.1), on remarque que le long de la chaîne de refoulement, il existe des surpressions aux tronçons (R9-R10), (R12-R13) et (R13-R14) Par conséquent, on optera pour la protection au moyen des réservoirs d'air placés après la station de reprise. Et pour les trois conduites gravitaires (PK-RP), (RP-SR1) et (RT-R11) nous utiliserons les vannes à fermetures lentes.

**V.4.2. Calcul des valeurs du coup de bélier pour le cas de la bifurcation**

Comme on le constate, on a un cas assez complexe dans le réseau étudiée, et qui correspond à une bifurcation sur un refoulement. Cette bifurcation se situe après la station de reprise (SR1), plus exactement au point A (Annexe (18)) Ainsi, à partir de la SR1, on a trois (03) tronçons qui sont (SR1-A), (A-R1) et (A-R2).

D'où, la valeur numérique du coup de bélier pour le tronçon principal SR1-A est donnée dans le tableau (V.2) ci-dessous :

**Tableau (V.2) : Valeur numérique du tronçon principal de la bifurcation SR1-A**

Tronçons	Caractéristiques des conduites										
	D (mm)	e (mm)	d (mm)	V <sub>0</sub> (m/s)	Hg (mm)	Z <sub>0</sub> (m)	a (m/s)	B (m)	Hs (m)	Hd (m)	PNS (bars)
SR-A	250	27,9	194,2	0,835	87,66	97,66	395,675	33,679	<b>131,339</b>	<b>63,981</b>	20
A-R1	63	7,1	48,8	1,13	77,92	87,92	397,986	45,843	<b>133,763</b>	<b>42,077</b>	16
A-R2	200	22,4	155,2	1,2	105,27	115,27	396,517	48,504	<b>163,774</b>	<b>66,766</b>	20

**Conclusion :**

Après les calculs effectués pour ce cas, on conclut qu'il ne nécessite pas une protection anti-bélier.

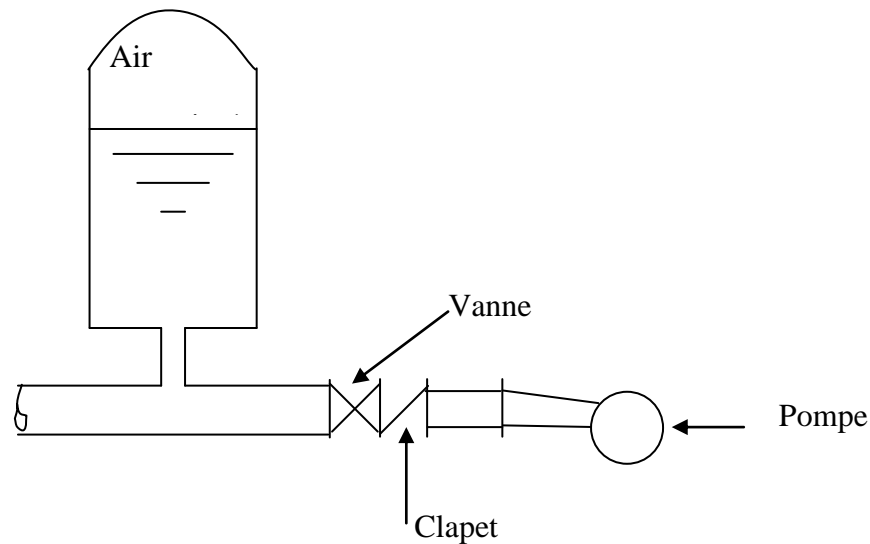
**V.4.3. Méthode de calcul d'un réservoir d'air**

Le calcul d'un réservoir d'air est basé sur la méthode graphique de Bergeron, qui a pour but, la détermination de la surpression et de la dépression maximale dans la conduite.

**V.4.3.1. Principe de fonctionnement**

C'est un réservoir cylindrique fermé contenant de l'air comprimé dans sa partie supérieure et dans la partie inférieure un certain volume d'eau, couramment appelé réservoir d'air ou réservoir hydropneumatique (Figure (V.5)). Ce sont des réservoirs dans lesquels le volume d'eau est équilibré par la pression de fonctionnement en régime permanent. [5]

Cette réserve d'eau permet de réduire les dépressions en fournissant une quantité d'eau demandée par la dépression sous forme d'un débit contrôlé par un orifice, une tuyère ou un clapet à battant percé.



**Figure (V.1) :** Principe de la disposition d'un réservoir d'air (anti-bélier)

Ce réservoir permet l'alimentation continue de la veine liquide après disjonction du groupe. Le volume d'air contribue à l'équilibre de la pression dans la conduite au point de raccordement. La conduite reliée au réservoir d'air est munie d'une tuyère qui permet l'amortissement du coup de bélier.

Il est en effet essentiel d'introduire dans le système un amortissement, les oscillations dureraient sur une longue période. L'expérience a démontré qu'il est préférable d'avoir une plus grande perte de charge au retour qu'à l'aller, dans le sens du réservoir vers la conduite.

#### **V.4.3.2. Principe de calcul**

C'est par l'épure de Bergeron que seront déterminées les valeurs de la dépression et de la surpression maximales dans la conduite après s'être fixées, au préalable, les caractéristiques du réservoir d'air (volume  $U_0$  d'air en régime normal) et de son dispositif d'étranglement [5].

Le premier essai conduira peut être à des valeurs inadmissibles pour la dépression ou pour la surpression, ou pour les deux à la fois. Les calculs seront alors recommencés à partir de nouvelles caractéristiques du réservoir, ou de l'étranglement, ou des deux. Cette méthode nécessitera donc quelques tâtonnements ; mais en fait, ils resteront très limités et la précision sera bonne.

Le principe est le suivant, une fois fixées à priori les dimensions du réservoir d'air et celles de l'étranglement :

- Il sera fait application du diagramme de Bergeron où l'on aura toutefois gradué les abscisses selon les vitesses de l'eau dans la conduite au lieu de prendre les débits comme il est pratiqué ordinairement. Comme la conduite est supposée présenter un diamètre uniforme, ce n'est là qu'un changement d'appellation.

- Les régimes seront considérés à rythmes entiers où  $\Delta t = \frac{2 \times L}{a}$ , en prenant  $\frac{L}{a}$  comme unité de temps.

**V.4.3.3. Principe de construction de l'épure de Bergeron**

Dans notre cas le dispositif utilisé pour l'étranglement est la tuyère, et le volume d'air est fixé  $U_0$ . Sur le diagramme  $H = f(V)$ , le point 1R est donné par l'intersection de la vitesse de  $V_{f0}$  en régime normal et de l'horizontale passant par la valeur de  $Z_0$  (Figure (V.6)), telle que :

$$Z_0 = H_g + 10 \tag{V.7}$$

Où :

- $H_g$  : Hauteur géométrique ;
- $Z_0$  : Pression absolue ;

De ce point 1R, on trace la droite  $(a/g)$  et  $(-a/g)$  en tenant compte des échelles horizontales et verticales.

Le point 2P sera déterminé en fixant une vitesse  $V_{f1}$  de telle sorte, qu'après les calculs on trouve une pression  $Z$ .

L'intersection de  $Z$  et  $V_{f1}$  doit couper la droite  $(a/g)$  en un point, sinon on refait le calcul pour une autre vitesse et ainsi de suite.

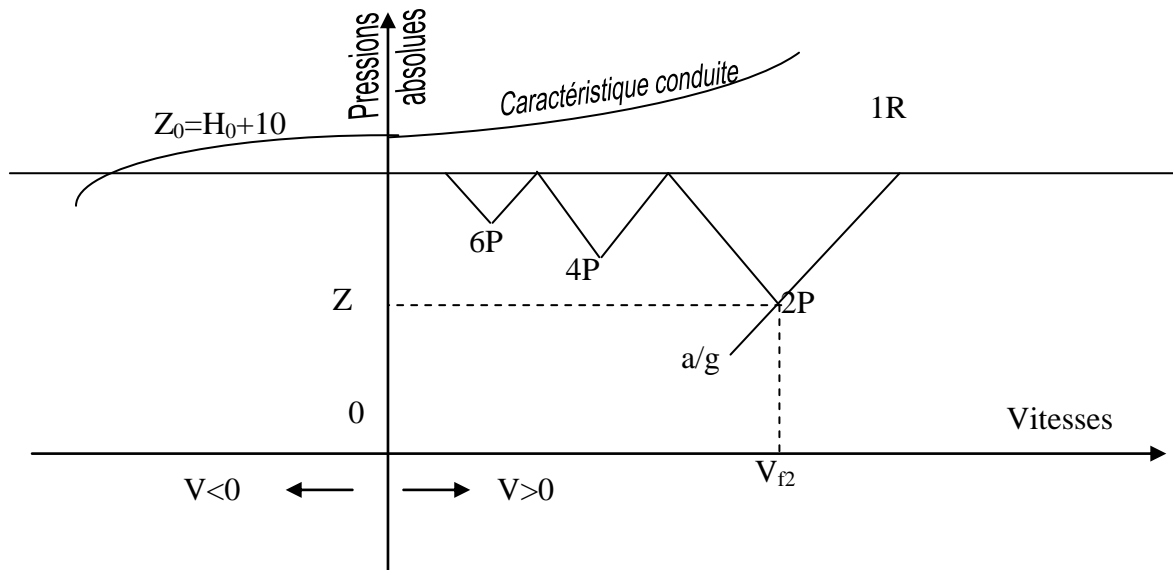


Figure (V.2) : Principe de la construction de l'épure de Bergeron

**Principe de calcul du réservoir d'air**

1. Les temps se suivent selon les valeurs de  $T = \frac{2 \times L}{a}$
2. L'augmentation ou la diminution ( $\Delta U$ ) de ce volume est due, à l'eau que le réservoir écoule vers la conduite, au cours du régime transitoire, avec :



$$\Delta U = S \times V_m \times T \quad (\text{V.8})$$

Où :

- S : Section de la conduite ;
- T: Temps mis par une onde, pour faire un aller-retour dans la conduite ;
- $V_m$ : Moyenne arithmétique de la vitesse finale de l'intervalle précédent et la nouvelle vitesse choisie.

3. Le volume d'air U du réservoir sera égal à la fin du premier intervalle T, au volume d'air choisi arbitrairement  $U_0$  au départ, augmenté ou diminué de la quantité trouvée à la colonne précédente  $\Delta U$ .

4. La pression dans le réservoir d'air est donnée par la loi de poisson :

$$(Z_0 + \delta_0) \times U_0^{1.4} = Z \times U^{1.4} \quad (\text{V.9})$$

Où :

- $\delta_0$  : Perte de charge dans la conduite en régime de fonctionnement normal ;
- $Z_0$  : Pression absolue ;
- $U_0$  : Volume d'air initial ;
- U : Volume nouveau de l'air ;
- Z : Pression dans le réservoir d'air ;

5. La vitesse dans la tubulure

❖ *Cas de la montée de l'eau :*

A la montée de l'eau. On a un coefficient de débit de 0,92

$$V_1/V_f = D^2/d^2 = K \quad (\text{V.10})$$

Où :

- $V_1$  = Vitesse dans la tuyère ;
- $V_f$  = Vitesse finale choisie ;
- D : Diamètre de la conduite ;
- d' : Diamètre de la veine contractée.

Avec :

$$d' = 0,92 d \quad (\text{V.11})$$

- d : Sera choisi de manière à avoir le rapport :

$$V_1/V_f = K \text{ compris entre 15 et 20} \quad (\text{V.12})$$

❖ *Cas de la descente de l'eau :*

La tuyère agit comme un ajutage BORDA avec un coefficient de 0,5 à la descente de l'eau.

$$V_2/V_f = 2 \times (D/d)^2 \quad (\text{V.13})$$

Où :

- $V_2$  : Vitesse de l'eau dans la tuyère ;
- $V_f$  : Vitesse de l'eau dans la conduite ;

#### 6. Calcul des pertes de charge

- *Cas de la montée de l'eau :*

$$\Delta h_1 = C \times (V^2/2g) \quad (\text{V.14})$$

Avec :

$$C = f(m)$$

$$m = (0,92 \times d)^2 / D^2 \quad (\text{V.15})$$

La valeur de C est lue sur l'abaque (Annexe(34)).

- *Cas de la descente de l'eau :*

$$\Delta h_2 = C' \times (V^2/2g) \quad (\text{V.16})$$

Avec :

$$C' = f(m)$$

$$m = 1/2 \times (d/D)^2 \quad (\text{V.17})$$

La valeur de «C'» est lue sur l'abaque (Annexe(34)).

La Perte de charge  $\delta$  est donnée par la formule de COLEBROOCK :

$$\delta = 1,1 \frac{\lambda \times L \times V_f^2}{D \times 2 \times g} \quad (\text{V.18})$$

La pression dans la conduite sans pertes de charge:

$$\text{➤ Cas de la montée : } Z - \Delta h_1 - \delta \quad (\text{V.19})$$

$$\text{➤ Cas de la descente : } Z + \Delta h_2 + \delta \quad (\text{V.20})$$

#### V.4.4. Application du calcul pour les différents tronçons

##### V.4.4.1. Tronçon R9-R10

On a:

$$\phi = 90 \text{ mm}; D_{\text{int}} = 73,6 \text{ mm}; e = 8,2 \text{ mm}; L = 596,644 \text{ m}; H_g = 139 \text{ m}; H_t = 5,91 \text{ m}; K = 83.$$

On dispose d'une tuyère de diamètre **d=25 mm** qui est incorporée dans une tubulure d'un diamètre **D=50 mm**.

Les caractéristiques de la tuyère sont :

- a) *Montée de l'eau :*

$$\text{On a: } K = \frac{V_1}{V_f} = \frac{\phi^2}{d^2} = \frac{\phi^2}{(0,92 \times d)^2} = \frac{(0,09)^2}{(0,92 \times 0,025)^2} = 15,31$$

Donc,  $K=15,31$  Comprise entre 15 et 20, d'où la condition pour  $K$  est vérifiée.

Par ailleurs :

$$m = \frac{d'^2}{D^2} = \frac{(0,92 \times d)^2}{D^2} = \frac{(0,92 \times 0,025)^2}{(0,05)^2} = 0,2116$$

A partir de l'abaque (Annexe (35)), on déterminera la valeur du coefficient de perte de charge "c" dans la tuyère. Ce qui nous donne  $c = 0,63$ .

D'où la perte de charge correspond au cas de la montée de l'eau est :

$$\Delta h_1 = c \times \frac{V_1^2}{2 \times g} \Rightarrow \Delta h_1 = 0,63 \frac{V_1^2}{2g}$$

### b) Descente de l'eau :

On a :

$$\frac{V_2}{V_f} = K' = \frac{2\phi^2}{d^2} = \frac{2(0,09)^2}{(0,025)^2} = 25,92$$

Donc,  $V_2 = K' V_f = 25,92 \times V_f$

Par ailleurs :

$$m' = \frac{1}{2} \times \frac{d^2}{D^2} = \frac{1}{2} \times \frac{(0,025)^2}{(0,05)^2} = 0,125 \Rightarrow m' = 0,125$$

A partir de l'abaque (Annexe (35)), on aura la valeur du coefficient de perte de charge  $c' = 0,77$ .

D'où, la perte de charge correspondant au cas de la descente de l'eau est :

$$\Delta h_2 = c' \times \frac{V_2^2}{2 \times g} \Rightarrow \Delta h_2 = 0,77 \frac{V_2^2}{2g}$$

### c) Variation du volume d'air :

Elle est donnée par :

$$\Delta U = S \cdot \theta \cdot V_m \quad (\text{V.21})$$

Avec :

$S$  : section de la conduite ( $\text{m}^2$ ) ;

$\theta$  : temps d'un aller-retour de l'onde (s).

$$\theta = \frac{2L}{a} = \frac{2 \times 596,644}{351,5} = 3,395 \text{ s.}$$

$$\Delta U = 0,0144 \times V_m \quad (\text{V.22})$$

Où :

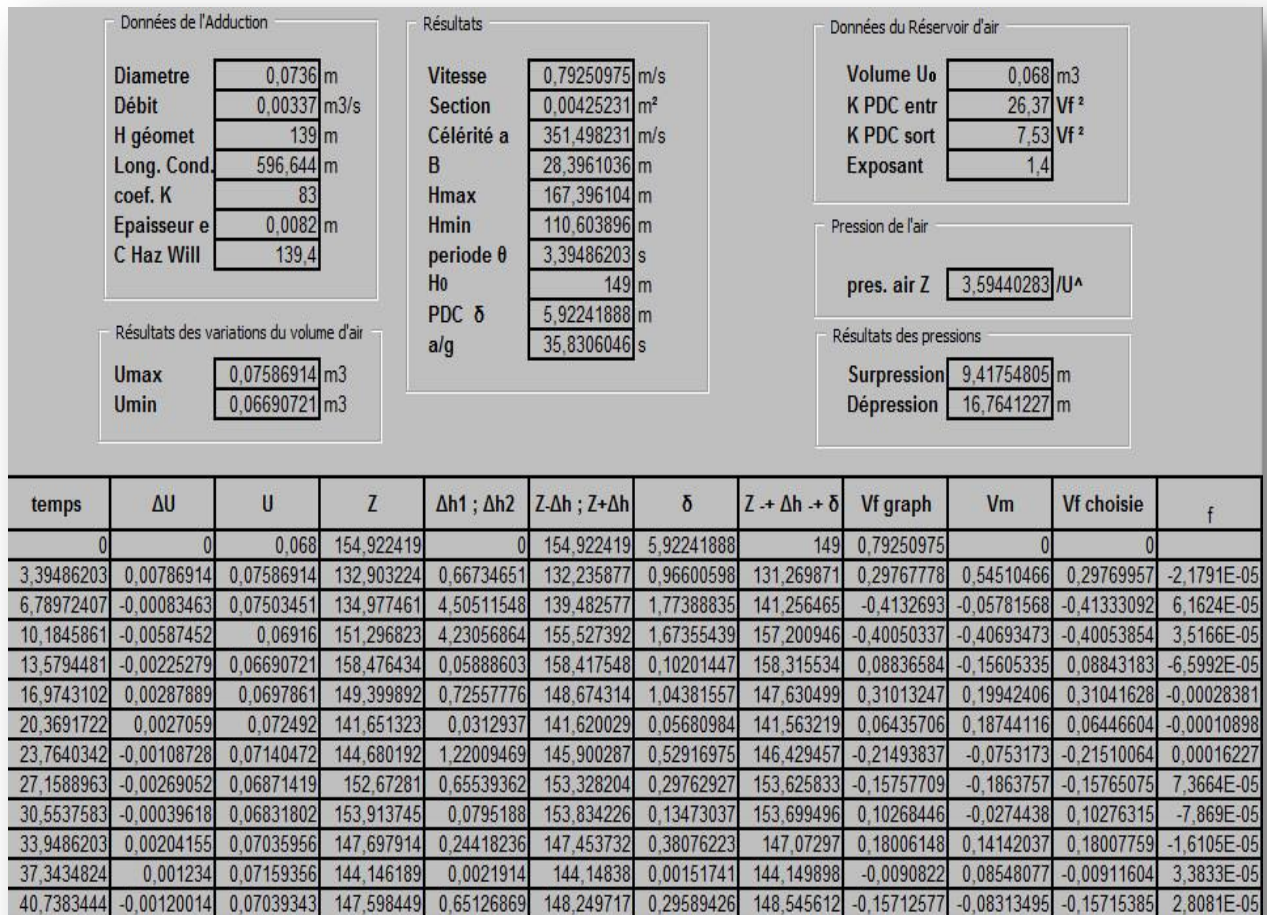
- $\Delta U$  : variation du volume d'air ( $m^3$ ) ;
- $V_m$  : Vitesse moyenne dans un intervalle donné (m/s).

$$V_m = \frac{V_0 + V_f}{2} \tag{V.23}$$

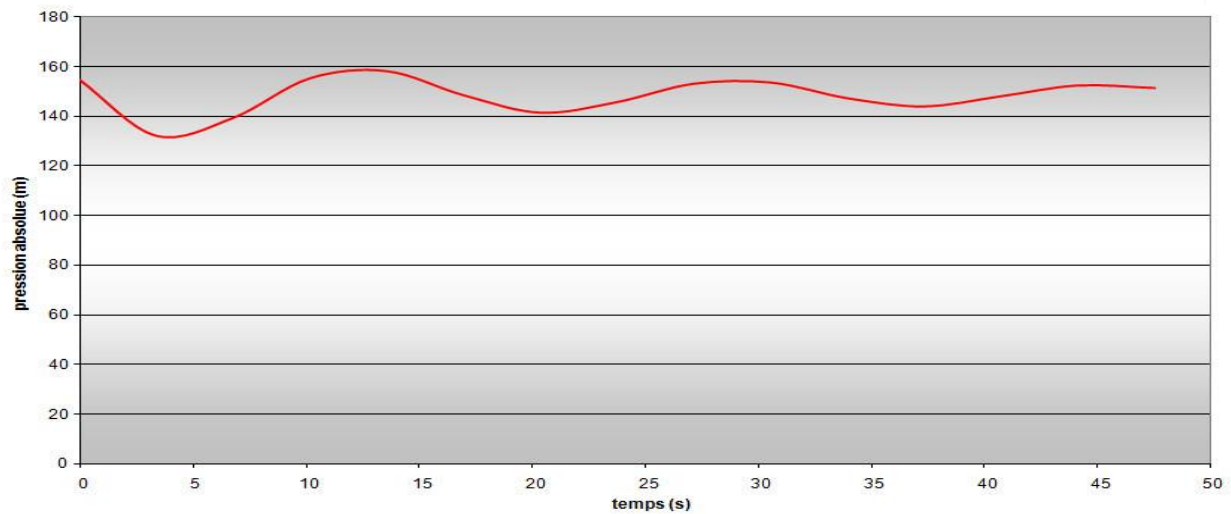
**d) Résultats de calcul du réservoir d'air :**

Les résultats du calcul du réservoir d'air pour le tronçon R9-R10 en utilisant la méthode de BERGERON, sont donnés dans la figure (V.3) ci-dessous. L'épure de BERGERON est illustrée par la figure (V.5)

**Figure (V.3) : Calcul du réservoir d'air du tronçon R9-R10**

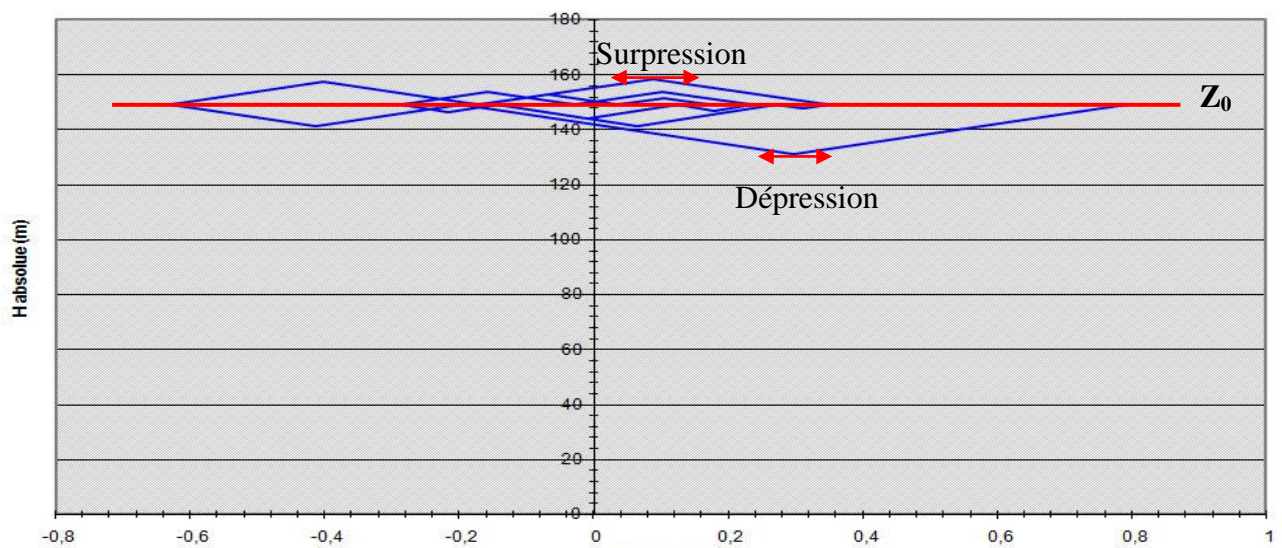


L'explication graphique est figurée sur la Coubre (Figure (V.4), qui montre d'une façon claire la dissipation progressive du front d'onde tout en protégeant la conduite.



**Figure (V.4) :** variation de la pression absolue en fonction du temps pour le tronçon R9-R10

Sur le diagramme  $H=f(V)$ , on mène une horizontale  $Z_0 = 149$  m correspondant au régime normal et sur laquelle on fixe la vitesse initiale (Figure (V.5)).



**Figure (V.5) :** Epure de BERGERON pour le tronçon R9-R10

#### ❖ Interprétation des résultats

D'après la figure (V.3) et l'épure caractéristique du tronçon (Figure (V.5)), on déduit que :

- ◆ Pendant la phase de dépression, on a enregistré une dépression maximale de **16,76 m**. Le volume d'air à la fin de cette dépression est de **0,076 m<sup>3</sup>**.
- ◆ Pendant la phase de surpression, on a enregistré une surpression maximale de **9,42 m**. Le volume d'air à la fin de cette surpression est de **0,067 m<sup>3</sup>**.

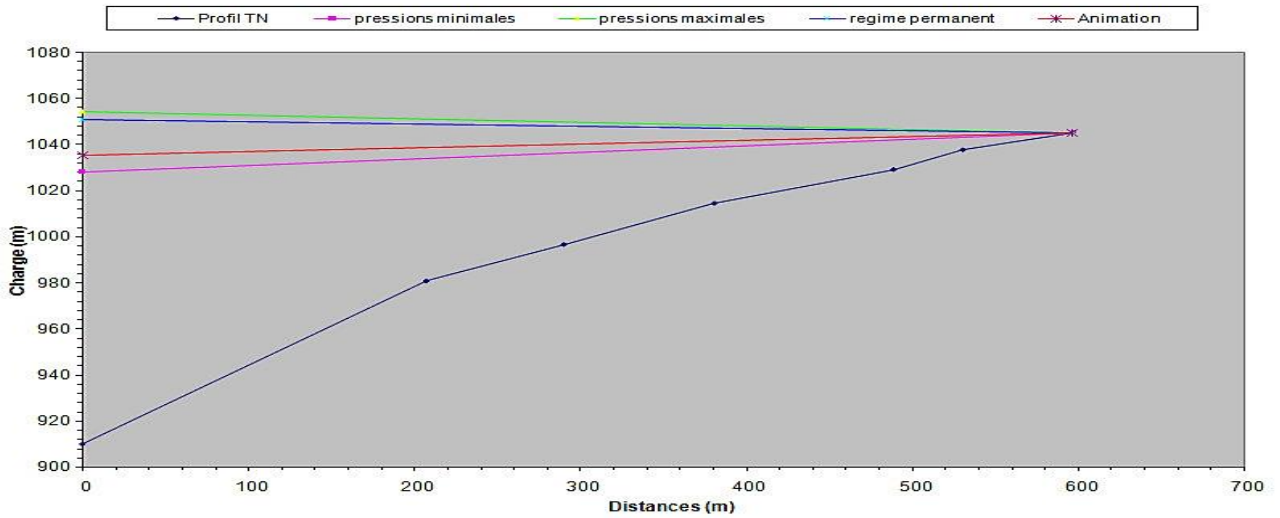


Figure (V.6) : Enveloppe des pressions en régime permanent et transitoire pour tronçon R9-10

• Dimensionnement du réservoir d'air

A partir de la figure (V.7), on a le volume maximal d'air de l'ordre 0,076 m<sup>3</sup>, par conséquent, il est possible à présent de calculer le volume total du réservoir anti bélier pour le tronçon(R9-R10), tel que :

$$V_t = 1,4 \times U_{\max} \tag{V.24}$$

D'où :  $V_t = 0,1064 \text{ m}^3$

On optera alors pour un réservoir de **120 l**.

V.4.4.2. Tronçon R12-R13

On a :

- $\Phi = 110 \text{ mm}$
- $D_{\text{int}} = 90 \text{ mm}$ .
- $e = 10 \text{ mm}$ .
- $L = 429,545 \text{ m}$ .
- $H_g = 129,5 \text{ m}$ .
- $H_t = 4,028 \text{ m}$
- $K = 83$ .

On dispose d'une tuyère de diamètre **d=30mm** qui est incorporée dans une tubulure d'un diamètre **D=63mm**.

Les caractéristiques de la tuyère sont :

a) Montée de l'eau :

La perte de charge est :

$$\Delta h_1 = c \times \frac{V_1^2}{2 \times g} \Rightarrow \Delta h_1 = 0,65 \frac{V_1^2}{2g}$$

**b) Descente de l'eau :**

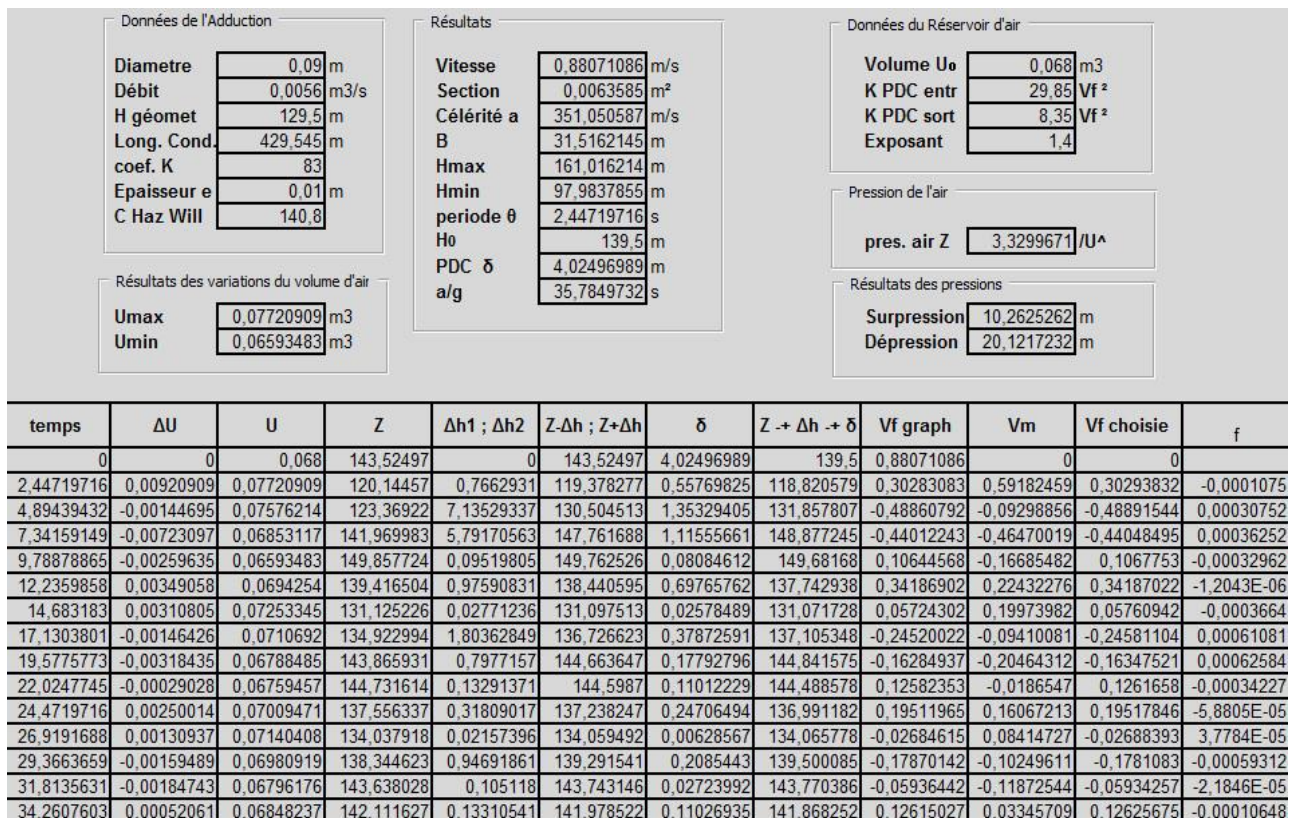
Laperte de charge est :

$$\Delta h_2 = c' \times \frac{V_2^2}{2 \times g} \Rightarrow \Delta h_2 = 0,81 \frac{V_2^2}{2g}$$

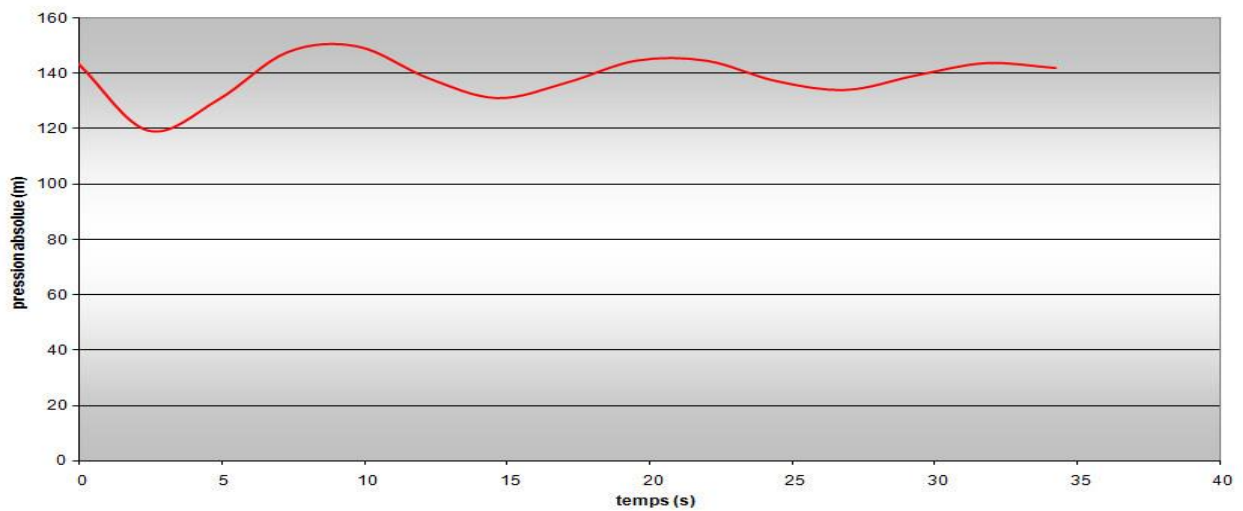
**c) Résultats de calcul du réservoir d'air :**

Les résultats du calcul du réservoir d'air pour le tronçon R12-R13 en utilisant la méthode de BERGERON, sont donnés dans la figure (V.7) ci-dessous. L'épure de BERGERON est illustrée par la figure (V.9).

**Figure (V.7) : Calcul du réservoir d'air du tronçon R12-R13**

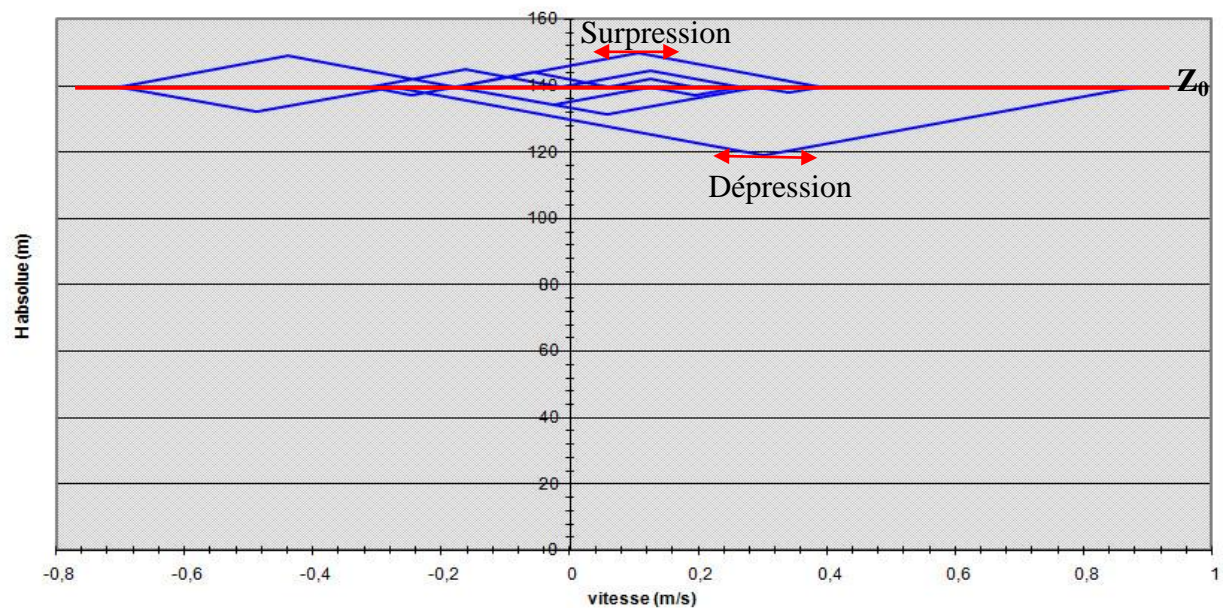


L'explication graphique est figurée sur la Coubre (Figure (V.8), qui montre d'une façon claire que la dissipation progressive du front d'onde tout en protégeant la conduite.



**Figure (V.8) :** variation de la pression absolue en fonction du temps pour le tronçon R12-R13

Sur le diagramme  $H=f(V)$ , on mène une horizontale  $Z_0=139,5\text{m}$  correspondant au régime normal et sur laquelle on fixe la vitesse initiale (Figure (V.9)).



**Figure (V.9) :** Epure de BERGERON pour le tronçon R12-R13

#### ❖ Interprétation des résultats

D'après la figure (V.7) et l'épure caractéristique du tronçon (Figure (V.9)), on déduit que :

- ◆ Pendant la phase de dépression, on a enregistré une dépression maximale de **20,122 m**. Le volume d'air à la fin de cette dépression est de **0,077 m<sup>3</sup>**.
- ◆ Pendant la phase de surpression, on a enregistré une surpression maximale de **10,26 m**. Le volume d'air à la fin de cette surpression est de **0,066m<sup>3</sup>**



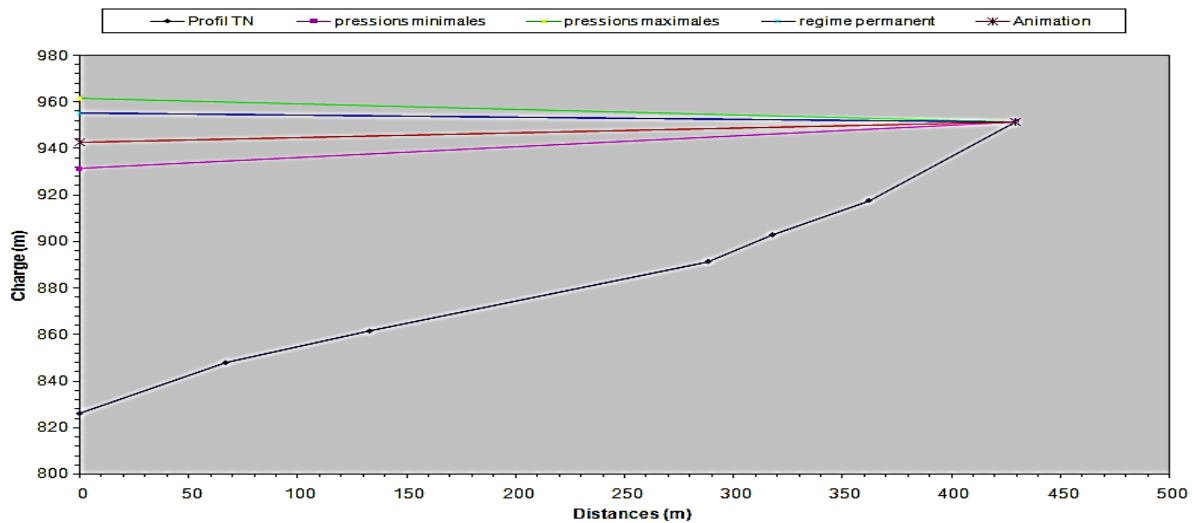


Figure (V.10) : enveloppe des pressions en régime permanent et transitoire pour tronçon R12-13

- **Dimensionnement du réservoir d'air**

A partir de la figure (V.7), on a le volume maximal d'air de l'ordre  $0,077 \text{ m}^3$ , par conséquent, il est possible à présent de calculer le volume total du réservoir anti bélier pour le tronçon (R12-R13), tel que :

$$V_t = 1,4 \times U_{\max}$$

D'où :

$$V_t = 0,1078 \text{ m}^3$$

On optera alors pour un réservoir de **120l**.

#### V.4.4.3. Tronçon R13-R14

On a :

- $\Phi = 90 \text{ mm}$
- $D_{\text{int}} = 73,6 \text{ mm}$ .
- $e = 8,2 \text{ mm}$ .
- $L = 512,863 \text{ m}$ .
- $H_g = 130,45 \text{ m}$ .
- $H_t = 6,61 \text{ m}$
- $K = 83$ .

On dispose d'une tuyère de diamètre  **$d = 25 \text{ mm}$**  qui est incorporée dans une tubulure d'un diamètre  **$D = 50 \text{ mm}$** .

Les caractéristiques de la tuyère sont :

a) **Montée de l'eau :**

La perte de charge est :

$$\Delta h_1 = c \times \frac{V_1^2}{2 \times g} \Rightarrow \Delta h_1 = 0,63 \frac{V_1^2}{2g}$$

**b) Descente de l'eau :**

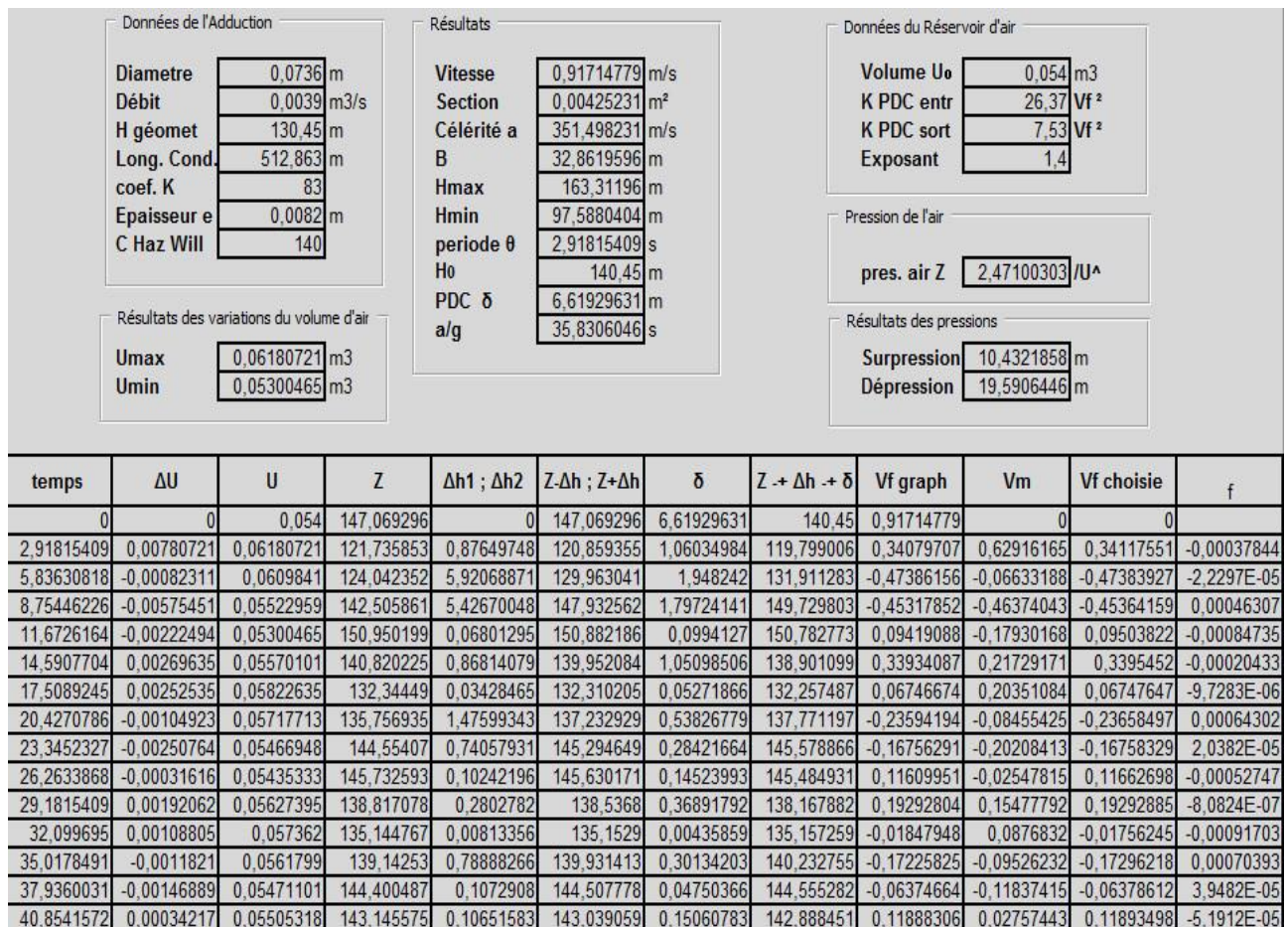
La perte de charge est :

$$\Delta h_2 = c' \times \frac{V_2^2}{2 \times g} \Rightarrow \Delta h_2 = 0,77 \frac{V_2^2}{2g}$$

**c) Résultats de calcul du réservoir d'air :**

Les résultats du calcul du réservoir d'air pour le tronçon R9-R10 en utilisant la méthode de BERGERON, sont donnés dans le tableau (V.11) ci-dessous. L'épure de BERGERON est illustrée par la figure (V.13).

**Figure (V.11) : Calcul du réservoir d'air du tronçon R13-R14**



L'explication graphique est figurée sur la Courbe figure (V.12), montre clairement que le phénomène du coup de bélier s'est amorti en fonction du temps.

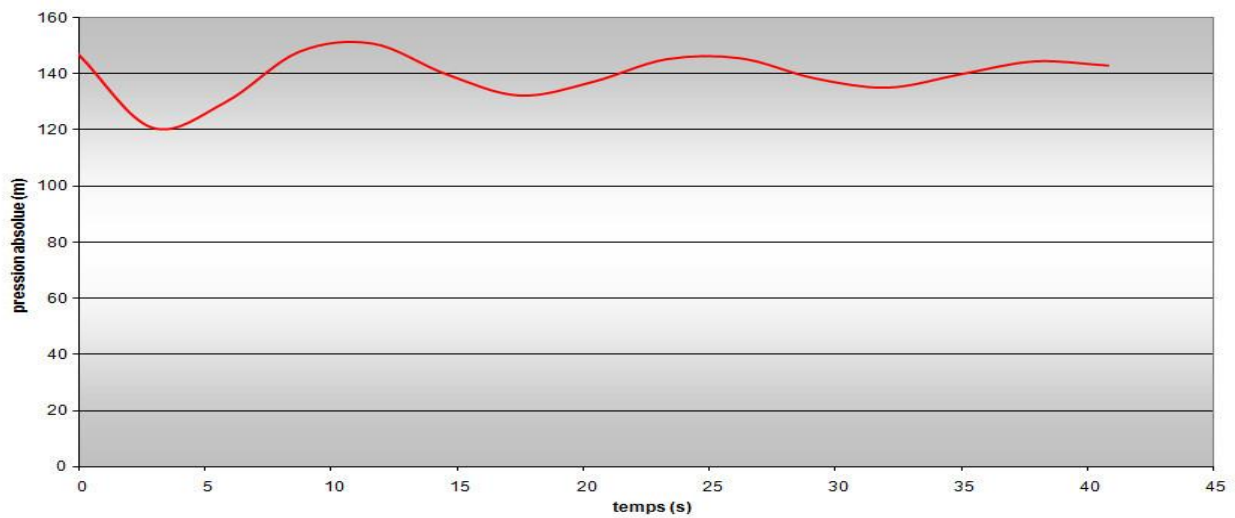


Figure (V.12) : variation de la pression absolue en fonction du temps pour le tronçon R13.R14

Sur le diagramme  $H=f(V)$ , on mène une horizontale  $Z_0=140,45\text{m}$  correspondant au régime normal et sur laquelle on fixe la vitesse initiale (Figure (V.13)).

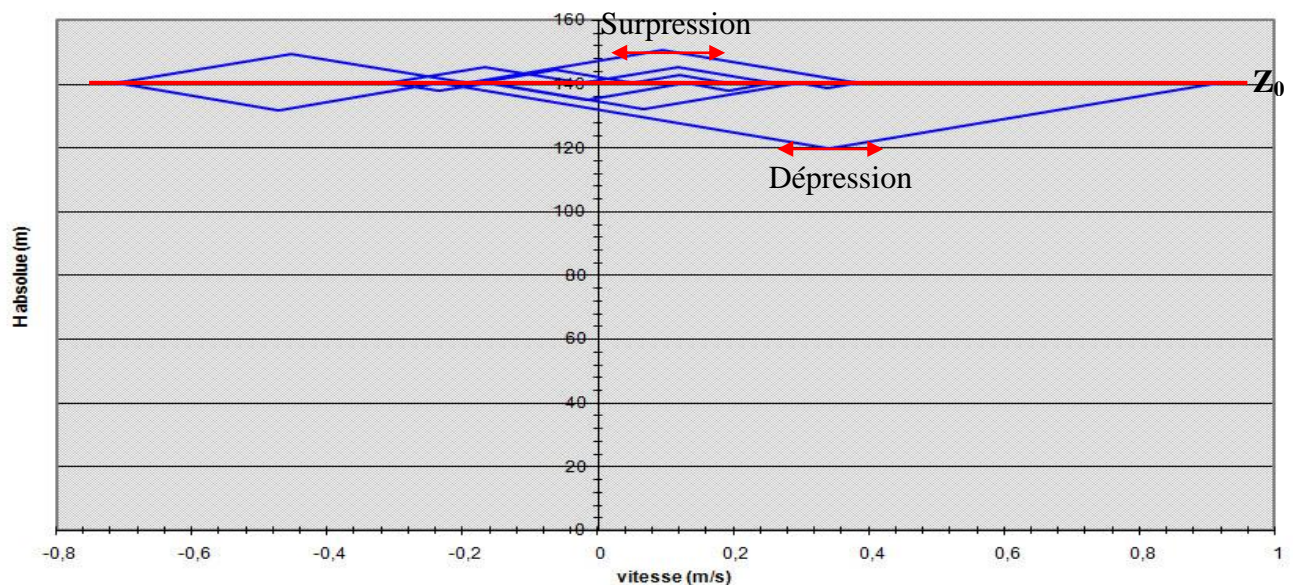


Figure (V.13) : Epure de BERGERON pour le tronçon R13-R14

#### ❖ Interprétation des résultats

D'après la figure (V.11) et l'épure caractéristique du tronçon (Figure (V.13)), on déduit que :

- ◆ Pendant la phase de dépression, on a enregistré une dépression maximale de **19,59 m**. Le volume d'air à la fin de cette dépression est de **0,062 m<sup>3</sup>**.
- ◆ Pendant la phase de surpression, on a enregistré une surpression maximale de **10,43 m**. Le volume d'air à la fin de cette surpression est de **0,053 m<sup>3</sup>**.

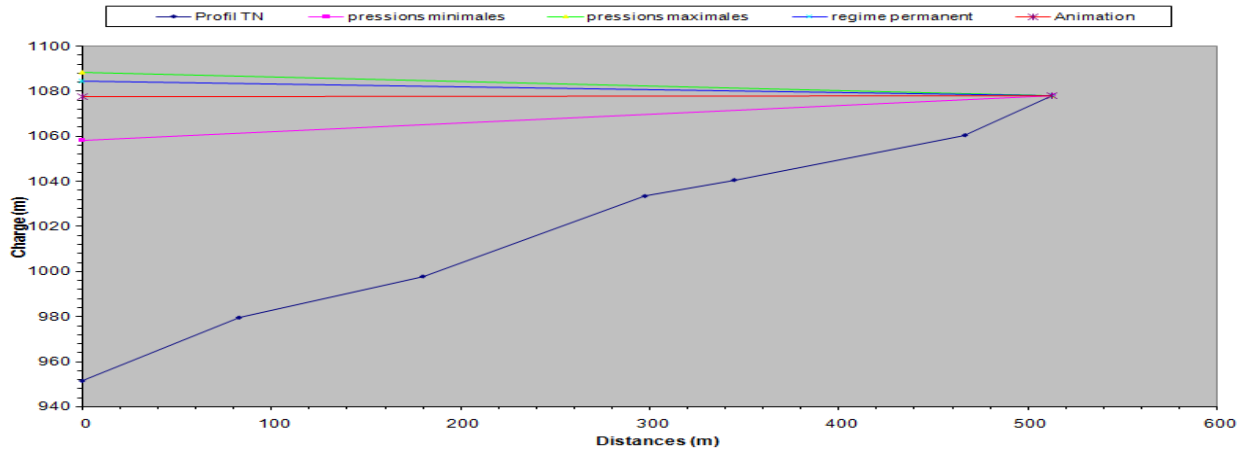


Figure (V.14) : enveloppe des pressions en régime permanent et transitoire pour tronçon R13-14

• Dimensionnement du réservoir d'air

A partir de la figure (V.14), on a le volume maximal d'air de l'ordre 0,062 m<sup>3</sup>, par conséquent, il est possible à présent de calculer le volume total du réservoir anti bélier pour le tronçon (R13-R14) tel que :

$$V_t = 1,4 \times U_{\max} \implies V_t = 0,0868 \text{ m}^3$$

On optera alors pour un réservoir de **100 l**.

V.5. Conduite gravitaire

Pour la conduite gravitaire nous utiliserons les vannes à fermeture lentes, dans le cas de fermeture lente :

$$t > \frac{2 \times L}{a}$$

La valeur de coup de bélier est caractérisée par un temps de fermeture supérieur à un retour d'ondes. Elle est donnée par la formule de MICHAUD, voir le tableau (V.3).

$$B = \frac{2 \times L \times V_0}{g \times t}$$

Tableau (V.3) : calcul du temps de fermeture de la vanne

Tronçons	L(m)	V <sub>0</sub> (m/s)	T(s)	a (m/s)	t(s)	B	H <sub>s</sub>	H <sub>d</sub>	PN
<b>PK-RP</b>	2741,724	1,054	5,04	1 087,22	<b>15</b>	39,28	101,41	22,85	40
<b>RP-SR1</b>	711,71	1,4	1,17	1 215,85	<b>20</b>	10,16	34,16	14,43	40
<b>RT-R11</b>	2122,262	1,802	10,69	396,98	<b>30</b>	25,99	189,20	137,22	20

On remarque que pour tous les tronçons le coup de bélier est amorti.

V.6. Conclusion

La protection des réseaux d'alimentation en eau potable contre le phénomène du coup de bélier est d'une importance considérable. Afin de protéger le réseau étudié, on a opté pour des réservoirs d'air, vu leur large utilisation.



# ***Conclusion générale***

## **CONCLUSION GENERALE**

Lors de cette étude nous avons essayé de résoudre la problématique, où il s'est avéré nécessaire de renforcer l'alimentation par la réalisation d'un point de piquage à la côte **213,48 m** de la conduite du transfert du barrage Tichy-Haf de la Wilaya de Bejaia, avec une nouvelle chaîne d'adduction.

La réalisation de notre projet a nécessité la prise en compte des caractéristiques hydrauliques de la commune d'Ighram et des données démographiques projetées à partir des données existantes et du taux d'accroissement de la population qui est de **1,4%**.

Après avoir estimé les différents besoins en eau aux différents horizons, nous avons constaté que ces besoins à long terme (2047), qui sont de **5178,816 m<sup>3</sup>/j** soit de **59,94 l/s**, sont bien loin d'être satisfaisant par rapport au débit journalier fourni par les deux forages existants dans la zone d'étude qui est de **4121,3m<sup>3</sup>/j** soit de **47,7 l/s**. Par conséquent, on a un déficit de **12,24 l/s**.

Dans le but de remédier à ce problème, il a été préconisé de renforcer la chaîne d'alimentation en eau potable par la projection d'un point de piquage, avec un débit d'exploitation de **167,54 l/s** en tenant compte du débit des localités touchées par le projet qui est de **107,6 l/s** (exclusion des deux forages).

Afin d'assurer l'alimentation en eau potable de la zone d'étude, et son adduction par refoulement et gravitairement, nous avons procédé à projeté dix (10) réservoirs et une (01) station de reprise de divers capacités.

Pour le dimensionnement des conduites par refoulement, nous avons choisi les diamètres les plus économiques avec des vitesses acceptables.

Concernant les matériaux des conduites, nous avons opté pour la **fonte ductile** pour les débits importants et le **Polyéthylène Hautes Densité (PEHD)** pour les petits débits.

Le choix des pompes a été porté sur les pompes centrifuges multicellulaires à axe horizontal vu leur rendement qui est très élevé, avec une pompe et une autre de secours, il a été réalisé par le logiciel **CAPRARI** et dans ce cas notre choix est basé sur les pompes qui présentent une puissance minimale et un rendement idéal.

Une vérification du risque d'apparition du phénomène du coup de bélier a été faite, on a constaté que dans les trois (03) tronçons d'adduction par refoulement (**R9-R10**), (**R12-R13**) et (**R13-R14**) sont menacés par le coup de bélier dans les quels apparie d'une surpression et une dépression qui peut les endommager. Pour les protéger nous avons installé un réservoir d'air sur chaque tronçon avec des volumes de 120l, 120l et 100l respectivement.

Quant aux tronçons d'adductions gravitaires (**PK-RP**), (**RP-SR1**) et (**RT-R11**), on a proposé l'utilisation des vannes à fermeture lente.



# ***Bibliographie***

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- [1] Données recueillies auprès des services : APC de la commune d'Ighram, Direction des ressources en eaux de la wilaya de Bejaïa.
- [2] **HAMANI, S. et YAHIAOUI, S.** : "Etude d'alimentation en eau potable de la ville d'El Ouricia, wilaya de Sétif ".Mémoire de fin d'étude, Université de Bejaïa, 2011.
- [3] **DUPONT, A.** : "Hydraulique urbaine", Tome II. Edition Eyrolles, Paris, 1979.
- [4] **BONIN, J.** : "Hydraulique urbaine appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance". Edition Eyrolles, 1977.
- [5] **Bonvin. J.**: "Hydraulique urbaine Tome I: Captage – Réseaux d'adduction – Réservoirs – Réseaux de distribution – Equipement – Pompes – Petites centrales hydrauliques". Version 2005.
- [6] **BENDAHMANE, B. et OUBELGHA, N.:** " Renforcement de l'AEP de OUADHIAS et de TAGUEMOUNT EL DJEDID à partir de THAKHOUKHT, Wilaya de Tizi-Ouzou". Mémoire de fin d'études, Université de Bejaïa, 2007.
- [7] **GHERBI, F. et KAMLI, D.** : "Etude de la chaine d'adduction de la commune de BARBACHA à partir du piquage Tichy Haf, Wilaya de BEJAIA". Mémoire de fin d'études, Université de BEJAIA, 2015.
- [8] **NAIT ALI, N. et BOUZIANE, C.** : "Etude de l'adduction des douze villages de TOUDJA, Wilaya de BEJAIA". Mémoire de fin d'études, Université de BEJAIA, 2006.
- [9] **HAMDAOUI, H. et MARZOUG, K.** : "Raccordement de l'alimentation en eau potable de la commune de Seddouk à partir du transfert Akbou-Bejaïa ".Mémoire de fin d'étude, Université de BEJAIA, 2010.





# ***Annexes***



## Annexe (2) :

Tableau(II.5): Dimensionnement du réservoir R1 de la zone 1

Heures	apports %	distribution %	Surplus %	Déficit %	Résidu %
0-1	5	0,60	4,40	-	4,40
1-2	5	0,60	4,40	-	8,80
2-3	5	1,20	3,80	-	12,60
3-4	5	2,00	3,00	-	15,60
4-5	5	3,50	1,50	-	17,10
5-6	5	3,50	1,50	-	18,60
6-7	5	4,50	0,50	-	<b>19,10</b>
7-8	5	10,20	-	-5,20	13,90
8-9	5	8,80	-	-3,80	10,10
9-10	5	6,50	-	-1,50	8,60
10-11	5	4,10	0,90	-	9,50
11-12	5	4,10	0,90	-	10,40
12-13	5	3,50	1,50	-	11,90
13-14	5	3,50	1,50	-	13,40
14-15	5	4,70	0,30	-	13,70
15-16	5	6,20	-	-1,20	12,50
16-17	5	10,40	-	-5,40	7,10
17-18	5	9,40	-	-4,40	2,70
18-19	5	7,30	-	-2,30	0,40
19-20	5	1,60	-	3,40	3,80
20-21	0	1,60	-	-1,60	2,20
21-22	0	1,00	-	-1,00	1,20
22-23	0	0,60	-	-0,60	0,60
23-24	0	0,60	-	-0,60	0
<b>Total</b>	100	100	-	-	-

## Annexe (3) :

**Tableau(II.6): Dimensionnement du réservoir R2 de la zone 2**

Heures	Apport (%)	Distribution (%)	Refoulement (%)	Sortant (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	5	0,33	2,786	3,116	1,884		1,884
<b>1-2</b>	5	0,33	2,786	3,116	1,884		3,768
<b>2-3</b>	5	0,44	2,786	3,226	1,774		5,542
<b>3-4</b>	5	0,44	2,786	3,226	1,774		7,316
<b>4-5</b>	5	1,33	2,786	4,116	0,884		8,2
<b>5-6</b>	5	2,43	2,786	5,216		-0,216	7,984
<b>6-7</b>	5	2,43	2,786	5,216		-0,216	7,768
<b>7-8</b>	5	2,43	2,786	5,216		-0,216	7,552
<b>8-9</b>	5	1,55	2,786	4,336	0,664		8,216
<b>9-10</b>	5	1,55	2,786	4,336	0,664		<b>8,88</b>
<b>10-11</b>	5	2,66	2,787	5,447		-0,447	8,433
<b>11-12</b>	5	3,76	2,787	6,547		-1,547	6,886
<b>12-13</b>	5	3,76	2,787	6,547		-1,547	5,339
<b>13-14</b>	5	2,66	2,787	5,447		-0,447	4,892
<b>14-15</b>	5	2,21	2,787	4,997	0,003		4,895
<b>15-16</b>	5	2,21	2,787	4,997	0,003		4,898
<b>16-17</b>	5	1,55	2,787	4,337	0,663		5,561
<b>17-18</b>	5	1,55	2,787	4,337	0,663		6,224
<b>18-19</b>	5	2,66	2,787	5,447		-0,447	5,777
<b>19-20</b>	5	2,66	2,787	5,447		-0,447	5,33
<b>20-21</b>	0	2,66	0	2,66		-2,66	2,67
<b>21-22</b>	0	1,33	0	1,33		-1,33	1,34
<b>22-23</b>	0	0,9	0	0,9		-0,9	0,44
<b>23-24</b>	0	0,44	0	0,44		-0,44	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>44,27</b>	<b>55,73</b>				

## Annexe (4)

Tableau(II.7): Dimensionnement du réservoir R3 de la zone 3

Heures	Apport (%)	Distribution (%)	Refoulement (%)	Sortant (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	5	0,126	3,94	4,066	0,934		0,934
<b>1-2</b>	5	0,126	3,94	4,066	0,934		1,868
<b>2-3</b>	5	0,252	3,94	4,192	0,808		2,676
<b>3-4</b>	5	0,42	3,95	4,37	0,63		3,306
<b>4-5</b>	5	0,736	3,95	4,686	0,314		3,62
<b>5-6</b>	5	0,736	3,95	4,686	0,314		3,934
<b>6-7</b>	5	0,946	3,95	4,896	0,104		<b>4,038</b>
<b>7-8</b>	5	2,145	3,95	6,095		-1,095	2,943
<b>8-9</b>	5	1,85	3,95	5,8		-0,8	2,143
<b>9-10</b>	5	1,367	3,95	5,317		-0,317	1,826
<b>10-11</b>	5	0,862	3,95	4,812	0,188		2,014
<b>11-12</b>	5	0,862	3,95	4,812	0,188		2,202
<b>12-13</b>	5	0,736	3,95	4,686	0,314		2,516
<b>13-14</b>	5	0,736	3,95	4,686	0,314		2,83
<b>14-15</b>	5	0,99	3,95	4,94	0,06		2,89
<b>15-16</b>	5	1,304	3,95	5,254		-0,254	2,636
<b>16-17</b>	5	2,187	3,95	6,137		-1,137	1,499
<b>17-18</b>	5	1,98	3,95	5,93		-0,93	0,569
<b>18-19</b>	5	1,535	3,95	5,485		-0,485	0,084
<b>19-20</b>	5	0,336	3,95	4,286		0,714	0,798
<b>20-21</b>	0	0,336	0	0,336		-0,336	0,462
<b>21-22</b>	0	0,21	0	0,21		-0,21	0,252
<b>22-23</b>	0	0,126	0	0,126		-0,126	0,126
<b>23-24</b>	0	0,126	0	0,126		-0,126	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>21,03</b>	<b>78,97</b>	<b>100</b>			

## Annexe (5) :

Tableau(II.8): Détermination analytique de la capacité du réservoir R4 de la zone 4

Heures	Apport (%)	Distribution (%)	Refoulement (%)	Sortant (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	5	0,356	2,03	2,386	2,614		2,614
<b>1-2</b>	5	0,356	2,03	2,386	2,614		5,228
<b>2-3</b>	5	0,71	2,03	2,74	2,26		7,488
<b>3-4</b>	5	1,186	2,03	3,216	1,784		9,272
<b>4-5</b>	5	2,076	2,03	4,106	0,894		10,166
<b>5-6</b>	5	2,076	2,03	4,106	0,894		11,06
<b>6-7</b>	5	2,669	2,03	4,699	0,301		<b>11,361</b>
<b>7-8</b>	5	6,049	2,03	8,079		-3,079	8,282
<b>8-9</b>	5	5,218	2,03	7,248		-2,248	6,034
<b>9-10</b>	5	3,855	2,03	5,885		-0,885	5,149
<b>10-11</b>	5	2,43	2,04	4,47	0,53		5,679
<b>11-12</b>	5	2,43	2,04	4,47	0,53		6,209
<b>12-13</b>	5	2,076	2,04	4,116	0,884		7,093
<b>13-14</b>	5	2,076	2,04	4,116	0,884		7,977
<b>14-15</b>	5	2,787	2,04	4,827	0,173		8,15
<b>15-16</b>	5	3,677	2,04	5,717		-0,717	7,433
<b>16-17</b>	5	6,167	2,04	8,207		-3,207	4,226
<b>17-18</b>	5	5,574	2,04	7,614		-2,614	1,612
<b>18-19</b>	5	4,329	2,04	6,369		-1,369	0,243
<b>19-20</b>	5	0,949	2,04	2,989		2,011	2,254
<b>20-21</b>	0	0,949	0	0,949		-0,949	1,305
<b>21-22</b>	0	0,593	0	0,593		-0,593	0,712
<b>22-23</b>	0	0,356	0	0,356		-0,356	0,356
<b>23-24</b>	0	0,356	0	0,356		-0,356	0
<b>Total</b>	100	59,3	40,7	100			

## Annexe (6)

Tableau(II.9): Détermination graphique de la capacité du réservoir R4

Heures	Apport (m <sup>3</sup> )	Distribution (m <sup>3</sup> )	Refoulement (m <sup>3</sup> )	Sortant (m <sup>3</sup> )	Surplus (m <sup>3</sup> )	Déficit (m <sup>3</sup> )	Résidu (m <sup>3</sup> )
<b>0-1</b>	42,984	3,059	17,496	20,555	22,429		22,429
<b>1-2</b>	42,984	3,059	17,496	20,555	22,429		44,858
<b>2-3</b>	42,984	6,117	17,496	23,613	19,371		64,229
<b>3-4</b>	42,984	10,195	17,496	27,691	15,293		79,522
<b>4-5</b>	42,984	17,842	17,496	35,338	7,646		87,168
<b>5-6</b>	42,984	17,842	17,496	35,338	7,646		94,814
<b>6-7</b>	42,984	22,939	17,496	40,435	2,549		97,363
<b>7-8</b>	42,984	51,996	17,496	69,492		-26,508	70,855
<b>8-9</b>	42,984	44,859	17,496	62,355		-19,371	51,484
<b>9-10</b>	42,984	33,134	17,496	50,63		-7,646	43,838
<b>10-11</b>	42,984	20,9	17,496	38,396	4,588		48,426
<b>11-12</b>	42,984	20,9	17,496	38,396	4,588		53,014
<b>12-13</b>	42,984	17,842	17,496	35,338	7,646		60,66
<b>13-14</b>	42,984	17,842	17,496	35,338	7,646		68,306
<b>14-15</b>	42,984	23,959	17,496	41,455	1,529		69,835
<b>15-16</b>	42,984	31,605	17,496	49,101		-6,117	63,718
<b>16-17</b>	42,984	53,015	17,496	70,511		-27,527	36,191
<b>17-18</b>	42,984	47,917	17,496	65,413		-22,429	13,762
<b>18-19</b>	42,984	37,212	17,496	54,708		-11,724	2,038
<b>19-20</b>	42,984	8,156	17,496	25,652		17,332	19,37
<b>20-21</b>	0	8,156	0	8,156		-8,156	11,214
<b>21-22</b>	0	5,098	0	5,098		-5,098	6,116
<b>22-23</b>	0	3,059	0	3,059		-3,059	3,057
<b>23-24</b>	0	3,059	0	3,059		-3,059	0
<b>Total</b>	<b>859,68</b>	<b>509,762</b>	<b>349,92</b>	<b>859,682</b>	/	/	/

## Annexe (7) :

Tableau(II.10): Dimensionnement du réservoir R5 de la zone5

Heures	apports (%)	distribution (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	5	0,6	4,4		4,4
<b>1-2</b>	5	0,6	4,4		8,8
<b>2-3</b>	5	1,2	3,8		12,6
<b>3-4</b>	5	2	3		15,6
<b>4-5</b>	5	3,5	1,5		17,1
<b>5-6</b>	5	3,5	1,5		18,6
<b>6-7</b>	5	4,5	0,5		<b>19,1</b>
<b>7-8</b>	5	10,2		-5,2	13,9
<b>8-9</b>	5	8,8		-3,8	10,1
<b>9-10</b>	5	6,5		-1,5	8,6
<b>10-11</b>	5	4,1	0,9		9,5
<b>11-12</b>	5	4,1	0,9		10,4
<b>12-13</b>	5	3,5	1,5		11,9
<b>13-14</b>	5	3,5	1,5		13,4
<b>14-15</b>	5	4,7	0,3		13,7
<b>15-16</b>	5	6,2		-1,2	12,5
<b>16-17</b>	5	10,4		-5,4	7,1
<b>17-18</b>	5	9,4		-4,4	2,7
<b>18-19</b>	5	7,3		-2,3	0,4
<b>19-20</b>	5	1,6		3,4	3,8
<b>20-21</b>	0	1,6		-1,6	2,2
<b>21-22</b>	0	1		-1	1,2
<b>22-23</b>	0	0,6		-0,6	0,6
<b>23-24</b>	0	0,6		-0,6	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>			



## Annexe (8) :

Tableau(II.11): Dimensionnement du réservoir R6 de la zone 6

Heures	Apport (%)	Distribution (%)	Refoulement (%)	Sortant (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	5	0,06	4,5	4,56	0,44		0,44
<b>1-2</b>	5	0,06	4,5	4,56	0,44		0,88
<b>2-3</b>	5	0,12	4,5	4,62	0,38		1,26
<b>3-4</b>	5	0,2	4,5	4,7	0,3		1,56
<b>4-5</b>	5	0,35	4,5	4,85	0,15		1,71
<b>5-6</b>	5	0,35	4,5	4,85	0,15		1,86
<b>6-7</b>	5	0,45	4,5	4,95	0,05		<b>1,91</b>
<b>7-8</b>	5	1,02	4,5	5,52		-0,52	1,39
<b>8-9</b>	5	0,88	4,5	5,38		-0,38	1,01
<b>9-10</b>	5	0,65	4,5	5,15		-0,15	0,86
<b>10-11</b>	5	0,41	4,5	4,91	0,09		0,95
<b>11-12</b>	5	0,41	4,5	4,91	0,09		1,04
<b>12-13</b>	5	0,35	4,5	4,85	0,15		1,19
<b>13-14</b>	5	0,35	4,5	4,85	0,15		1,34
<b>14-15</b>	5	0,47	4,5	4,97	0,03		1,37
<b>15-16</b>	5	0,62	4,5	5,12		-0,12	1,25
<b>16-17</b>	5	1,04	4,5	5,54		-0,54	0,71
<b>17-18</b>	5	0,94	4,5	5,44		-0,44	0,27
<b>18-19</b>	5	0,73	4,5	5,23		-0,23	0,04
<b>19-20</b>	5	0,16	4,5	4,66		0,34	0,38
<b>20-21</b>	0	0,16		0,16		-0,16	0,22
<b>21-22</b>	0	0,1		0,1		-0,1	0,12
<b>22-23</b>	0	0,06		0,06		-0,06	0,06
<b>23-24</b>	0	0,06		0,06		-0,06	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>90</b>				

## Annexe (9) :

Tableau(II.12): Dimensionnement du réservoir R7 de la zone 7

Heures	Apport (%)	Distribution (%)	Refolement (%)	Sortant (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	5	0,098	4,18	4,278	0,722		0,722
<b>1-2</b>	5	0,098	4,18	4,278	0,722		1,444
<b>2-3</b>	5	0,195	4,18	4,375	0,625		2,069
<b>3-4</b>	5	0,325	4,18	4,505	0,495		2,564
<b>4-5</b>	5	0,569	4,18	4,749	0,251		2,815
<b>5-6</b>	5	0,569	4,19	4,759	0,241		3,056
<b>6-7</b>	5	0,73	4,19	4,92	0,08		<b>3,136</b>
<b>7-8</b>	5	1,658	4,19	5,848		-0,848	2,288
<b>8-9</b>	5	1,43	4,19	5,62		-0,62	1,668
<b>9-10</b>	5	1,056	4,19	5,246		-0,246	1,422
<b>10-11</b>	5	0,666	4,19	4,856	0,144		1,566
<b>11-12</b>	5	0,666	4,19	4,856	0,144		1,71
<b>12-13</b>	5	0,569	4,19	4,759	0,241		1,951
<b>13-14</b>	5	0,569	4,19	4,759	0,241		2,192
<b>14-15</b>	5	0,764	4,19	4,954	0,046		2,238
<b>15-16</b>	5	1,008	4,19	5,198		-0,198	2,04
<b>16-17</b>	5	1,69	4,19	5,88		-0,88	1,16
<b>17-18</b>	5	1,528	4,19	5,718		-0,718	0,442
<b>18-19</b>	5	1,186	4,19	5,376		-0,376	0,066
<b>19-20</b>	5	0,26	4,19	4,45		0,55	0,616
<b>20-21</b>	0	0,26		0,26		-0,26	0,356
<b>21-22</b>	0	0,16		0,16		-0,16	0,196
<b>22-23</b>	0	0,098		0,098		-0,098	0,098
<b>23-24</b>	0	0,098		0,098		-0,098	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>16,25</b>	<b>83,75</b>				

## Annexe (10) :

Tableau(II.13): Dimensionnement du réservoir R8 de la zone 8

Heures	Apport (%)	Distribution (%)	adduction 1 (%)	adduction 2 (%)	Sortant (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
0-1	5	0,406	1,3145	1,2975	3,018	1,984		1,984
1-2	5	0,406	1,3145	1,2975	3,018	1,984		3,968
2-3	5	0,406	1,3145	1,2975	3,018	1,984		5,952
3-4	5	0,478	1,3145	1,2975	3,09	1,912		7,864
4-5	5	1,29	1,3145	1,2975	3,902	1,1		8,964
5-6	5	2,245	1,3145	1,2975	4,857	0,145		9,109
6-7	5	2,555	1,3145	1,2975	5,167		-0,165	8,944
7-8	5	2,794	1,3145	1,2975	5,406		-0,404	8,54
8-9	5	2,149	1,3145	1,2975	4,761	0,241		8,781
9-10	5	2,006	1,3145	1,2975	4,618	0,384		<b>9,165</b>
10-11	5	2,627	1,3145	1,2975	5,239	-0,237		8,928
11-12	5	3,582	1,3145	1,2975	6,194		-1,192	7,736
12-13	5	3,773	1,3145	1,2975	6,385		-1,383	6,353
13-14	5	3,033	1,3145	1,2975	5,645		-0,643	5,71
14-15	5	2,484	1,3145	1,2975	5,096		-0,094	5,616
15-16	5	2,292	1,3145	1,2975	4,904	0,098		5,714
16-17	5	1,91	1,3145	1,2975	4,522	0,47		6,184
17-18	5	2,149	1,3145	1,2975	4,761	0,231		6,415
18-19	5	2,96	1,3145	1,2975	5,572		-0,58	5,835
19-20	5	2,722	1,3145	1,2975	5,334		-0,342	5,493
20-21	0	2,627	0	0	2,627		-2,627	2,866
21-22	0	1,433	0	0	1,433		-1,433	1,433
22-23	0	0,955	0	0	0,955		-0,955	0,478
23-24	0	0,478	0	0	0,478		-0,478	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>47,76</b>	<b>26,29</b>	<b>25,95</b>				

## Annexe (II) :

Tableau(II.14): Dimensionnement du réservoir R9 de la zone 9

Heures	Apport (%)	Distribution (%)	Refoulement (%)	Sortant (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	5	0,31	2,41	2,72	2,28		2,28
<b>1-2</b>	5	0,31	2,41	2,72	2,28		4,56
<b>2-3</b>	5	0,62	2,41	3,03	1,97		6,53
<b>3-4</b>	5	1,03	2,41	3,44	1,56		8,08
<b>4-5</b>	5	1,81	2,41	4,22	0,78		8,86
<b>5-6</b>	5	1,81	2,41	4,22	0,78		9,64
<b>6-7</b>	5	2,33	2,41	4,74	0,26		<b>9,91</b>
<b>7-8</b>	5	5,28	2,41	7,69		-2,69	7,22
<b>8-9</b>	5	4,55	2,41	6,96		-1,96	5,26
<b>9-10</b>	5	3,36	2,41	5,77		-0,77	4,49
<b>10-11</b>	5	2,12	2,41	4,53	0,47		4,96
<b>11-12</b>	5	2,12	2,41	4,53	0,47		5,43
<b>12-13</b>	5	1,81	2,42	4,23	0,77		6,20
<b>13-14</b>	5	1,81	2,42	4,23	0,77		6,97
<b>14-15</b>	5	2,43	2,42	4,85	0,15		7,12
<b>15-16</b>	5	3,21	2,42	5,63		-0,63	6,49
<b>16-17</b>	5	5,38	2,42	7,80		-2,80	3,69
<b>17-18</b>	5	4,86	2,42	7,28		-2,28	1,41
<b>18-19</b>	5	3,78	2,42	6,20		-1,20	0,21
<b>19-20</b>	5	0,83	2,42	3,25		1,75	1,97
<b>20-21</b>	0	0,83		0,83		-0,83	1,14
<b>21-22</b>	0	0,52		0,52		-0,52	0,62
<b>22-23</b>	0	0,31		0,31		-0,31	0,31
<b>23-24</b>	0	0,31		0,31		-0,31	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>51,72</b>	<b>48,28</b>				

## Annexe (12)

Tableau(II.15): Dimensionnement du réservoir R10 de la zone 10

Heures	Apports (%)	distribution (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	5	0,6	4,4		4,4
<b>1-2</b>	5	0,6	4,4		8,8
<b>2-3</b>	5	1,2	3,8		12,6
<b>3-4</b>	5	2	3		15,6
<b>4-5</b>	5	3,5	1,5		17,1
<b>5-6</b>	5	3,5	1,5		18,6
<b>6-7</b>	5	4,5	0,5		<b>19,1</b>
<b>7-8</b>	5	10,2		-5,2	13,9
<b>8-9</b>	5	8,8		-3,8	10,1
<b>9-10</b>	5	6,5		-1,5	8,6
<b>10-11</b>	5	4,1	0,9		9,5
<b>11-12</b>	5	4,1	0,9		10,4
<b>12-13</b>	5	3,5	1,5		11,9
<b>13-14</b>	5	3,5	1,5		13,4
<b>14-15</b>	5	4,7	0,3		13,7
<b>15-16</b>	5	6,2		-1,2	12,5
<b>16-17</b>	5	10,4		-5,4	7,1
<b>17-18</b>	5	9,4		-4,4	2,7
<b>18-19</b>	5	7,3		-2,3	0,4
<b>19-20</b>	5	1,6		3,4	3,8
<b>20-21</b>	0	1,6		-1,6	2,2
<b>21-22</b>	0	1		-1	1,2
<b>22-23</b>	0	0,6		-0,6	0,6
<b>23-24</b>	0	0,6		-0,6	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>			

## Annexe (13)

Tableau (II.16): Dimensionnement du réservoir tampon Bouhkim (RT)

Heure	Apport (%)	Sortie total (%)	Déficit (%)	Surplus (%)	Résidu (%)
0-1	5	4,167		0,833	0,833
1-2	5	4,167		0,833	1,666
2-3	5	4,167		0,833	2,499
3-4	5	4,167		0,833	3,332
4-5	5	4,167		0,833	4,165
5-6	5	4,167		0,833	4,998
6-7	5	4,167		0,833	5,831
7-8	5	4,167		0,833	6,664
8-9	5	4,167		0,833	7,497
9-10	5	4,167		0,833	8,33
10-11	5	4,167		0,833	9,163
11-12	5	4,167		0,833	9,996
12-13	5	4,167		0,833	10,829
13-14	5	4,167		0,833	11,662
14-15	5	4,167		0,833	12,495
15-16	5	4,167		0,833	13,328
16-17	5	4,166		0,834	14,162
17-18	5	4,166		0,834	14,996
18-19	5	4,166		0,834	15,83
19-20	5	4,166		0,834	<b>16,664</b>
20-21	0	4,166	-4,166		12,498
21-22	0	4,166	-4,166		8,332
22-23	0	4,166	-4,166		4,166
23-24	0	4,166	-4,166		0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>			

## Annexe (14) :

Tableau(II.17): Dimensionnement du réservoir R11 de la zone 11

Heures	Apport (%)	Distribution (%)	Refoulement (%)	Sortant (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	4,166	0,034	4,71	4,744	-0,578	-0,578
<b>1-2</b>	4,166	0,034	4,71	4,744	-0,578	-1,156
<b>2-3</b>	4,166	0,068	4,71	4,778	-0,612	-1,768
<b>3-4</b>	4,166	0,113	4,71	4,823	-0,657	-2,425
<b>4-5</b>	4,166	0,198	4,71	4,908	-0,742	-3,167
<b>5-6</b>	4,166	0,198	4,71	4,908	-0,742	-3,909
<b>6-7</b>	4,166	0,255	4,72	4,975	-0,809	-4,718
<b>7-8</b>	4,166	0,577	4,72	5,297	-1,131	-5,849
<b>8-9</b>	4,167	0,498	4,72	5,218	-1,051	-6,900
<b>9-10</b>	4,167	0,368	4,72	5,088	-0,921	-7,821
<b>10-11</b>	4,167	0,232	4,72	4,952	-0,785	-8,606
<b>11-12</b>	4,167	0,232	4,72	4,952	-0,785	-9,391
<b>12-13</b>	4,167	0,198	4,72	4,918	-0,751	-10,142
<b>13-14</b>	4,167	0,198	4,72	4,918	-0,751	-10,894
<b>14-15</b>	4,167	0,266	4,72	4,986	-0,819	-11,713
<b>15-16</b>	4,167	0,351	4,72	5,071	-0,904	-12,617
<b>16-17</b>	4,167	0,589	4,72	5,309	-1,142	-13,758
<b>17-18</b>	4,167	0,532	4,72	5,252	-1,085	-14,843
<b>18-19</b>	4,167	0,413	4,72	5,133	-0,966	-15,809
<b>19-20</b>	4,167	0,091	4,72	4,811	-0,644	<b>-16,453</b>
<b>20-21</b>	4,167	0,091	0	0,091	4,076	-12,376
<b>21-22</b>	4,167	0,057	0	0,057	4,110	-8,266
<b>22-23</b>	4,167	0,034	0	0,034	4,133	-4,133
<b>23-24</b>	4,167	0,034	0	0,034	4,133	0,000
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>5,660</b>	<b>94,34</b>			

## Annexe (15):

Tableau(II.18) : Dimensionnement du réservoir R12 de la zone 12

Heures	Apport (%)	Distribution (%)	Refoulement (%)	Sortant (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	5	0,083	4,307	4,390	0,610		0,610
<b>1-2</b>	5	0,083	4,307	4,390	0,610		1,220
<b>2-3</b>	5	0,166	4,307	4,473	0,527		1,747
<b>3-4</b>	5	0,277	4,307	4,584	0,416		2,163
<b>4-5</b>	5	0,485	4,307	4,792	0,208		2,371
<b>5-6</b>	5	0,485	4,307	4,792	0,208		2,579
<b>6-7</b>	5	0,623	4,307	4,930	0,070		2,649
<b>7-8</b>	5	1,413	4,307	5,720		-0,720	1,929
<b>8-9</b>	5	1,219	4,307	5,526		-0,526	1,403
<b>9-10</b>	5	0,900	4,307	5,207		-0,207	1,196
<b>10-11</b>	5	0,568	4,308	4,876	0,124		1,320
<b>11-12</b>	5	0,568	4,308	4,876	0,124		1,444
<b>12-13</b>	5	0,485	4,308	4,793	0,207		1,652
<b>13-14</b>	5	0,485	4,308	4,793	0,207		1,859
<b>14-15</b>	5	0,651	4,308	4,959	0,041		1,900
<b>15-16</b>	5	0,859	4,308	5,167		-0,167	1,733
<b>16-17</b>	5	1,440	4,308	5,748		-0,748	0,985
<b>17-18</b>	5	1,302	4,308	5,610		-0,610	0,375
<b>18-19</b>	5	1,011	4,308	5,319		-0,319	0,056
<b>19-20</b>	5	0,222	4,308	4,530		0,470	0,526
<b>20-21</b>	0	0,222		0,222		-0,222	0,305
<b>21-22</b>	0	0,139		0,139		-0,139	0,166
<b>22-23</b>	0	0,083		0,083		-0,083	0,083
<b>23-24</b>	0	0,083		0,083		-0,083	0,000
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>13,850</b>	<b>86,15</b>				



## Annexe (16) :

Tableau(II.19): Dimensionnement du réservoir R13 de la zone 13

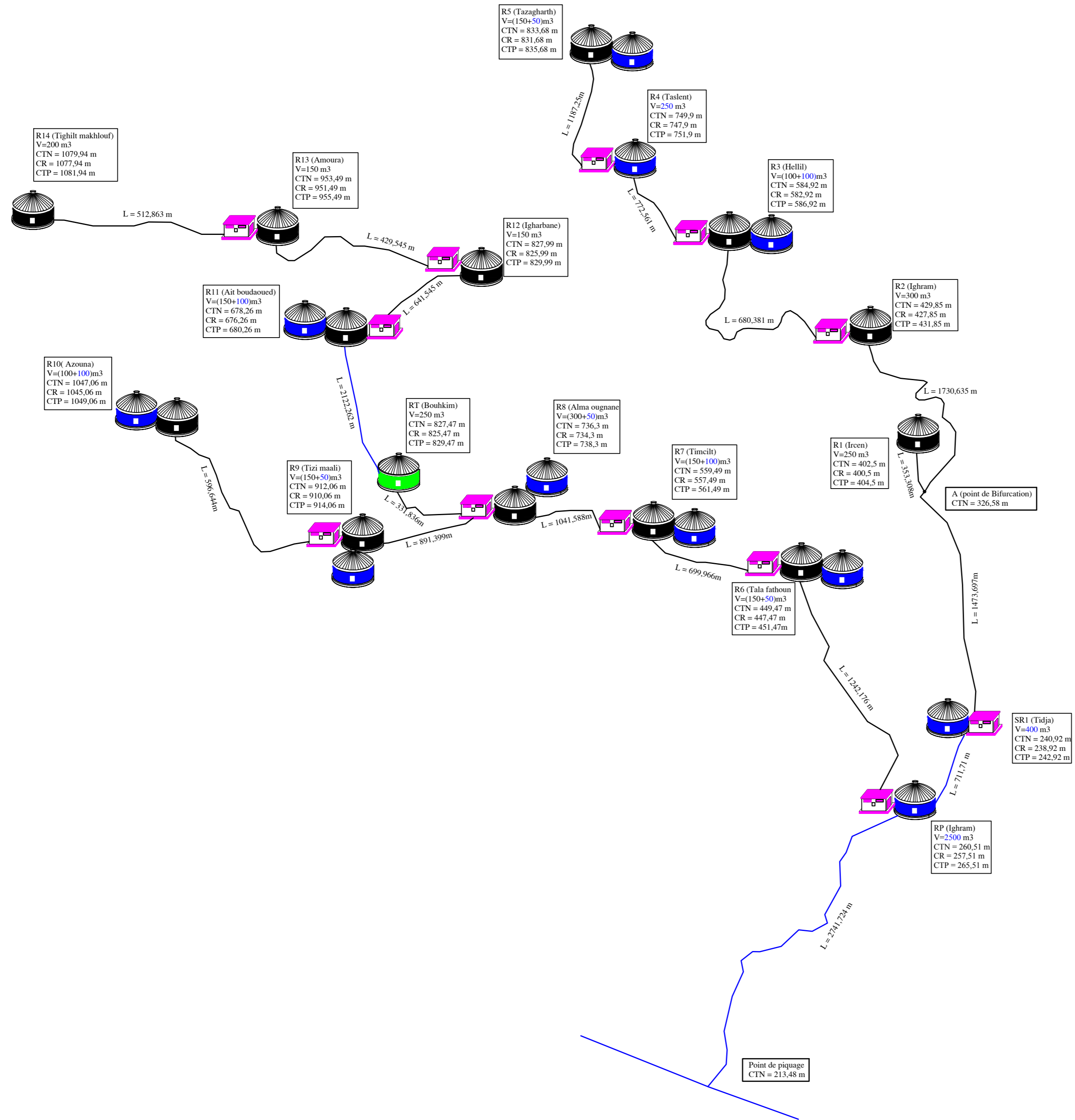
Heures	Apport (%)	Distribution (%)	Refolement (%)	Sortant (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	5	0,182	3,482	3,664	1,336		1,336
<b>1-2</b>	5	0,182	3,482	3,664	1,336		2,672
<b>2-3</b>	5	0,364	3,482	3,846	1,154		3,825
<b>3-4</b>	5	0,607	3,482	4,089	0,911		4,736
<b>4-5</b>	5	1,063	3,482	4,545	0,455		5,192
<b>5-6</b>	5	1,063	3,482	4,545	0,455		5,647
<b>6-7</b>	5	1,366	3,482	4,848	0,152		<b>5,799</b>
<b>7-8</b>	5	3,097	3,482	6,579		-1,579	4,220
<b>8-9</b>	5	2,672	3,482	6,154		-1,154	3,066
<b>9-10</b>	5	1,973	3,482	5,455		-0,455	2,611
<b>10-11</b>	5	1,245	3,482	4,727	0,273		2,884
<b>11-12</b>	5	1,245	3,482	4,727	0,273		3,157
<b>12-13</b>	5	1,063	3,482	4,545	0,455		3,613
<b>13-14</b>	5	1,063	3,482	4,545	0,455		4,068
<b>14-15</b>	5	1,427	3,482	4,909	0,091		4,159
<b>15-16</b>	5	1,882	3,482	5,364		-0,364	3,795
<b>16-17</b>	5	3,157	3,482	6,639		-1,639	2,156
<b>17-18</b>	5	2,854	3,482	6,336		-1,336	0,820
<b>18-19</b>	5	2,216	3,482	5,698		-0,698	0,121
<b>19-20</b>	5	0,486	3,482	3,968		1,032	1,154
<b>20-21</b>	0	0,486		0,486		-0,486	0,668
<b>21-22</b>	0	0,304		0,304		-0,304	0,364
<b>22-23</b>	0	0,182		0,182		-0,182	0,182
<b>23-24</b>	0	0,182		0,182		-0,182	0,000
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>30,360</b>	<b>69,64</b>				

## Annexe (17) :

Tableau(II.20): Dimensionnement du réservoir R14 de la zone 14

Heures	Apports (%)	distribution (%)	Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
<b>0-1</b>	5	0,6	4,4		4,4
<b>1-2</b>	5	0,6	4,4		8,8
<b>2-3</b>	5	1,2	3,8		12,6
<b>3-4</b>	5	2	3		15,6
<b>4-5</b>	5	3,5	1,5		17,1
<b>5-6</b>	5	3,5	1,5		18,6
<b>6-7</b>	5	4,5	0,5		<b>19,1</b>
<b>7-8</b>	5	10,2		-5,2	13,9
<b>8-9</b>	5	8,8		-3,8	10,1
<b>9-10</b>	5	6,5		-1,5	8,6
<b>10-11</b>	5	4,1	0,9		9,5
<b>11-12</b>	5	4,1	0,9		10,4
<b>12-13</b>	5	3,5	1,5		11,9
<b>13-14</b>	5	3,5	1,5		13,4
<b>14-15</b>	5	4,7	0,3		13,7
<b>15-16</b>	5	6,2		-1,2	12,5
<b>16-17</b>	5	10,4		-5,4	7,1
<b>17-18</b>	5	9,4		-4,4	2,7
<b>18-19</b>	5	7,3		-2,3	0,4
<b>19-20</b>	5	1,6		3,4	3,8
<b>20-21</b>	0	1,6		-1,6	2,2
<b>21-22</b>	0	1		-1	1,2
<b>22-23</b>	0	0,6		-0,6	0,6
<b>23-24</b>	0	0,6		-0,6	00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>			

# ANNEXE (18): SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA CHAINE D'ADDUCTION DE LA COMMUNE IGHRAM (W.BEJAIA)



## LEGENDE

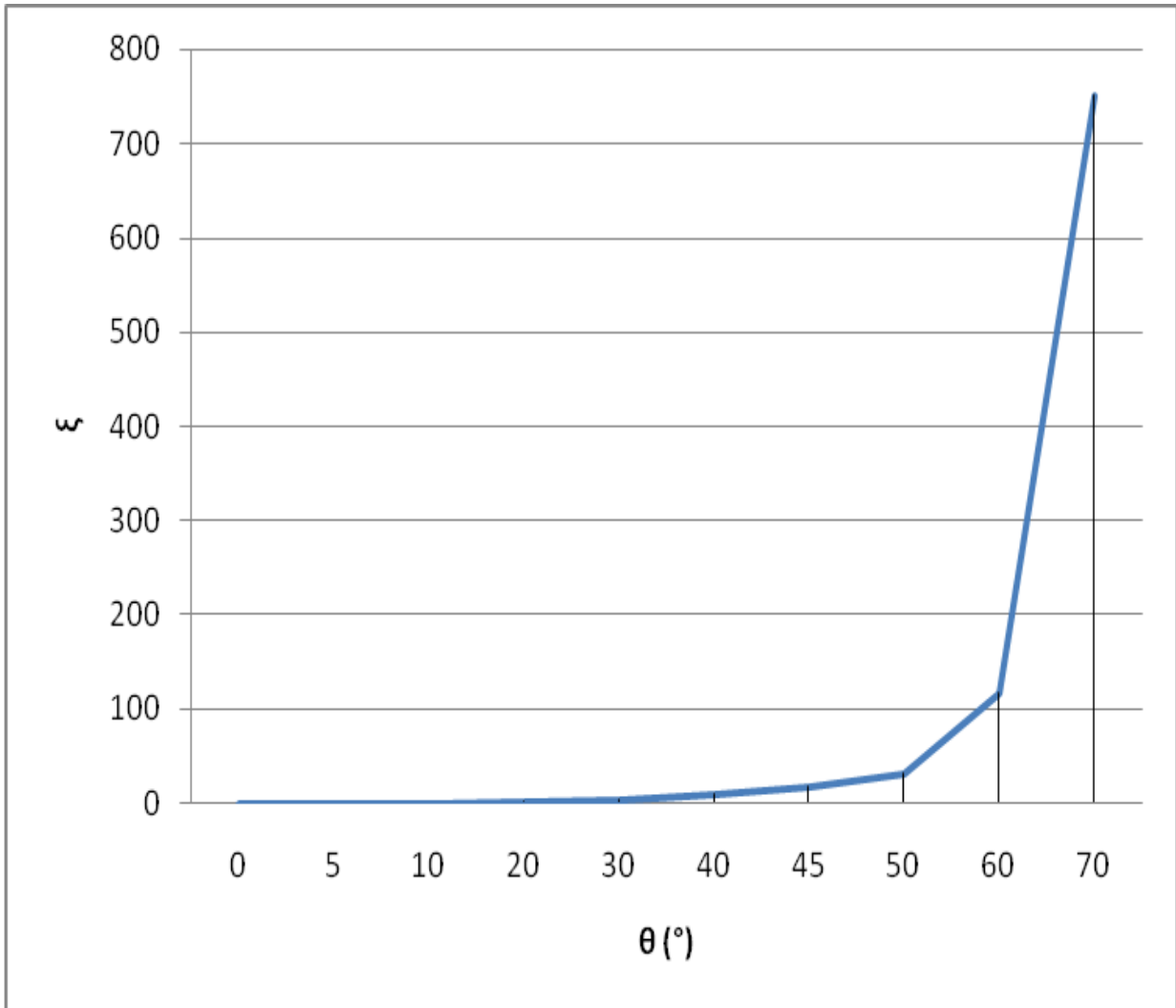
- Station de pompage projetée
- Réservoir existant
- Réservoir projeté
- Réservoir Tampon
- Conduite à écoulement par gravité
- Conduite à écoulement par refoulement

## Annexe (19) : Prix de revient des conduites

Type de conduite	Diamètre de la conduite (mm)	Epaisseur en (mm)	Prix de revient (DA)	PN (bar)
Fonte ductile	100	4,8	3 458,30	40
	125	4,8		40
	150	5	4 428,24	40
	200	5,4	5 663,86	40
	250	5,8	7 461,72	40
	300	6,2	8 948,09	40
	350	7	12 318,19	40
	400	7,8	14 136,10	40
	450	7,8	17 614,03	40
	500	7,8	19 617,93	40
	600	7,8	26 893,15	40
700	7,8	35 377,32	40	
<i>PEHD PN16</i>	25	3,0	56,20	16
	32	3,6	88,30	16
	40	4,5	136,47	16
	50	5,6	211,40	16
	63	7,1	337,16	16
	75	8,4	473,63	16
	90	8,2	571,69	16
	110	10,0	844,30	16
	125	11,4	1093,08	16
	160	14,6	1786,51	16
	200	18,2	2805,48	16
<i>PEHD PN20</i>	90	10,1	754,61	20
	110	12,3	1117,42	20
	125	14,0	1436,69	20
	160	17,9	2336,43	20
	200	22,4	3657,02	20
	250	27,9	5688,70	250
	315	35,2	8647,89	315

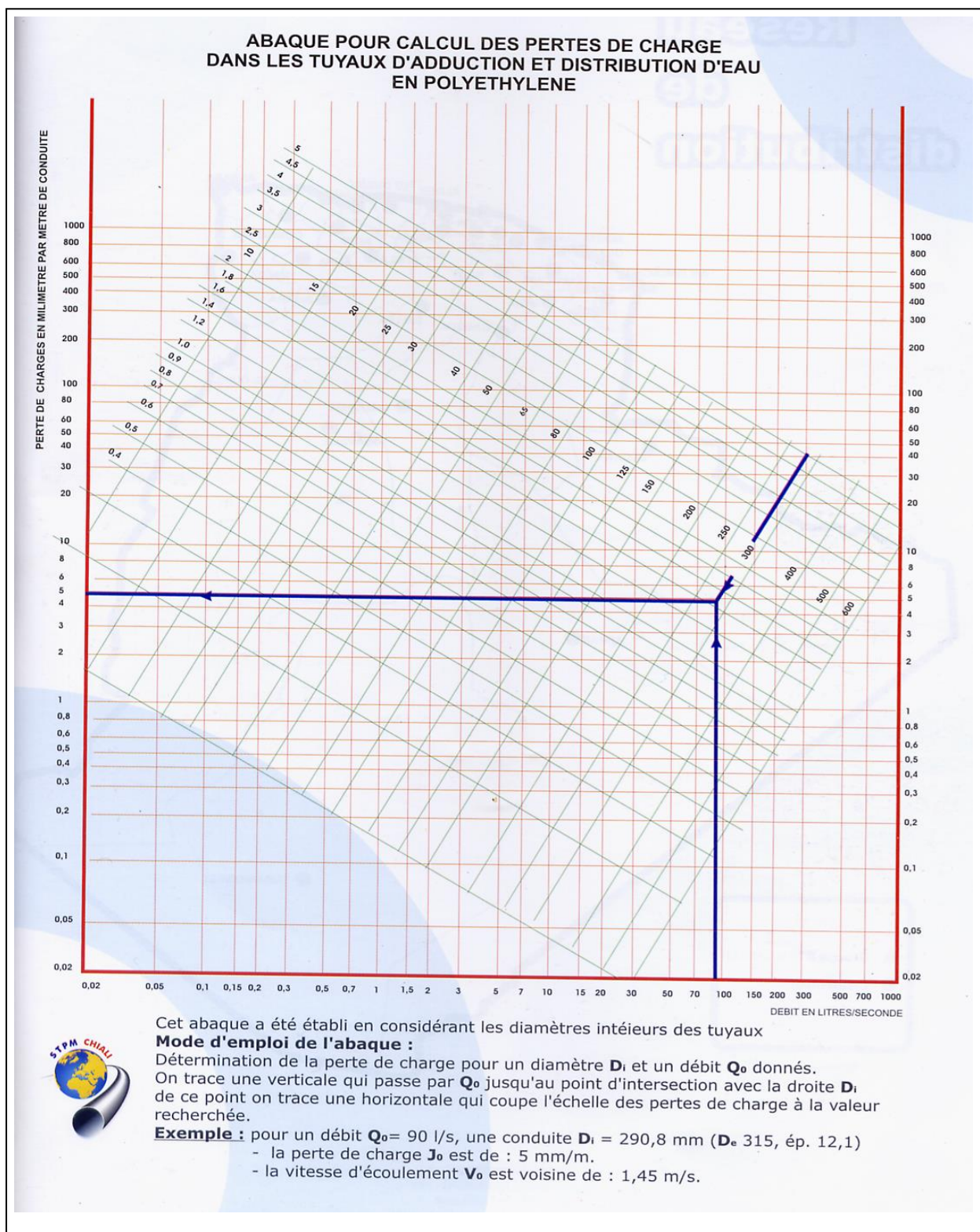
**Annexe (20)** : Evolution du coefficient de singularité  $\xi$  d'une vanne à papillon en fonction de son degré d'ouverture

Angle d'inclinaison du papillon $\theta$ (°)	0	5	10	20	30	40	45	50	60	70
$\xi$	0,25	0,25	0,52	1,54	3,91	10,8	18,7	32,6	118	751



*Représentation graphique de l'évolution du coefficient de singularité d'une vanne à papillon en fonction de son degré d'ouverture.*

## Annexe (21) : Abaque des pertes de charge pour les conduites en PEHD



Annexe (22) : Courbe caractéristique de la pompe du tronçon SR1- (R1- R2)



Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001

<b>PM 100/ 4 D</b>	
<b>Caractéristiques requises</b>	
Débit	24,7 l/s
Hauteur de refoulement	213 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	2

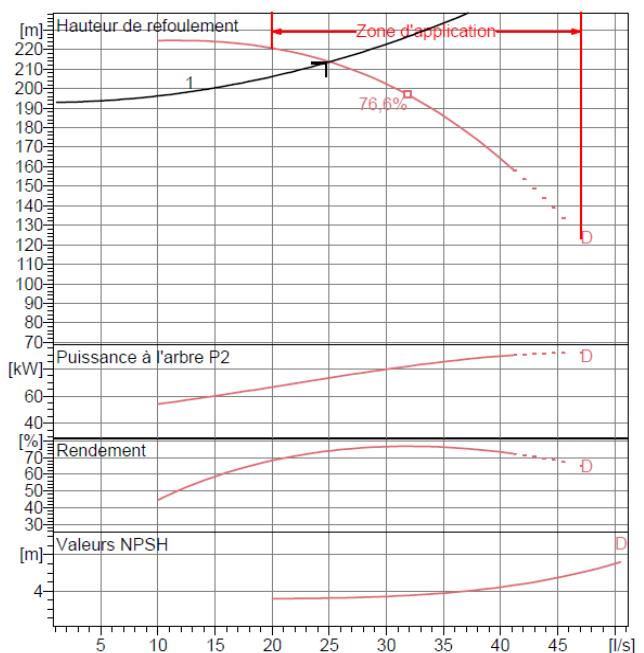
<b>Caractéristiques de la pompe</b>	
Débit	25 l/s
Hauteur de refoulement	214 m
Puissance absorbée	73,4 kW
Rendement	73,9%
Hauteur manométrique H(Q=0)	221 m
Orif. de refoulement	100 mm

<b>Caractéristiques moteur</b>	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	90 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

<b>Limites opérationnelles</b>	
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m³
Densité max.	998 kg/m³
Viscosité maxi.	1 mm²/s

<b>Caractéristiques générales</b>	
Poids	890 kg

<b>Matériaux</b>	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

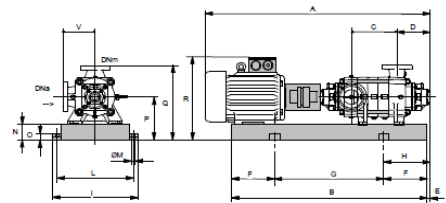


**Caractéristiques de fonctionnement** UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

- A = 2190
- B = 1565
- C = 320
- D = 293
- DNa = 125
- DNm = 100
- E = 200
- F = 250
- G = 1065
- H = 450
- I = 760
- L = 710
- M = 20
- N = 140
- O = 45
- P = 420
- Q = 690
- R = 860
- V = 270



Notes:

Date	Page	Offre n°	Pos.N°
06.06.2017	1		

## Annexe (23) : courbe caractéristique de la pompe du tronçon R2-R3

**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001**PM 100/ 11 C****Caractéristiques requises**

Débit	12,6 l/s
Hauteur de refoulement	167 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	2

**Caractéristiques de la pompe**

Débit	12,6 l/s
Hauteur de refoulement	167 m
Puissance absorbée	29,7 kW
Rendement	71,5%
Hauteur manométrique H(Q=0)	174 m
Orif. de refoulement	100 mm

**Caractéristiques moteur**

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	37 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

**Limites opérationnelles**

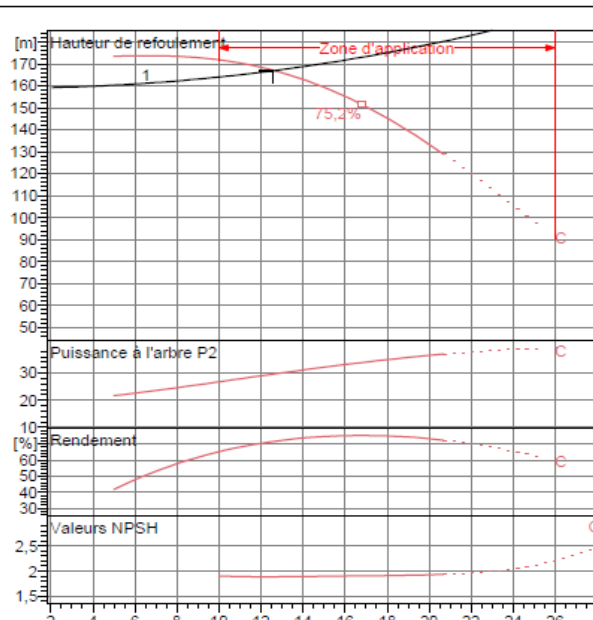
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

**Caractéristiques générales**

Poids	762 kg
-------	--------

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements à billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

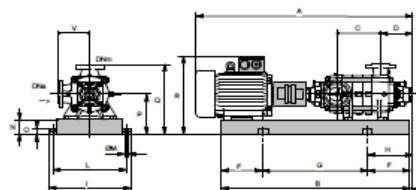
**Caractéristiques de fonctionnement**

UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

A = 2272  
B = 1957  
C = 845  
D = 293  
DNa = 125  
DNm = 100  
E = 210  
F = 300  
G = 1357  
H = 510  
I = 600  
L = 550  
M = 20  
N = 120  
O = 42  
P = 345  
Q = 615  
R = 620  
V = 270



Notes:

Date  
02.06.2017Page  
1

Offre n°

Pos.N°



## Annexe (24) : courbe caractéristique de la pompe du tronçon R3-R4

**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001**PM 100/ 9 A****Caractéristiques requises**

Débit	9,95 l/s
Hauteur de refoulement	175 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	2

**Caractéristiques de la pompe**

Débit	12,6 l/s
Hauteur de refoulement	178 m
Puissance absorbée	31,4 kW
Rendement	70,5%
Hauteur manométrique H(Q=0)	184 m
Orif. de refoulement	100 mm

**Caractéristiques moteur**

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	37 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

**Limites opérationnelles**

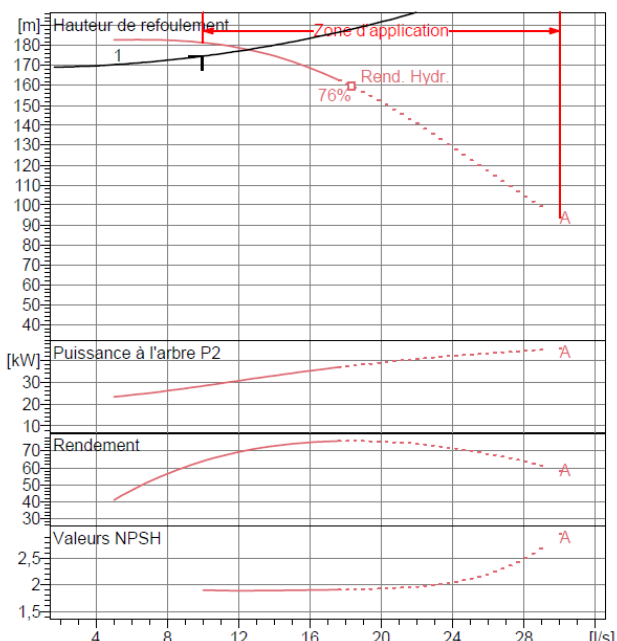
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

**Caractéristiques générales**

Poids	705 kg
-------	--------

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étagé	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

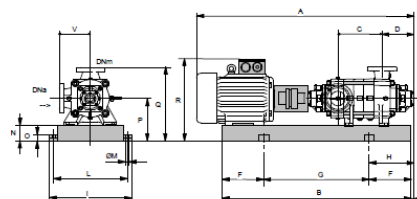
**Caractéristiques de fonctionnement**

UN/MISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

A = 2122  
 B = 1807  
 C = 695  
 D = 293  
 DNa = 125  
 DNm = 100  
 E = 210  
 F = 300  
 G = 1207  
 H = 510  
 I = 600  
 L = 550  
 M = 20  
 N = 120  
 O = 42  
 P = 345  
 Q = 615  
 R = 620  
 V = 270



Notes:

Date  
02.06.2017Page  
1

Offre n°

Pos.N°

## Annexe (25) : courbe caractéristique de la pompe du tronçon R4-R5

**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001**HMU40-1/ 5C****Caractéristiques requises**

Débit	4,06 l/s
Hauteur de refoulement	104 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	2

**Caractéristiques de la pompe**

Débit	4,53 l/s
Hauteur de refoulement	108 m
Puissance absorbée	7,16 kW
Rendement	66,7%
Hauteur manométrique H(Q=0)	130 m
Orif. de refoulement	40 mm

**Caractéristiques moteur**

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	9 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

**Limites opérationnelles**

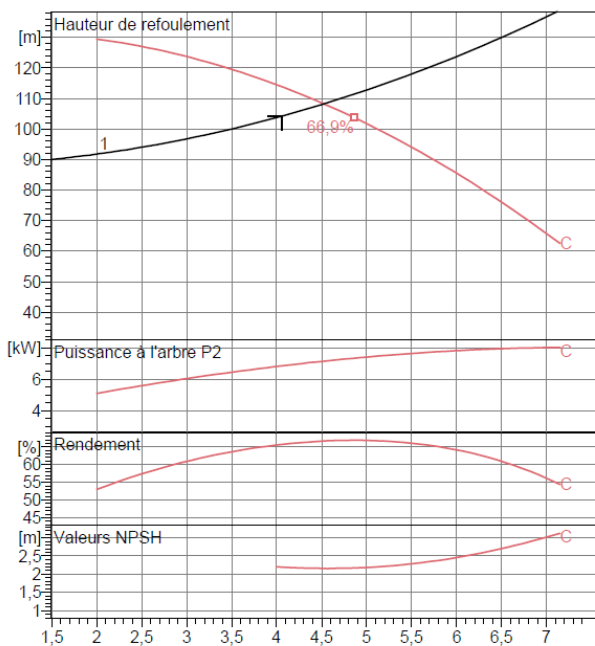
Démarrages / h max.	15
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

**Caractéristiques générales**

Poids	181 kg
-------	--------

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Alliage de cuivre
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

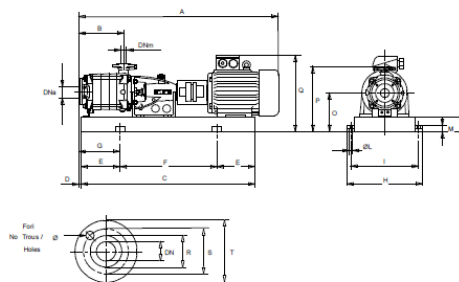
**Caractéristiques de fonctionnement**

UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

A = 1249
B = 351
C = 1148
D = 13
E = 200
F = 723
G = 213
H = 380
I = 340
L = 16
M = 38
N = 80
O = 240
P = 415
Q = 440



Notes:

Date  
02.06.2017Page  
1

Offre n°

Pos.N°

## Annexe (26) : courbe caractéristique de la pompe du tronçon RP-R6

**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
— ISO 9001 —**PM 125/ 8 A****Caractéristiques requises**

Débit	35,2 l/s
Hauteur de refoulement	203 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	2

**Caractéristiques de la pompe**

Débit	36,4 l/s
Hauteur de refoulement	204 m
Puissance absorbée	97,3 kW
Rendement	75%
Hauteur manométrique H(Q=0)	261 m
Orif. de refoulement	125 mm

**Caractéristiques moteur**

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	110 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

**Limites opérationnelles**

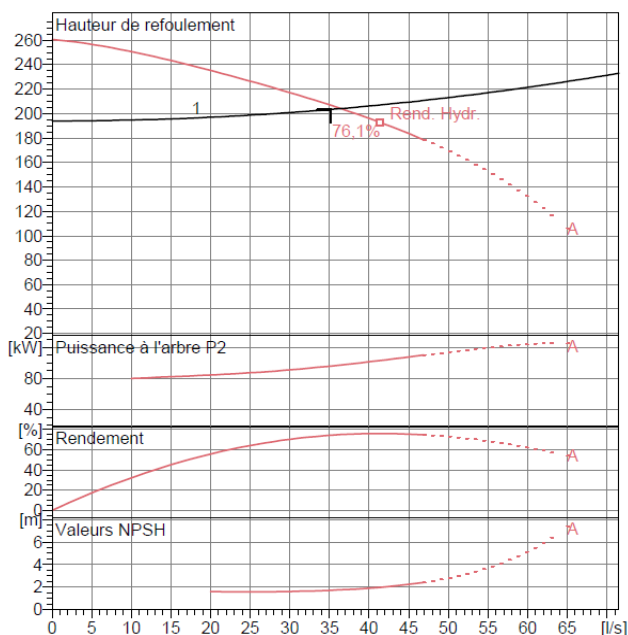
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

**Caractéristiques générales**

Poids	1590 kg
-------	---------

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements à billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

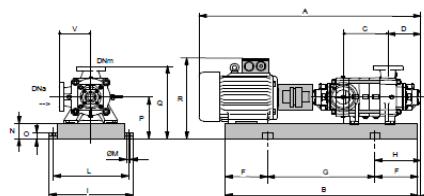
**Caractéristiques de fonctionnement**

UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

A = 2658  
 B = 2309  
 C = 845  
 D = 337  
 DNa = 150  
 DNm = 125  
 E = 234  
 F = 400  
 G = 1509  
 H = 634  
 I = 750  
 L = 700  
 M = 22  
 N = 160  
 O = 50  
 P = 420  
 Q = 740  
 R = 941  
 V = 320



Notes:

Date 02.06.2017	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

## Annexe (27) : courbe caractéristique de la pompe du tronçon R6-R7

**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001**PM 100/ 3 E****Caractéristiques requises**

Débit	31,7 l/s
Hauteur de refoulement	118 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	2

**Caractéristiques de la pompe**

Débit	33,7 l/s
Hauteur de refoulement	119 m
Puissance absorbée	52 kW
Rendement	75%
Hauteur manométrique H(Q=0)	142 m
Orif. de refoulement	100 mm

**Caractéristiques moteur**

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	75 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

**Limites opérationnelles**

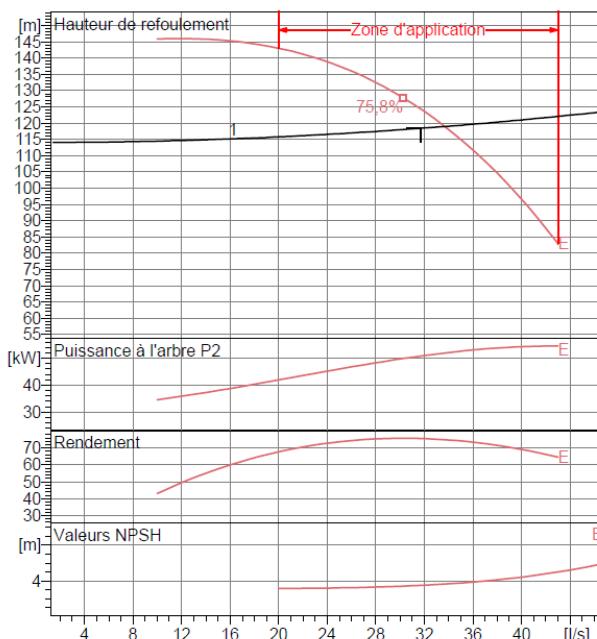
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

**Caractéristiques générales**

Poids	782 kg
-------	--------

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

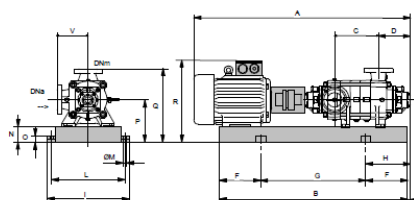
**Caractéristiques de fonctionnement**

UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

A = 2115  
B = 1490  
C = 245  
D = 293  
DNa = 125  
DNm = 100  
E = 200  
F = 250  
G = 990  
H = 450  
I = 670  
L = 620  
M = 20  
N = 140  
O = 45  
P = 420  
Q = 690  
R = 860  
V = 270



Notes:

Date 02.06.2017	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

## Annexe (28) : courbe caractéristique de la pompe du tronçon R7-R8

**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001**PM 80/ 4 A****Caractéristiques requises**

Débit	26,5 l/s
Hauteur de refoulement	185 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	2

**Caractéristiques de la pompe**

Débit	26,5 l/s
Hauteur de refoulement	185 m
Puissance absorbée	62,4 kW
Rendement	75,5%
Hauteur manométrique H(Q=0)	242 m
Orif. de refoulement	80 mm

**Caractéristiques moteur**

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	75 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

**Limites opérationnelles**

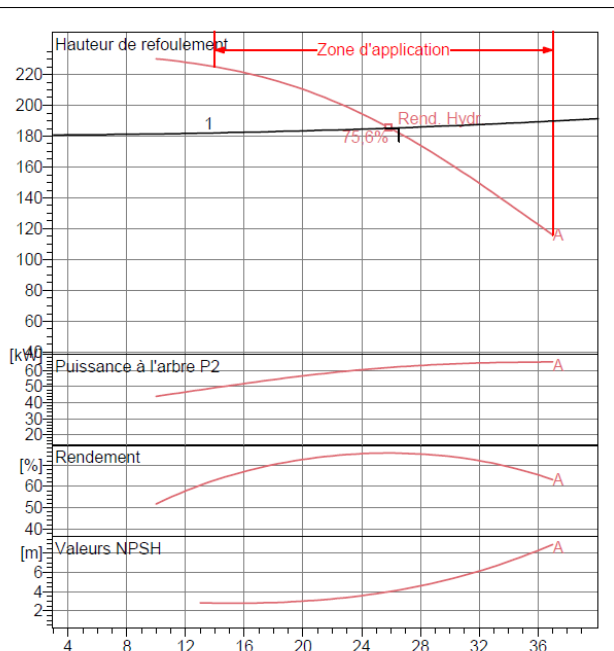
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

**Caractéristiques générales**

Poids	758 kg
-------	--------

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

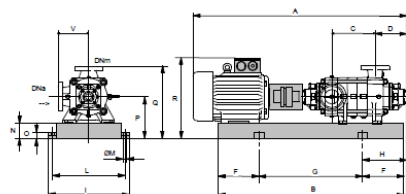
**Caractéristiques de fonctionnement**

UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]
14	225	49,3	62,8	2,8

**Dimensions mm**

A = 1873  
 B = 1546  
 C = 310  
 D = 274  
 DNa = 100  
 DNm = 80  
 E = 185  
 F = 250  
 G = 1046  
 H = 435  
 I = 670  
 L = 620  
 M = 20  
 N = 140  
 O = 45  
 P = 420  
 Q = 665  
 R = 836  
 V = 245



Notes:

Date 02.06.2017	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

## Annexe (29) : courbe caractéristique de la pompe du tronçon R8-R9

**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001**HMU40-2/ 7B****Caractéristiques requises**

Débit	6,98 l/s
Hauteur de refoulement	190 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	2

**Caractéristiques de la pompe**

Débit	7,45 l/s
Hauteur de refoulement	191 m
Puissance absorbée	19,5 kW
Rendement	70,9%
Hauteur manométrique H(Q=0)	227 m
Orif. de refoulement	40 mm

**Caractéristiques moteur**

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	22 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

**Limites opérationnelles**

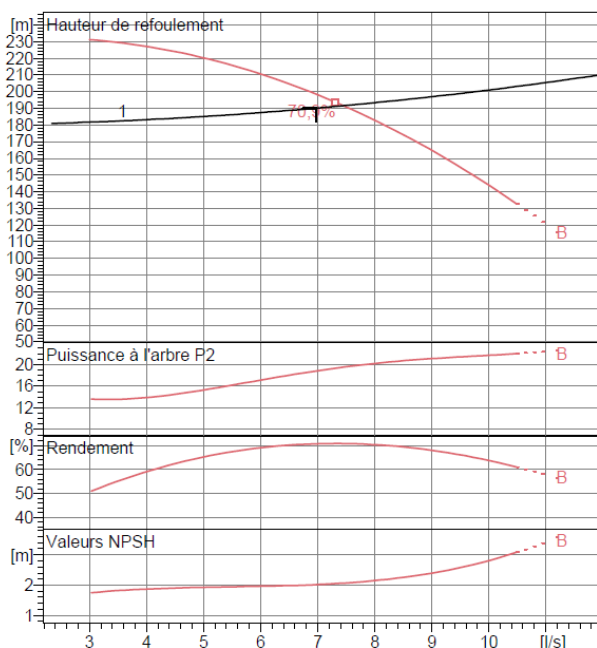
Démarrages / h max.	10
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

**Caractéristiques générales**

Poids	336 kg
-------	--------

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Alliage de cuivre
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Roulements à billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

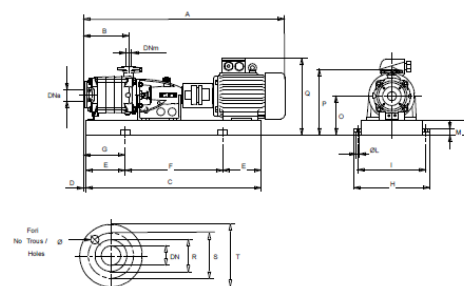
**Caractéristiques de fonctionnement**

UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

A = 1565  
B = 453  
C = 1389  
D = 13  
E = 250  
F = 889  
G = 263  
H = 480  
I = 430  
L = 20  
M = 42  
N = 100  
O = 280  
P = 455  
Q = 544



Notes:

Date 03.06.2017	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

## Annexe (30) : courbe caractéristique de la pompe du tronçon R8-RT

**caprari**

Modena - Italy

**COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001**
**HMU40-2/ 4C****Caractéristiques requises**

Débit	6,89 l/s
Hauteur de refoulement	99,7 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	2

**Caractéristiques de la pompe**

Débit	7,41 l/s
Hauteur de refoulement	100 m
Puissance absorbée	10,4 kW
Rendement	70,5%
Hauteur manométrique H(Q=0)	113 m
Orif. de refoulement	40 mm

**Caractéristiques moteur**

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	11 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

**Limites opérationnelles**

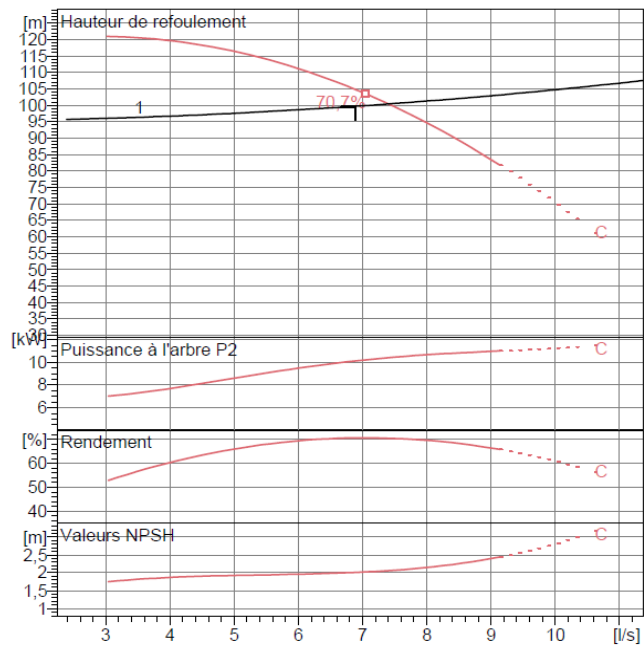
Démarrages / h max.	10
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

**Caractéristiques générales**

Poids	226 kg
-------	--------

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Alliage de cuivre
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

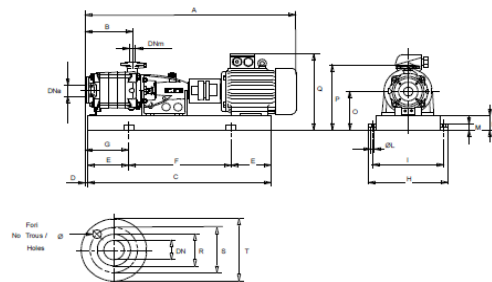
**Caractéristiques de fonctionnement**

UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

A = 1309
B = 300
C = 860
D = 344
E = 150
F = 560
G = 494
H = 430
I = 390
L = 16
M = 38
N = 80
O = 240
P = 415
Q = 490



Notes:

Date 04.06.2017	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

## Annexe (31) : courbe caractéristique de la pompe du tronçon R9-R10

**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
== ISO 9001 ==**HMU40-1/ 6C****Caractéristiques requises**

Débit	3,37 l/s
Hauteur de refoulement	145 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	2

**Caractéristiques de la pompe**

Débit	3,37 l/s
Hauteur de refoulement	145 m
Puissance absorbée	7,62 kW
Rendement	63%
Hauteur manométrique H(Q=0)	156 m
Orif. de refoulement	40 mm

**Caractéristiques moteur**

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	9 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

**Limites opérationnelles**

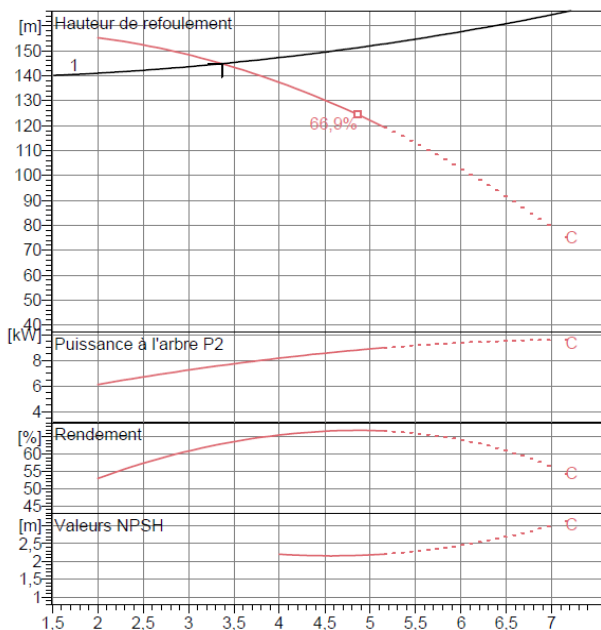
Démarrages / h max.	15
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

**Caractéristiques générales**

Poids	189 kg
-------	--------

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Alliage de cuivre
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

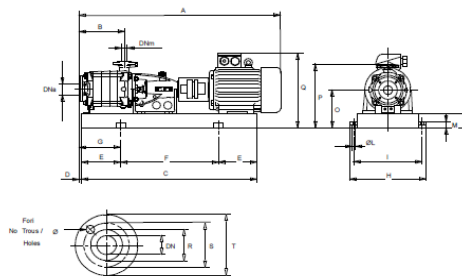
**Caractéristiques de fonctionnement**

UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

A = 1300
B = 402
C = 1199
D = 13
E = 200
F = 799
G = 213
H = 380
I = 340
L = 16
M = 38
N = 80
O = 240
P = 415
Q = 440



Notes:

Date  
03.06.2017Page  
1

Offre n°

Pos.N°



## Annexe (32) : courbe caractéristique de la pompe du tronçon R11-R12

**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001**HMU40-2/ 6C****Caractéristiques requises**

Débit	6,5 l/s
Hauteur de refoulement	160 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	2

**Caractéristiques de la pompe**

Débit	6,61 l/s
Hauteur de refoulement	160 m
Puissance absorbée	14,9 kW
Rendement	70,5%
Hauteur manométrique H(Q=0)	169 m
Orif. de refoulement	40 mm

**Caractéristiques moteur**

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	18,5 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

**Limites opérationnelles**

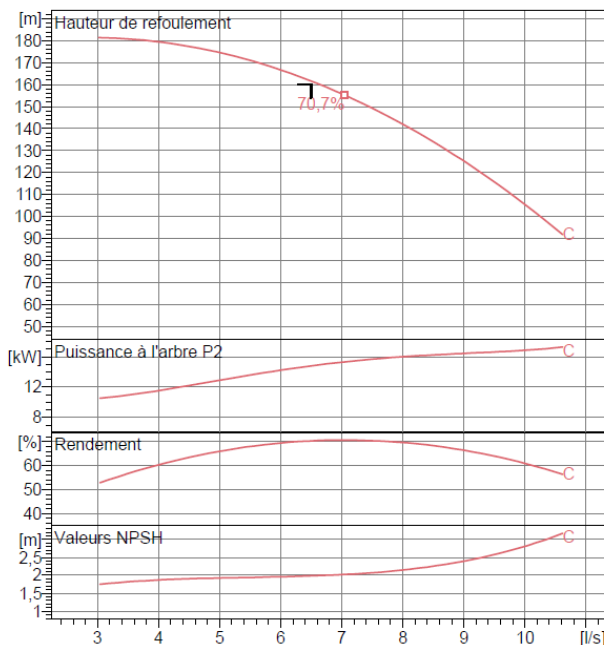
Démarrages / h max.	10
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

**Caractéristiques générales**

Poids	283 kg
-------	--------

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Alliage de cuivre
Corps d'étagé	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

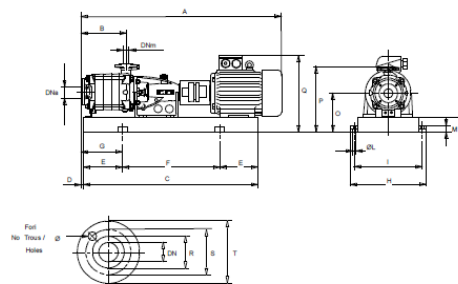
**Caractéristiques de fonctionnement**

UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

A = 1471
B = 402
C = 1303
D = 13
E = 200
F = 903
G = 213
H = 430
I = 390
L = 16
M = 38
N = 80
O = 240
P = 415
Q = 490



Notes:

Date  
03.06.2017Page  
1

Offre n°

Pos.N°

## Annexe (33) : courbe caractéristique de la pompe du tronçon R12-R13

**caprari**

Modena - Italy

**COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001**
**HMU40-2/ 5B****Caractéristiques requises**

Débit	5,6 l/s
Hauteur de refoulement	134 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	2

**Caractéristiques de la pompe**

Débit	7,46 l/s
Hauteur de refoulement	137 m
Puissance absorbée	13,9 kW
Rendement	70,9%
Hauteur manométrique H(Q=0)	162 m
Orif. de refoulement	40 mm

**Caractéristiques moteur**

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	15 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

**Limites opérationnelles**

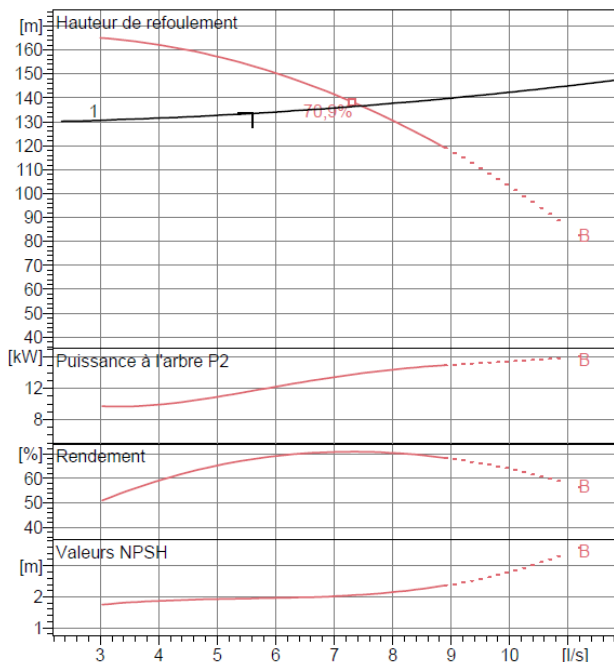
Démarrages / h max.	10
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

**Caractéristiques générales**

Poids	261 kg
-------	--------

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Alliage de cuivre
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

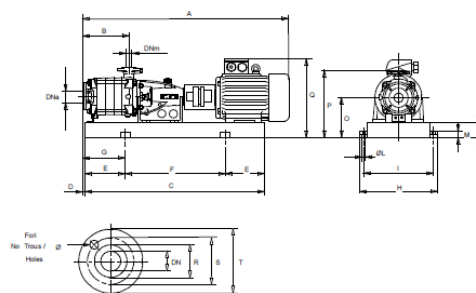
**Caractéristiques de fonctionnement**

UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

A = 1360  
 B = 351  
 C = 1207  
 D = 13  
 E = 200  
 F = 807  
 G = 213  
 H = 430  
 I = 390  
 L = 16  
 M = 38  
 N = 80  
 O = 240  
 P = 415  
 Q = 490



Notes:

 Date  
 03.06.2017

 Page  
 1

Offre n°

Pos.N°

Annexe (34) : courbe caractéristique de la pompe du tronçon R13-R14



Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001

**HMU40-2/ 6E**

**Caractéristiques requises**

Débit	3,9 l/s
Hauteur de refoulement	137 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	2

**Caractéristiques de la pompe**

Débit	5,05 l/s
Hauteur de refoulement	142 m
Puissance absorbée	10,5 kW
Rendement	66,6%
Hauteur manométrique H(Q=0)	147 m
Orif. de refoulement	40 mm

**Caractéristiques moteur**

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	18,5 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

**Limites opérationnelles**

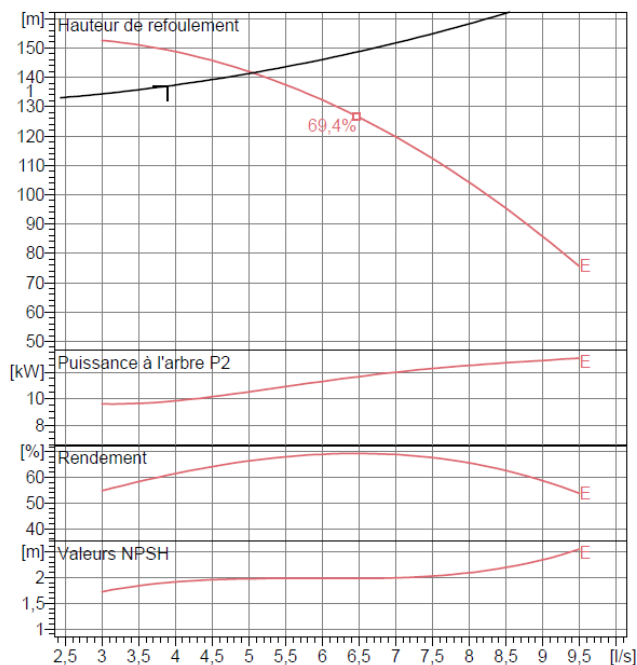
Démarrages / h max.	10
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

**Caractéristiques générales**

Poids	283 kg
-------	--------

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Alliage de cuivre
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



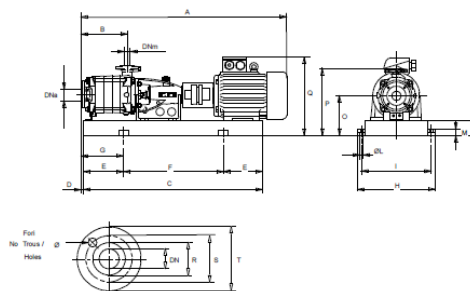
**Caractéristiques de fonctionnement**

UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

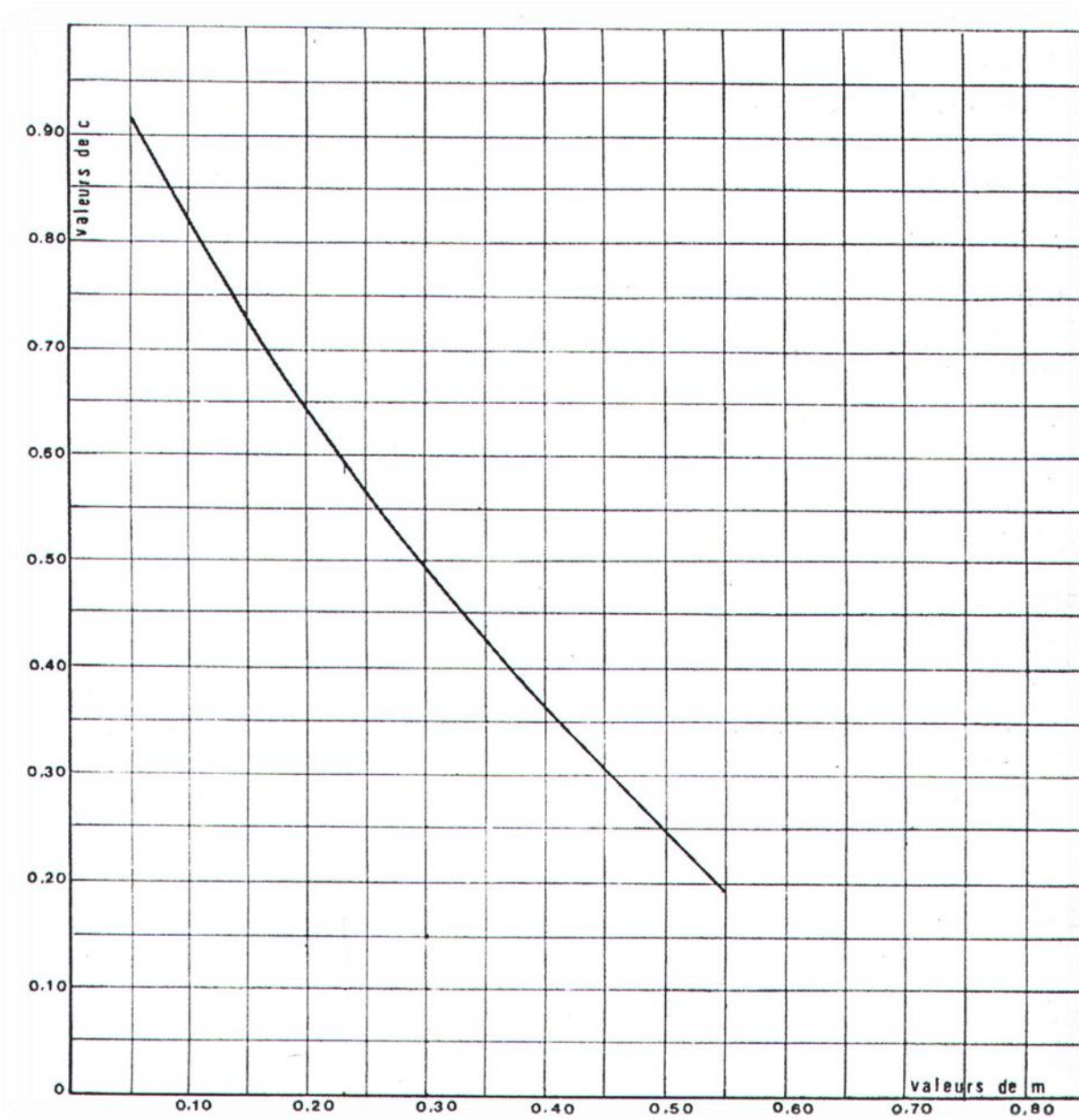
**Dimensions mm**

- A = 1471
- B = 402
- C = 1303
- D = 13
- E = 200
- F = 903
- G = 213
- H = 430
- I = 390
- L = 16
- M = 38
- N = 80
- O = 240
- P = 415
- Q = 490



Notes:

Date 03.06.2017	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

*Annexe (35) : Coefficient de perte de charge c dans une tuyère*

## RESUME

Dans le présent mémoire, nous avons fait une étude de la chaine d'adduction de la commune d'Ighram (Wilaya de Bejaia) à partir d'un point de piquage de la conduite du transfert barrage de Tichy-Haf - Tazmalt sur un horizon projeté de 30 ans.

Après avoir présenté le site du projet, nous avons entamé le calcul des besoins en eau des différentes catégories d'usage qui émergent les différents débits.

Ensuite, nous avons dimensionné les réservoirs suivant le régime de consommation des agglomérations, ces derniers ont été équipés en fontainerie nécessaire, suivi d'une étude technico-économique de l'adduction sur un linéaire de 18,16Km, et nous avons fait le choix des pompes adéquates pour chaque station de pompage.

Dans le but de protéger la chaine de refoulement contre le phénomène du coup de bélier, nous avons préconisé des réservoirs d'air.

**Mots clés :** Adduction ; Gravitaire ; Refoulement ; Ighram ; CAPRARI ; Coup de bélier ; Réservoirs d'air.

## Abstract

In this specification, we made a study of the supply chain of the common Ighram (Wilaya of Bejaia) from a tapping point for managing the shipment dam Tichy Haf – Tazmalt on a project horizon 30 years.

After presenting the project site, we began calculating the water needs of different categories of use that emerges different rate

Then sized reservoirs following the consumption pattern of settlements, they were equipped with sprinkled required, followed by a technical and economic study of the supply from the tapping point on a linear total of 18,16 KM, and we made the selection of appropriate pumps each pumping station.

In order to protect the discharge pips against the phenomenon of water hammer, we advocated air tanks.

**Keywords:** Water supply; Gravity; upsetting; pumps; CAPRARI; Water hammer; Air tanks.

## ملخص

في هذه الأطروحة تطرقنا لدراسة حول شبكة سحب مياه الصالحة للشرب لبلدية إغرام (ولاية بجاية) عن طريق اتصال في خط إمداد تحويل من سد تيشي حافت-تازمالت للسنوات الثلاثين القادمة.

بعدها قمنا بتمثيل المشروع، تطرقنا إلى حساب احتياجات سكان البلدية، ثم انتقلنا إلى تصميم خزانات المياه وفقا لنظام استهلاك المواطنين، متبعين بدراسة تقنية و اقتصادية حول خط السحب الكلي المقدر بـ 18,16 كم، كما قمنا باختيار مضخات ملائمة لكل محطة ضخ مياه وقمنا بدراسة حول ظاهرة المطرقة المائية.

**كلمات المفاتيح :** سحب، إغرام، مطرقة مائية، خزانات هوائية.