

**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté de Génie de la Construction**  
**Département de Génie Civil**



# Mémoire de fin d'étude

**En vue de l'obtention du diplôme Master académique  
en génie civil**

**Option : Ouvrages Hydrauliques**

## **Thème**

**Etude de renforcement de l'alimentation  
en eau potable du village IMZIZOU**

**Présenté par :**

**Melle ARAB Lamia**

**Encadré par :**

**Mr GABI Smail**

**M<sub>me</sub> BOUZELHA Karima**

**Promotion : 2021/2022**

# Remerciement

*Avant tout, je tiens à remercier mon promoteur Mr S. GABI ET Ma co-promotrice M<sup>elle</sup> K.BOUZELHA pour m'avoir encadrer, guider et accompagner dans ce travail pour leur compréhension et leurs précieux conseils.*

*Je témoigne ma reconnaissance aussi à tous les enseignants du département génie civile qui ont participé à ma formation.*

*Comme je remercie Mr A.DAHOUMEN de m'avoir proposé ce thème, pour son aide au sein de la subdivision d'Hydraulique d'AZAZGA, ainsi que tout le personnel de la subdivision d'Algérienne des eaux d'AZAZGA pour leurs aides.*

*Mes remerciements sont destinés aussi aux membres du jury Mr ZAMMOUM ainsi que Mr AMOUR de m'avoir fait l'honneur d'examiner mon travail.*

*Sans oublier tous mes amis (es).*

*Lamia ARAB*



## *Dédicace*

*Je dédie ce travail à l'âme de mon chère père que Dieu l'accueille dans son vaste paradis, et à ma chère mère que Dieu la protège.*

*A mes chères sœurs Malha, Lila, Lydia et spécialement pour KENZA et son mari Mourad ainsi mon neveu Elyane*

*A mes chers frères Khelaf, Mouhand, Atman, Kamel et Hakim*

*A tout les membres de ma famille*

*A tous mes amis (es) particulièrement Farid, Salah, Sonia, Ghnima et Lydia*

*Et à tous ceux que j'estime beaucoup.*

**Liste des figures**

**Listes des tableaux**

**Listes des symboles**

**Introduction générale**

**Chapitre 1**

**Présentation de la zone d'étude**

Introduction .....	1
1.1 Situation géographique .....	1
1.2 Cadre géologique locale .....	1
1.3 Cadre géologique régional .....	2
1.4 Situation topographique.....	2
1.5 Situation hydrographique .....	3
1.6 Situation climatologique .....	3
1.7 Le bilan hydraulique.....	6
Conclusion .....	7

**Chapitre 2**

**Estimation des besoins en eau**

Introduction .....	8
2.1 Situation démographique en 2008 .....	8
2.2 Situation démographique future .....	8
2.3 Estimation des besoins en eau de la population .....	9
2.4 La consommation moyenne journalière .....	10
2.5 Variation de la consommation .....	12
2.5.1 Consommation maximale journalière .....	12
2.5.2 Consommation minimale journalière .....	12
2.6 Consommation maximale horaire (débit de pointe) .....	13
Conclusion.....	14

**Chapitre 3**

**Dimensionnement de réservoir**

Introduction .....	16
3.1 Rôle du réservoir et implantation .....	16
3.2 Capacité de réservoir .....	17
3.2.1 Méthode graphique.....	17
3.2.2 Méthode analytique .....	18
3.3 Dimensionnement du réservoir d'étude.....	19

3.3.1 Capacité du réservoir .....	19
3.3.2 Calcul des dimensions de réservoir à projeté .....	22
Conclusion .....	23

## **Chapitre 4**

### **Etude Adduction**

Introduction .....	24
4.1 Topologie des systèmes d'adduction .....	24
4.2 Choix du tracé .....	25
4.3 Choix du type de conduite d'adduction .....	25
4.4 Les équipements du système d'adduction .....	26
4.5 Etude technico-économique des conduites .....	27
4.6 Description du schéma de l'adduction .....	30
4.7 Dimensionnement de l'adduction .....	31
Conclusion .....	34

## **Chapitre 5**

### **Etude et choix de pompe**

Introduction .....	35
5.1 Définition d'une pompe .....	35
5.2 Courbes caractéristiques d'une pompe .....	35
5.3 Caractéristiques d'une conduite .....	36
5.4 Caractéristiques hydrauliques d'une pompe centrifuge .....	36
5.5 Couplage des pompes .....	37
5.6 Point de fonctionnement de la pompe .....	38
5.7 Etude de la cavitation .....	39
5.8 Etude et choix de pompe du projet .....	40
Conclusion .....	41

## **Chapitre 6**

### **Coup de bélier**

Introduction .....	45
6.1 Les principales causes du phénomène .....	45
6.2 Conséquences du coup de bélier .....	45
6.3 Moyens de protection contre le coup de bélier .....	45

6.4 Application au cas d'étude .....	48
Conclusion .....	52

**Conclusion générale**

**Références bibliographique**

**Annexes**

## Chapitre 1

### Présentation de la zone d'étude.

Figure 1.1 : Localisation géographique de la zone d'étude (MAPCARTA).....	1
Figure 1.2 : Différentes altitudes de village IMZIZOU.....	3
Figure 1.3 : Courbes des températures moyennes enregistrées dans la période (2014-2021)....	4
Figure 1.4: Précipitations moyennes et annuelles de la période (2014-2021).....	5
Figure 1.5 : Diagramme Ombrothermique .....	6
Figure 1.6 : Schéma synoptique de l'alimentation en eau potable de zone côtière de Tizi-Ouzou .....	6

## Chapitre 2

### Estimation des besoins en eau

Figure 2-1: Evolution de la population durant la période 2008-2052 .....	9
--	---

## Chapitre 3

### Dimensionnement de Réservoir

Figure3.1: Emplacement du réservoir en altitude.....	16
Figure 3.2: Capacité du réservoir- méthode graphique .....	17
Figure3.3 : capacité du réservoir en adduction continue .....	19
Figure 3.4 : La capacité du réservoir IMZIZOU. ....	21

## Chapitre 4

### Etude d'adduction

Figure 4.1 : Adduction gravitaire.....	24
Figure 4.2 : Adduction par refoulement. ....	24
Figure 4.3: Adduction refoulement-gravitaire.....	25
Figure 4.4 : Les tuyaux en PEHD.....	26

## Chapitre 5

### Etude et choix de pompe

Figure 5.1 : Courbes caractéristiques des pompes.....	36
Figure 5.2 : Couplage de pompes en série.....	37
Figure 5.3 : Couplage de pompes en parallèle. ....	38
Figure 5.4 : Graphe des courbes NPSH.....	39

Figure 5.5 : Introduction des données. ....	40
Figure 5.6 : Courbe caractéristique de la pompe par CAPRARI.....	41
Figure 5.7 : Détermination du point de fonctionnement de la pompe. ....	43

## **Chapitre 6**

### **Coup de bélier**

Figure 6.1 : Volant d'inertie .....	46
Figure 6.2 : Soupape de décharge.....	46
Figure 6.3 : Cheminée d'équilibre .....	47
Figure 6.4 : Réservoir d'air.....	47
Figure 6.5 : le profil de la conduite. ....	49
Figure 6.6 : Graphe Peuch et Meunier pour la conduite de refoulement. ....	50

## Chapitre 1

### Présentation de la zone d'étude

Tableau 1.1 : Températures moyennes mensuelles (en °C), période (2014 à 2021).....	3
Tableau 1.2 : Précipitations moyennes et annuelles de la période (2014-2021). ....	4
Tableau 1.3 : Températures et pluviométries de la commune de FREHA (2014-2021).....	5

## Chapitre 2

### Estimation des besoins en eau

Tableau 2.1 : Population (RGPH 2008) et les équipements existants. ....	8
Tableau 2.2 : Evaluation de la population aux différents horizons. ....	9
Tableau 2.3 : Besoins 2008 de village IMZIZOU.....	10
Tableau 2.4 : Besoins 2008 de village NEZLA.....	10
Tableau 2.5 : Evolution des besoins IMZIZOU aux différents horizons. ....	11
Tableau 2.6 : Evolution des besoins NEZLA aux différents horizons. ....	11
Tableau 2.7 : Estimation des besoins globaux pour les horizons considérés.....	11
Tableau 2.8 : Estimation des besoins globaux pour les horizons considérés tenant comptes des pertes.....	11
Tableau 2.9 : Calcul des consommations maximales et minimales journalières à l'horizon 2052. ....	13
Tableau 2.10: Les valeurs de $\beta_{max}$ en fonction de nombre d'habitants. ....	13
Tableau 2.11: Les valeurs de $\beta_{max}$ et de $K_{max}.h$ pour chaque commune.....	14
Tableau 2.12 : Les valeurs de la consommation moyenne horaire.....	14
Tableau 2.13 : Les valeurs de la consommation maximale horaire.....	14

## Chapitre 3

### Dimensionnement de réservoir

Tableau 3.1 : Capacité théorique en adduction continue.....	18
Tableau 3.2 : Valeurs des débits moyennes horaires.....	20
Tableau 3.3 : Calcul de la capacité du réservoir IMZIZOU.....	20

## **Chapitre 4**

### **Etude Adduction**

Tableau 4.1 : Les caractéristiques du tronçon d'adduction par refoulement.....	31
Tableau 4.2 : Calcul de la Hmt.....	31
Tableau 4.3: Calcul des frais d'exploitation.....	32
Tableau 4.4 : Calcul des frais d'amortissement.....	32
Tableau 4.5 : Calcul des Bilans.....	32
Tableau 4.6 : Calcul de pression nominal.....	32
Tableau 4.7 : Récapitulatif d'études de dimensionnement d'adduction.....	33

## **Chapitre 5**

### **Etude et choix de pompe**

Tableau 5.1 : Tension de vapeur d'eau pompée en fonction de la température.....	40
Tableau 5.2 Caractéristique de la pompe.....	40

## **Chapitre 6**

### **Coup de bélier**

Tableau 6.1 : caractéristique de la conduite.....	48
Tableau 6.2 : Les caractéristiques du le profil de la conduite.....	49
Tableau 6.3 : Récapitulatif des résultats de la conduite.....	52

- A** : coefficient d'annuité ;
- Aep** : alimentation en eau potable ;
- ANRH** : agence nationale des ressources hydriques.
- B** : la valeur du coup de bélier (m) ;
- D** : diamètre (m) ;
- Dn** : diamètre normalisé (mm);
- Dot** : dotation journalière (l/j/hab.) ;
- E** : énergie consommée par la pompe (kwh) ;
- E** : épaisseur de la conduite (m) ;
- ε** : rugosité de service ; m/ans;
- Famor** : les frais d'amortissement (DA) ;
- Fexp** : les frais d'exploitation (DA) ;
- g** : accélération de la pesanteur ( $g= 9,81 \text{ m/s}^2$ ) ;
- H** : hauteur (m) ;
- H<sub>0</sub>** : pression absolue de la conduite ;
- Hg** : hauteur géométrique qui correspond à la différence de niveau(m) ;
- Hmt** : hauteur manométrique (m) ;
- I** : taux d'annuité (égale à 8 %) ;
- J** : pertes de charge linéaires (m) ;
- J** : pertes de charge unitaire (m) ;
- J'** : pertes de charge singulières (m) ;
- Jasp** : pertes de charge à l'aspiration en (m) ;
- K** : coefficient dépendant de la nature de la conduite ;
- Kmax h** : coefficient d'irrégularité horaire maximum ;
- Kmaxj** : coefficient d'irrégularité journalière maximum ;
- L** : longueur de la conduite (m) ;
- N** : la vitesse de rotation (tr/min) ;
- n** : nombre d'années séparent l'année de référence de l'horizon voulu ;
- NPSH<sub>d</sub>** : charge nette disponible à l'aspiration de la pompe ;
- NPSH<sub>r</sub>** : charge nette requise à l'aspiration de la pompe ;
- P.D.A.U** : plan directeur d'aménagement et d'urbanisme
- P<sub>0</sub>** : population de l'année actuelle ou de référence ;
- Pa** : puissance absorbée par la pompe en (kw)
- Pn** : population à l'horizon d'étude ;

- Puc**: prix par mètre linéaire de la conduite (DA) ;
- Qmax j** : débit maximal journalier (l/h) ;
- Qmax.h**: le débit horaire (l/h) ;
- Qmaxj** : débit maximal journalier ( $m^3/j$ )
- Qmoyh** : débit moyen horaire ( $m^3/h$ ) ;
- Qmoyj** : consommation moyenne journalière ( $m^3 /j$ ) ;
- Qmoyj** : consommation moyenne journalière ( $m^3/j$ ) ;
- Qp** : débit de pointe (l/s) ;
- Re** : nombre de Reynolds ;
- S** : surface ( $m^2$ ) ;
- T** : nombre d'heures de pompage (h) ;
- V** : vitesse (m/s) ;
- V** : volume ( $m^3$ ) ;
- Vr** : volume maximal de stockage pour la consommation ( $m^3$ ) ;
- Vt** : volume total du réservoir ( $m^3$ ) ;
- $\alpha$**  : taux d'accroissement de la population (%) ;
- Bmax** : coefficient dépend du nombre d'habitants ;
- $\eta$**  : rendement de la pompe ;
- $\lambda$** : coefficient de frottement linéaire exprimé par la formule de collebrook ;
- v** : viscosité cinématique de l'eau.
- $\rho$**  : masse volumique de l'eau.

L'eau est une source de la vie et de développement. Elle compte parmi les richesses naturelles les plus précieuses, ayant une importance considérable pour le développement social et économique du pays. Malheureusement, plusieurs régions de l'Algérie souffrent d'une insuffisance dans l'approvisionnement en eau potable, dont fait partie le village d'IMZIZOU.

Devant une telle situation, il est impératif de concevoir des systèmes de protection de cette ressource, et un système judicieux d'adduction de stockage et de distribution afin de satisfaire la demande des usagers.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le travail qui consiste en un renforcement du réseau d'alimentation en eau potable de village IMZIZOU à partir du barrage TAKSEBT, avec le souci de régler définitivement le problème de la pénurie d'eau, en tenant compte des particularités géographiques et hydrauliques de la région.

Pour mener à bien cette étude, nous avons décomposé le travail en six chapitres :

Dans le premier chapitre, nous allons procéder à la présentation de la zone d'étude qui est une étape préliminaire de reconnaissance de cette dernière et de localisation du projet.

Le deuxième chapitre sera consacré à l'évaluation des besoins en eau de la population de village IMZIZOU et NEZLA, en se basant sur l'estimation de la population à partir du RGPH de l'année 2008.

Le troisième chapitre sera dédié au dimensionnement de réservoir de stockage et de distribution, connaissant le débit à l'horizon d'étude.

Le quatrième chapitre sera dédié au dimensionnement de la conduite d'adduction par refoulement ainsi qu'au choix des matériaux.

Le cinquième chapitre sera consacré au choix des pompes pour l'acheminement de l'eau de la SR1 au réservoir,

Le sixième chapitre fera l'objet du dimensionnement du réservoir d'air nécessaire pour protéger la conduite de refoulement du coup de bélier et assurer le bon fonctionnement du réseau d'adduction, et afin d'éviter les conséquences extrêmes.

Enfin, l'étude sera couronnée par une conclusion dans laquelle les principaux résultats et recommandations sont rappelés.

# **Chapitre 1**

## **Présentation de la zone d'étude**

## Introduction

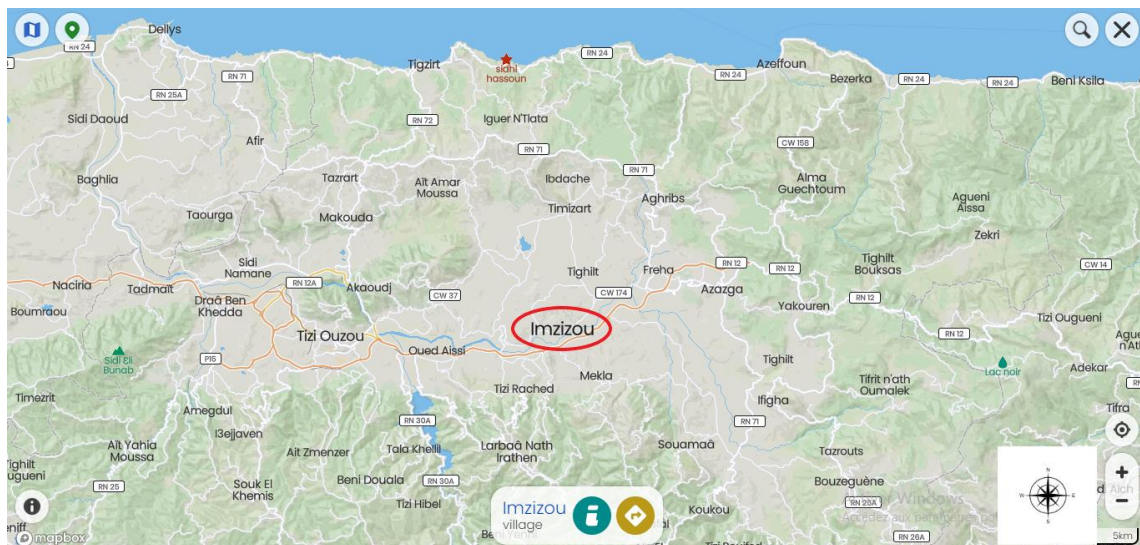
Le premier chapitre est consacré à la description de la zone d'étude du point de vue géographique, géologique, topographique, hydrographique, climatique et hydrique.

### 1.1 Situation géographique

La zone faisant l'objet de notre étude est le village IMZIZOU qui se situe dans la wilaya de Tizi-Ouzou, Daïra de AZAZGA, Commune de FREHA.

Celle-ci est située à une vingtaine de kilomètres du chef-lieu de la Wilaya de Tizi-Ouzou, ses limites s'établissent comme suit :

- Au Nord par la commune de TIMIZART
- Au Sud par Oued SEBAOU
- A l'Est par la commune d'AZAZGA
- A l'Ouest par la commune de TIMIZART
- Au Nord-est par la commune d'AGHRIB
- Au Sud-est par la commune de MEKLA
- Sud-ouest par commune d'OUAGUENOUN
- Cordonnées géographique :  $36^{\circ} 45' 43''$  nord,  $4^{\circ} 18' 59''$  est



**Figure 1.1 : Localisation géographique de la zone d'étude**  
 Source :(<https://fr-fr-mapcarta.com/maps/6tbt/Tizi-Ouzou/>).

### 1.2 Cadre géologique locale

Géologiquement le territoire de la Wilaya de Tizi-Ouzou, s'inscrit dans l'orogénèse alpine périméditerranéenne de la chaîne littorale d'Afrique du Nord. Lesaffleurements du terrain montrent qu'il est constitué de [10] :

- Le socle kabyle et sa couverture paléozoïque.

- 2) La dorsale kabyle.
- 3) L'oligo-miocène kabyle.
- 4) Les nappes de flysch.
- 5) Le miocène post-nappe.
- 6) Le quaternaire.

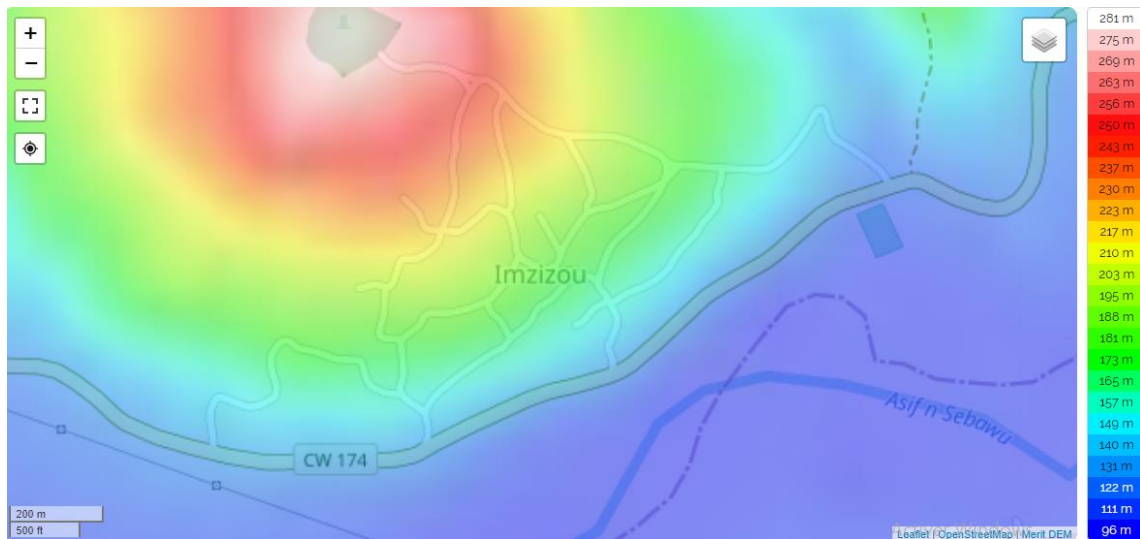
### 1.3 Cadre géologique régional

Selon la carte géologique AZZEFOUN\_AZAZGA publiée en 1997 par l'Office National De La Recherche Géologique et Minière.N°4/29 , [10] :

- Le sol de la région de FREHA est constitué par des :
  - Marnes (Langhien-Serravalien)
  - Argiles bleus passés au rouge au sommet crétacé inférieur et argile sous numidien.
  - Allusions anciennes du lit majeur des oueds
  - Grés numidiens, Aquitanien et les traces des banes.
  - Marne aquitonien
  - Quaternaire.
  - Eboulis, glissement.
- Pour le site de notre étude, le terrain est constitué de :
  - Terre végétale.
  - Eboulis.
  - Eboulis, glissement.
  - Miocène.
  - Argiles à bloc et olistrastromes.

### 1.4 Situation topographique

La topographie de la commune de FREHA alterne entre un relief de colline avec une altitude moyenne de 350 mètre et une topographie de plaines le long de l'Oued SEBAOU et de l'Oued DISS.



**Figure 1.2 : Différentes altitudes de village IMZIZOU.**  
[\(https://fr-fr.topographic-map.com/maps/6tbt/Tizi-Ouzou/\)](https://fr-fr.topographic-map.com/maps/6tbt/Tizi-Ouzou/)

### 1.5 Situation hydrographique

La commune de FREHA compte sur son territoire des oueds et cours d'eaux dont les principaux sont :

- L'Oued SEBAOU : Il constitue la limite Sud de la commune.
- L'Oued DISS : C'est un cours d'eau de moindre importance qui chevauche l'agglomération de FREHA et se déverse sur l'Oued SEBAOU dont il constitue un affluent notable.

### 1.6 Situation climatologique

#### a) Le climat

Le climat de la commune est méditerranéen de type continental avec des hivers très froids et des étés très chauds.

- Température en hiver : inférieure à 10°
- Température en été : supérieure à 35°

**Tableau 1.1 : Températures moyennes mensuelles (en °C), période (2014 à 2021).**

**Source : <https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/tiziouzou/60395.html?graphiques>**

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<b>T.max</b>	15	15	17	19	22	26	29	30	27	24	19	16
<b>T.moy</b>	10	10	12	14	17	21	24	25	22	19	14	11
<b>T.min</b>	6	6	7	9	12	16	19	20	18	14	10	7

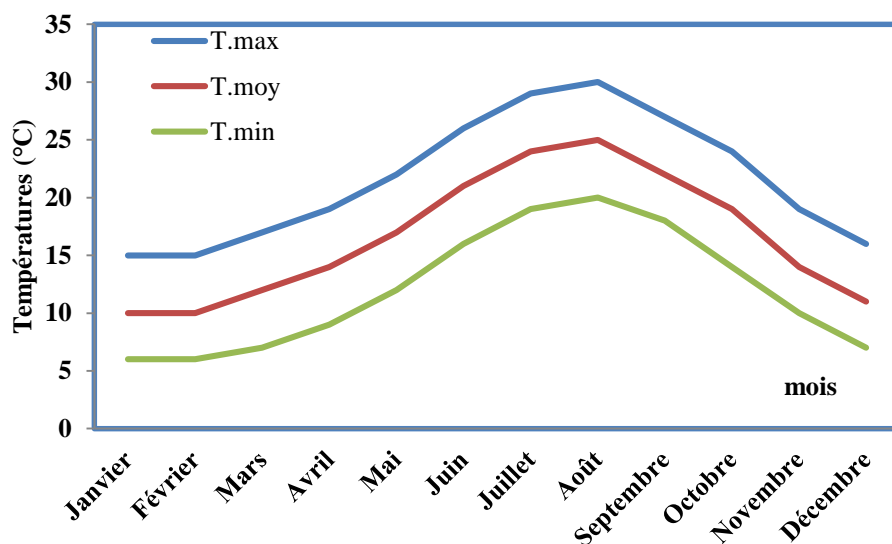


Figure 1.3 : Courbes des températures moyennes enregistrées dans la période (2014-2021).

L'analyse du graphe montre que la région est caractérisée par deux saisons :

- Une saison chaude allant du mois de Mai au mois d'Octobre.
- Une saison froide allant du Novembre au mois d'Avril.

#### b) La pluviométrie

La pluviométrie est concentrée généralement sur la période hivernale. Les précipitations au niveau de la commune sont de l'ordre de 850 mm/an, ce qui est proche de la moyenne de la Wilaya.

Les valeurs des précipitations enregistrées au niveau de la station de FREHA pour l'année 2020 sont représentées dans le tableau 1.2 suivant et la figure 1.4 :

Tableau 1.2 : Précipitations moyennes et annuelles de la période (2014-2021).

Source : <https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/tiziouzou/60395.html? Graphiques>.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
P (mm)	71,4	63,4	51	43,9	31,7	9,8	3	7,2	23,5	38,4	63,7	75,1

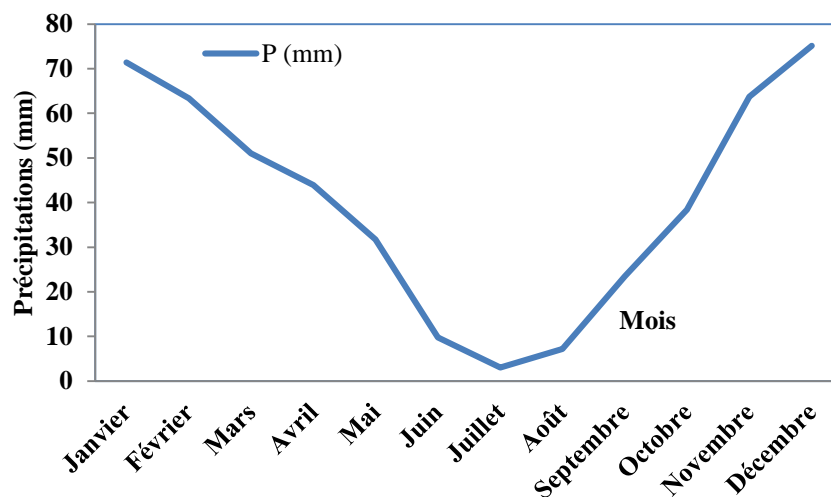


Figure 1.4 : Précipitations moyennes et annuelles de la période (2014-2021).

L'analyse du graphe montre un taux de précipitations important du mois de Septembre jusqu'au mois de Mai.

### c) Le diagramme climatique

Un **diagramme climatique**, appelé aussi **ombrothérmique**, est un graphique utilisé en météorologie. Il représente la variation mensuelle d'une ou plusieurs variables climatiques (température, précipitations, hygrométrie, etc.) en un lieu donné. L'intérêt de ce diagramme est de caractériser l'intensité et l'importance de la période sèche. Pour tracer ce diagramme, on porte en abscisses les mois successifs de l'année, en ordonnées à droite les précipitations en mm, et à gauche les températures en °C. Les résultats de la température moyenne mensuelle et de la pluviométrie moyenne mensuelle de la région d'étude sont illustrés dans le tableau 1.3 ci-après:

Tableau 1.3 : Températures et pluviométries de la commune de FREHA (2014-2021).

Source : <https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/tiziouzou/60395.html?graphiques>

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
T.moy (°C)	10	10	12	14	17	21	24	25	22	19	14	11
P (mm)	71,4	63,4	51	43,9	31,7	9,8	3	7,2	23,5	38,4	63,7	75,1

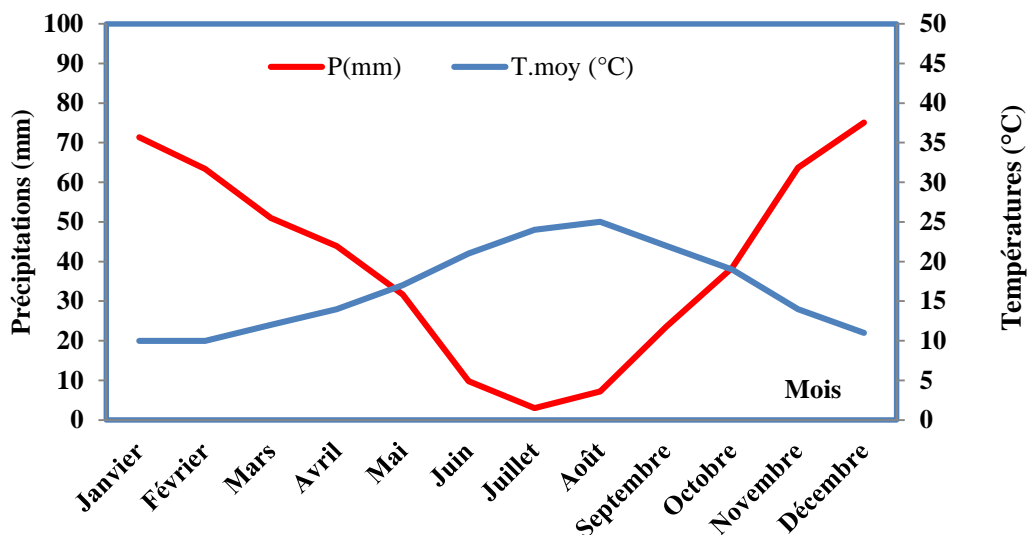


Figure 1.5 : Diagramme Ombrothermique.

Le diagramme montre que la période sèche au niveau de la région d'étude se présente du mois Mai au mois Octobre.

### 1.7 Situation hydraulique

Le village IMZIZOU était alimenté à partir de forage de FREHA, et en raison de manque d'eau qui est due à l'élévation démographique et l'abandon du forage, un raccordement de Barrage de TAKSEBT vers FREHA était fait en 2007 ; pour assurer les besoins de la population. Le schéma synoptique du projet est illustré par la figure 1.6.

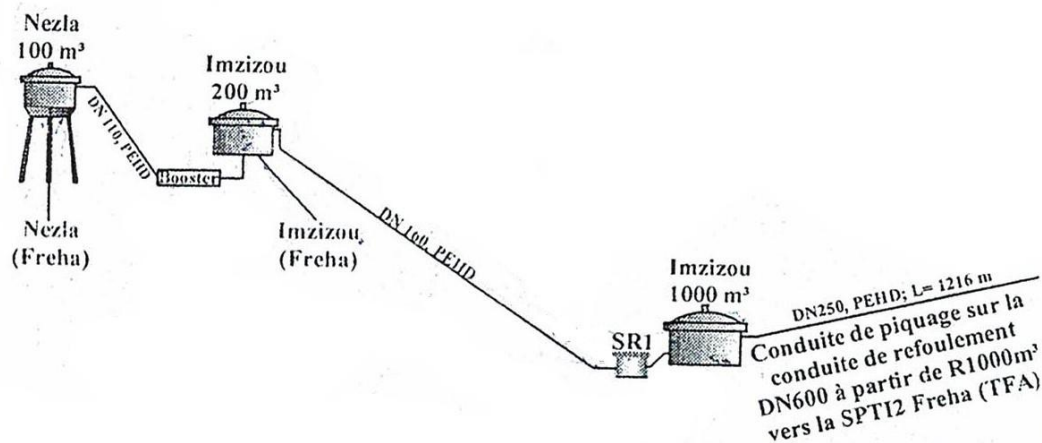


Figure 1.6 : Schéma synoptique de l'alimentation en eau potable de IMZIZOU.  
 Source : Algérienne Des Eau de Tizi-Ouzou.

**Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons décrit brièvement notre zone d'étude du point de vue géographique, géologique, topographique, hydrographique, climatique et hydrique.

Cela nous a permis de collecter les données nécessaires qui vont nous servir de base pour l'élaboration de notre étude d'alimentation en eau potable du village IMZIOZU. Afin de mobiliser cette dernière qui fera l'objet de nos prochains chapitres.

## **Chapitre 2**

### **Estimation des besoins en eau**

## Introduction

Dans ce deuxième chapitre, nous examinerons les besoins en eau de village d'ici 30 ans donc à l'horizon 2052, pour cela on doit tenir compte de l'accroissement de la consommation due essentiellement à l'amélioration du cadre de vie, l'industrialisation et l'accroissement de la population.

La consommation de l'eau varie en fonction des types de consommateurs (domestique, publique). Avant tout projet d'alimentation en eau potable, il est nécessaire de procéder au recensement de toutes les catégories de consommateurs existants au niveau de l'agglomération.

### 2.1 Situation démographique en 2008

La population dans la zone d'étude selon le recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) 2008 et Les données recueillies à l'APC du FREHA sont résumé dans le tableau suivant tenant compte de la population de village NEZLA qui est de 579 habitants ; avec un taux d'accroissement de 2.3% pour les deux villages [5].

**Tableau 2.1 : Population (RGPH 2008) et les équipements existants.**

Année	Équipement		nbr (Ni)	Dotation (qi)	Unité	
2008	Domestique		Nbr d'habitant (hab)	2419	150	L/J/hab
	Public	Scolaire	nbr d'effectif (élève)	256	100	L/J/élève
		Sociaux	Mosquée (nbr de place)	100	15	L/J/personne
			centre de santé (nbr de lit)	5	30	L/J/Lit
		commerce (nbr de m <sup>2</sup> )	168	10	L/J/m <sup>2</sup>	
	Animaux		Bovins (tête)	100	50	L/J/Tête
			Mouton (tête)	300	5	L/J/Tête
			Ane (tête)	5	50	L/J/Tête

### 2.2 Situation démographique future (estimation de la population)

Afin d'estimer la population pour un horizon futur à moyen et à long terme, il est nécessaire d'étudier le mode d'évaluation de la population utilisent la loi des accroissements géométriques donnée par la relation des intérêts composés qui tient compte des naissances, du taux d'immigration et du taux de mortalité, exprimer par :

$$P_n = P_o. (1 + \alpha)^n \quad (2.1)$$

Avec :

$P_n$  : population future à l'horizon considéré ;

$P_0$  : Population de l'année de référence ;

$\alpha$  : Taux d'accroissement considéré 2.3% ;

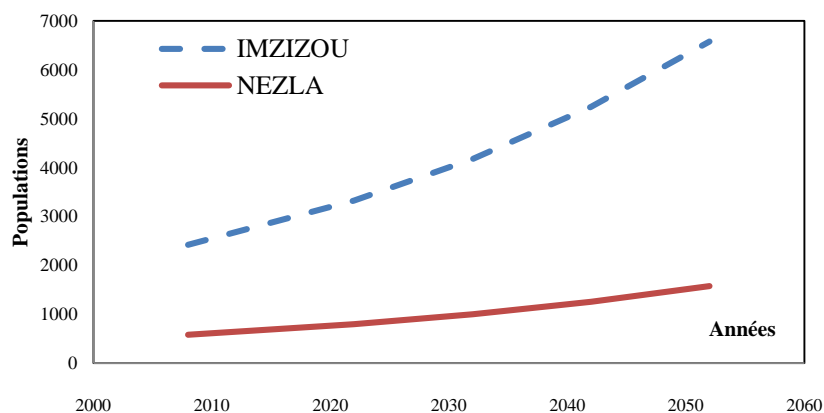
$n$  : nombre d'année séparent l'horizon considéré de l'année de référence.

Compte tenu de la relation (2.1) et du nombre d'habitant ( $P_0$ ) donné par le RGPH 2008, nous présentons dans le **tableau 2.2**, l'évolution de la population, à court, moyen et long terme, de village IMZIZOU et NEZLA

**Tableau 2.2 : Evolution de la population aux différents horizons.**

Agglomération	Année	RGPH	Actuel	Court terme	Moyen terme	Long terme
		2008	2022	2032	2042	2052
IMZIZOU		2419	3326	4175	5241	6579
NEZLA		579	796	999	1254	1575
<b>Total</b>		2998	4122	5174	6495	<b>8154</b>

La figure ci-dessous représente l'évolution de la population pour les différents horizons d'étude (10,20 et 30 ans) :



**Figure 2.1: Evolution de la population durant la période 2008-2052.**

## 2.3 Estimation des besoins en eau de la population

### 2.2.1 Dotation

La dotation journalière ( $D$ ) est définie comme étant la quantité d'eau moyenne consommée par habitant et par jour, exprimée en (l/j/hab). Cette dotation varie en fonction de la situation géographique, du climat, et de la population. Pour une agglomération rurale, la norme de consommation est fixée à 125 l/j/hab, vu le développement progressif de l'hygiène, on doit majorer la dotation de 20%.

Donc :

$$125 + (0.2 \times 125) = 150 \text{ l/j/hab.}$$

Nous maintenons la même valeur pour les divers horizons d'étude (DREW T.O), une dotation de **150 l/j/hab.**

#### 2.4 La consommation moyenne journalière

Afin d'estimer la consommation moyenne journalière d'une agglomération, il est nécessaire de calculer les besoins en eau potable des différents secteurs existants et projetés : domestiques, sanitaires, socioculturelles, scolaires, .....

La consommation moyenne se détermine par la formule suivante :

$$Q_{moy,j} = \sum((q_i \times N_i)) / 1000 \quad (2.2)$$

Avec :

**Q<sub>moy,j</sub>** : Consommation moyenne journalière en (m<sup>3</sup> /j) ;

**q<sub>i</sub>** : Dotation moyenne journalière pour chaque catégorie de consommation (l/j/usager) ;

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

Les estimations des différents besoins en eau des deux villages IMZIZOU et NEZLA aux différents horizons utilisent la relation (2.2) sont représentés dans les tableaux 2.3 ; 2.4 ci-dessous :

**Tableau 2.3 : Besoins 2008 de village IMZIZOU.**

Année	Besoins	Q <sub>moy,j</sub> (l/j)	Q <sub>moy,j</sub> (m <sup>3</sup> /j)	Q <sub>moy,j</sub> (l/s)	Total Q <sub>moy,j</sub> (m <sup>3</sup> /j)	%	
2008	<b>Domestique</b>	362850	362,85	4,200	362,85	100	
	<b>Public</b>	<b>Scolaire</b>	25600	25,60			0,296
		<b>Sociaux</b>	1500	1,50			0,017
			150	0,15			0,002
			1680	1,68			0,019
			5000	5,00			0,058
		<b>Animaux</b>	1500	1,50			0,017
250	0,25		0,003				

**Tableau 2.4 : Besoins 2008 de village NEZLA.**

Année	Besoins	Q <sub>moy,j</sub> (l/j)	Q <sub>moy,j</sub> (m <sup>3</sup> /j)	Q <sub>moy,j</sub> (l/s)	Total Q <sub>moy,j</sub> (m <sup>3</sup> /j)	%
2008	<b>Domestique</b>	86850,00	86,85	1,005	86,85	100

Le calcul de l'évolution des besoins domestique et public des deux villages IMZIZOU et NEZLA avec la relation (2.2) aux différents horizons sont représentés dans les tableaux 2.5 ; 2.6 ; 2.7 ; 2.8 ; ci-dessous :

**Tableau 2.5 : Evolution des besoins IMZIZOU aux différents horizons.**

Année		2022	2032	2042	2052
Besoin (m <sup>3</sup> /j)	Domestique	498,87	626,24	786,14	986,86
	public	49,06	61,58	77,30	97,04
Total (m <sup>3</sup> /j)		547,92	687,82	863,44	1083,90
Total (l/s)		6,34	7,96	9,99	12,55

On estime les besoins publics de village NEZLA aux différents horizons en prenant **10%** des besoins domestique.

**Tableau 2.6 : Evolution des besoins NEZLA aux différents horizons.**

Année		2022	2032	2042	2052
Besoin (m <sup>3</sup> /j)	Domestique	119,41	149,89	188,17	236,21
	public	11,94	14,99	18,82	23,62
Total (m <sup>3</sup> /j)		131,35	164,88	206,98	259,83
Total (l/s)		1,52	1,91	2,40	3,01

**Tableau 2.7 : Estimation des besoins globaux pour les horizons considérés.**

		Année			
Village	Besoin	2022	2032	2042	2052
IMZIZOU	Q (m <sup>3</sup> /J)	547,92	687,82	863,44	1083,90
	Q (l/s)	6,34	7,96	9,99	12,55
NEZLA	Q (m <sup>3</sup> /J)	131,35	164,88	206,98	259,83
	Q (l/s)	1,52	1,91	2,40	3,01
Total (m <sup>3</sup> /J)		679,27	852,71	1070,42	1343,73
Total (l/s)		7,86	9,87	12,39	15,55

Les estimations des différents besoins en eau des deux villages aux différents horizons, tenant compte des pertes estimées à 15% sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 2.8 : Estimation des besoins globaux pour les horizons considérés tenant comptes des pertes.**

		Année			
Village	Besoin	2022	2032	2042	2052
IMZIZOU	Q (m <sup>3</sup> /j)	630,11	791,00	992,96	1246,48
	Q (l/s)	7,29	9,16	11,49	14,43
NEZLA	Q (m <sup>3</sup> /j)	151,05	189,62	238,03	298,81
	Q (l/s)	1,75	2,19	2,75	3,46
Total (m <sup>3</sup> /j)		781,16	980,61	1230,99	1545,29
Total (l/s)		9,04	11,35	14,25	17,89

Enfin :

La consommation moyenne journalière des deux villages a été évaluée à :

$$Q_{\text{moy},j} = 1545,29 \text{ (m}^3/\text{j)} = 17,89 \text{ (l/s)} \text{ à l'horizon de l'année 2052.}$$

## 2.5 Variation de la consommation

En fonction des jours, des semaines, et des mois ; on observe des variations de la consommation. Le débit d'eau consommé n'est pas constant, mais varie en présentant des maximums et des minimums. Cette variation est caractérisée par des coefficients d'irrégularité  $K_{\text{max},j}$  et  $K_{\text{min},j}$  et en raison des fuites qui peuvent survenir [4].

### 2.5.1 Consommation maximale journalière ( $Q_{\text{max},j}$ )

$Q_{\text{max},j}$  représente la consommation d'eau maximale du jour le plus chargé de l'année, il s'obtient par la relation suivante :

$$Q_{\text{max},j} = K_{\text{max},j} \times Q_{\text{moy},j} \quad (2.3)$$

$Q_{\text{max},j}$  : Consommation maximale journalière en ( $\text{m}^3/\text{j}$ ) ;

$Q_{\text{moy},j}$  : Consommation moyenne journalière en ( $\text{m}^3/\text{j}$ ) ;

$K_{\text{max},j}$  : Coefficient d'irrégularité journalière maximal qui dépend de l'importance de l'agglomération. Ce coefficient consiste à prévenir les fuites et les gaspillages dans le réseau, en majorant la moyenne de 10% à 30%. La valeur de  $K_{\text{max},j}$  varie entre 1.1 et 1.3. Dans le cadre de ce projet, nous considérons  $K_{\text{max},j} = 1.3$ .

### 2.5.2 Consommation minimale journalière ( $Q_{\text{min},j}$ )

Ce débit représente la consommation d'eau minimale du jour le moins chargé de l'année. Il sera déterminé en affectant le débit moyen journalier ( $Q_{\text{moy},j}$ ) d'un coefficient d'irrégularité  $K_{\text{min},j}$  qui varie entre 0.7 et 0.9.

Pour les villes de faible densité d'habitant, il est estimé à **0.8**.

D'où :

$$Q_{\text{min},j} = K_{\text{min},j} \times Q_{\text{moy},j} \quad (2.4)$$

Alors :

$$Q_{\text{min},j} = 0.8 \times Q_{\text{moy},j} \quad (2.5)$$

Les résultats des consommations maximales et minimales à l'horizon (2052) calculé avec les relations (2.4) et (2.5) sont représentés dans le tableau 2.9 ci-dessous :

**Tableau 2.9 : Calcul des consommations maximales et minimales journalières à l'horizon 2052.**

Village	Qmoy.j (m <sup>3</sup> /j)	Qmoy.j (l/s)	Qmin.j (m <sup>3</sup> /j)	Qmin.j(l/s)	Qmax.j(m <sup>3</sup> /j)	Qmax.j(l/s)
IMZIZOU	1246,48	14,43	997,19	11,54	1620,43	18,75
Nezla	298,81	3,46	239,04	2,77	388,45	4,50
Total	1545,29	17,89	1236,23	14,31	2008,88	23,25

## 2.6 Consommation maximale horaire (débit de pointe)

Le débit maximal horaire correspond à un débit de consommation pendant l'heure la plus chargée de la journée. Il est utilisé pour le dimensionnement des ouvrages de distribution (réseau de distribution). Il est donné par la relation (2.6) suivante :

$$Q_{max.h} = Q_{moy.h} \times K_{max.h} \quad (2.6)$$

Et :

$$Q_{moy.h} = \frac{Q_{max.j}}{24} \quad (2.7)$$

**Q<sub>moy.h</sub>** : Consommation moyenne horaire (m<sup>3</sup> /h) ;

**Q<sub>max.h</sub>** : Consommation maximale horaire (m<sup>3</sup> /h) ;

**K<sub>max.h</sub>** : Coefficient qui représente l'augmentation de la consommation durant les heures de la journée. Ce coefficient tient compte de l'accroissement de la population ainsi que le degré du confort et du régime de travail de l'industrie. Il est donné avec la relation (2.8)

$$K_{max.h} = \alpha_{max} \times \beta_{max} \quad (2.8)$$

Avec :

**$\alpha_{max}$**  : Coefficient qui dépend du niveau de vie et du confort, il varie de 1.2 à 1.4. Dans le cadre de cette étude nous considérons :  **$\alpha_{max}$**  =1.2

**$\beta_{max}$**  : Coefficient lié étroitement à l'accroissement de la population, et qui sera déterminé par interpolation à l'aide du tableau 2.10 suivant :

**Tableau 2.10: Les valeurs de  $\beta_{max}$  en fonction de nombre d'habitants.**

Habitant	1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	30000	100000	300000
<b><math>\beta_{max}</math></b>	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,03

Exemple, pour le cas de village IMZIZOU :

$$\beta_{\max} = \frac{\beta_{\max 1} * (P2 - P) + \beta_{\max 2} * (P - P1)}{(P2 - P1)} \quad (2.9)$$

$$\beta_{\max} = 1.4 (10000 - 6579) + 1.3 (6579 - 6000) / (10000 - 6000)$$

$$\beta_{\max} = 1.4$$

Les valeurs de  $\beta_{\max}$  obtenues avec la relation (2.9) pour les deux villages ainsi que les résultats de  $K_{\max.h}$  calculé avec la relation (2.8) compte tenu de la valeur de  $\alpha_{\max} = 1.2$ , sont illustrés dans le tableau 2.11 suivant :

**Tableau 2.11: Les valeurs de  $\beta_{\max}$  et de  $K_{\max.h}$  pour chaque commune.**

Villages	Nombre d'habitants	$\beta_{\max}$	$K_{\max.h}$
IMZIOU	6579	1.4	1.8
NEZLA	1575	1.8	2.3

Les valeurs de la consommation moyenne horaire des deux villages suivant la relation (2.7) sont présentées dans le tableau 2.12 suivant :

**Tableau 2.12 : Les valeurs de la consommation moyenne horaire.**

Villages	$Q_{\max.j}(m^3/j)$	$Q_{\text{moy.h}}(m^3/h)$	$Q_{\text{moy.h}}(l/s)$
IMZIZOU	1620,43	67,52	0,78
NEZLA	388,45	16,19	0,19

Les valeurs de la consommation maximale horaire (débit de pointe) sont calculées à partir de la relation (2.6) des deux villages sont montrées dans le tableau 2.13 suivant :

**Tableau 2.13 : Les valeurs de la consommation maximale horaire.**

Village	$Q_{\text{moy.h}}(m^3/h)$	$K_{\max,h}$	$Q_{\max,h}(m^3/h)$	$Q_{\max,h}(l/s)$
IMZIZOU	67,52	1,8	112,26	33,78
NEZLA	16,19	2,3	34,67	10,43
Total	83,70	3,80	146,93	44,21

## Conclusion

L'évaluation des besoins en eau des villages IMZIZOU et NEZLA est effectuée dans ce chapitre, à court, moyen et long terme, en considérant une dotation de 150 l/j/hab pour les besoins domestique, avec un taux de perte de 15%. A l'horizon 30 (ans) la consommation

maximale journalière s'élève à **2008.88 m<sup>3</sup>/j**, soit **23.25 l/s** pour une population de **8154 habitants**. Ces données permettront d'évaluer les capacités optimales des réservoirs et le dimensionnement du réseau d'adduction, afin de garantir le bon fonctionnement du système correspondant qui servira comme donnée de base pour le reste du mémoire.

## **Chapitre 3**

# **Dimensionnement de réservoir**

## Introduction

Après avoir étudié les besoins en eau et l'adduction dans les chapitres précédents, nous nous intéressons dans ce chapitre, à l'étude des réservoirs. Dans le cas des réseaux d'eau, le réservoir est un ouvrage intermédiaire entre le réseau d'adduction et le réseau de distribution.

L'objectif de ce chapitre est de déterminer la capacité de stockage du réservoir qui dessert la zone d'étude IMZIZOU, ses dimensions afin de satisfaire les besoins à l'horizon d'étude.

### 3.1 Rôle du réservoir et implantation

Le réservoir est un ouvrage hydraulique qui assure le stockage de l'eau, Il permet essentiellement de réguler la pression et le débit entre la phase de production et la phase de consommation.

L'emplacement du réservoir à pour condition l'assurance d'une pression suffisante aux abonnés au moment du débit de point. Le meilleur emplacement n'est déterminé qu'après une étude technico-économique approfondie, en prenant en considération les conditions suivantes :

- le réservoir doit être placé à un niveau supérieur à celui de l'agglomération qu'il dessert (figure 3.1) ;
- la cote du radier doit se situer à un niveau supérieur à la plus haute cote piézométrique exigée sur le réseau.
- Le réservoir doit être implanté le plus proche possible de l'agglomération (économie) et doit alimenter le point le plus défavorable. La topographie intervient dans le choix de l'emplacement, de même que la géologie.
- Il doit être construit sur des terrains sable et solides.

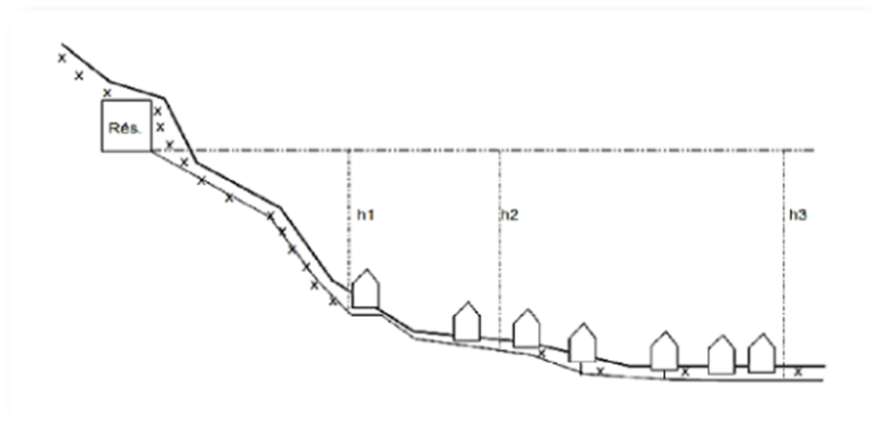


Figure3.1: Emplacement du réservoir en altitude.

### 3.2 Capacité de réservoir

Pour satisfaire au rôle qu'il doit jouer, le réservoir doit avoir une capacité de stockage suffisante. Elle est définie comme étant la capacité correspondante à une journée de consommation, augmentée de la réserve d'incendie. Elle doit être estimée en tenant compte des variations des débits à l'entrée et à la sortie, c'est-à-dire, du régime d'approvisionnement et de distribution.

Le calcul de la capacité se fait par deux méthodes :

- Méthode graphique ;
- Méthode analytique.

#### 3.2.1 Méthode graphique

C'est une méthode graphique qui tient compte de la courbe de consommation totale déduite à partir de coefficients de variations horaires de consommation et de la courbe d'apport du débit pompé en fonction de la durée de pompage. La capacité est déduite à partir des extremums des cumuls de la consommation vis-à-vis de celle des apports. On trace, sur un même graphique, les courbes cumulées des débits d'apports et de consommation en fonction du temps (figure 3.2). Le volume maximal de stockage est obtenu en sommant valeur absolue les écarts des deux extremums par rapport à la courbe d'apport.

$$P_{\max} = |\Delta V_{+}| + |\Delta V_{-}| \quad (3.1)$$

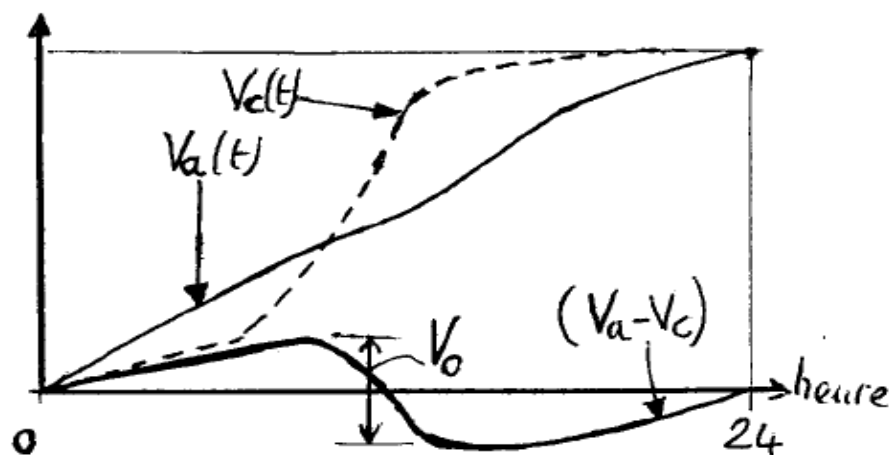


Figure 3.2: Capacité du réservoir- méthode graphique.

### 3.2.2 Méthode analytique

Cette méthode consiste à déterminer les excès ( $\Delta V^+$ ) et les insuffisances ( $\Delta V^-$ ) d'eau pendant les différentes heures de la journée en fonction des coefficients horaires qui varient suivants les différentes heures de desserte et l'importance de la population. Pour une ville moyenne dont le nombre d'habitants est inférieur à 20000, les coefficients de distribution sont donnés comme suit [14]:

- De 6 heures à 7 heures =  $a$  ;
- De 7 heures à 11 heures =  $3.5a$  ;
- De 11 heures à 16 heures =  $0.4a$  ;
- De 16 heures à 18 heures =  $2a$  ;
- De 18 heures à 22 heures =  $0.5a$  ;
- De 22 heures à 6 heures =  $0.125a$ .

L'exemple présenté dans le tableau illustre le calcul de la capacité du réservoir en adduction continue. Le débit horaire moyen de la journée de pointe :

$$a = Q_{\max,j} / 24 \quad (3.2)$$

Avec :

$a$  : débit moyen horaire ( $m^3/h$ ) ;

$Q_{\max,j}$  : débit max journalier ( $m^3/j$ ).

**Tableau 3.1 : Capacité théorique en adduction continue.**

heure	Arrivée ( $q_a$ )	arrivée cumulé	Consommation ( $q_c$ )	consommation cumulé	( $q_a - q_c$ ) Cumulé
0-1	a	A	0,125a	0,125a	0,875a
1-2	a	2a	0,125a	0,250a	1,750a
2-3	a	3a	0,125a	0,375a	2,625a
3-4	a	4a	0,125a	0,500a	3,50a
4-5	a	5a	0,125a	0,625a	4,375a
5-6	a	6a	0,125a	0,750a	5,250a
6-7	a	7a	A	1,750a	<b>5,250a</b>
7-8	a	8a	3,5a	5,250a	2,750a
8-9	a	9a	3,5a	8,750a	0,250a
9-10	a	10a	3,5a	12,25a	-2,25a
10-11	a	11a	3,5a	15,75a	<b>-4,75a</b>
11-12	a	12a	0,4a	16,15a	-4,15a
12-13	a	13a	0,4a	16,55a	-3,55a
13-14	a	14a	0,4a	16,95a	-2,95a
14-15	a	15a	0,4a	17,35a	-2,35a

15-16	a	16a	0,4a	17,75a	-1,75a
16-17	a	17a	2a	19,75a	-2,75a
17-18	a	18a	2a	21,75a	-3,75a
18-19	a	18a	0,5a	22,25a	-3,25a
19-20	a	20a	0,5a	22,75a	-2,75a
20-21	a	21a	0,5a	23,25a	-2,25a
21-22	a	22a	0,5a	23,75a	-1,75a
22-23	a	23a	0,125a	23,875a	-0,875a
23-24	a	24a	0,125a	24a	0
<b>Total</b>	<b>24a</b>			<b>24a</b>	

Le volume nécessaire des réservoirs sera alors égal à :

$$V_0 = (5,25 + 4,75) \cdot a = 10 \cdot a \text{ (Soit environ 50\% de } Q_{jmax}\text{).}$$

Le calcul analytique de la capacité du réservoir est illustré par la figure (3.3)

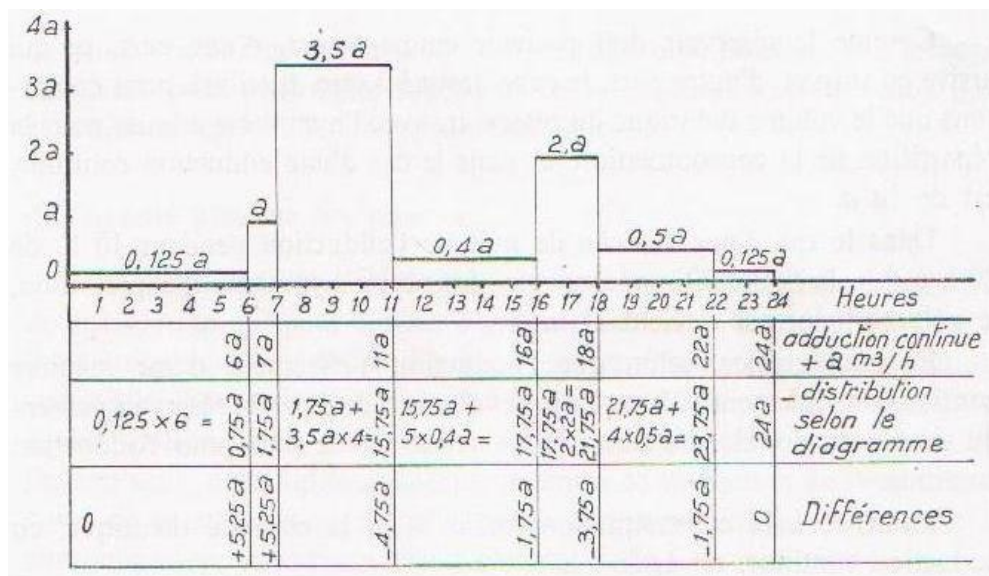


Figure 3.3 : capacité du réservoir en adduction continue.

### 3.3 Dimensionnement du réservoir d'étude

#### 3.3.1 Capacité du réservoir

Le réservoir IMZIZOU est alimenté par refoulement à partir de la station de reprise **SR1**, comme l'illustre le schéma synoptique, et pour un temps de pompage de 20h/24h. Il dessert gravitairement les localités d'IMZIZOU et NEZLA. Les débits  $Q_{max,j}$  et les débits horaires (a) correspondant sont calculée à partir de la relation (3.2). Les résultats des calculs sont regroupés dans le tableau 3.2 :

**Tableau 3.2 : Valeurs des débits moyennes horaires.**

Village	Qmax.j(m <sup>3</sup> /j)	Qmoy.h(m <sup>3</sup> /h)
IMZIZOU	1620,43	67,52
NEZLA	388,45	16,19
<b>total</b>	<b>2008,88</b>	<b>83,70</b>

- **Méthode analytique**

Connaissant le débit moyen horaire de chaque localité et les coefficients de pointe horaire, nous pouvons dresser le tableau de variation de la consommation journalière. La capacité du réservoir est égale à la somme du plus grand excès ( $\Delta V_{max+}$ ), et le plus grand déficit ( $\Delta V_{max-}$ ), en ajoutant la réserve d'incendie.

$$V_r = |\Delta V_{max+}| + |\Delta V_{max-}| + V_i \quad (3.3)$$

Avec :

**V<sub>r</sub>**: Volume total du réservoir en (m<sup>3</sup>) ;

**ΔV** : Volume apport – volume consommé en (m<sup>3</sup>) ;

**V<sub>i</sub>**: Volume de la réserve d'incendie. Réglementairement, on prévoit pour l'extinction d'un incendie moyen un débit de 120 m<sup>3</sup> pour une durée de deux heures.

Le résultat de calcul de la capacité du réservoir IMZIZOU après plusieurs essais de variation des heures d'arrêt de la pompe, est donné par le tableau 3.3:

**Tableau 3.3 : Calcul de la capacité du réservoir IMZIZOU.**

heure	arrivée (qa)				IMZIZOU				NEZLA				[qa_-(qc1+qc2)] cummulé	
					Consommation (qc1)		cons cummulé		Consommation (qc2)		cons cummulé			
0-1	0	0,00	0,0	0,00	0,125a1	8,44	0,125a1	8,44	1,2a2	19,42	1,2a2	19,42	0,95a	-27,86
1-2	0	0,00	0,0	0,00	0,125a1	8,44	0,25a1	16,88	1,2a2	19,42	2,4a2	38,84	1,9a	-55,72
2-3	0	0,00	0,0	0,00	0,125a1	8,44	0,375a1	25,32	1,2a2	19,42	3,6a2	58,27	2,85a	-83,59
3-4	0	0,00	0,0	0,00	0,125a	8,44	0,5a1	33,76	1,2a2	19,42	4,8a2	77,69	3,8a	-111,45
4-5	1,2a	100,44	1,2a	100,44	0,125a1	8,44	0,625a1	42,20	1,2a2	19,42	6a2	97,11	4,75a	-38,87
5-6	1,2a	100,44	2,4a	200,89	0,125a1	8,44	0,75a1	50,64	1,2a2	19,42	7,2a2	116,53	5,7a	33,72
6-7	1,2a	100,44	3,6a	301,33	a1	67,52	1,75a1	118,16	1,2a2	19,42	8,4a2	135,96	4,9a	47,22
7-8	1,2a	100,44	4,8a	401,78	3,5a1	236,31	5,25a1	354,47	1,2a2	19,42	9,6a2	155,38	0,9a	-108,07
8-9	1,2a	100,44	6a	502,22	3,5a1	236,31	8,75a1	590,78	1,2a2	19,42	10,8a2	174,80	6,7a	-263,36
9-10	1,2a	100,44	7,2a	602,66	3,5a	236,31	12,25a1	827,09	1,2a2	19,42	12a2	194,22	12,5a	-418,65
10-11	1,2a	100,44	8,4a	703,11	3,5a1	236,31	15,75a1	1063,41	1,2a2	19,42	13,2a2	213,65	18,3a	-573,95
11-12	1,2a	100,44	9,6a	803,55	0,4a1	27,01	16,15a1	1090,41	1,2a2	19,42	14,4a2	233,07	17,9a	-519,93

12-13	1,2a	100,44	10,8a	903,99	0,4a1	27,01	16,55a1	1117,42	1,2a2	19,42	15,6a2	252,49	17,5a	-465,92
13-14	1,2a	100,44	12a	1004,44	0,4a	27,01	16,95a1	1144,43	1,2a2	19,42	16,8a2	271,91	17,1a	-411,90
14-15	1,2a	100,44	13,2a	1104,88	0,4a1	27,01	17,35a1	1171,44	1,2a2	19,42	18a2	291,34	16,7a	-357,89
15-16	1,2a	100,44	14,4a	1205,33	0,4a1	27,01	17,75a1	1198,44	1,2a2	19,42	19,2a2	310,76	16,3a	-303,87
16-17	1,2a	100,44	15,6a	1305,77	2a1	135,04	19,75a1	1333,48	0	0,00	19,2a2	310,76	20,3a	-338,47
17-18	1,2a	100,44	16,8a	1406,21	2a1	135,04	21,75a1	1468,51	0	0,00	19,2a2	310,76	24,3a	-373,06
18-19	1,2a	100,44	18a	1506,66	0,5a1	33,76	22,25a1	1502,27	0	0,00	19,2a2	310,76	25,3a	-306,37
19-20	1,2a	100,44	19,2a	1607,10	0,5a1	33,76	22,75a1	1536,03	0	0,00	19,2a2	310,76	26,3a	-239,69
20-21	1,2a	100,44	20,4a	1707,54	0,5a1	33,76	23,25a1	1569,79	1,2a2	19,42	20,4a2	330,18	26,1a	-192,43
21-22	1,2a	100,44	21,6a	1807,99	0,5a1	33,76	23,75a1	1603,55	1,2a2	19,42	21,6a2	349,60	25,9a	-145,16
22-23	1,2a	100,44	22,8a	1908,43	0,125a1	8,44	23,875a1	1611,99	1,2a2	19,42	22,8a2	369,02	24,95a	-72,58
23-24	1,2a	100,44	24a	2008,88	0,125a1	8,44	24a1	1620,43	1,2a2	19,42	24a2	388,45	24a	0,00
<b>Total</b>	<b>24a</b>	<b>2008,88</b>	<b>/</b>	<b>21093,20</b>	<b>/</b>	<b>1620,43</b>	<b>/</b>	<b>21099,34</b>	<b>/</b>	<b>388,45</b>	<b>/</b>	<b>5321,72</b>	<b>/</b>	<b>/</b>

La capacité optimale du réservoir IMZIZOU est donnée comme suit :

$$V_r = |\Delta V_{\max+}| + |\Delta V_{\max-}| + V_i = |47,22| + |-573,95| + 120$$

Soit :  $V_r = 741,16 \text{ m}^3$

Nous adoptons alors un réservoir de  $750 \text{ m}^3$ .

Etant donné qu'il existe déjà un réservoir de  $200 \text{ m}^3$ , nous projetons un deuxième réservoir de  $550 \text{ m}^3$ .

- Méthode graphique

La capacité du réservoir est illustrée par la figure (3.4)

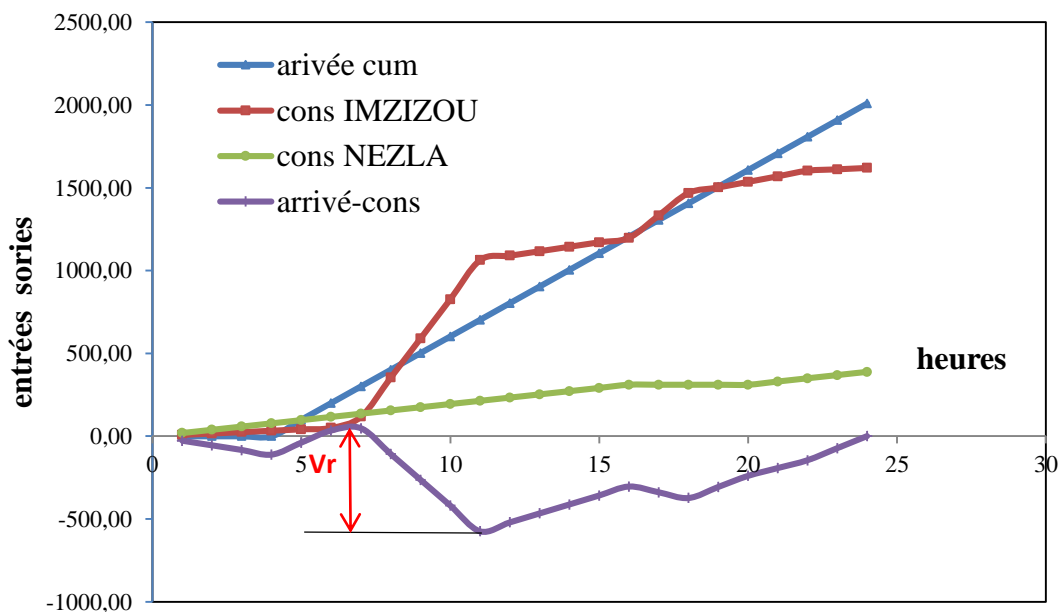


Figure 3.4 : La capacité du réservoir IMZIZOU.

### 3.3.2 Calcul des dimensions de réservoir à projeté

- **Section de réservoir**

La section du réservoir est déterminée par la formule (3.4) suivante :

$$S = \frac{V_r}{h} \quad (3.4)$$

Avec :

**V<sub>r</sub>**: Volume du réservoir projeté en (m<sup>3</sup>) ;

**S** : section de réservoir en (m<sup>2</sup>) ;

**h**: Hauteur de la colonne d'eau = 4 m.

Soit :

$$S = \frac{550}{4} = 137.5 \text{ m}^2$$

- **Diamètre du réservoir**

Le diamètre du réservoir est obtenu à partir de la relation (3.5) :

$$D = \sqrt{\frac{4V_r}{\pi \cdot h}} \quad (3.5)$$

Avec :

**D** : Diamètre du réservoir en (m).

Ce qui donne :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 550}{3.14 \times 4}} = 13.23 \text{ m}$$

- **Hauteur de la réserve d'incendie**

La hauteur de la réserve d'incendie est donnée par la relation suivante :

$$H_{inc} = \frac{4 \cdot V_{inc}}{\pi \cdot D^2} \quad (3.6)$$

Avec :

**H<sub>inc</sub>**: hauteur de la réserve d'incendie dans le réservoir en (m) ;

**V<sub>inc</sub>**: le volume de la réserve d'incendie égale à 120 m<sup>3</sup>.

$$H_{inc} = \frac{4 \times 120}{3.14 \times (13.23^2)} = 0.87 \text{ m}$$

**Conclusion**

La méthode analytique et la méthode graphique sont utilisées, dans ce chapitre, pour déterminer la capacité du réservoir d'IMZIZOU, à partir des besoins des localités IMZIZOU et NEZLA à l'horizon 30 (ans), soit 2052. Les résultats ont donné une capacité  $741.16\text{m}^3$ , soit un réservoir de  $200\text{m}^3$  existant et un réservoir projeté de  **$550\text{m}^3$**  et de 13m de diamètre.

# **Chapitre 4**

## **Etude Adduction**

## Introduction

L'adduction regroupe les techniques permettant d'amener l'eau depuis sa source (forage, barrage, ressource naturelle) à travers un réseau de conduites ou d'ouvrages hydraulique vers le réservoir de stockage ou de distribution. Le terme d'adduction vient étymologiquement du latin : «ad ducere » (mener ou conduire vers, amener...)

### 4.1 Topologie des systèmes d'adduction

Il y a deux types d'adduction :

✓ **Adduction gravitaire** : ou l'écoulement de l'eau à des pressions importantes est causé par la différence des niveaux hydrauliques : l'altitude de la source est supérieure à l'altitude du point de consommation ; et se déplace donc grâce à la force de gravitation, d'où son nom. (Figure 4.1)

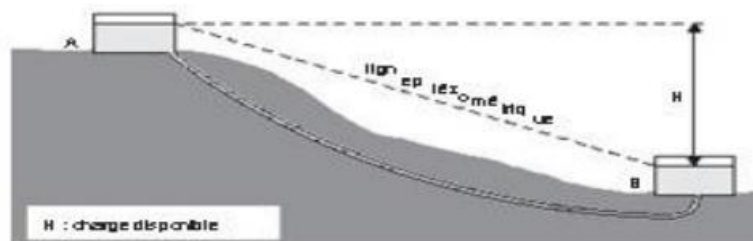


Figure 4.1 : Adduction gravitaire.

✓ **Adduction par refoulement** : ou la pression sur le réseau et l'acheminement de l'eau se fait à l'aide des pompes à l'intérieur de stations de pompage. Dans ce cas, le captage se situe à un niveau inférieur à celui du réservoir.

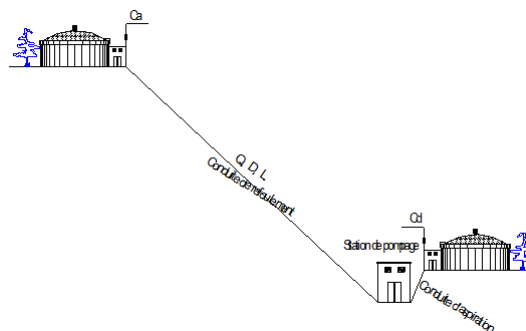


Figure 4.2 : Adduction par refoulement.

✓ **Adduction mixte** C'est une adduction où la conduite par refoulement se transforme en conduite gravitaire ou l'inverse. Le relais entre les deux types de conduite est assuré par un réservoir appelé réservoir tampon.

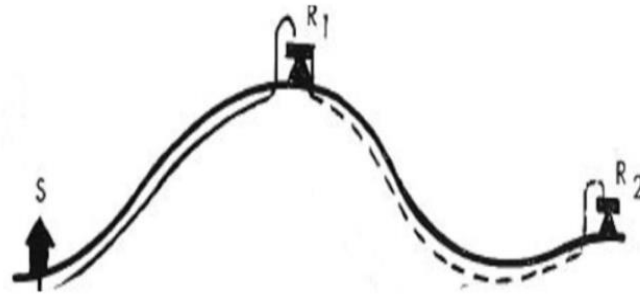


Figure 4.3: Adduction refoulement-gravitaire.

## 4.2 Choix du tracé

Le choix de tracé du profil de la conduite se fait toujours en tenant compte de certains impératifs d'ordre technique et économique :

- ✓ Le profil doit être le plus régulier et le plus court possible afin de réduire les frais d'investissement ;
- ✓ Eviter les contres pentes, qui peuvent donner lieu en exploitation à des cantonnements d'air plus au moins difficile à évacuer ;
- ✓ Pour les conduites de longueur importante, il sera bon de prévoir quelques robinets ou vannes de sectionnement en vue de faciliter la réparation éventuelle ;
- ✓ Le tracé se fera de préférence le long des routes ou des voies publiques pour faciliter la pose de canalisation et leur exploitation et permettre un accès rapide pour l'entretien et la réparation, il doit aussi éviter de traverser les propriétés privées.

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.

## 4.3 Choix du type de conduite d'adduction

Le choix du type de canalisation convenable est lié à des facteurs d'ordre technique et économique. La gamme de tuyaux présente au marché est très large de point de vue nature de la matière de fabrication, les plus utilisés sont [7] :

- Plastique (PVC et PEHD) ;
- Métallique (tuyau en fonte, acier galvanisé) ;

- Base ciment (AC).

Dans le cas de notre projet, on opte pour des conduites en PEHD (polyéthylène à haute densité); vu les avantages qu'elle présente :

- Durée de vie importante ;
- Insensible à la corrosion ;
- Facilité de transport et d'installation due à leur légèreté et leur flexibilité ;
- Bonnes caractéristiques hydrauliques (coefficient de rugosité très faible) ;
- Bonne résistance aux sollicitations internes et externes ;
- Disponibilité sur le marché ;
- Un faible coût.

Le **PEHD** est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il est incorrodable, sa pose par soudure électrique se fait sans grande contrainte. L'inconvénient c'est surtout le risque de rupture.



**Figure 4.4 : Les tuyaux en PEHD.**

#### **4.4 Les équipements du système d'adduction**

Les principaux accessoires qu'on utilise pour un bon fonctionnement d'un réseau d'adduction et pour assurer l'exploitation et la protection du réseau sont :

- ✓ Les vannes de sectionnement ;
- ✓ Les robinets vannes à opercule ;
- ✓ Les vannes à papillon ;
- ✓ La vidange ;
- ✓ Les ventouses ;
- ✓ Les clapets anti-retour ;
- ✓ Crépine.

#### 4.5 Etude technico-économique des conduites

Le choix du diamètre de la conduite de refoulement résulte d'un compromis entre les dépenses de fonctionnement et les dépenses d'investissement, l'optimum sera donc de choisir le diamètre qui donne le prix de revient minimal de l'ensemble de l'installation en exploitation [8] .

Cependant la vitesse d'écoulement doit être comprise entre **0.5 et 1.5 m/s**.

Les paramètres qui interviennent dans cette étude sont :

- ✓ Le débit.
- ✓ Le diamètre.
- ✓ La vitesse.
- ✓ Les pertes de charge.

##### 4.5.1 Calcul du diamètre économique du conduit

La formule qui nous permet de calculer le diamètre économique est [2] :

• Formule de BONNIN: 
$$D = \sqrt{Q} \quad (4.1)$$

Avec :

**Q** : débit véhiculé dans la conduite (l/s) ;

**D** : Diamètre de la conduite (mm).

##### 4.5.2 Calcul de la vitesse

La vitesse est déduite à partir de l'équation de continuité :

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (4.2)$$

**Q** : débit véhiculé dans la conduite (l/s).

**D** : Diamètre de la conduite (mm).

##### 4.5.3 Calcul des pertes de charges

- **Perte de charge unitaire j** : celle-ci est donné par la formule de Hazen-Wiliams

$$j = 1.218 \cdot 10^{10} \frac{Q^{1.852}}{C h w^{1.852} \cdot DN^{4.871}} \quad (4.3)$$

Avec :

**Q** : débit véhiculé dans la conduite (l/s) ;

**D** : Diamètre nominal de la conduite (mm).

**Chw** : coefficient de rugosité de Hazen-Wiliams de la conduite [8] :

-pour une conduite neuve  $Chw=150$  ;

-pour une conduite vétuste  $Chw=140$ .

Dans notre cas on prend  $Chw=140$

- **Les pertes de charges linéaires J**

$$J = j \cdot L \quad (4.4)$$

Avec :

**j** : Perte de charge unitaire (m/ml) ;

**L** : Longueur de la conduite (m).

- **Perte de charge singulière J'**

Elles sont provoquées par les (coudes, les vannes, les clapets...), elles sont estimées à 15% des pertes de charge linéaires

$$J' = 0.15 \times J \quad (4.5)$$

- **Les pertes de charge totales  $\Delta h$**

Elles sont déterminées par la somme des pertes de charge linéaires et singulières :

$$\Delta h = J + J' = J + 0.15 \times J, \text{ soit } \Delta h = 1,15 \times J \quad (4.6)$$

#### 4.5.4 Calcul de la hauteur manométrique totale

Elle présente la somme des pertes de charge et la hauteur géométrique :

$$H_{mt} = H_g + \Delta h \quad (4.7)$$

Avec :

**$\Delta h$** : Pertes de charges totales (m) ;

**$H_g$** : Hauteur géométrique (m).

$$H_g = C_a - C_d \quad (4.8)$$

Avec :

**$C_a$**  : cote d'arrivée (m) ;

**$C_d$**  : cote de départ (m).

#### 4.5.5 Puissance de pompage

$$P = \frac{g \cdot Q \cdot H_{mt}}{\eta} \quad (4.9)$$

Avec :

**P** : puissance absorbée par la pompe (kw).

**Hmt** : Hauteur manométrique totale (m).

**Q** : Débit à transité (l /s).

$\eta$  : le rendement de la pompe en %

#### 4.5.6 Energie consommée par la pompe

Elle se calcule comme suit :

$$E = P \times t \times 365 \quad (4.10)$$

Avec :

**E** : Energie consommée par la pompe (kwh) ;

**P** : puissance absorbée par la pompe (kw) ;

**t** : temps de pompage (h).

#### 4.5.7 Frais d'exploitation

$$F_{ex} = E \times P_{ue} \quad (4.11)$$

Avec:

**E** : Energie consommée par la pompe (KWh) ;

**Pue** : Prix unitaire du KWh, fixé par la SONELGAZ (4 DA/KWh).

#### 4.5.8 Frais d'amortissement

Ils sont donnés par la formule suivante [3] :

$$F_{am} = P_u \times L \times A \quad (4.12)$$

Avec :

**Fam** : Frais d'amortissement (DA) ;

**Pu** : prix du mètre linéaire de la conduite (DA/ml) ;

**L** : Longueur de la conduite (m) ;

**A** : Amortissement annuel.

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i \quad (4.13)$$

Avec :

**A** : L'Amortissement annuel (Annuité) ;

**i** : Taux d'annuité = 8 % ;

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

#### 4.5.9 Détermination des frais totaux (Bilan)

Les frais totaux seront calculés par la formule suivante :

$$F_{\text{tot}} = F_{\text{exp}} + F_{\text{amo}} \quad (4.14)$$

#### 4.5.10 Calcul de la valeur maximale du coup de bélier

La valeur maximale du coup de bélier est égale à [12] :

$$B = a \cdot \frac{V}{g} \quad (4.15)$$

Avec :

V: Vitesse de l'eau (m/s) ;

g: Accélération (m/s) ;

a : Célérité des ondes du bélier (m/s), et elle est donnée par la relation suivante :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.90 + K \cdot \frac{D}{e}}} \quad (4.16)$$

**D** : diamètre de la conduite (m) ;

**e** : Epaisseur de la conduite en (m) ;

**k** : coefficient dépendant de la nature du matériau de la conduite est donné par **83** pour le **PEHD**.

#### 4.5.11 Calcul de la pression maximale et minimale

- **Cas de surpression :**

La valeur maximale de la pression **P<sub>max</sub>** (m) dans une conduite est calculée en fonction du bélier (**B**) et de la hauteur géométrique (**H<sub>g</sub>**) par la relation suivante :

$$P_{\text{max}} = H_g + B \quad (4.17)$$

- **Cas de dépression :**

La valeur minimale de la pression est calculée par la relation suivante :

$$P_{\text{min}} = H_g - B \quad (4.18)$$

#### 4.6 Description du schéma de l'adduction

Le départ de la chaîne d'adduction, est le point de piquage sur la conduite d'adduction principale venant du barrage TAKSABET vers SPTI2 FREHA (TFA), qui passe par la route nationale RN12, refoulant l'eau par l'intermédiaire d'une station de reprise (SR1) implanté juste à côté de réservoir du IMZIZOU surélevé de

cote 117 m. L'adduction continue par refoulement à une longueur de 2800 m. l'eau est refoulé vers le réservoir IMZIZOU de 275m d'altitude puis vers la distribution.

#### 4.7 Dimensionnement de l'adduction

Les caractéristiques du tronçon d'adduction par refoulement sont illustrées sans le tableau suivant :

**Tableau 4.1 : Les caractéristiques du tronçon d'adduction par refoulement.**

Désignation de la variable	Abréviation	Valeur	Unité
Cote de départ	<b>Cd</b>	117,00	m
Cote d'arrivée	<b>Ca</b>	275,00	m
Débit à véhiculer à travers la conduite	<b>Q</b>	44,21	l/sec
Longueur de la conduite	<b>L</b>	2800	m
Coefficient de rugosité équivalente	<b>Chw</b>	140	
taux d'annuité	<b>i</b>	0,08	%
horizon	<b>n</b>	30,00	an
Temps de pompage	<b>t</b>	20,00	heure
Pris du kilo watt-heure	<b>Pue</b>	4,00	DA/kwh
Introduire le coefficient (PEHD)	<b>K</b>	83	
rendement de la pompe	<b>η</b>	0,70	%

##### 4.7.1 Calcul du diamètre

Utilisons la formule de BONNIN (4.1), on calcule le diamètre économique :

$$D=210.27\text{mm}$$

A l'aide de catalogues des diamètres nominaux des conduites en PEHD on choisit trois diamètres nominaux, soit un inférieur à notre résultat et deux autres supérieurs.

Donc :

$$D_1=200 \text{ mm ;}$$

$$D_2=250\text{mm} \text{ ;}$$

$$D_3=315\text{mm}.$$

##### 4.7.2 Calcul de la hauteur manométrique

Les résultats des calculs avec la relation (4.3), (4.4), (4.5), (4.6) et (4.7) sont regroupés dans le tableau 4.2 suivant :

**Tableau 4.2 : Calcul de la Hmt.**

DN(m)	e(m)	j(m/ml)	J(m)	J'(m)	Δh(m)	Hmt(m)
<b>0,2</b>	0,0274	0,009	24.971	3.746	29	186.72
<b>0,25</b>	0,0342	0,003	8.422	1.263	9.68	167.68
<b>0,315</b>	0,0431	0,001	2.732	0.410	3.14	<b>161.14</b>

### 4.7.3 Calcul des frais d'exploitation (annexe 1)

Les résultats des calculs des relations (4.9), (4.10), (4.11) et le tableau (4.2) sont regroupés dans le tableau 4.3 ci-dessous :

**Tableau 4.3 : Calcul des frais d'exploitation.**

DN(m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	Hmt(m)	p(kw)	E(Kwh)	Fexp(DA)
<b>0,2</b>	0,04421	186.72	115.70	844 576.04	3 378 304.14
<b>0,25</b>	0,04421	167.68	103.90	758 488.16	3 033 952.62
<b>0,315</b>	0,04421	161.14	99.85	728 892.63	2 915 570.51

### 4.7.4 Calcul des frais d'amortissement

Les résultats des calculs utilisent les relations (4.12), (4.13) sont regroupés dans le tableau 4.4 ci-dessous :

**Tableau 4.4 : Calcul des frais d'amortissement.**

DN(m)	Prix (DA/ml)	L(m)	A	Famo(DA)
<b>0,2</b>	4 168,76	2 800,00	0,088	1 026 601,02
<b>0,25</b>	6 656,57	2 800,00	0,088	1 639 250,41
<b>0,315</b>	7 000,13	2 800,00	0,088	1 723 855.67

### 4.7.5 Calcul des frais totaux (Bilan)

Les résultats des calculs avec les relations (4.2), (4.14) et les résultats des tableaux (4.4) et (4.3) sont illustrés dans le tableau ci-après :

**Tableau 4.5 : Calcul des Bilans.**

DN(m)	V(m/s)	Fexp(DA)	Famo(DA)	Bilan (DA)
<b>0,2</b>	1,41	3 378 304.14	1 026 601,02	4 404 905.16
<b>0,25</b>	0,90	3 033 952.62	1 639 250,41	4 673 203.03
<b>0,315</b>	<b>0,57</b>	2 915 570.51	1 723 855.67	<b>4 639 426.18</b>

D'après le tableau (4.5), on constate que le diamètre économique est le **315 mm** ; du fait qu'il présente le plus petit bilan, tout en étant le siège d'une vitesse raisonnable de **0.57 m/s**, par conséquent, c'est ce diamètre qui sera adopté pour le projet, vu la Hmt de **161.14m**.

### 4.7.6 Calcul de pression nominal

Les résultats des calculs sont regroupés dans le tableau (4.6) ci-après à partir des relations (4.15), (4.16), (4.17), (4.18) :

**Tableau 4.6 : Calcul de pression nominal.**

DN(m)	a(m/s)	B(m)	Pmax (bar)	Pmin(bar)	PN (bar)
<b>0,315</b>	464.72	26.88	18.49	13.11	<b>PN20</b>

D'après le tableau (4.6) on opte pour une pression nominale de conduite de **20 bars**.

**-Récapitulatif d'étude de dimensionnement d'adduction****Tableau 4.7 : Récapitulatif d'études de dimensionnement d'adduction.**

N°	Désignation de la variable		Valeur			Unité
	<b>DONNEES DU PROBLEME</b>					
1	Cote de départ	Cd	117,00			m
2	Cote d'arrivée	Ca	275,00			m
3	Débit à véhiculer à travers la conduite	Q	44,21			l/sec
4	Longueur de la conduite	L	2 800,00			m
5	Coefficient de rugosité équivalente	Chw	140,00			
6	taux d'annuité	i	0,08			
7	horizon	n	30,00			
8	Temps de pompage	t	20,00			heures
9	Pris du kilo watt-heure	Pue	4,00			DA/kwh
10	Introduire le coefficient (PEHD)	K	83,00			
11	rendement de la pompe	$\eta$	0,70			
	<b>PHASE DE CALCUL</b>					
12	Hauteur géométrique	Hgeo	158,00			m
13	Calcul du diamètre économique	Deco	210,27	210,27	210,27	mm
14	Choix des diamètres	DN	200,00	250,00	315,00	mm
15	Epaisseur des conduites	e	27,40	34,20	43,10	mm
16	Prix du mètre linéaire de la conduite	puc	4 168,76	6 656,57	7 000,13	DA/ml
17	Vitesse d'écoulement de l'eau	V	1,41	0,90	0,57	m/sec
	<b>TEST DE LA VITESSE</b>		<b>vitesse correcte</b>	<b>vitesse correcte</b>	<b>vitesse correcte</b>	
18	annuité	A	0,088	0,088	0,088	
19	Perte de charge unitaire	j	0,009	0,003	0,001	m/ml
20	perte de charge linéaire	J	24,971	8,422	2,732	m
21	perte de charge singulière	J'	3,746	1,263	0,410	m
22	Pertes de charge totales	$\Delta h$	29	9,68	3,14	m
23	Hauteur manométrique totale	Hmt	186,72	167,68	161,14	m
24	Puissance absorbée par la pompe	P	115,70	103,90	99,85	kw
25	Energie consommée par la pompe	E	844 576,04	758 488,16	728 892,63	kwh
26	frais d'exploitation annuels	Fex	3 378 304,14	3 033 952,62	2 915 570,51	DA
27	frais d'amortissement annuels	Fam	1 026 601,02	1 639 250,41	1 723 855,67	DA
28	<b>Dépenses totales annuelles totale</b>		<b>4 404 905,16</b>	<b>4 673 203,03</b>	<b>4 639 426,18</b>	<b>DA</b>
29	Célérité de l'onde de choc	a			464,72	m/sec
30	Valeur du coup de bélier	B			26,88	m
31	Pression max	Pmax			18,49	bars
32	pression min	Pmin			13,11	bars
33	Choix de la pression nominale	PN			<b>PN20</b>	<b>bars</b>

**Conclusion**

Au cours de ce chapitre, on a déterminé les diamètres économiques après avoir calculé les différents paramètres à savoir : la vitesse d'écoulement, les pertes de charge, l'énergie consommée, les frais d'exploitation et les frais d'amortissement ; les résultats ont conduit à une conduite refoulement de DN 315. Pour la pression nominale est PN20.

Par conséquent, après cette étude technico-économique, il faut choisir une pompe adéquate qui répond aux conditions d'exploitations désirées, c'est ce qu'on va analyser dans le chapitre suivant.

# **Chapitre 5**

## **Etude et choix de pompe**

## Introduction

Dans ce présent chapitre, nous procédons au choix de la pompe nécessaire pour refouler un débit  $Q=44.211/s$  à partir de SR1, en utilisant le logiciel CAPRARI. Par ailleurs, deux vérifications sont nécessaires, à savoir le point de fonctionnement et la cavitation pour éviter tout risque de dysfonctionnement.

### 5.1 Définition d'une pompe

Une pompe est une machine hydraulique permettant d'aspirer et de refouler un fluide d'un point bas à un autre point plus haut à travers des conduites. Elle consiste à augmenter la pression du fluide véhiculé à la suite de la transformation de l'énergie mécanique en énergie hydraulique, elles sont regroupées en pompes volumétriques et en turbo pompes.

Le choix des pompes à installer se portera sur ; le débit à refouler, la hauteur d'élévation d'eau, le temps mis par la pompe pour élever un certain volume d'eau et sur le rendement de la pompe qui doit être acceptable d'une façon à avoir un coup minimum d'un mètre cube d'eau à élever.

### 5.2 Courbes caractéristiques d'une pompe

Les principales courbes qui caractérisent une pompe centrifuge et qui expriment ses performances sont [2]:

#### 5.2.1 La courbe Hauteur-Débit (figure 5.1)

C'est une représentation graphique qui exprime les variations des différentes hauteurs d'élévation en fonction du débit  $H = f(Q)$ .

#### 5.2.2 La courbe puissance - débit (figure 5.1)

Elle présente les variations de la puissance absorbée en fonction des débits, c'est une courbe en branche de parabole, dont la courbure est tournée vers la bas  $P=f(Q)$ .

#### 5.2.3 La courbe rendement – débit (figure 5.1)

Elle exprime les variations du rendement de la pompe en fonction du débit  $\eta=f(Q)$ .

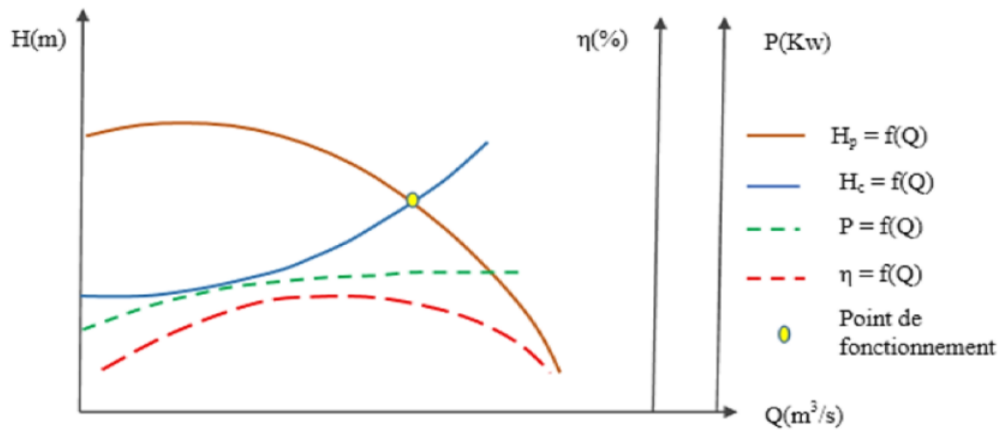


Figure 5.1 : Courbes caractéristiques des pompes et de conduite

### 5.3 Caractéristiques d'une conduite $H_c = f(Q)$ (figure 5.1)

La courbe caractéristique de réseau est la représentation graphique de la hauteur manométrique totale de l'installation ( $H_{mt}$ ) nécessaire à l'installation en fonction du débit  $Q$ . Elle se compose d'une composante statique et d'une composante dynamique ; la composante statique, à savoir la hauteur géométrique ( $H_g$ ) est indépendante du débit et la composante dynamique est composée de la perte de charge, qui augmente de manière proportionnelle au carré du débit  $Q$ .

La hauteur manométrique de la pompe est calculée suivant l'équation 5.1 :

$$H_{mt} = H_g + J_t \quad (5.1)$$

Avec :

$$J_t = 1.15 \times L \times j_u \quad (5.2)$$

D'où :

$$j_u = \frac{\lambda \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot D} \quad (5.3)$$

La vitesse  $v$  peut s'exprimer à partir de l'équation de continuité

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (5.4)$$

En remplaçant la vitesse par sa valeur

$$J_t = \frac{1.15 \cdot \lambda \cdot 1.8}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5} Q^2 = k \cdot Q^2 \quad (5.5)$$

Avec :

$$R = \frac{1.15 \cdot \lambda \cdot 1.8}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5} \quad (5.6)$$

Donc :

$$H_{mt} = H_g + RQ^2 \quad (5.7)$$

Avec :

**Hg** : Hauteur géométrique (m) ;

**RQ<sup>2</sup>**: Perte de charge au point considéré (m) ;

**R** : Coefficient qui caractérise la résistance de la conduite (m).

#### 5.4 Caractéristiques hydrauliques d'une pompe centrifuge

- **Vitesse de rotation**

C'est le nombre de tours qu'effectue la pompe par unité de temps, noté par N, son unité de mesure est (tr/mn).

- **Débit (Q)**

Le débit fourni par une pompe centrifuge est le volume refoulé pendant l'unité de temps, il s'exprime en (l/s).

- **Hauteur manométrique totale (Hmt)**

C'est la somme de la hauteur géométrique et les pertes de charge totales à l'aspiration et au refoulement.

Cette hauteur est donnée comme suit :

$$\mathbf{Hmt = Hg + Jasp + Jref} \quad (5.8)$$

Avec :

**Hg**: hauteur géométrique en (m) ;

**Jasp**: Pertes de charge à l'aspiration en (m) ;

**Jref**: Pertes de charge au refoulement en (m).

- **Puissance**

✓ **La puissance absorbée par la pompe (Pa)** C'est la puissance mécanique absorbée au niveau de l'arbre de la pompe en (Kw).

✓ **La puissance utile (Pu)** Elle traduit la puissance transmise au fluide par la pompe, elle est donnée par :

$$\mathbf{Pu = \rho \times g \times Hmt \times Q} \quad (5.9)$$

- **Le rendement ( $\eta$ )**

C'est le rapport entre la puissance utile et la puissance absorbée par la pompe, elle est donnée par :

$$\mathbf{\eta = \frac{Pu}{Pa}} \quad (5.10)$$

### Couplage des pompes

On distingue deux types de couplage des pompes [11] :

✓ **Le couplage en série** : ce type de couplage est utilisé en vue de l'augmentation de la hauteur d'élévation des pompes ;

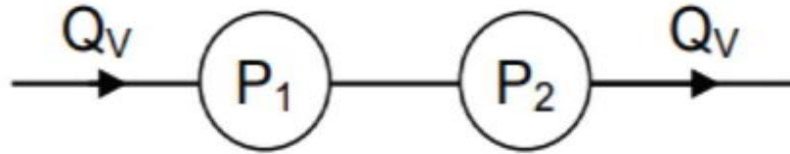


Figure 5.2 : Couplage de pompes en série.

✓ **Le couplage en parallèle** : ce type de couplage est utilisé en vue de l'augmentation du débit refoulé par les pompes.

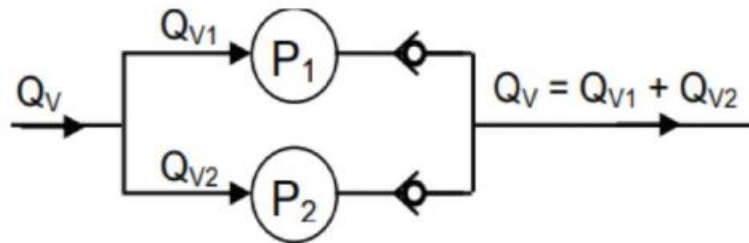


Figure 5.3 : Couplage de pompes en parallèle.

### 5.5 Point de fonctionnement de la pompe

Le point de fonctionnement d'une pompe est donné par l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe  $H = f(Q)$  et la caractéristique de la conduite  $H_c = f(Q)$ .

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'adopter la pompe aux conditions de travail désirées. Pour cela, quatre cas peuvent se présenter :

#### 5.6.1 Régulation par étouffement (le vannage)

La fermeture de la vanne augmente les pertes de charge et fait déplacer ainsi le point de fonctionnement. Le vannage n'est qu'une solution provisoire, car il diminue le rendement et augmente la consommation.

#### 5.6.2 Rognage de la roue

Par diminution du diamètre de la roue, il est possible de modifier la caractéristique de la pompe. Cependant, la possibilité de rognage est limitée de 0,5 à 10%, pour éviter une dégradation importante du rendement.

### 5.6.3 Réduction du temps de pompage

La méthode consiste à garder le point de fonctionnement obtenue tel qu'il donnée et le débit  $Q$  sera plus grand que le débit désiré ; pour cela, nous sommes tenus de faire diminué le temps de pompage tout en conservant le volume d'eau constant.

### 5.6.4 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.

## 5.6 Etude de la cavitation

La cavitation est un phénomène physique très complexe, qui se manifeste lorsque la pression absolue du liquide descend en 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 entraine la détérioration des caractéristiques hydrauliques (le rendement, la hauteur de refoulement, ...) et l'érosion des matériaux au niveau de la pompe [9].

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 supérieur à la charge nette minimale requise à l'aspiration  $(NPSH)_r$  (donnée par le constructeur).

La NPSH requis  $(NPSH)_r$  est la hauteur minimale du liquide, supposée à sa température d'ébullition, nécessaire au-dessus de l'aspiration, pour empêcher la cavitation. Il dépend du type de la pompe et du point de fonctionnement. Il est donné par le fabricant sous la forme d'une courbe donnant le NPSH requis (en mètre de liquide) en fonction du débit.

Le NPSH disponible  $(NPSH)_d$  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.

Soit la condition de non cavitation :  $(NPSH)_d > (NPSH)_r$ .

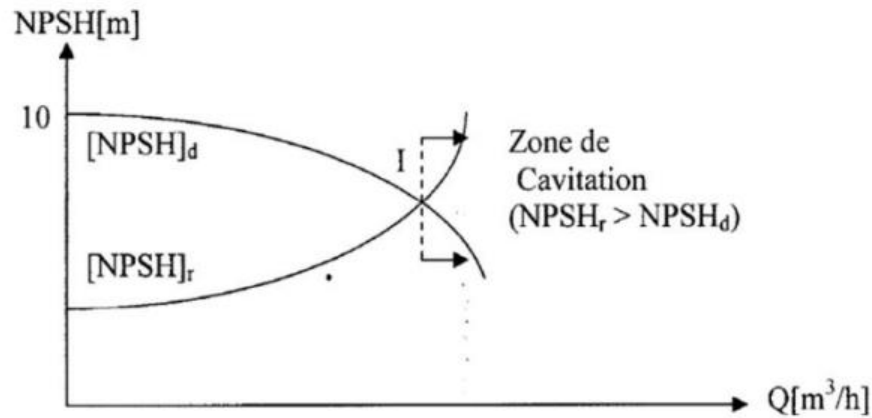


Figure 5.4: Graphe des courbes NPSH.

**I** : point délimitant la zone de cavitation.

-Calcul de  $(NPSH)_d$  se fait comme suit :

$$(NPSH)_d = \frac{P_0}{g \times \rho} + H_a - (J_{asp} + T_v) \quad (5.11)$$

$$\text{Et : } \frac{P_0}{g \times \rho} = P_{atm} - 0.0012 \times Ca \quad (5.12)$$

Avec:

**H<sub>a</sub>**: Hauteur d'aspiration en (m) ;

**J<sub>asp</sub>** : Perte de charge à l'aspiration en (m) ;

$\frac{P_0}{g \times \rho}$  : (Pression en mètre colonne d'eau au point d'aspiration en (m) ;

**P<sub>atm</sub>** : Pression atmosphérique au niveau de la mer, qui est de 10,33 m ;

**Ca**: Cote départ (m) ;

**T<sub>v</sub>** : La pression de vapeur maximale que l'air peut supporter à une température donnée.

Les valeurs de la tension de vapeur en fonction de la température sont données dans le tableau (5.1) suivant, Elle est de 0,24 pour  $T = 20^\circ \text{C}$  [15].

**Tableau 5.1 : Tension de vapeur d'eau pompée en fonction de la température.**

T° (C)	0	4	10	20	30	40	50	60	70	80	100
T <sub>v</sub> (m)	0.06	0.083	0.125	<b>0.24</b>	0.43	0.75	1.26	2.03	4.1	4.8	10.3

### 5.7 Application au cas d'étude

- **Caractéristiques de la conduite :**

Q refoulé = 44.211/s ;

H<sub>geo</sub> = 158 m ;

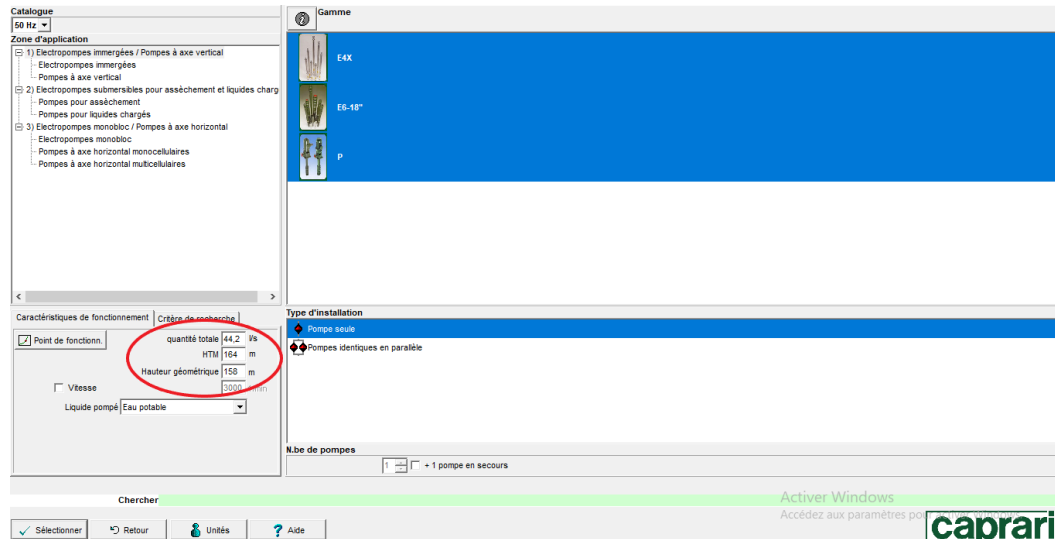
H<sub>mt</sub> = 164 m ;

$L = 2800 \text{ m}$  ;

$D = 315 \text{ mm}$ .

- **Choix de pompe**

Le logiciel CAPRARI est utilisé pour le choix de la pompe, en introduisant le débit ( $Q$ ), la hauteur manométrique ( $H_{mt}$ ) et la hauteur géométrique ( $H_{geo}$ ).



**Figure 5.5 : Introduction des données.**

Après analyse, CAPRARI propose une pompe immergée semi-axiale de type (E10S50/7CD + M10125), dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau (5.2) : voir (annexe 3)

**Tableau 5.2 Caractéristique de la pompe.**

Caractéristiques	Point de fonctionnement Désiré	Point de fonctionnement effectif
Q (l/s)	44.2	44.2
H (m)	164	164
P (Kw)	/	90.8
$\eta$ (%)	/	78.8
$NPSH_r$ (m)	/	5.98

La courbe caractéristique de la pompe, la courbe du NPSH, du rendement et de la puissance de la pompe sont représentées dans la figure (5.6) suivante :

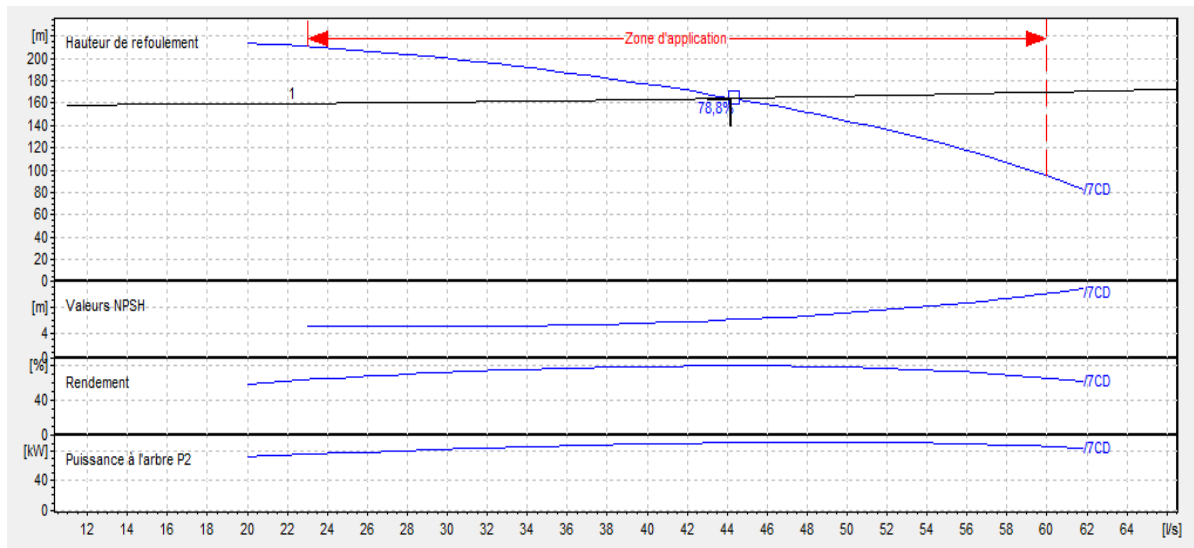


Figure 5.6 : Courbe caractéristique de la pompe donnée par CAPRARI.

- **Courbes caractéristiques de la conduite de refoulement**

**-Détermination du nombre de Reynolds :**

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (5.13)$$

Avec :

**V** : vitesse d'écoulement en m/s ;

**D** : diamètre intérieur de la conduite en m ;

**$\nu$**  : viscosité cinématique de l'eau prise égale à  $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  à une température de  $20^\circ\text{C}$ .

$$Re = \frac{0.57 \times 0.315}{10^{-6}} = 1787150$$

$Re = 1787150 > 4000$  donc le régime est turbulent,

**-Détermination de  $\lambda$  :**

Pour le Régime turbulent,  $\lambda$  est donné par la formule de Nikuradze :

$$\lambda^{-1/2} = 1,14 - 0,86 \text{Ln} \left( \frac{\varepsilon}{D_{int}} \right) \quad (5.14)$$

Avec :

**$\varepsilon$**  : Rugosité de la conduite PEHD=0.015 mm ;

**D** : Diamètre de la conduite (mm).

$$\lambda = \left( 1.14 - 0.86 \text{Ln} \left( \frac{\varepsilon}{D_{int}} \right) \right)^{-2} = \left( 1.14 - 0.86 \text{Ln} \left( \frac{0.015}{271.90} \right) \right)^{-2}$$

$$\lambda = 0.011$$

On calcul la Hmt et R à partir des relations (5.6) et (5.7) :

$$R = \frac{1.15 \times 8 \times 0.011 \times 2800}{9.81 \times 3.14^2 \times 0.315^5}$$

$$R = 944,62s^2 /m$$

Ce qui donne :  $H_c = H_{mt} = 158 + 944.62 Q^2$

Les résultats des hauteurs manométriques en fonction du débit sont donnés dans le tableau 5.3

**Tableau 5.3: Courbe caractéristique de la conduite de refoulement**

Q (l/s)	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
<b>Pompe (Hp)</b>	215	210	205	195	185	175	160	150	135	115	95
<b>Conduite(Hc)</b>	158	159	159	159	159	160	160	160	161	161	161

Après avoir superposé la courbe caractéristique de la conduite et la courbe caractéristique de la pompe (figure 5.6), nous constatons le point d'intersection coïncide avec le point de fonctionnement désiré, soit pf (44l/s ; 165m) ; autrement dit la pompe fonctionnent dans des conditions optimales d'utilisation (rendement maximal de la pompe).

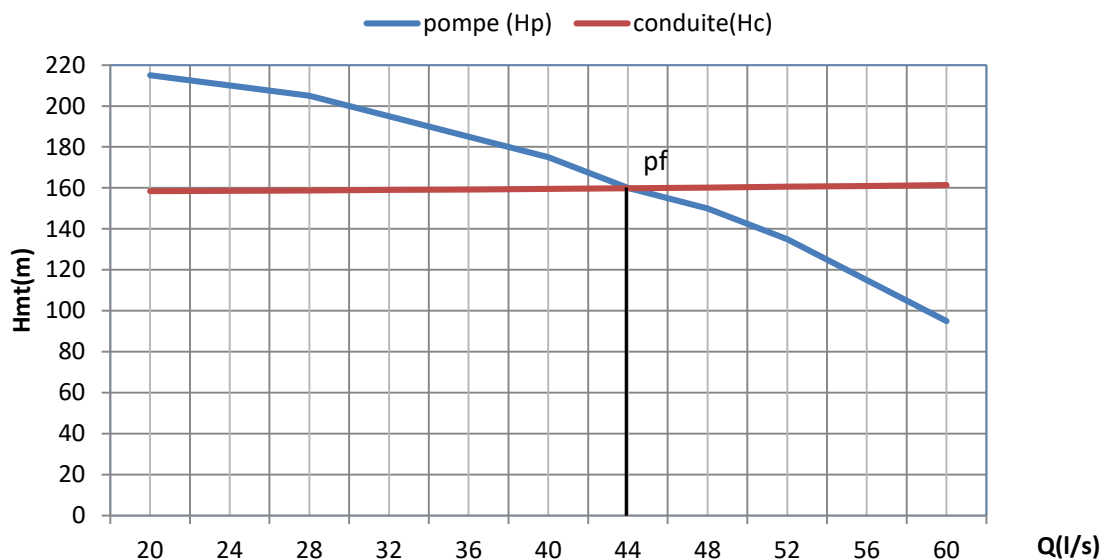


Figure 5.7 : Détermination du point de fonctionnement de la pompe.

- **Etude de la cavitation**

La cote du plan d'aspiration :  $C_a = 275m$  ;

Hauteur d'aspiration :  $H_a = 1 m$  ;

Perte de charge d'aspiration :  $J_{asp} = 0$  (négligeable) ;

$NSPH_r = 5.98 m$ .

A partir des relations (5.11) et (5.12), nous obtenons la valeur du  $NPSH_a$ , soit :

$$\begin{aligned} (NPSH)_d &= Patm - 0.0012 \times C_a + H_a - (J_a + T_v) \\ &= 10,33 - 0.0012 \times 275 + 1 - (0 + 0,24) \end{aligned}$$

**Ce qui donne :**

$$\text{NPSH}_d = 10.76 \text{ m}$$

La comparaison du  $\text{NPSH}_d$  au  $\text{NPSH}_r$  montre que :

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

Ce qui permet de conclure qu'il n'y a pas de risque de cavitation.

### **Conclusion**

A travers ce chapitre, nous avons déterminé la pompe qui donne le meilleur rendement à l'aide du catalogue CAPRARI. Suite aux calculs de la hauteur manométrique totale et du débit désiré, nous avons opté pour une pompe immergée semi-axiale de type (E10S50/7CD + M10125) ; qui ne nécessite pas de modification car le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré, et la non-cavitation est assurée. La pompe refoule un débit de 44.21 l/s pour la hauteur manométrique 164 m, et un rendement de 78.8%.

# **Chapitre 6**

## **Coup de bélier**

## Introduction

Les coups de bélier sont des ondes de surpression et de dépression liées à un changement brutal de l'écoulement dans la conduite, c'est-à-dire que chaque tranche d'eau de la conduite, subit des variations brusques de pression et de vitesse à des instants différents. Le coup de bélier est un phénomène oscillatoire. Pour absorber cette onde et protéger les conduites contre ce phénomène de bélier, plusieurs dispositifs sont prévus (Volant d'inertie, Soupape de décharge, cheminés d'équilibre, réservoir d'air...etc.). Nous nous intéressons, dans ce chapitre, au dimensionnement du réservoir d'air.

### 6.1 Les principales causes du phénomène du bélier

Les causes les plus fréquentes sont les suivantes :

- ✓ Arrêt brutal, par disjonction inopinée, d'un ou de plusieurs groupe électro pompes alimentant une conduite de refoulement débitant sur un réservoir, ou d'un démarrage d'une pompe ;
- ✓ Fermeture instantanée ou trop rapide d'une vanne de sectionnement ou d'un robinet d'obturation placé en bout d'une conduite d'adduction.

### 6.2 Conséquences du coup de bélier

Les conséquences de ce phénomène sont les suivantes :

- ✓ Déboitement des conduites ;
- ✓ Détérioration des joints ;
- ✓ Erosion des joints, rendant la conduite non étanche ;
- ✓ Détérioration des revêtements intérieurs ;
- ✓ Rupture de la conduite, éclatement du à la surpression et l'écrasement qui est du à la dépression.

### Moyens de protection contre le coup de bélier

Les appareils anti-bélier devront avoir pour effet [1]:

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

Les appareils les plus utilisés sont les suivants :

- **Volant d'inertie (figure 6.1):** Couplé au moteur, il constitue un moyen permettant d'allonger le temps d'arrêt du moteur et cela protège les installations contre les dépressions.

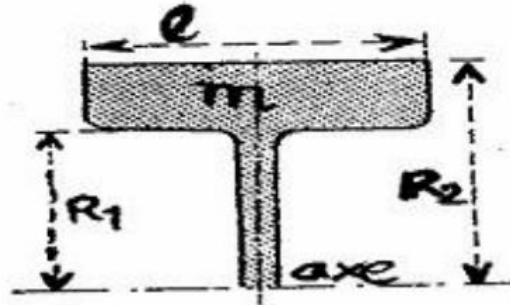


Figure 6.1 : Volant d'inertie.

- **Soupape de décharge (figure 6.2):** Elle ne lutte que contre les surpressions, elle est munie d'un ressort qui avec le temps devient raide et n'accomplit pas son rôle. La protection des installations contre les surpressions est accompagnée de perte d'eau par éjection en cas de gonflement.



Figure 6.2 : Soupape de décharge.

- **Cheminée d'équilibre (figure 6.3):** Elle protège les installations aussi bien contre les surpressions que contre les dépressions, elle ne peut l'établir économiquement que si la hauteur géométrique est faible. A cause de son encombrement, elle est déconseillée en AEP.

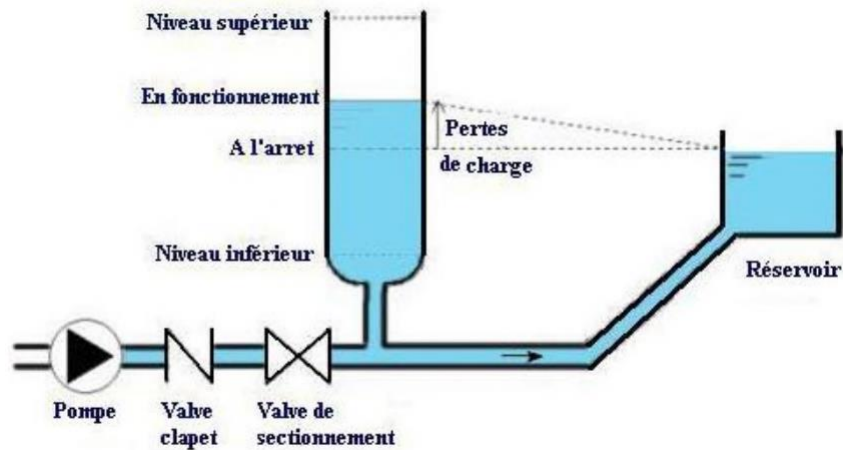


Figure 6.3 : Cheminée d'équilibre.

- **Réservoirs d'air (figure 6.4)** : Il protège les installations aussi bien contre les surpressions que contre les dépressions. Il est le meilleur moyen de protection contre le coup de bélier.



Figure 6.4 : Réservoir d'air.

- **Calcul des réservoirs d'air**

Le calcul du réservoir d'air permet de déterminer les valeurs de la surpression et de la dépression maximales. Comme méthode de calcul, on distingue :

- **La méthode de Puech et Meunier**

Elle permet de déterminer le volume des ballons de protection, et consiste au calcul de trois nombres adimensionnels :

**K** : qui caractérise les pertes de charge ;

**A** : qui caractérise la conduite de refoulement ;

**B** : qui caractérise le volume d'air du réservoir anti-bélier.

Ayant calculé K et A, nous superposons la famille de courbes au profil en long de la conduite. Nous choisissons la courbe qui laisse au moins une sécurité de 3m de pression absolue au-dessus du point le plus défavorable du profil.

### ➤ La Méthode de Vuibert

Cette méthode donne de bons résultats pour les petites installations et risque de donner des volumes de réservoirs d'air important dans le cas de grandes installations.

### 6.3 Application au cas d'étude

Pour une meilleure protection de la conduite de refoulement contre le coup de bélier, nous adoptons un réservoir d'air. Le dimensionnement de ce réservoir d'air sera conduit par la méthode de Peuch et Meunier.

**Tableau 6.1 : Caractéristique de la conduite.**

Caractéristiques de la conduite	Valeurs	Unités
Longueur de la conduite L	2800	m
Débit Q	44.21	l/s
Vitesse d'écoulement V	0.57	m/s
Hauteur géométrique Hg	158	m
Diamètre extérieur de la conduite D	0.315	m
Epaisseur de la conduite e	0.0431	m
Hauteur manométrique totale Hmt	164	m

#### ✓ Cas Dépression

- **Caractéristique A de la conduite :**

$$A = \frac{a \times V}{g \times H_0} \quad (6.1)$$

**a** : La célérité de l'onde obtenue par la relation (4.16), soit **a=464.72m/s**.

**V** : Vitesse d'écoulement (m/s)

**g** : Accélération de pesanteur 9.81 (m/s<sup>2</sup>)

**H<sub>0</sub>** : La hauteur géométrique d'élévation (m)est donnée par :

$$H_0 = H_g + 10 \quad (6.2)$$

$$H_0 = 158 + 10$$

$$H_0 = 168 \text{ m}$$

Soit :

$$A = \frac{464.72 \times 0.57}{9.81 \times 168}$$

$$A = 0.47$$

- **Caractéristique K de la perte de charge :**

$$K = \frac{H_{abs} - H_0}{H_0} \quad (6.3)$$

**Habs** : la hauteur manométrique totale donnée par :

$$H_{abs} = H_{mt} + 10 \quad (6.4)$$

$$H_{abs} = 164 + 10$$

$$H_{abs} = 174 \text{ m}$$

Soit :

$$K = \frac{174 - 168}{168}$$

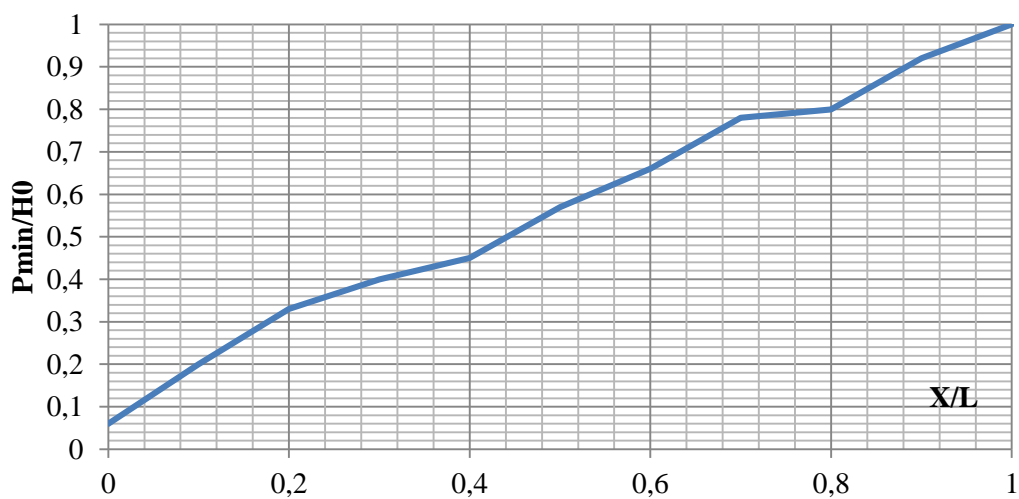
$$K = 0.04$$

#### ✓ **Caractéristique B du réservoir**

Pour déterminer la caractéristique B du réservoir d'air, nous superposons la famille des courbes de B du graphe de Peuch et Meunier avec le profil de la conduite donnée par le tableau (6.2) et la figure (6.2) [13] :

**Tableau 6.2 : Les caractéristiques du le profil de la conduite.**

X/L	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
<b>Pmin/H0</b>	0,06	0,2	0,33	0,4	0,45	0,57	0,66	0,78	0,8	0,92	1



**Figure 6.5 : le profil de la conduite.**

La superposition de ce profil est effectuée avec l'abaque de Peuch et Meunier pour  $K=$  et  $A=0.5$  tel que l'illustre la figure (6.3) :

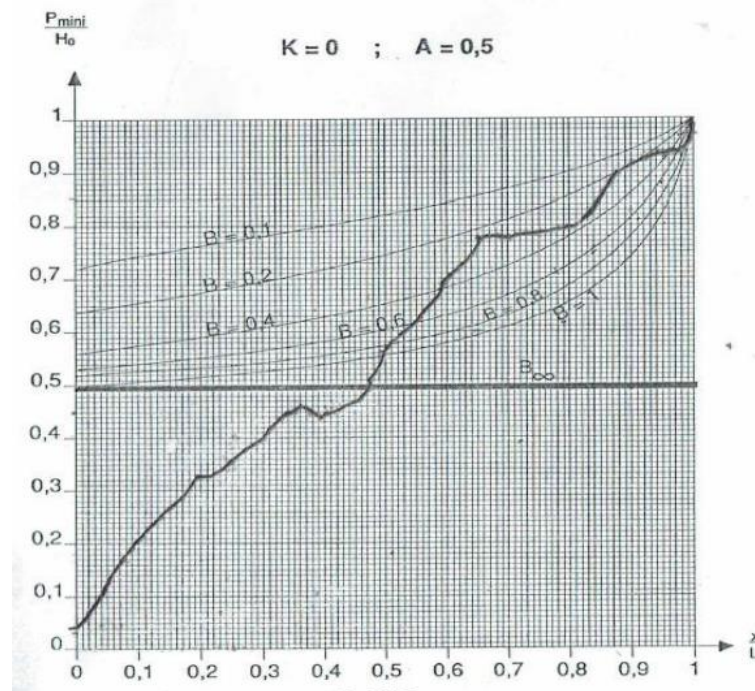


Figure 6.6 : Graphe Peuch et Meunier pour la conduite de refoulement.

La courbe B choisie doit être entièrement protégée contre les dépressions absolues et laisse au-dessus du point le plus défavorable une pression absolue plus de 3m d'eau. Sachant qu'un petit carreau correspond à 0.01, pour le point qu'on a choisi il est proche de la courbe  $B=0.2$  avec 2 carreaux.

Ce qui donne :

$$\frac{\Delta p}{H_0} = 2 \times 0.01$$

Donc :  $\Delta p = 2 \times 0.01 \times H_0 = 2 \times 0.01 \times 168$

$$\Delta p = 3.36 \text{ m d'eau} > 3 \text{ m}$$

La condition étant vérifiée, donc on opte pour  $B=0.2$ .

Cette valeur de B nous permet de calculer le volume d'air comprimé  $U_0$  en régime permanent (Morel M., 1994) :

$$U_0 = \frac{v^2}{g \times H_{abs}} \times \frac{L \times S}{B} \quad (6.5)$$

$$U_0 = \frac{0.57^2}{9.81 \times 174} \times \frac{2800 \times \left( \frac{3.14 \times 0.315^2}{4} \right)}{0.2}$$

$$U_0 = 2.63 \text{ m}^3$$

**-Calcule du plus grand volume d'air U<sub>max</sub>**

$$\text{On a :} \quad P_{\min} \times U_{\max}^{1.2} = H_{\text{abs}} * U_0^{1.2} \quad (6.6)$$

On calcule P<sub>min</sub> d'abord en utilisant la projection du point le plus défavorable sur l'axe des ordonnées :

$$\frac{P_{\min}}{H_0} = 0.78$$

$$P_{\min} = 0.78 \times H_0 = 0.78 \times 168$$

$$\mathbf{P_{\min} = 131.04 \text{ m d'eau}}$$

Donc :

$$\mathbf{U_{\max} = U_0 \times \left( \frac{H_{\text{abs}}}{P_{\min}} \right)^{\frac{1}{1.2}}} \quad (6.7)$$

$$U_{\max} = 2.63 \times \left( \frac{174}{131.04} \right)^{\frac{1}{1.2}}$$

$$\mathbf{U_{\max} = 3.37 \text{ m}^3}$$

Le plus grand volume d'air est de 3.37 m<sup>3</sup>, si nous volons qu'il reste encore 20% d'eau lors de la plus grande dépression, il nous faut prévoir un ballon de volume τ qui est égale à :

$$\tau = U_{\max} + (20/100) \times U_{\max} \quad (6.8)$$

$$\tau = 1.2 \times U_{\max} = 1.2 \times 3.37$$

$$\mathbf{\tau = 4.044 \text{ m}^3}$$

**✓ Cas Surpression**

A partir de l'abaque de Dubin et Géneau (annexe 2) [6] nous déterminons le diamètre « d » du diaphragme : pour A = 0.47 et B = 0.2

Nous lisons :

$$\alpha \frac{V_0^2}{H_0} = 0.8$$

$$\text{Avec} \quad \alpha = \frac{1}{2g} \left[ \frac{D^2}{0.6 \times d^2} - 1 \right]^2 \quad (6.9)$$

$$\frac{P_{\max}}{H_0} = 1.125$$

$$\text{Donc :} \alpha = \frac{0.8 \times H_0}{V_0^2} = \frac{0.8 \times 168}{0.57^2}$$

$$\mathbf{\alpha = 413,67}$$

A partir de la formule (6.9) on peut tirer le diamètre « d »

$$\frac{D^2}{0.6 \times d^2} = \sqrt{2g\alpha + 1} \longrightarrow d^2 = \frac{D^2}{0.6 \sqrt{2g\alpha + 1}}$$

$$d^2 = \frac{315^2}{0.6 \sqrt{2 \times 9.81 \times 413.67 + 1}} = 688,33$$

$$d = 26,24 \text{ mm}$$

d représente le diamètre du diaphragme fictif représentatif des pertes de charge dans la conduite.

A partir de la formule  $\frac{P_{max}}{H_0}$  on peut tirer « Pmax »

$$P_{max} = 1.125 \times 168$$

$$P_{max} = 189 \text{ m}$$

La surpression par rapport à la hauteur géométrique absolue  $H_0 = 168 \text{ m}$  est surpression /  $H_0 = 189 - 168$

$$H = 21 \text{ m}$$

## Conclusion

Pour protéger les conduites de refoulement contre le coup de bélier, nous avons opté pour un réservoir d'air comme organe de protection au niveau de la station. Le dimensionnement de ce dernier a été effectué par la méthode de Peuch et Meunier.

Les résultats sont récapitulés dans le tableau 6.3 :

<b>Tableau 6.3 : Récapitulatif des résultats de la conduite.</b>	
<b>Caractéristiques</b>	<b>Cas de dépression</b>
La célérité a	1 371,30 m/s
Hauteur géométrique d'élévation $H_0$	168 m
Caractéristique A de la conduite	0.47
La hauteur absolue Habs	174m
Caractéristique K de la perte de charge	0.04
Caractéristique B du réservoir	0.2
Volume d'air comprimé $U_0$	2.63 m <sup>3</sup>
La pression minimale Pmin	131.04 m d'eau
Le volume maximal d'air Umax	3.37 m <sup>3</sup>
Volume d'air $\tau$ à prévoir	4.044 m <sup>3</sup>
	<b>Cas de surpression</b>
$\alpha$	413.67
Le diamètre du diaphragme d	26.24 mm
Pression maximale Pmax	189 m
Surpression /à $H_0H$	21 m

L'étude de renforcement en eau potable de village IMZIZOU et NEZLA est effectuée à l'horizon 2052 pour une population qui s'élève à 8154 habitants. Les besoins en eau de cette population à l'horizon d'étude s'élèvent à 2008.88 m<sup>3</sup>/j. Ce débit sera acheminé à partir de la station du barrage de TAKSEBT.

Le dimensionnement de réservoir a été effectué par la méthode analytique en fonction du régime d'alimentation et de distribution propre à la région. Les résultats ont permis de projeter un réservoir de capacité 550 m<sup>3</sup>.

L'étude d'adduction est effectuée à l'horizon 30 (ans). Les pertes de charges sont évaluées par la méthode de Hazen Williams en considérant un coefficient de 140. Les résultats ont abouti à une conduite refoulement de DN315, de pression nominale est PN20.

Le choix de pompe a été effectué avec le logiciel CAPRARI, pour la station SR1, Nous avons opté pour une pompe immergée semi-axiale de type E10S50/7CD + M10125 qui refoule un débit de 44.21 l/s pour la hauteur manométrique 164m, et un rendement de 78.8%. Le résultat de calcul de NSPH a montré qu'il n'ya pas de risque de cavitation ( $NSPH_d > NSPH_r$ ).

Pour protéger la conduite de refoulement contre le coup de bélier pouvant être induit par l'arrêt brusque de pompe, nous avons opté pour un réservoir d'air comme organe de protection au niveau de la SR1, pour absorber l'onde du bélier. Le dimensionnement de ce réservoir d'air est effectué par la méthode de Peuch et Menier. Les résultats ont conduit à un réservoir d'air de volume 4044 litres, avec un diamètre de diaphragme de 26.24mm.

- [1] Ait Moussa Mourad et Ait Izem Said, Etude du coup de bélier dans une conduite en refoulement, mémoire de master, département génie civil, UMMTO, 2020.
- [2] Bonin j, Hydraulique urbaine aux agglomérations de petite et moyenne importance, Edition Eyrolles, Paris, 1986.
- [3] Bouzelha Karima, 2017 ; cours d'alimentation en eau potable chapitre 4 adduction par refoulement master 1 OH.
- [4] DJAMA Aldjia et TAMACHE Farida, alimentation en eau potable des communes côtières de la wilaya de TIZI OUZOU a partir de la station de dessalement de THAMDA OUGMOUN « dimensionnement des ouvrages », département génie civil, UMMTO, 2021.
- [5] Données recueillies (PDAU) auprès des services, APC de la commune de FREHA, Subdivision de la Daira de AZAZGA, et la Direction des Ressources en Eau de la wilaya de TiziOuzou.
- [6] Dupont A., Hydraulique urbaine, Tome 2, Ouvrages de transport Elévation et distribution des eaux. Edition Eyrolles, Paris, 1979.
- [7] HACENE Abdenour STITI Abdelkarim, Renforcement du réseau de l'alimentation en eau potable de la commune d'Ait Yenni, Département génie civil, UMMTO, 2020.
- [8] Hazen.A et Williams G.S. : « Hydraulic Tables» ; New York, 3e éd, 1920.
- [9] Hefsi Nacira, Etude de renforcement de l'alimentation en eau potable du versant ouest de la commune de Maatkas, Mémoire de Master, Département génie civil, UMMTO, 2018.
- [10] KACI KAHINA, Cartographie de glissement de terrain de Tala N'Tgana, Département génie civil, UMMTO, 2020.
- [11] Lamine Hanane et Makoudi Naima, Contribution au renforcement d'un réseau d'alimentation en eau potable des villages de la commune de Feraoun Wilaya de Bejaia à partir du barrage Téchi-Haf, Mémoire de Master, Département génie civil, UMMTO, 2017.

[12] Medjebar Fazia et Achour samir, Analyse mecano-fiabiliste d'un réseau d'alimentation en eau potable de la ville d'EL-Meneaa, mémoire de master, département génie civil, UMMTO, 2016.

[13] Morel Michel A., Exercices de mécanique des fluides, Tome2 turbomachine-constructions graphique phénomènes transitoires, Edition Eyrolles, 1994.

[14] Moussa M., Polycopie d'alimentation eau potable, école nationale d'ingénieur de Tunis, 2002.

[15] Takabecht Tahar et Adja Adelhakim Mazigh, Alimentation en eau potable de la nouvelle ville d'Oued Falli. Mémoire de Master, Département génie civil, UMMTO, 2020.

#### **Webo-graphie**

<https://fr-fr-mapcarta.com/maps/6tbt/Tizi-Ouzou/>

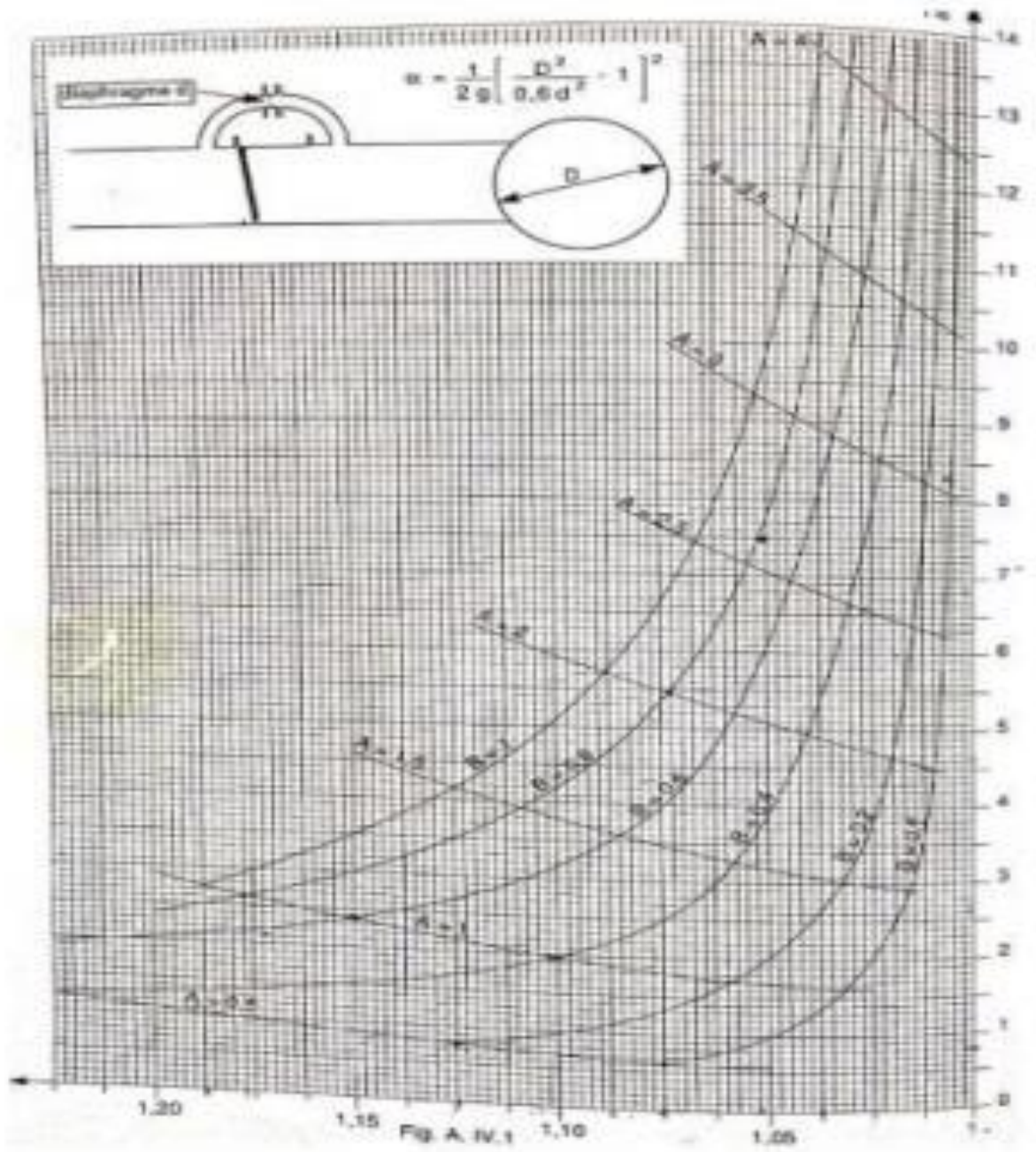
<https://fr-fr.topographic-map.com/maps/6tbt/Tizi-Ouzou/>

<https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/tiziouzou/60395.html?graphiques>

**Annexe 1**  
**Tube PEHD PN20**

Désignation	CODE	UM	Matière	Tarif HT proposé
<b>Tube PEHD PE 100Ø 25</b>		ML	PE100	82,27
<b>Tube PEHD PE 100Ø 32</b>		ML	PE101	130,53
<b>Tube PEHD PE 100Ø 40</b>		ML	PE102	205,68
<b>Tube PEHD PE 100Ø 50</b>		ML	PE103	319,6
<b>Tube PEHD PE 100Ø 63</b>		ML	PE104	503,37
<b>Tube PEHD PE 100Ø 75</b>		ML	PE105	719,1
<b>Tube PEHD PE 100Ø 90</b>	PF0407100530	ML	PE106	1014,73
<b>Tube PEHD PE 100Ø 110</b>		ML	PE107	1542,63
<b>Tube PEHD PE 100Ø 125</b>	PF0407100466	ML	PE108	1633,88
<b>Tube PEHD PE 100Ø 160</b>	PF0407100471	ML	PE109	2723,14
<b>Tube PEHD PE 100Ø 200</b>	PF0407100476	ML	PE110	4168,76
<b>Tube PEHD PE 100Ø 250</b>	PF0407100695	ML	PE111	6656,57
<b>Tube PEHD PE 100Ø 315</b>	PF0407100485	ML	PE112	7000,13
<b>Tube PEHD PE 100Ø 400</b>	PF0407100491	ML	PE113	17132

Annexe 2  
Abaque du Dubin et Géneau



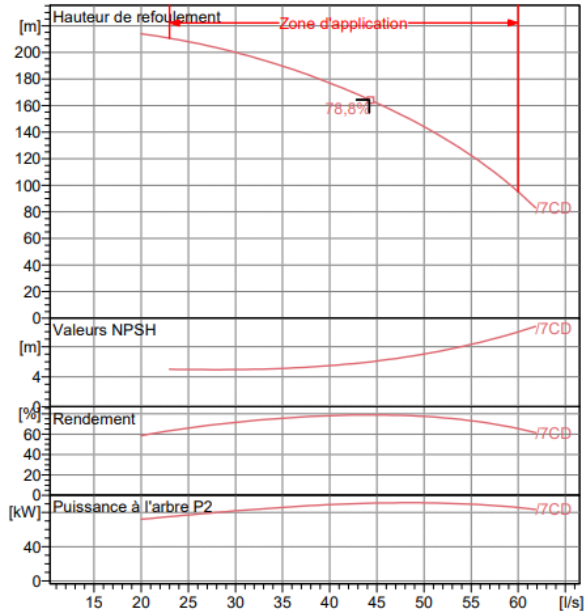
Annexe 3



Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001

<b>E10S50/7CD + M10125</b>	
<b>Caractéristiques requises</b>	
Débit	44,2 l/s
Hauteur de refoulement	164 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
<b>Caractéristiques de la pompe</b>	
Débit	44,2 l/s
Hauteur de refoulement	164 m
Puissance absorbée	90,8 kW
Rendement	78,8%
Hauteur manométrique H(Q=0)	243 m
Orif. de refoulement	150 mm
<b>Caractéristiques moteur</b>	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2900 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	92 kW
Courant nominal	179 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	Y
Degré de protection	IP 68
<b>Limites opérationnelles</b>	
Démarrages / h max.	6
Température maxi. du liquide pompé	
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Caractéristiques générales</b>	
Poids	569 kg
<b>Matériaux</b>	
<b>CONSTRUCTION POMPE</b>	
Corps du clapet	Fonte
Clapet	Fonte/Acier inox
Corps d'aspiration	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Arbre	Acier inox
Roue	Fonte
Bague d'usure	Caoutchouc
Crépine	Acier inox
Gouttière protection câbles	Acier inox
Accouplement	Acier inox
<b>CONSTRUCTION MOTEUR</b>	
Support supérieur	Fonte
Support inférieur	Fonte
Chemise stator	Acier inox
Arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Acier-caoutchouc
Para-sable	Caoutchouc
Bobinage	Cuivre isolé
Butée	Type Michell

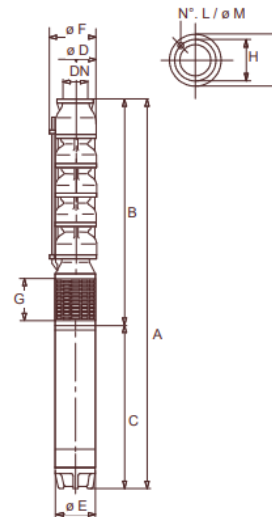


**Caractéristiques de fonctionnement** UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

- A = 3265
- B = 1670
- C = 1595
- D = 240
- DN = 150
- E = 242
- F = 251
- G = 198
- H = 206
- I = 234
- L = 6
- M = 16



Notes:

Date <b>23.11.2022</b>	Page <b>1</b>	Offre n°	Pos.N°
---------------------------	------------------	----------	--------