

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique  
جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان  
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID



كلية التكنولوجيا  
Faculté de Technologie

قسم الري  
Département d'hydraulique

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de  
Master en Hydraulique :  
*Option : Eau Sol et Aménagement*

Thème  
**ETUDE DE SYSTÈME DE REFOULEMENT  
TAFNA-DZIOUA**

Soutenance : Juin 2016

Présenté par :

\*\*\* HAMMAD Mohammed Yehya

\*\*\* MADOUNI Choukri

Devant les membres du Jury :

Mr. CHERIF Zine El Abidine

Mr. SEDDINI.Abdelali

Mr. TERKI HASSAINE Taha El Amine

Mr.GHENIM Abderrahmane

Mr.ROUISSAT Boucherit

Président

Encadreur

Co-Encadreur

Examineur

Examineur

Promotion: 2015-2016

# Remerciements

On remercie, avant tout, le Bon Dieu de nous avoir donné la patience, le courage et de nous avoir facilité le chemin pour achever ce fruit de nos longues années d'études.

Au terme de ce travail, on tient à exprimer nos profondes reconnaissances et nos remerciements les plus vifs à tous les enseignants du département d'hydraulique.

Egalement, on remercie

- **Mr. SEDDINI.Abdelali,**
- **Mr.TERKI HASSAINE Taha El Amine,**

Nos encadreurs, pour leurs précieux conseils, leurs disponibilités, leurs gentillesse et surtout pour avoir cru en nous.

On remercie:

**-Mr.CHERIF Zine El Abidine,** pour l'honneur qu'il nous a fait afin de présider les membres du jury, qu'il trouve ici l'expression de nos profonds respects.

**- Mr.ROUISSAT.Boucherit et Mr.GHENIM Abderrahmane,** pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'examiner et de juger notre travail.

## *Dédicaces*

*Au terme de toutes ces années d'études, je dédie ce mémoire en signe de respect, de reconnaissance et de remerciements*

*A mes chers parents source inépuisable d'amour et d'affection.*

*A mes frères, Fahim, Mourad, Réda, et ma sœur Samira qu'ils trouvent ici l'expression de ma vive gratitude en témoignage de notre fraternité sans égale.*

*A ma belle sœur Asma et mon beau frère Abde el Fatah.*

*A mes amis Islem, Brahim, Anes, Mouhamed, Chakib...*

*A mon binôme Yahia*

*Je dédie, enfin, ce travail à la mémoire de mes grands-parents, source d'honneur, de fierté, de savoir et de sagesse.  
MADOUNI Moustapha et Tidjiniya Kabacha Routi et Fatiha*

*Madouni Choukri*

## *Dédicaces*

*J'adresse mes remerciements par un grand respect et gratitude à mes très chers parents qui sont la lumière de ma vie, qui ont tant souffert et se sont sacrifiés pour que je sois heureux, pour leurs conseils, leurs affection et leurs encouragements.*

*Et je le dédie à :*

- *Ma très chère grande mère*
- *Mon très cher frère ZEYD et ma très chère sœurs FATIMA qui m'a aidés et qui est toujours présent à mes cotés.*
- *A toute la famille « HAMMAD » et « CHEDDAD »*
- *A tous Mes ami(e)s et spécialement pour mon binôme choukri*
- *A mes camarades de promotion, pour tout ce que nous avons partagé, échangé ensemble durant ces années.*
- *A tous les gents qui ont contribué ma réussite de prés ou de loin.*

HAMMAD Mohammed Yahia



## Résumé

L'étude et la réalisation de la station TAFNA passe par différentes étapes de calculs. Les calculs des différents paramètres d'une station de pompage sont souvent longs et répétitifs. L'utilisation de l'outil informatique est d'un grand intérêt car elle permet un gain de temps en plus d'éviter le maximum d'erreurs de calculs. C'est pour cette raison, qu'on a mis nos efforts pour l'élaboration d'un programme informatique sous MATLAB afin d'automatiser les calculs. Cette investigation a permis d'obtenir les courbes caractéristiques hauteur-débit, des pompes, de la conduite de refoulement, ainsi que le point de fonctionnement de la station de pompage TAFNA-DZIOUA. Finalement, le travail qu'on a élaboré est valable pour toute station de pompage.

## Abstract

The study and realization of the TAFNA station goes through different stages of calculations. Calculations of the different parameters of a pumping station are often long and repetitive. The use of computer programs is of great interest because it allows : time savings and avoiding maximum miscalculations. For this reason, we developed a computer program by using MATLAB to automate calculations. This investigation has resulted in the characteristic curves head-flow, pumps, the discharge, and the operating point of the pump station TAFNA-DZIOUA. Finally, the work we have developed is valid for any pumping station.

## ملخص

دراسة و إنشاء محطة ضخ المياه تافنة مر عبر مراحل مختلفة , عملية الدراسة التقنية لإنشاء محطة الضخ غالبا ما تكون طويلة و صعبة.

الإعلام الآلي له أهمية كبيرة لأنه يسمح بتوفير الوقت و تجنب الحسابات الخاطئة. و بالاستعانة بالبرنامج الحسابي MATLAB تمكنا من إنشاء مختلف المنحنيات , منحنى التدفق – الارتفاع. تحديد خصائص المضخات , وتعيين خاصية التشغيل بالنسبة للمحطة.

و في الأخير هذه الدراسة تسمح بتحديد خصائص أي محطة.

## Liste des figures

Figure I.1 : pompe (vue ouverte).....	3
Figure I.2: Présentation extérieure d'une pompe centrifuge .....	6
Figure I.3: Pompe centrifuge .....	7
Figure I.4 : Pompe centrifuge multicellulaire horizontale.....	8
Figure I.5 : Les types de roues .....	9
Figure I.6 : Courbe caractéristique hauteur en fonction du débit .....	12
Figure I.7 : Courbes caractéristiques rendement et puissance en fonction de débit . .....	13
Figure I.8 : Courbes caractéristiques rendement et puissance en fonction de débit .....	13
Figure I.9 : Courbe caractéristique de réseau (H) avec composante statique et composante dynamique.....	14
Figure I.10 Le point de fonctionnement d'une pompe .....	15
Figure I.11 : courbe caractéristique de deux pompes en série .....	18
Figure I.12 : courbe caractéristique de deux pompes en parallèle.....	18
Figure II.1 : schéma général de la station TAFNA.....	21
Figure II.2 : Prise d'eau d'oued TAFNA .....	22
Figure II.3 : La pompe FLYGT modélisé en 3 dimensions (3D).....	23
Figure II.4 : Le dessableur .....	25
Figure II.5 : La pompe FLYGT .....	26
Figure II.6 : Les regards de mesure modélisée en 3D.....	27
Figure II.7 : Bâtiment de floculation.....	28
Figure II.8 : Décanteur simple. ....	29
Figure II.9 : Le décanteur.....	30
Figure II.10 : Le décanteur modélisé en 3D.....	30
Figure II.11 : Le sous-sol de bâtiment de service modélisé en 3D. ....	31
Figure II.12 : Le poly – électrolyte .....	31
Figure II.13 : Le réservoir tampon .....	32
Figure II.14 : Le réservoir tampon modélisé en 3D. ....	33
Figure II.15 : La station de pompage principal .....	34
Figure II.16 : La station de pompage principal .....	34
Figure II.17 : La station de pompage principal modélisé en 3D .....	34

Figure II.18 : Anti coup de bélier .....	36
Figure II.19 : alimentation électrique .....	36
Figure II.20 : Tableau synoptique .....	37
Figure II.21 : bâtiment électrique.....	37
Figure II.22 : La vieillesse des pompes .....	38
Figure II.23 : L'indisponibilité des pièces de rechange.....	38
Figure II.24 : La variation de débit d'oued TAFNA.....	38
Figure II.25 : Figure II.26 : L'indisponibilité des pièces de rechange.....	38
Figure II.26 : Schéma de la station DZIOUA.....	39
Figure II.27 : Le cratère de DZIOUA.....	40
Figure II.28 : Cascade d'aération .....	41
Figure II.29 : Canal de distribution .....	41
Figure II.30 : Chambre de coagulation-floculation.....	42
Figure II.31 : Filtre vide (charbon actif) .....	42
Figure II.32 : Filtre en service .....	43
Figure II.33 : Filtre en plein fonctionnement.....	43
Figure III.1 : programme MATLAB .....	45
Figure III.2 : Commande de simulink.....	45
<b>Figure III.3</b> : Les paramètres initiaux du système de refoulement .....	46
Figure III.4 : Calcul de $\lambda$ (régime laminaire).....	47
Figure III.5 : Calcul de $\lambda$ (régime turbulent).....	48
Figure III.6 : Les pertes de charge dans la conduite .....	49
Figure III.7 : résultats de calcul pour $Q = 10000 \text{ m}^3/\text{h}$ .....	49
Figure III.8 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement.....	51
Figure III.9.1 : les Courbes caractéristique debit-hauteur et de puissance pour la pompe SM.....	51
Figure III.9.2 : Les Coourbes caractéristique hauteur-débit et de puissance pour la pompe HPDM .....	52
Figure III.10 : Coourbe caractéristique hauteur-débit et de puissance pour une ligne SM+HPDM. ....	52
Figure III.11 : les courbes caractéristiques pour 2 lignes en parallèle.....	53
Figure III.12 : es courbes caractéristiques pour 3 lignes en parallèle.....	53
Figure III.13 : les courbes caractéristiques pour 4 lignes en parallèle.....	54

Figure III.14 : les courbes caractéristiques pour 5 lignes en parallèle.....	54
Figure III.15 : Le point de fonctionnement du système.....	55
Figure III.16 : le pont de fonctionnement et la puissance consommée.....	55
Figure III.17 : l'allure de différents paramètres de la station.....	56

## Liste des tableaux

Tableau II.1 : caractéristique principal d'une pompe de SP1 (FLYGT).....	23
Tableau II.2 : caractéristique principal d'une pompe de SP 2 (FLYGT).....	26
Tableau II.3 : caractéristique principal de la pompe baisse pression (SM ,SULZER).....	35
Tableau II.4 : caractéristique principal de la pompe haute pression (HPDM ,SULZER).....	35
Tableau III.1 : les données initiales du système de refoulement.....	46
Tableau III.2 : Les résultats finals obtenus.....	50
Tableau (III.3) : les points de fonctionnement de système de refoulement.....	58
tableau( III.4) les différents paramètres de la station.....	58

## *Symboles et abréviations*

<u><b>Symboles</b></u>	<u><b>Désignations</b></u>	<u><b>Unités</b></u>
<b>g</b>	Accélération terrestre	m <sup>2</sup> /s
<b>λ</b>	Coefficient des pertes linéaire	-
<b>d</b>	Diamètre de la conduite	m
<b>Q</b>	Débit	m <sup>3</sup> /s
<b>H<sub>MT</sub></b>	Hauteur manométrique total	m
<b>H<sub>TR</sub></b>	Hauteur total de refoulement	m
<b>H<sub>TA</sub></b>	Hauteur total d'aspiration	m
<b>l</b>	Longueur de la conduite	m
<b>ρ</b>	Masse volumique	kg/m <sup>3</sup>
<b>Re</b>	Nombre de Reynolds	-
<b>n</b>	Nombre de tour	tr
<b>P</b>	Pression dans le point donné	bar
<b>ht</b>	Perte de charge totale	m
<b>hs</b>	Perte de charge singulière	m
<b>Pa</b>	Puissance absorbée	W
<b>Pu</b>	Puissance utile	W
<b>Ht</b>	Pertes de charge total	m
<b>hl</b>	Perte de charge linéaire	m
<b>hs</b>	Perte de charge singulière	m
<b>η</b>	Rendement	%
<b>ε</b>	Rugosité absolue	m
<b>ε̄</b>	Rugosité relative	m
<b>v</b>	viscosité cinématique	m <sup>2</sup> /s
<b>μ</b>	Viscosité dynamique	Pa.s
<b>U</b>	Vitesse dans la conduite	m/s

<b>V</b>	Vitesse dans la conduite	m/s
$\omega$	vitesse de rotation	(tr/min)
$\bar{V}$	Vitesse moyenne dans la conduite	m/s
<b>SM</b>	Pompe a baisse pression	/
<b>HPDM</b>	Pompe a haute pression	/

# *Table des matières*

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

## **Chapitre I**

### **Généralités sur les pompes**

I.1.Introduction :.....	2
I.2.Définition d'une pompe : .....	2
I.3. Les différents types de pompes et leurs caractéristiques : .....	3
I.3.1. Les turbopompes : .....	3
a) Définition :.....	3
b) Constitution :.....	4
c) Le principe de fonctionnement :.....	6
d) Avantages et inconvénients :.....	7
e) différents types de pompes centrifuges : .....	8
I.3.2. Les pompes volumétriques : .....	10
I.4. Critères généraux de définition des pompes : .....	10
I.4.1. La vitesse de rotation : .....	10
<b>I.4.2.</b> La hauteur manométrique total produite par la pompe : .....	10
I.4.3. Le débit d'une pompe:.....	10
I.4.4. Puissance : .....	11
I.4.5. Rendement : .....	11
I.5. Courbes caractéristiques des pompes : .....	11
I.5.1. Courbe débit-hauteur $H=f(Q)$ : .....	12
I.5.2. Courbe de rendement: .....	12
I.5.3 Courbe de puissance :.....	12
I.6. Courbes caractéristiques de réseau :.....	13
I.7 Le point de fonctionnement :.....	14
I.8. Problème de cavitation : .....	16
I.8.1. Introduction :.....	16
I.8.2. Cavitation des pompes centrifuge :.....	16

I.8.3. N.P.S.H disponibles et requis :	17
I.9 pompes en série et en parallèle :	17
I.9.1. Pompes en série :	17
I.9.2. Pompes en parallèle :	18

## Chapitre II

### Description de la station TAFNA – DZIOUA

<b>Introduction.....</b>	<b>19</b>
II.1. Historique :	19
II.2. Le transfert TAFNA – ORAN :	19
II.2.1. La station de prétraitement de la Tafna :	20
II.2.1.1. Le fonctionnement de la station de prétraitement de la Tafna :	21
a) Prise d'eau et station de pompage n°1 (SP1) :	21
b) Le Dessablage :	24
c) La station de pompage n°2 (SP2) :	26
d) Regard de dosage :	27
e) Bâtiment de floculation :	28
f) Les Décanteurs :	28
g) Bâtiments d'eau de service :	30
h) Le Bâtiment de réactif :	31
i) Réservoir Tampon :	32
j) Station de pompage principal (SPP) :	33
k) La conduite de refoulement :	33
l) Installation anti coup de bélier :	35
m) Partie électrique de la station :	36
n) Le rendement de la station :	38
II.2.2 Station de traitement DZIOUA :	39
II.2.2.1. Le cratère inter-saisonnier de DZIOUA :	39
II.2.2.2. le fonctionnement de la station DZIOUA :	40
a) Cascade d'aération :	40
b) Canal de distribution :	41

c) Chambre de Coagulation et floculation :.....	41
d) Les chambres de filtration :.....	42
e) Lavage des filtres :.....	43
f) Décanteur :.....	43
g) Chambre d'aération finale :.....	43
II.3. Conclusion : .....	44

## **Chapitre III**

### **Utilisation de l'outil MATLAB, résultats et interprétation.**

III.1 Introduction :.....	45
III.2 Le logiciel MATLAB : .....	45
III.3 Les caractéristiques du système de pompage par le logiciel MATLAB : .....	46
III.3.1. Les paramètres initiaux du système de refoulement :.....	46
III.3.2. Courbe caractéristique de la conduite de refoulement :.....	47
III.3.2.1. Estimation de coefficient de pertes de charge :.....	47
III.3.2.2. Les pertes de charge : .....	48
III.3.2.3. Détermination de la courbe caractéristique de la conduite de refoulement :.....	50
III.4. Résultats et interprétation : .....	51
III.4.1. Résultats : .....	51
III.4.2 Interprétation des résultats :.....	56
III.5.Conclusion : .....	55
Conclusion général : .....	60

**I**NTRODUCTION

**GÉNÉRALE**

# Introduction générale

---

## ○ Introduction générale

**D**ès la plus haute antiquité jusqu'à l'époque moderne, l'homme n'a jamais cessé de voir en eau une de ses préoccupations fondamentale. Élément de base à toute vie qu'elle soit végétale ou animale, ce liquide fait l'objet d'un intérêt majeur, tels que le développement des techniques de son exploitation ont évolué dans le temps.

Au fur et a mesure du développement de la science, les machines hydraulique sont devenus une branche si développée de la technique qu'il n'appartient plus guère au domaine de l'hydraulique classique. Pour répondre aux exigences des utilisateurs des pompes, les constructeurs essayent de fabriquer des produits plus performants et rentables en minimisant les nuisances qui peuvent apparaître dans les pompes.

Le but de ce projet de fin d'étude est d'élaborer des programmes pour la détermination des différents paramètres d'une station de pompage. Nous avons introduit des scripts MATLAB pour calculer les caractéristiques des pompes, de la conduite de refoulement ainsi que le point fonctionnement de la station de pompage TAFNA-DZIOUA.

Au titre de cet enjeu, un stage pratique sur site a été accompli pour avoir les informations propres à cette station, afin de faire une étude convenable.

Nous avons divisé le présent travail en trois chapitres:

- Dans le premier chapitre, nous rappelons les notions fondamentales des pompes. Une présentation des différents éléments constitutifs de la pompe, roues mobiles et fixes, volute, divergents et leurs rôles, ainsi les couplages en série, en parallèle et le point de fonctionnement.
- Le deuxième chapitre contient une présentation de la station de pompage (TAFNA, DZIOUA) avec une modélisation de la station TAFNA en trois dimensions, où nous citons le fonctionnement des différents compartiments de cette station ainsi les pompes utilisées dans le système de refoulement.
- Dans le troisième chapitre, on a élaboré un programme informatique sous MATLAB qui nous permet de déterminer le point de fonctionnement de chaque pompe centrifuge en introduisant le débit et la hauteur souhaité.

# **CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉ**

## **SUR LES POMPES**

**I.1.Introduction :**

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide, la plus ancienne pompe connue est la pompe à godets inventée en Chine . Les pompes diesel et électriques, utilisées à nos jours, peuvent avoir des débits de pompage très élevés. Le principe de la pompe est apparu dès que l'homme a pu construire un habitat artificiel pour se protéger des éléments nature.

Le besoin en eau nécessaire à sa survie l'oblige à trouver un système de transport de cette eau, du puits ou de la rivière à son habitat. Il utilisa d'abord simplement l'énergie développée par ses muscles pour transporter l'eau à l'aide de récipients naturels ou artificiels. Plus la contenance et la distance étaient grandes, plus l'énergie dépensée a était importante.

Les principes des pompes à piston, des pompes centrifuges et des pompes à vide sont découverts à cette époque. De manière générale, durant la grande époque de la culture gréco-romaine, de nombreux principes de physique et d'hydraulique sont découverts, mais pas forcément développés.

Les Grecs et les Romains furent les premiers à utiliser des systèmes rotatifs pour véhiculer l'eau. On doit aussi à cette époque l'invention des écluses (afin d'éviter les vitesses d'écoulement trop rapide) et les dispositifs anti-béliers sur les conduites fermées, afin d'éviter l'éclatement des conduites [1].

**I.2.Définition d'une pompe :**

On appelle pompe, (de l'italien 'pompa'), tout appareil qui aspire un fluide d'une région à basse pression pour le refouler vers une région à plus grande pression. Ainsi d'après cette définition on peut dire que le rôle de la pompe consiste à augmenter la pression du fluide liquide.

L'augmentation de la pression du fluide véhiculé par la pompe a lieu à la suite de la transformation de l'énergie mécanique fournie par un moteur entraînant cette pompe, en une augmentation de l'énergie hydraulique qui est acquise par le liquide entre l'entrée et la sortie de la pompe [2].

### I.3. Les différents types de pompes et leurs caractéristiques :

Suivant les modes des déplacements des liquides à l'intérieur des pompes, on classe ces dernières en deux grandes familles :

- les turbopompes,
- les pompes volumétriques [2].

L'utilisation d'un type de pompes ou d'un autre dépend des conditions d'écoulement du fluide. De manière générale, si on veut augmenter la pression d'un fluide on utilisera plutôt les pompes volumétriques, tandis que si on veut augmenter le débit on utilisera plutôt les pompes centrifuges [3].

Dans les turbopompes une roue, munie d'aubes ou d'ailettes, animée d'un mouvement de rotation, fournit au fluide de l'énergie cinétique dont une partie est transformée en pression, par réduction de vitesse dans un organe appelé récupérateur.

Dans les pompes volumétriques, l'énergie est fournie par les variations successives d'un volume raccordé alternativement à l'orifice d'aspiration et à l'orifice de refoulement (grand encombrement) [4].

#### I.3.1. Les turbopompes :

##### a) Définition :

La pompe centrifuge est une machine tournante qui grâce à un rotor à aubes convenablement orientées augmente l'énergie cinétique et projette à l'aide de la force centrifuge le liquide à la périphérie sur la volute figure I.1.

A la sortie et à l'aide d'un divergent, une grande partie de l'énergie cinétique se transforme en pression motrice [3].

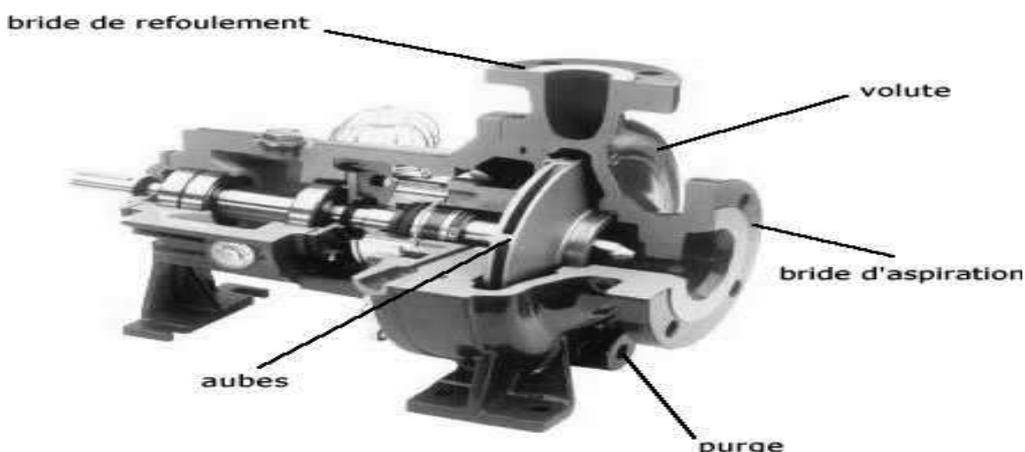


Figure I.1 : Pompe (vue ouverte) [5].

**b) Constitution :**

Constitution d'une pompe centrifuge :

Les pompes centrifuges sont de construction très simple en version de base. Elles sont essentiellement constituées d'une pièce en rotation le rotor appelée aussi roue ou hélice qui tourne dans un carter appelée corps de pompe ou volute.

Ces machines se composent donc :

- D'un distributeur : sorte de tubulure qui sert à conduire l'eau avec une vitesse et une direction convenable dans l'axe de la pompe, il est généralement constitué par un cône convergent qui permet de réaliser une meilleure disposition des filets liquides en améliorant le parallélisme et l'égalité des vitesses.
- D'une roue : constituée par un moyen porté par un arbre et munie d'aubes à l'intérieur de deux flasques ouverts, semi-ouverts ou fermés. Entre l'entrée et la sortie de la roue, l'énergie hydraulique totale de la veine fluide est augmentée. Cette augmentation provient essentiellement d'un accroissement de l'énergie cinétique, cette énergie cinétique est transformée en énergie de pression par un ralentissement progressif qui est obtenu dans une pièce placée à l'extérieur de la roue et qui, suivant le cas, peut être :
  - ✓ Un diffuseur lisse.
  - ✓ Un diffuseur à ailettes.
  - ✓ Un colimaçon volute.

Dans tous les cas, cette dernière pièce se termine par un cône divergent qui contribue encore à ralentir la vitesse du fluide et à transformer sous forme de pression l'énergie cinétique correspondante.

Les pompes centrifuges peuvent être à axe horizontal ou vertical et leur utilisation est très répandue dans la mesure où elles peuvent s'adapter à tous les liquides, exception faite des produits à grande viscosité.

- D'un corps de pompe : construit en fonte, en générale, en un seul bloc pour les pompes monocellulaires horizontales. Dans le corps de pompe se trouve tous les

logements et supports destinés à l'arbre, à savoir : coussinets, diaphragmes, joints ainsi que les goulottes de refoulement et d'aspiration.

- Tubulure d'aspiration : il fait normalement partie du corps de pompe et la conduite d'arrivée y est reliée.
- Tubulure de refoulement : comme l'orifice d'aspiration, il fait partie du corps de pompe et la conduite de refoulement y est reliée.
- Étanchéité : Pour éviter les pertes ou l'écoulement du fluide autour de l'arbre à l'endroit où celui-ci se trouve en saillie du corps de pompe, on utilise des garnitures et des joints. Les matériaux de construction utilisés peuvent être de différents métaux ou bien des fibres antifriction, il faut avoir un système de refroidissement forcé sur les pompes où l'on a monté des joints exclusivement métallique.
- Arbre et chemises : l'arbre est l'élément de la pompe sur lequel s'emboîtent les roues mobiles et qui reçoit la force motrice utilisée. Les chemises sont des revêtements métalliques qui préservent l'arbre des corrosions, érosions et glissement.
- Coussinets : Les coussinets supportent l'arbre dans le sens radial et axial et le roulement sur l'axe de tout le groupe rotor. Les matériaux de construction utilisés peuvent être en acier revêtu de métaux blancs ou rose antifriction
- Collecteur à volute : l'on peut dire qu'en général le corps de pompe prend sa propre physionomie à partir de la forme du transporteur, nous disons donc que le transporteur est la chambre située autour du refoulement de la roue mobile qui recueille et envoie le fluide aspirer de façon progressivement radiale.
- Anneaux d'usure : ce sont des anneaux métalliques montés en série jumelés sur le moyeu de la roue mobile et sur le corps de la pompe. Ces anneaux sont construits dans des métaux différenciés afin d'empêcher le grippage en cas de glissement. Ces anneaux assurent la séparation entre le refoulement de la roue mobile et l'œillard de celle-ci. Le rendement de la pompe dépend en grande partie du degré de l'usure de ces anneaux [6].

Figure I.2 et figure I.3.

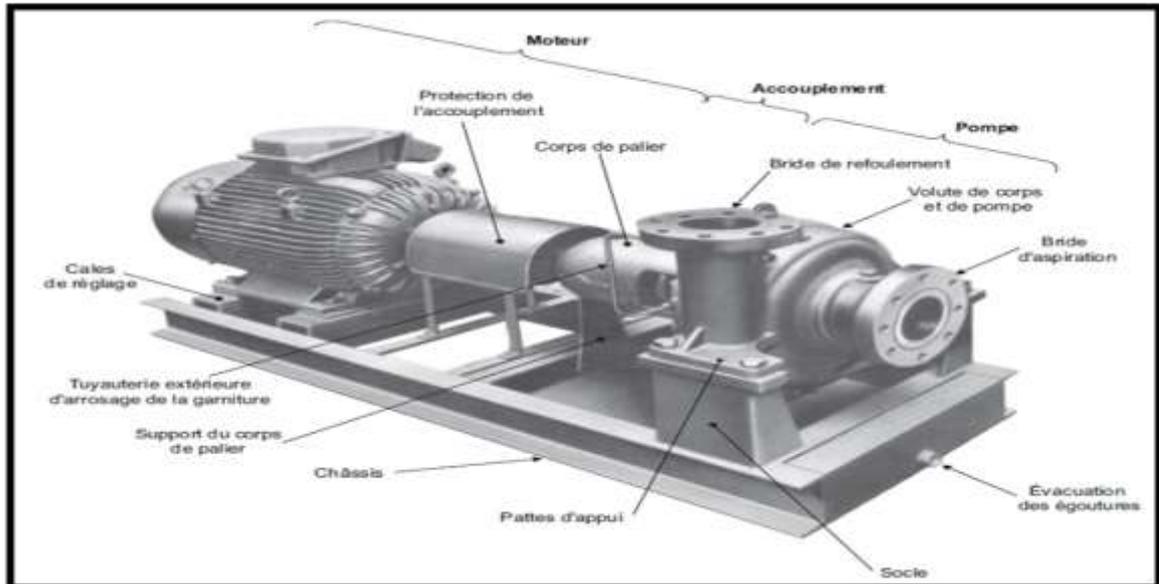


Figure I.2: Présentation extérieure d'une pompe centrifuge [7].

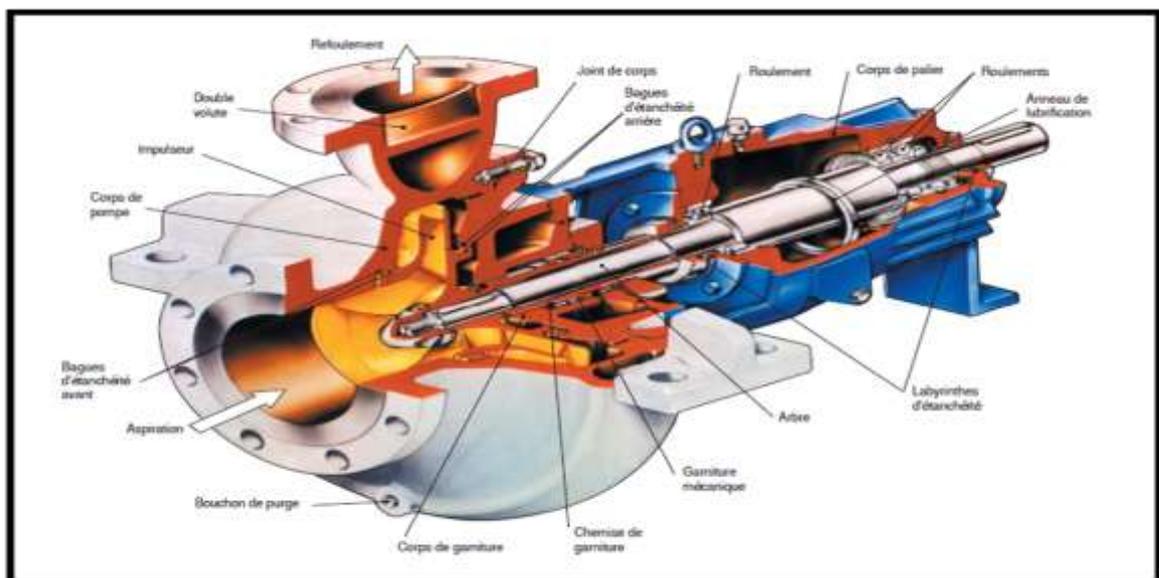


Figure I.3: Pompe centrifuge [7].

### c) Le principe de fonctionnement :

On peut décomposer le fonctionnement en deux étapes :

#### ✓ L'aspiration :

Le liquide est aspiré au centre du rotor par une ouverture appelée distributeur dont le rôle est de conduire le fluide depuis la conduite d'aspiration jusqu'à la section d'entrée du rotor.

La pompe étant amorcée, c'est à dire pleine de liquide, la vitesse du fluide qui entre dans la roue augmente et par conséquent la pression dans l'ouïe diminue et engendre ainsi une aspiration et maintient l'amorçage [3].

✓ **L'accélération :**

Le rotor transforme l'énergie mécanique appliquée à l'arbre de la machine en énergie cinétique. A la sortie du rotor, le fluide se trouve projeté dans la volute dont le but est de collecter le fluide et de le ramener dans la section de sortie.

La section offerte au liquide étant de plus en plus grande, son énergie cinétique se transforme en énergie de pression [3].

**d) Avantages et inconvénients :**

**A. Avantages**

- Ces machines sont de construction simple et demande peu d'entretien.
- Prix modérés et coût de maintenance faible.
- Matériaux de construction très variés (fluide corrosif possible)
- Pompes compactes et peu encombrantes.
- Bon rendement.
- Le débit est continu.
- En cas de dysfonctionnement du circuit de refoulement (colmatage), la pompe ne subit aucun dommage

**B. Inconvénients**

- Elle n'est pas auto-amorçante.
- Elle ne fonctionne pas avec des fluides trop visqueux.
- Elle nécessite des dispositifs d'équilibrage.

Lorsque la roue tourne, l'équilibre mécanique doit être parfait. Or, au cours du fonctionnement, la roue subit de la part du fluide une dépression qui tend à faire déplacer l'axe du rotor vers l'aspiration (forte poussée). Dans certains cas, une butée ne suffit pas et on peut détériorer l'axe du rotor (les paliers).

Pour éviter ce problème on équipe la pompe d'un disque d'équilibrage, ou on monte sur le même arbre des roues dos à dos ou encore on perce des petits trous au voisinage du moyeu de manière à équilibrer les pressions de part et d'autre sur la paroi [3].

#### e) différents types de pompes centrifuges :

Il existe différentes formes de roues et d'aubes qui induisent une classification de ces machines

- Des rotors fermés ou rotors ouverts
- On peut monter plusieurs roues sur le même arbre ce qui permet d'augmenter la pression de refoulement

On les appelle pompes multicellulaires ou multi étagées figure 1.4 [8].

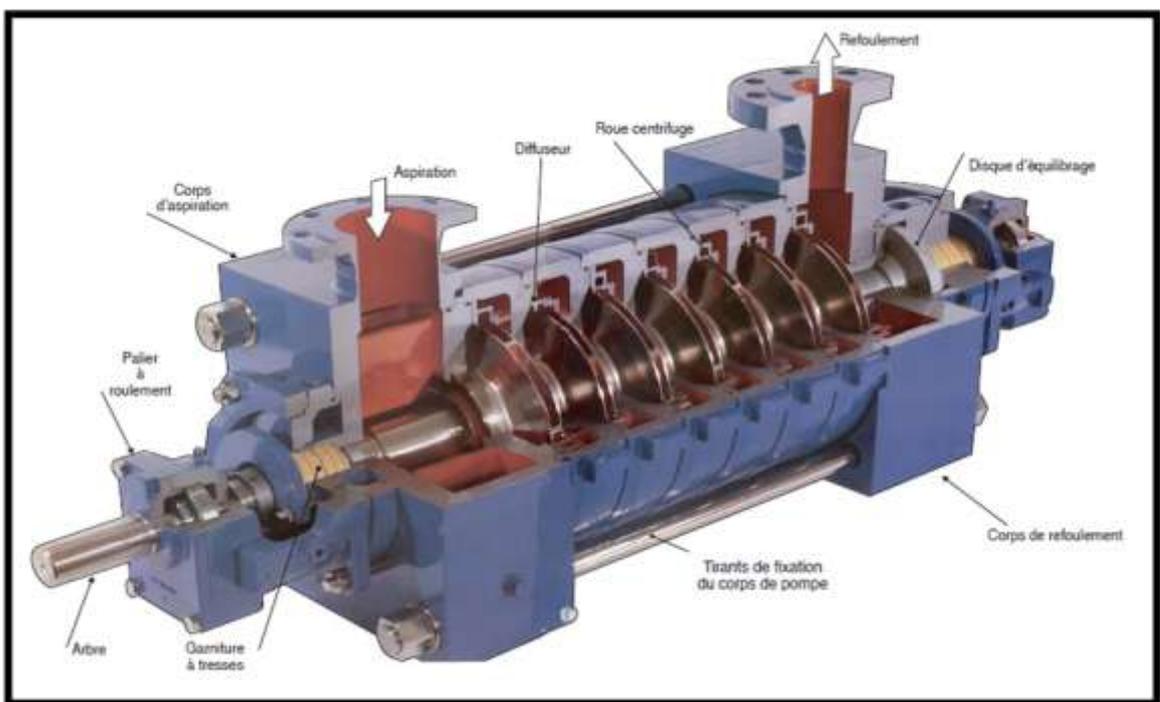


Figure I.4: Pompe centrifuge multicellulaire horizontale [7].

Alors que les pompes centrifuges ce sont les plus employées. On distingue :

- ✓ les pompes centrifuges (à basse et haute pression),
- ✓ les pompes hélices,
- ✓ les pompes hélico-centrifuges.

Cette classification est basée sur la forme de la trajectoire à l'intérieur du rotor de la pompe (roues radiales, semi-radiales, axiales) figure 1.5. Les pompes centrifuges sont utilisées pour des hauteurs d'élévation importantes :

(Plusieurs dizaines de mètres) [8].

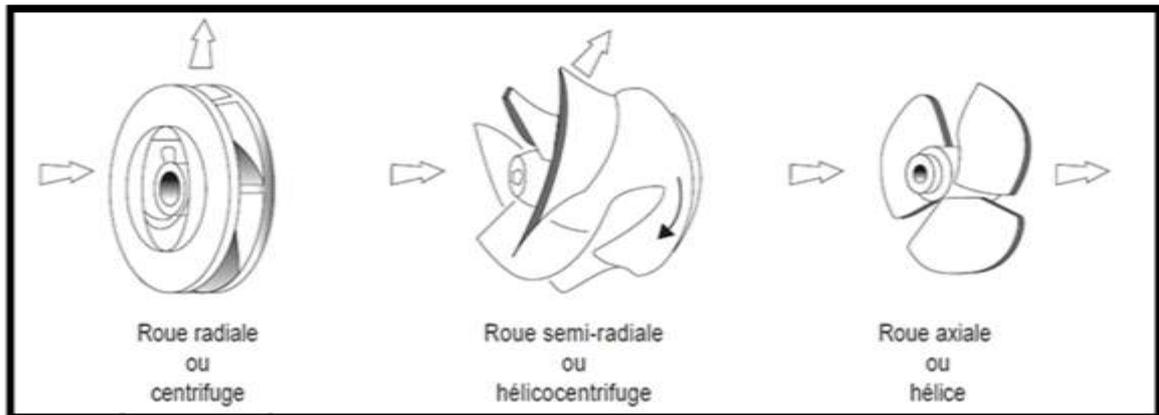


Figure I.5 : Les types des roues [7].

Les pompes hélices élèvent des débits importants (plusieurs centaines de litres) à des hauteurs faibles (quelques mètres).

Les pompes peuvent être à écoulement radial, axial ou mixte. Dans les pompes à écoulement radial, l'eau pénètre axialement par le centre et sort radialement par la périphérie. L'eau qui pénètre par la conduite d'aspiration au centre de ce rotor ensuite entraînée par les aubes et poussée vers l'extérieur par la force centrifuge.

Dans ces pompes, l'énergie cinétique est transformée en énergie de pression à la sortie de la pompe. C'est justement cette pression qui provoque le mouvement ascendant de l'eau. Ces pompes sont indiquées surtout pour les grandes hauteurs d'élévation.

Il y a deux types d'impulseurs dans les pompes radiales : l'impulseur à aspiration simple et impluseur à aspiration double.

Dans les pompes à écoulement axial, dites « pompe à hélice », l'écoulement est quasi axial à l'entrée et à la sortie.

La pression est développée principalement par aspiration. Ces pompes sont indiquées pour les faibles hauteurs d'élévation.

Les pompes mixtes, ou hélico-centrifuges, constituent un mélange des deux principes précédents. Le liquide arrive axialement et sort dans une direction intermédiaire entre les directions axiale et radiale.

Ces pompes fonctionnent grâce à la force centrifuge et à l'action d'aspiration des aubes. Elles sont indiquées pour les hauteurs moyennes d'aspiration [8].

### **I.3.2. Les pompes volumétriques :**

Ces pompes sont surtout destinées au pompage des fluides visqueux et elles sont utilisées pour élever de faibles débits à de fortes pressions.

On distingue :

- les pompes rotatives,
- les pompes à rotor excentré, à rotor oscillant, à palettes, à engrenages,
- les pompes à piston (alternatives) [8].

### **I.4. Critères généraux de définition des pompes :**

Les critères les plus importants des pompes sont :

#### **I.4.1. La vitesse de rotation :**

C'est le nombre de tours qu'effectue la pompe par unité de temps [7].

$$\omega = 2 \times \pi \times n/60 \quad (\text{I.1})$$

$\omega$  : vitesse de rotation (tr/min)

n : Nombre de tour

#### **I.4.2. La hauteur manométrique totale produite par la pompe :**

On appelle Hauteur manométrique ( $H_{MT}$ ) d'une pompe, l'énergie fournie par la pompe à l'unité de poids du liquide qui la traverse. Si  $H_{TA}$  est la charge totale du fluide à l'orifice d'aspiration et  $H_{TR}$  la charge totale du fluide à l'orifice de refoulement, la hauteur manométrique de la pompe est : [9].

$$H_{MT} = H_{TR} \pm H_{TA} \quad (\text{I.2})$$

#### **I.4.3. Le débit d'une pompe: (Q)**

Le débit refoulé Q est le volume utile débité au refoulement de la pompe par unité de temps, en m<sup>3</sup>/s (unités également utilisées : l/s et m<sup>3</sup>/h). Il est proportionnel à la

vitesse de rotation de la pompe. Le débit de fuite ainsi que les écoulements dans les jeux ne sont pas compris dans le débit refoulé [7].

#### **I.4.4. Puissance :**

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

La puissance transmise au fluide issue de la part de la pompe est appelée puissance hydraulique utile ( $P_u$ ) [2].

$$P_u = \rho g Q H \quad (I.3)$$

Avec :

$\rho$ : masse volumique du liquide pompé.

$g$  : accélération gravitaire.

$Q$  : débit fourni par la pompe.

$H$  : hauteur produite par la pompe.

#### **I.4.5. RENDEMENT :**

Le rapport de la puissance utile  $P_u$  à la puissance absorbée est le rendement de la pompe  $\eta$  [2].

$$\eta = P_u / P_a \quad (I.4)$$

#### **I.5. Courbes caractéristiques des pompes :**

Les courbes principales qui caractérisent une pompe sont au nombre de trois. Elles sont établies par le constructeur :

- courbe débit-hauteur,
- courbe de rendement,
- courbe de puissance.

**I.5.1. Courbe débit-hauteur  $H=F(Q)$  :**

Elle présente les variations de la hauteur manométrique totale d'élévation susceptible d'être fournie par la pompe en fonction du débit  $Q$ . Ce sont sensiblement des paraboles [2].

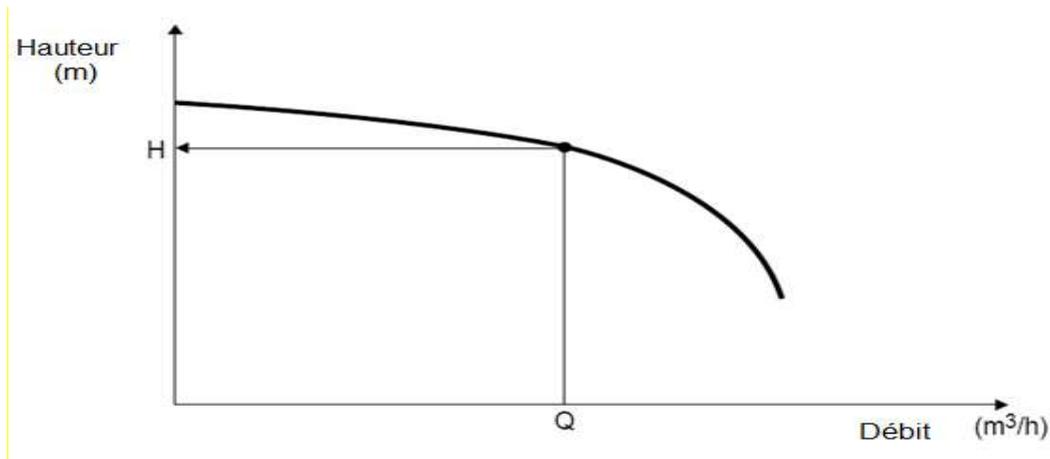


Figure I.6 : Courbe caractéristique hauteur en fonction du débit [10].

**I.5.2. Courbe de rendement:**

Elle présente pour chaque type de pompe un maximum au voisinage duquel il faudra utiliser la pompe. Le rendement tient compte des pertes d'énergie dans les pompes (pertes hydrauliques, volumétriques et mécaniques) [11].

**I.5.3 Courbe de puissance :**

Cette courbe, fonction du débit, est parabolique. Pour les pompes centrifuges, la concavité de la parabole est tournée vers le bas. Elle diffère pour les pompes à hélices ou hélico-centrifuges.

La puissance est égale au travail effectué pendant l'unité de temps pour élever le débit correspondant à une hauteur égale à la hauteur manométrique totale d'élévation [5].

$$P = \frac{1}{\eta} \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \dots \dots \dots (I.5)$$

**P** [W] : puissance totale consommée.

**$\rho$**  [kg/m<sup>3</sup>] : masse volumique.

**Q** [m<sup>3</sup>/s] : débit.

**H** [mce] : hauteur manométrique

**$\eta$** : rendement total de l'installation

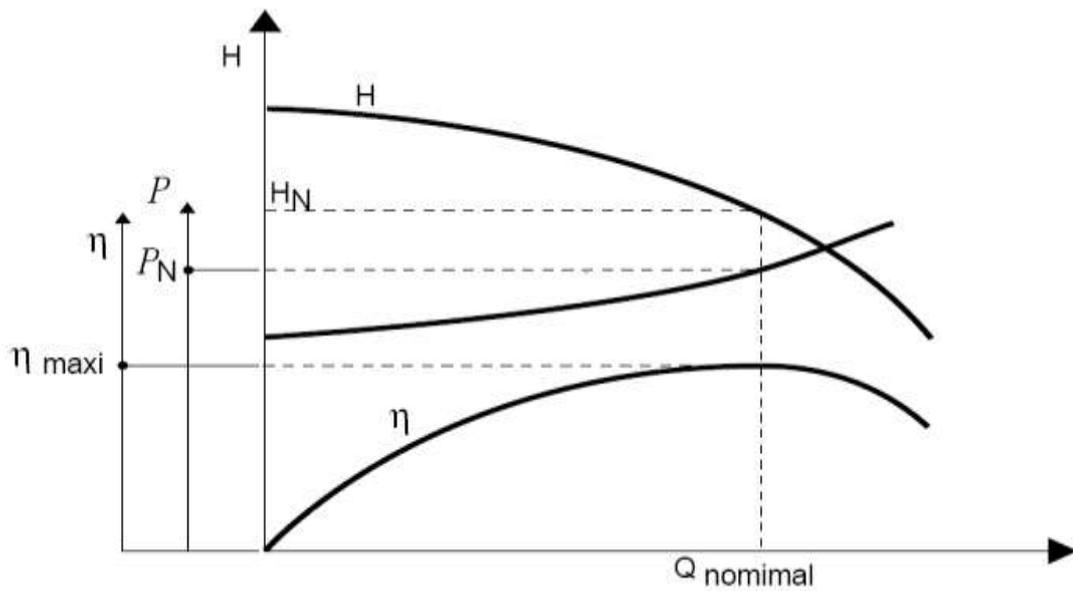


Figure I.7 : Courbes caractéristiques rendement et puissance en fonction de débit [10].

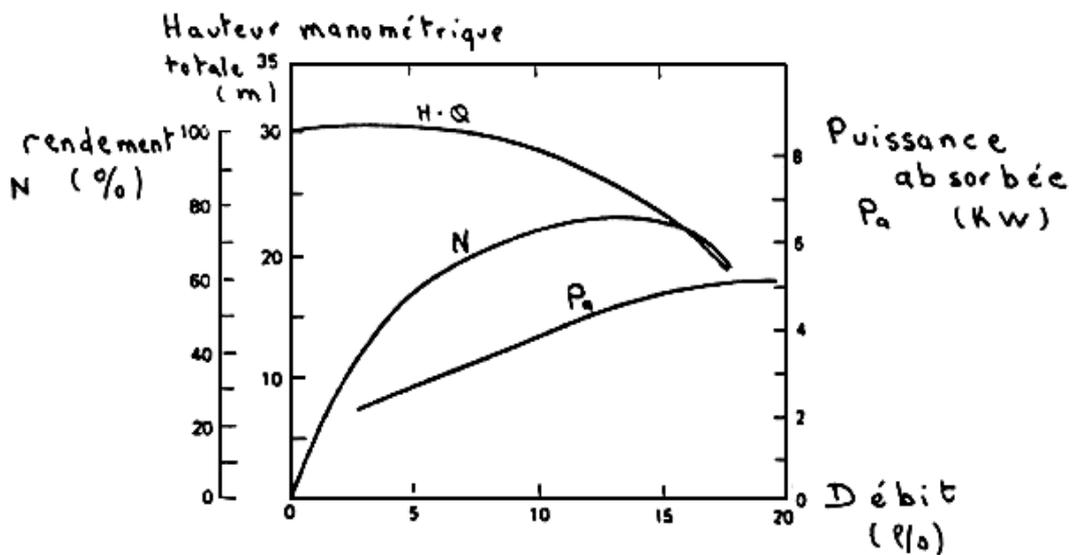


Figure I.8 : Courbes caractéristiques rendement et puissance en fonction de débit [12]

**I.6. Courbes caractéristiques de réseau :**

La courbe caractéristique de réseau est la représentation graphique de la hauteur manométrique totale de l'installation (H) nécessaire à l'installation en fonction du débit (Q). Elle se compose d'une composante statique et d'une composante dynamique figure I.9.

La composante statique est composée de deux parties indépendantes du débit à savoir la hauteur géométrique ( $H_g$ ) et la différence de hauteur manométrique :

$(P_r - P_a)/(\rho \cdot g)$  entre les réservoirs d'entrée et de sortie de l'installation. La différence de hauteur manométrique est nulle lorsque les deux réservoirs sont ouverts.

La composante dynamique est composée de la perte de charge ( $H_v$ ) qui augmente de manière proportionnelle (au carré) du débit ( $Q$ ) et de la différence des hauteurs dynamiques  $(v_r^2 - v_a^2)/2g$  dans les sections d'entrée et de sortie de l'installation. Il suffit d'un point à  $Q = 0$  et d'un point à  $Q > 0$  pour calculer cette parabole [7].

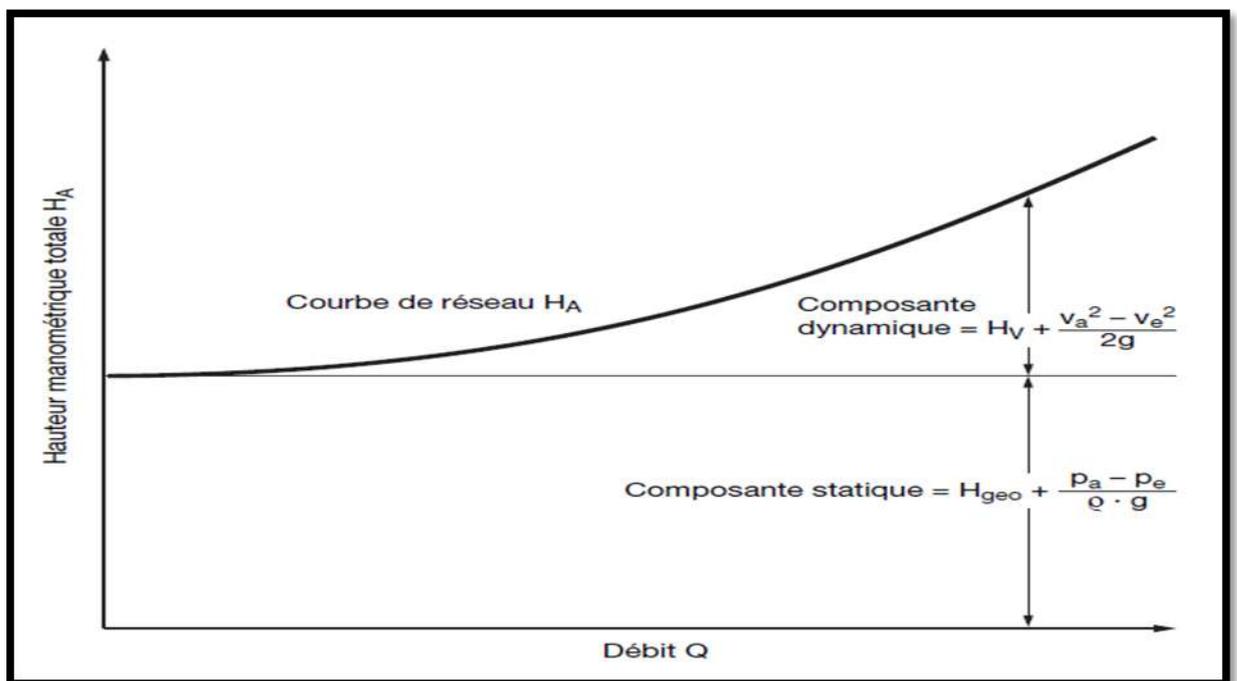


Figure I.9: Courbe caractéristique de réseau ( $H$ ) avec composante statique et composante dynamique [7].

### I.7 Le point de fonctionnement :

Le point de fonctionnement d'une pompe centrifuge est le point d'intersection de la courbe débit-hauteur de la pompe et de la courbe caractéristique de réseau par lequel le débit ( $Q$ ) et la hauteur manométrique de la pompe ( $H$ ) sont

déterminés. Le point de fonctionnement ne peut être modifié que par la modification de la courbe caractéristique de réseau ou par celle de la courbe débit-hauteur de la pompe.

Une courbe caractéristique de réseau ne peut être modifiée dans le cas du refoulement de l'eau que par :

- la modification des résistances à l'écoulement (par exemple, par le réglage d'un organe d'étranglement, le montage d'un diaphragme ou d'un by pass, mais aussi par des transformations ou des incrustations des tuyauteries) ;
- la modification de la composante statique de la hauteur manométrique (par exemple, par la modification du niveau d'eau ou de la pression du réservoir).

Une courbe débit-hauteur de la pompe peut être modifiée par :

- la variation de la vitesse de rotation ;
- la mise en route ou l'arrêt d'une pompe fonctionnant en parallèle ou en série ;
- dans le cas des pompes à roues radiales, par la modification du diamètre extérieur ;
- dans le cas des pompes à roues semi-axiales, par le montage en amont ou le réglage d'un régulateur de pré-rotation ;
- dans le cas des pompes à hélice, par le réglage de l'angle de réglage des pales d'hélice ;

**Remarque:** Les effets de ces mesures sur la modification de la courbe caractéristique ne peuvent être prévus que pour un fonctionnement sans cavitation [7].

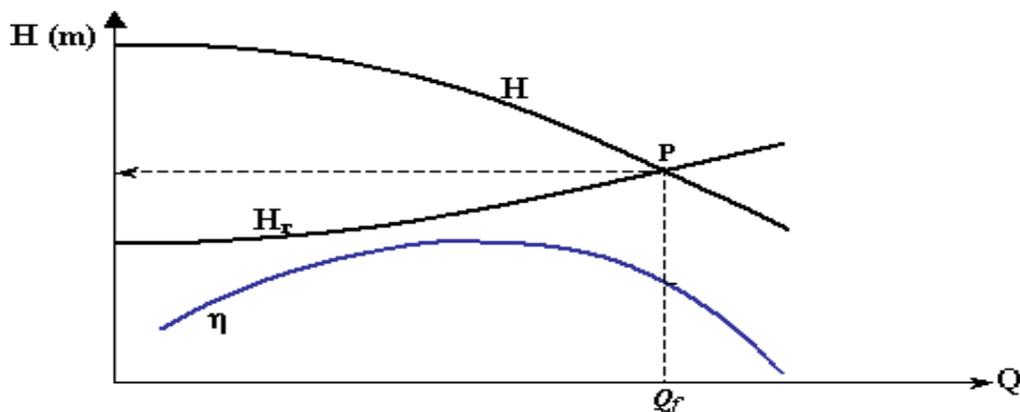


Figure I.10. Le point de fonctionnement d'une pompe [13].

**I.8. La cavitation dans les pompes :****I.8.1. Introduction :**

La cavitation est un phénomène provoqué dans la région de l'écoulement d'un liquide par l'abaissement de la pression au dessous de la valeur critique, proche de la tension de vapeur il consiste dans la formation de cavités remplies d'air ou de gaz dans la région où la pression baisse, et leur écrasement dans la région a pression plus élevée.

L'allure de phénomène de cavitation est la suivante :

Les bulles de vapeur du liquide se forment dans les régions de baisse pression, ensuite entraînées par le liquide dans la région de pression supérieure, elles subissent une implosion.

**I.8.2. Cavitation des pompes centrifuge :**

Si en un point donné de l'écoulement, ayant lieu à l'intérieur d'un circuit hydraulique, la pression atteint ou descend en dessous de la tension de vapeur il se produit en ce point un changement d'état du liquide : On enregistre en effet une évaporation et un dégagement intense des gaz dissouts de ce liquide, c'est-à-dire l'ébullition locale du liquide.

Lorsque les bulles de vapeurs entraînées par la courant atteignent des points de ce courant où la pression est supérieure à la tension de vapeur, il se produit alors une condensation complète ou en partie de la vapeur qui s'est produite.

Ce phénomène qui s'accompagne d'un bruit caractéristique (ressemblant à de véritables coups de marteau et des vibrations dans la pompe), porte le nom de cavitation [14].

$$P_E = P_0 - \rho g h - \rho \frac{v_1^2}{2g} - \rho g \sum hf \dots \dots \dots (I.6)$$

$P_0$  : pression atmosphérique.

$P_E$  : pression a l'entrée de la pompe.

$h$  : hauteur d'aspiration.

$\sum hf$ : somme de perte de charge dans la conduite d'aspiration (linéaire + singulière).

$V_1$  : vitesse à l'entrée de la pompe.

Pour éviter la cavitation il faut que  $P_E$  (pression à l'entrée de la pompe) soit supérieur à la tension de vapeur. En réalité lors d'une analyse détaillée du fonctionnement d'une pompe ou plus exactement lors de l'analyse des répartitions des pressions sur l'intrados. On démontre que le point où règne la plus faible pression n'est pas le point correspondant à l'entrée même de l'aube mais en un point qui est situé à l'intérieur de la pompe c'est-à-dire dans les aubages.

### **I.8.3. N.P.S.H disponibles et requis :**

Pour éviter le phénomène de cavitation et pour maintenir en tout point du liquide une pression supérieure à la pression de vapeur saturante, on définit une condition d'aspiration, à partir du NPSH requis de la pompe (Net Positive Suction Head) : supplément minimal de pression à ajouter à la pression de vapeur saturante pour obtenir un bon fonctionnement. Il s'agit d'une courbe donnée par le constructeur. On appelle « NPSH disponible » la différence entre la pression totale à l'entrée de la pompe ( $P_E$ ) et la pression de vapeur saturante ( $P_V$ ) :

$$\text{NPSH disponible} = (P_E - P_V) / \rho g \quad (I.7)$$

Pour qu'une pompe fonctionne normalement (sans cavitation), il faut que le NPSH disponible (calculé) soit supérieur au NPSH requis (indiqué par le constructeur) [5]:

$$\text{NPSH disponible} > \text{NPSH requis}$$

## **I.9 Montage des pompes en série et en parallèle :**

### **I.9.1. Pompes en série :**

Le refoulement de la première pompe débouche dans l'aspiration de la seconde. Le même débit traverse les deux pompes et les hauteurs d'élévation produites par chaque groupe s'ajoutent. Dans tous les cas, la hauteur résultant du couplage est inférieure à la somme des hauteurs créées pour chaque pompe fonctionnant seule sur la même canalisation.

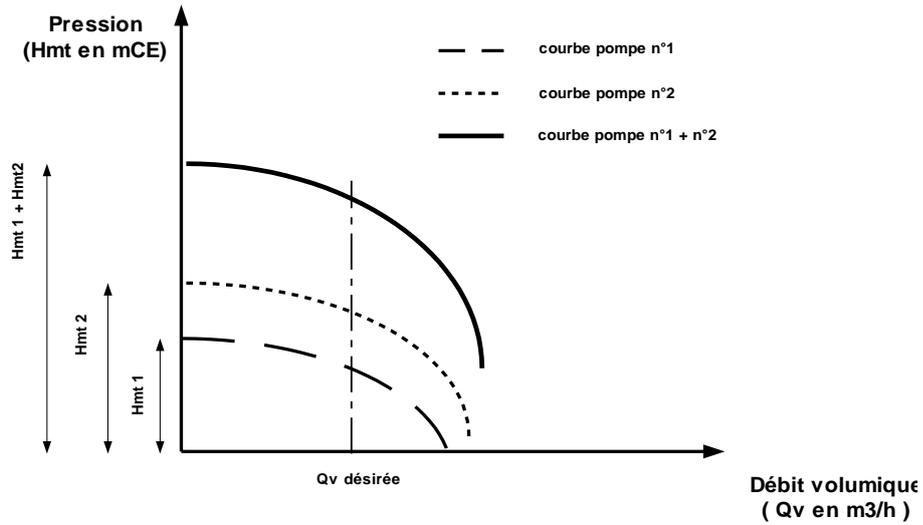


Figure I.11 : courbe caractéristique de deux pompes en série [2].

**I.9.2. Pompes en parallèle :**

Chaque pompe est équipée de sa propre tuyauterie de refoulement. Le débit de collecteur commun sera composé de la somme des débits de chaque pompe. La caractéristique de l'ensemble des groupes sera obtenue en sommant pour une même ordonnée H les débits abscisses de chaque groupe [2].

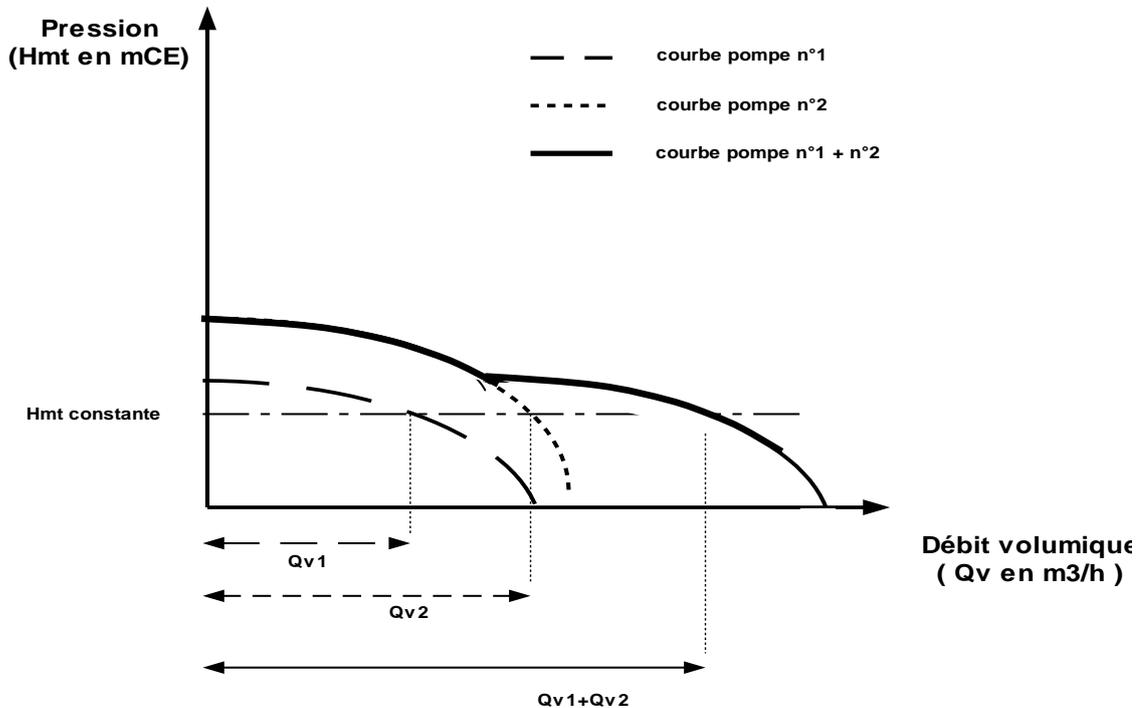


Figure I.12 : courbe caractéristique de deux pompes en parallèle [2]



**CHAPITRE II : DESCRIPTION**  
**DE LA STATION**  
**TAFNA-DZIOUA**

**Introduction**

Les stations de pompage d'eau sont conçues pour refouler le débit à des hauteurs importantes afin de subvenir en eau potable des agglomérations urbaines, rurales, en eau d'irrigation et industriel.

La station TAFNA-DZIOUA était réaliser pour assurer la demande en eau potable de la ville d'Oran est des proches agglomérations. Dans ce chapitre nous donnons une description détaillée du système de refoulement de la station citée.

**II.1. Historique :**

Depuis plusieurs années, la mobilisation des ressources en eaux superficielles, priorité du plan de développement Algérien, s'était traduit par la mise en place de plusieurs barrages dans le but de fournir une eau potable au population, des stations de traitement des eaux comme celle du projet de transfert Tafna – Oran sont avérées indispensables.

Dans les années 80, la wilaya d'Oran avec un nombre d'habitants important de 900000 habitants son alimentation était assuré par deux adductions , régionales provenant respectivement du barrage de Fergoug à l'Est située dans la wilaya de Mascara et de barrage de Beni Bahdel à l'Ouest, situé dans la wilaya de Tlemcen.

Cette situation critique que connaît l'agglomération oranaise en matière d'AEP jusqu'à l'ordre du jour, où son alimentation est assurée par des ressources souterraines locales et superficielles transférées à partir du bassin de la Tafna, de la Macta et du Cheliff.

Pour résorber se déficit plusieurs projet de renforcement de l'approvisionnement en eau potable de la ville d'Oran.

- Prélèvement des eaux à partir de barrage de Gargar.
- Déminéralisation de la nappe de Bredéa.
- Prise Cheliff.

Le projet de la prise TAFNA consiste en un prélèvement des eaux de l'Oued Tafna et un refoulement vers le cratère au pied du Djebel DZIOUA. Le fonctionnement de l'usine est étroitement lié au taux de turbidité des eaux de l'oued en période de crues. Certaines lâchées sont donc organisées notamment en période estivale à partir du barrage de Boughrara.

**II.2. Le transfert TAFNA – ORAN :**

Le transfert Tafna - Oran a été réalisé pour répondre à la demande en eau de plusieurs agglomérations et centres urbains et industriels dans les wilayas d'Oran et Ain Témouchent.

Sa mise en exploitation a été faite en 1991 par le groupement des entreprises ZSCHOKKE-DRAGADOS.

Le transfert comprend trois grands lots :

- La station de prétraitement de Tafna.
- La station de traitement de Dzioua.
- L'adduction proprement dite d'une longueur égale à 91,5 Km.

**II.2.1. La station de prétraitement de la Tafna :**

Située dans la commune d'Emir Abdelkader, dans la wilaya de Ain Témouchent, la station est d'une capacité de traitement maximale de 250.000 m<sup>3</sup> par jour et une teneur admissible des MES (matières en suspension) inférieure ou égale à 15 grammes par litre Elle se trouve à 26 m d'altitude au niveau de la mer. La superficie de la station est de 11 Ha et composée de (Figure II.1) :

- Station de pompage n°1.
- Dessableur composé de compartiment avec des grilles.
- Station de pompage n°2.
- Regard N1, N2, N3 de mesure et d'injection
- Bâtiment de distribution de floculation.
- Bassin de décantation.
- Bâtiment des réactifs.
- Station d'eau de service.
- Réservoir tampon.
- Station de pompage principale.

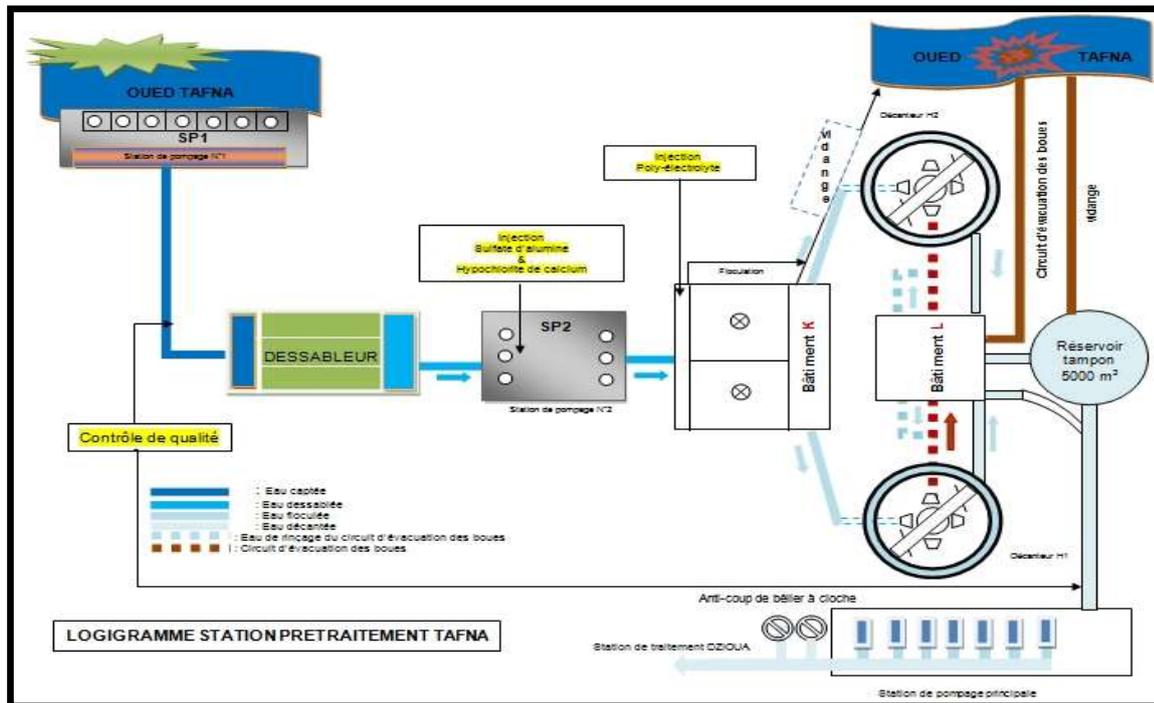


Figure II.1 : schéma général de la station TAFNA [15].

### II.2.1.1. Le fonctionnement de la station de prétraitement de la Tafna :

#### a) *Prise d'eau et station de pompage n° 01 (SP1) :*

La station de pompage n° 01 se trouve au niveau d'oued Tafna où l'opération de captage des eaux brutes est effectuée (Figure II.2), ces eaux passent par des grilles espacées de 3 cm et ont une inclinaison de 15%, l'eau se déverse au travers des grilles dans une fosse réceptrice en communication avec le puisard de pompage. Les faces intérieures de la fosse sont blindées

Le débit nominal de la prise d'eau est de  $3,4\text{m}^3/\text{s}$ . Pour ce débit les calculs font apparaître un niveau maximum des eaux dans la fosse restant 60 cm au moins sous les grilles et assurant ainsi un déversement correct.

Une vanne murale plane a commande manuelle (1,05m x 1,40m) permet d'isoler le puisard de pompage lorsque les eaux dépassent une turbidité de 15 g/litre ou en cas de crue très importante. Son but est d'empêcher l'envasement complet du puisard par les boues charriées en suspension [15].

La fosse réceptrice peut être saturée :

- lorsque le débit Tafna augmente sensiblement au-dessus de  $3,4\text{m}^3/\text{s}$ .
- lorsque les pompes sont arrêtées par suite d'une trop grande turbidité des eaux.
- lorsque la vanne murale est fermée (crues).



Figure II.2 : Prise d'eau d'oued TAFNA

En ces circonstances, le niveau dans la fosse réceptrice monte de telle sorte que les siphons de dessablage incorporés dans chaque pile des passes de prise se mettent en fonctionnement, de manière à empêcher la création d'une zone d'eaux mortes et le dépôt des matières en suspension. Ces eaux remplis 7 chambres ou puisards, dans chaque chambre se trouve une pompe. On a 7 pompes en parallèle, dont 5 en service et deux en réserve.

Les pompes émergés nommé FLYGT (Figure II.3), le débit de chacune est de  $680\text{ l/s}$  .Les eaux sont refoulées vers les déssableurs.



Figure II.3 : La pompe FLYGT modélisée en trois dimensions

Les caractéristiques d'une pompe FLYGT sont représentées dans le tableau II.1

Tableau II.1 : caractéristique principal d'une pompe de SP1 (FLYGT) [15].

Type	CP 3601
Débit	680 l/s
H M T	16.5mcl
Rendement pompe	85.9 %
Nombre de canaux	3
Section de passage	105 x 250 mm
Diamètre (max. /min.)	675 mm (738/430)
Diamètre asp /refoulement	600 mm / 500 mm
Puissance	140 KW
Tension	660 V

**b) Le Dessablage :**

La technique du dessablage consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse constante de 0.3 m/s quel que soit le débit. Cette condition est difficile à réaliser en raison des variations du débit.

Les dessableurs en nombre de trois sont implantés en rive droite de la TAFNA et reçoivent les eaux chargées en prévenance des puisards à pompe.

La longueur d'un dessableur est de 70 m. Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, le sable et les particules minérales plus ou moins fines de façon à :

- Eviter le colmatage des canalisations.
- Protéger les équipements à pièces tournantes de la corrosion.
- Eviter de perturber des stades de traitements suivant.
- Le dessablage porte sur les particules de granulométrie égale ou supérieure à 0,3 mm.

Dans cette opération nous avons trois dessableurs à couloir grossier à vidange par chasse hydraulique il y a 3 vannes d'entrée et de sortie et 3 sondes de niveau de sable vers le « SP2 ».

Les deux dessableurs, conçus pour une marche en parallèle, ( $2 \times 1.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ) sont du type à purge discontinue et sont destinés à éliminer les matériaux transportés par charriage en suspension d'un diamètre supérieur à 0.3 mm.

Les eaux chargées arrivent au dessableur par une conduite en acier et qui débouche dans une chambre réceptrice de dimension 3m x 5m dont le radier est situé à la côte de 26 m.

La protection de la face opposée au jet est réalisée par un blindage adéquat. Une double pente du radier amène les eaux et les matières en charriage vers les doubles chenaux de décantation.

Un voile en béton situé à l'entrée des dessableurs et arasé à la cote de 26,40 m lamine le débit et diminue la transmission, vers les dessableurs, des remous engendrés par le refoulement des eaux.

Chaque dessableur peut être isolé par batardeau à commande manuelle et accessible par une passerelle. Les chambres de décantation de section trapézoïdale ont une largeur de 2,70 m en surface et de 1 m dans le fond. Le chenal de décantation a une longueur de 50 mètres et une pente au fond de 3.5 %.

L'entrée des eaux dans le chenal de décantation est stabilisée par des grilles implantées verticalement au-dessus du coursier d'entrée.

Ces grilles sont constituées de profilés en L fixées sur des poutres support avec leur angle intérieur face au courant.

A l'extrémité aval de chaque dessableur (cote 24 m) a une vanne plane de 1 x 1 m, commandée manuellement a partir d'une passerelle, permet d'effectuer des chasses périodiques assurant le rejet dans la Tafna des graviers et sables décantés par une conduite en acier ( $\varnothing$  1000 mm) raccordée a l'aval a un exutoire incorporé aux murs guideaux de la prise d'eau.

Les eaux décantées sortent du dessableur par un déversoir situé en bout d'installation à la cote 26,60 m et se déversent en un canal unique vers une chambre de mise en charge de 2 m x 2 m d'où elles rejoignent les équipements de microfiltration par 2 tuyaux en acier ( $\varnothing$  1000 mm). Une mesure de l'engravement permet de générer une alarme au poste de contrôle. Si toutefois les mesures nécessaires pour opérer des chasses n'étaient pas prises en temps voulu, un déversoir de sécurité a la cote 27,18 m et situé au-dessus de canal récepteur des eaux décantées, sert de trop plein et assure l'évacuation des eaux par les mêmes conduites que celles assurant les chasses vers la Tafna [15].



Figure II.4 : Le dessableur

c) *La station de pompage n°2 (SP2) :*

La station de pompage (SP2) de prétraitement est dotée de 6 pompes centrifuges (Figure II.5) émergées (FLYGT) raccordées en parallèle, 5 en service et une de réserve. Le débit de chaque pompe est de 640 l/s.



Figure II.6 : La pompe FLYGT

Tableau II.2 : caractéristique principal d'une pompe de SP 2 (FLYGT) [15]

Type	CP 3530
Débit	640 l/s
H M T	16.5mcl
Rendement pompe	85.9 %
Nombre de canaux	3
Section de passage	105 x 250 mm
Diamètre (max. /min.)	675 mm (738/430)
Diamètre asp /refoulement	600 mm / 500 mm
Puissance	140 KW
Tension	660 V

*d) Regard de dosage :*

Principe : La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion de produits chimiques.

Coagulant utilisée : Ce sont des produits qui neutralisent ou inversent les charges de surface des matières en suspension [16].

Au niveau du regard de dosage on injecte 2 produits chimiques :

- L'hypochlorite de calcium (HTH).
- Le sulfate d'alumine ( $Al_2 O_3$ ) pour la coagulation.

Ce deuxième étage de pompage :

Il reprend les eaux dessablées pour les transporter vers le bâtiment de floculation et de distribution, dans des chambres de distribution (bâtiment K). Chaque chambre comporte 3 pompes avec un Chicane.

Nous avons 3 regards de mesure pour contrôler la qualité d'eau brute :

- Température
- Ph
- Conductivité
- Matières en suspensions (MES).
- Injection de Sulfate Alumine



Figure II.7 : Les regards de mesure modélisée en 3D.

*e) Bâtiment de floculation :*

Principe : après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les une avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers. La floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules, les quels sont provoqués par la différence de vitesse entre ces particules.

L'adjuvant de floculation poly électrolyte est injecté dans deux chambres de mélange appelées floculateurs. L'eau est distribuée dans ces chambres dotées chacune, d'un agitateur. L'eau floculée traverse des chicanes permettant la formation des floes.



Figure II.8 : Bâtiment de floculation

*f) Les Décanteurs :*

Principe : La décantation consiste uniquement à séparer la phase solide (matières en suspension) de la phase liquide par différence de masse volumique. Cette étape implique de laisser reposer les phases en contact et à attendre un temps suffisant pour qu'elles se séparent sous l'action de la pesanteur. Les boues sont éliminées de manière continue par le fond du décanteur. Les facteurs influençant sur la vitesse de sédimentation sont :

- la taille des particules.
- la différence de masse volumique entre le solide et le liquide.
- la viscosité du fluide.

Le décanteur le plus simple est constitué d'une cuve parallélépipédique munie d'une zone d'entrée et de deux zones de sortie (une pour la sur-verse et l'autre pour les boues) [17].

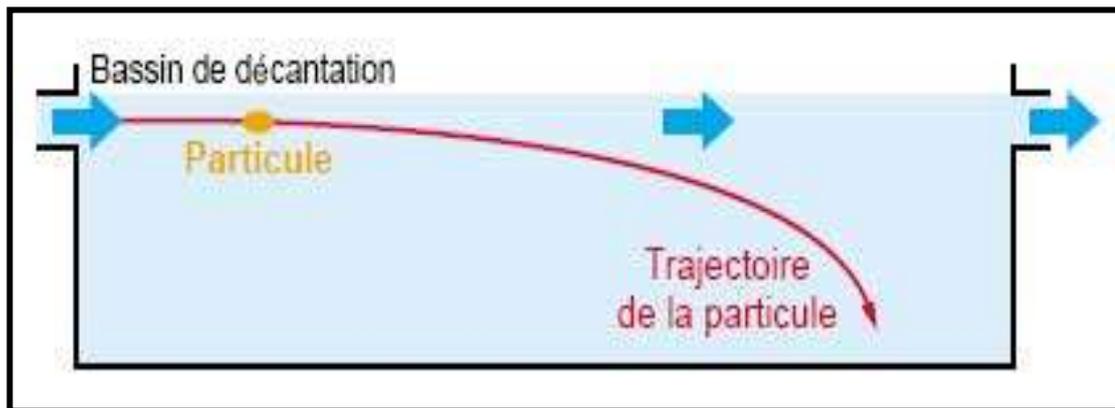


Figure II.9 : Décanteur simple.

- La décantation se fait dans deux décanteurs de forme conique d'une capacité de 7000m<sup>3</sup>chacun.

Deux décanteurs sont prévus, chacun avec un diamètre de 58 m, cela résulte dans une surface de 2640 m<sup>2</sup> sur la base d'un débit d'eau maximal de 11,340 m<sup>3</sup>/h. le temps de séjour minimal est d'environ 1,5 h.

Les deux décanteurs sont munis d'un pont racleur de boue installé sur tout le diamètre. La vitesse de racler peut être changée de 2 a 4 cm/s.

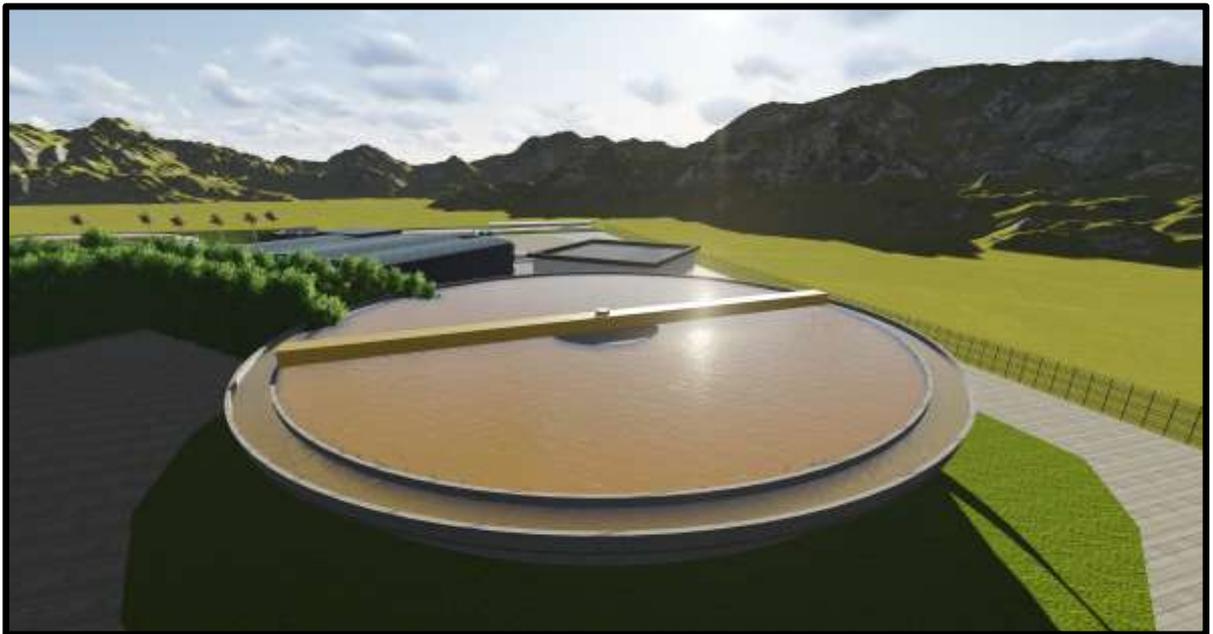
Dans ce temps, la boue produite est introduite au moyen de boucliers racleurs de boue dans le bassin de boue central. Pour chaque décanteur, trois conduites de prise de boue (diamètre 150mm) Sont prévues, qui mènent la boue au bâtiment de boue. Il est garantie de cette façon que la boue produite est déchargée au moyen de ces conduites uniformément des décanteurs pour réduire cette quantité de boue, des organes d'arrêt manuels sont prévus dans chaque conduite qui permettent le lavage des différentes lignes de conduites au moyen des conduites d'eau de service raccordées, cela se fait manuellement.

Dans ce cas aussi, les conduites de refoulement et d'aspiration peuvent être lavées par les conduites d'eau de service raccordée.

Dans le décanteur se fait la décantation lente, on récupère les eaux prétraités de l'air trop plein et en élimine les boues avec un racleur [15].



*Figure II.10 : Le décanteur*



*Figure II.11 : Le décanteur modélisé en 3D.*

**g) Bâtiments d'eau de service :**

Dans cette salle on a deux compartiments : le sous-sol et l'entrée.

Au sous-sol ;il y a le regard de boues se compose de deux chambres , chaque une est liée à l'évacuation des boues des deux décanteurs ainsi qu'une vanne de vidange y compris les pompes associées (03 pompes de recyclage de boues), les pompes d'alimentation en eau

pour le chlore (03 pompes), les pompes d'alimentation en eau pour sulfate et polymère (02 pompes) et les trois pompes de lavage des conduites de boue. A l'entrée se trouve les réservoirs hydrophores, compresseur, un local électrique ainsi que les vannes tampon et by-pass et instruments en line (turbidimètre, PH-mètre).

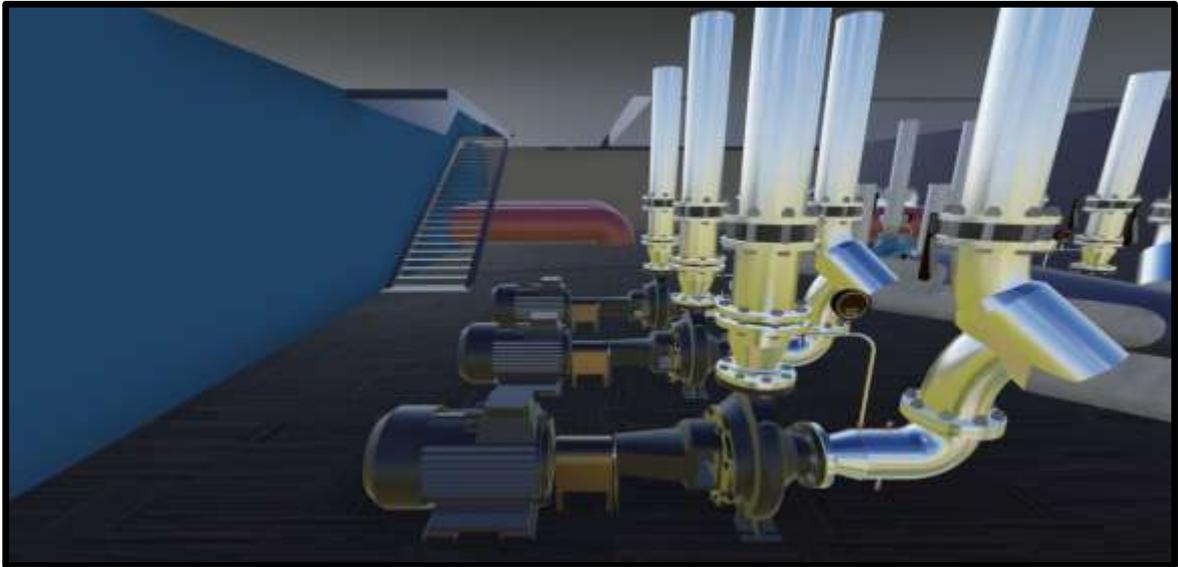


Figure II.12 : Le sous-sol de bâtiment de service modélisé en 3D.

#### ***h) Le Bâtiment de réactif :***

On utilise l'hypochlorite de calcium hydraté HTH en poudre. Il ya « des Bacs » de préparation de polymère. Le dosage utilisé est 500L chaque jour. Il y a 2 pompes volumétriques de polymère dans l'eau filtré a sable, chaque foie on fait le nettoyage par l'eau de service. Il y a deux sondes de niveau dans les bacs.

Remarque : Quand le niveau de polymère préparé est diminué ; il y a une ouverture de vanne.



Figure II.13 : Le poly – électrolyte

*i) Réservoir Tampon :*

Entre les équipements de dessablage et la station de refoulement principale vers le réservoir du Djebel Dzioua, est installé un réservoir tampon circulaire semi-enterré d'une capacité de 5.000 m<sup>3</sup> (diamètre 40 m).

- Cette réserve sert essentiellement à limiter, a l'égard du pompage principal, les fluctuations de débit entrant, liée aux opérations périodiques de nettoyage de micro filtres et aux chasses dans le dessableur. Elle permet de plus d'utiliser au mieux les pompes primaires en évitant des arrêts/démarrages trop fréquents.
- La capacité de la réserve permet une autonomie d'environ trois quarts d'heure de pompage à débit nominal de 3 m<sup>3</sup>/sec en cas de coupure intégrale du débit en provenance de la Tafna.
- Un by-pass général du réservoir tampon équipé de vannes papillons manuelles, est prévu pour permettre les entretiens et réparation sans bloquer l'ensemble de la prise d'eau.



Figure II.14 : Le réservoir tampon



Figure II.15 : Le réservoir tampon modélisé en 3D.

***j) Station de pompage principale (SPP) :***

Cette station est composée de sept lignes en parallèle dont cinq(5) en service et deux en réserve, chaque ligne se comporte de deux pompes en série de marque "SULZER" la première a basse pression (SM) et la deuxième a haute pression (HPDM) les deux pompes sont entraînée par un moteur électrique d'une vitesse de 2985 tr/min.

Ce dernier fournit la même vitesse pour la pompe (haute pression), alors qu'il donne une vitesse de 1470 tour/min à la première (basse pression) à l'aide d'un réducteur de vitesse.

L'eau prétraité qui arrivent du tampon 5000m<sup>3</sup> arrivent à la première pompe (SM) avec une pression de 0.6 bar elle sort avec une pression 7 bar passant par la 2eme pompe de 7 bar à l'entrée elle aura une pression de 32 bar à la sortie de la pompe (HPDM).

Le débit total de chaque ligne est de 600l/s et HMT de 322 m.

***k) La conduite de refoulement :***

La station refoule l'eau prétraitée par le biais d'une conduite en acier allant de la station TAFNA vers le bassin inter-saisonnier est de diamètre 1400 mm sur une longueur de 19 km, elle est équipée par 31 ventouse et 21 vidange ou purge. Protégé par un système de protection cathodique contre la corrosion. La conduite a un enrobage externe en papier goudron (anti corrosion) et un revêtement avec une peinture spécial.



Figure II.16 : La station de pompage principal



Figure II.17 : La station de pompage principal

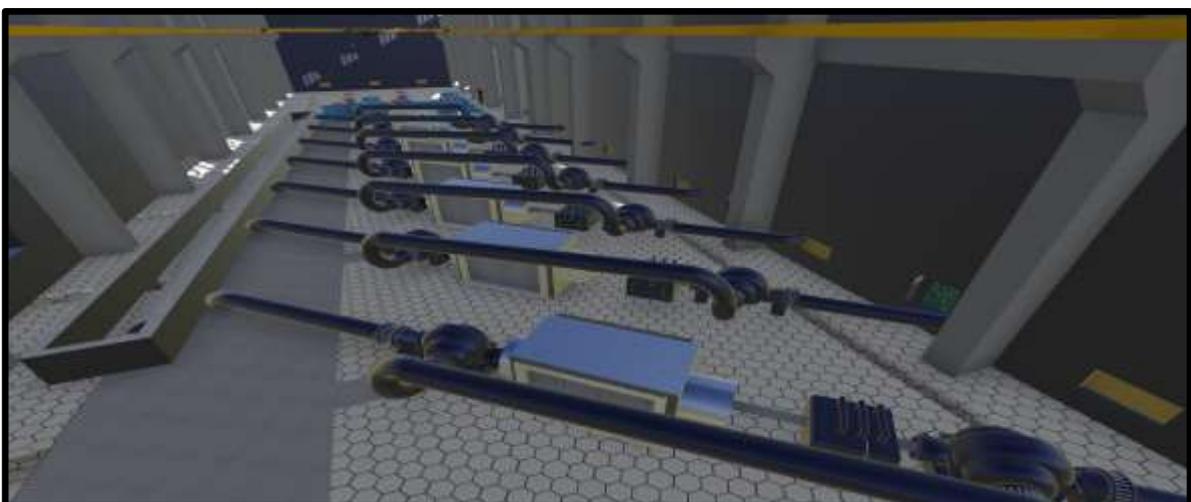


Figure II.18 : La station de pompage principal modélisé en 3D

Tableau II.3 : caractéristique principal de la pompe basse pression (SM ,SULZER)[15].

Vitesse	1470 tr/min
Débit de la pompe	2160 m <sup>3</sup> /h
Hauteur manométrique	69 m.c.e
Rendement	82.5 %
Puissance absorbée	492 KW
Hauteur géométrique d'aspiration	1.5-5.1 m
NPSH disponible dans l'installation	10-13.6m
NPSH requis par la pompe	6 m

Tableau II.4 : caractéristique principal de la pompe haute pression (HPDM ,SULZER)[15].

Vitesse	2985 tr/min
Débit de la pompe	2160 m <sup>3</sup> /h
Hauteur manométrique	253 m.c.e
Rendement	87.5 %
Puissance absorbée	1711 KW
Hauteur géométrique d'aspiration	0 m
NPSH disponible dans l'installation	69 m
NPSH requis par la pompe	19

***l) Installation anti coup de bélier :***

Au cas où les pompes tomberaient en panne, des sous-pressions surviendraient dans les conduites cotées refoulement. Ces sous-pressions doivent absolument être évitées afin de ne pas mettre en péril les conduites. Les mesures visent à empêcher une entrée d'air et la cavitation.

Les critères pour la planification détaillée sont basés sur les principes suivants :

- Aucune entrée d'air n'est admissible dans la conduite, les soupapes d'aération sont uniquement destinées au remplissage et à la vidange de la conduite
- Les sous-pressions maximales admissibles sont de -3 m dans la conduite

- En cas d'arrêt subit de toutes les pompes, le sommet des tuyaux doit se trouver au moins 1 m en-dessous du niveau piézométrique dans l'ensemble des installations.



Figure II.19 : Anti coup de bélier

*m) Partie électrique de la station :*

- Pour le côté électrique de la station de Tafna on a 2 lignes d'électricités de 60 KV une qui est principale de l'Emir Abdel Kader de SonelGaz qui porte le nom de ' BeniSaf 2 ' et l'autre est en réserve de Tlemcen.



Figure II.20 : alimentation électrique

- Le tableau Synoptique :

Le tableau synoptique quand a lui nous permet de contrôler toute la station a distance.

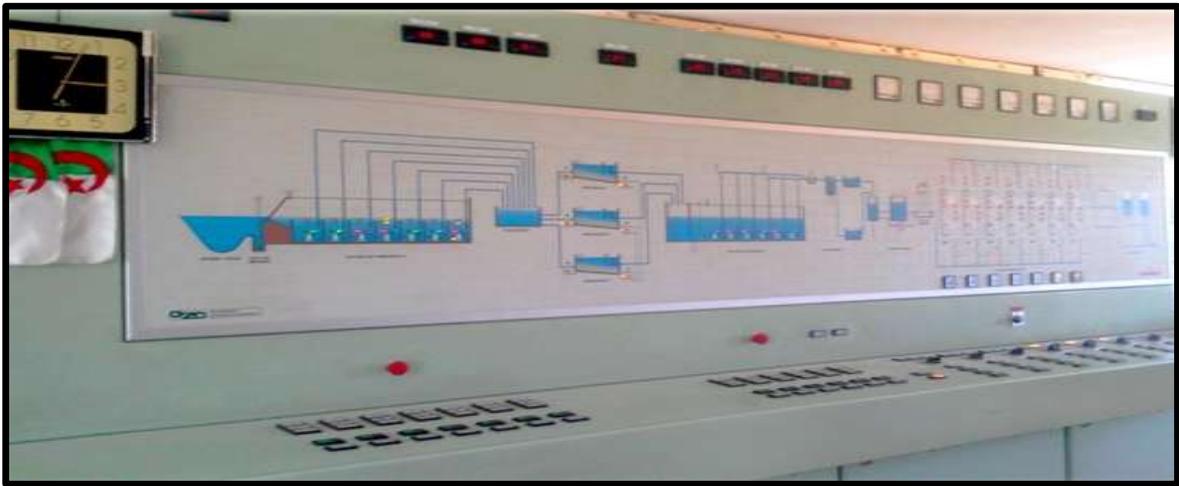


Figure II.21 : Tableau synoptique

- Bâtiment électrique :

Des armoires électriques contiennent des ampèremètres et des commandes a distances pour contrôler le parc et les transformateurs de la station et des voltmètres et une armoire affiliée au Sonelgaz.



Figure II.22 : bâtiment électrique

Un jeu de bar est un reliant entre les deux lignes de Benisaf et de Tlemcen pour la protection contres les problèmes. Des redresseurs au courant continue qui alimentent les disjoncteurs et un couplage qui reliee entre deux transformateurs, juste pour continue la marche même s'il y a une intervention.

*n) Le rendement de la station :*

Le rendement de la production d'eau prétraité est variable à plusieurs causes :

1. La variation de débit d'oued TAFNA.
2. Qualité d'eau MES > 15 g/l (arrêt de pompage).
3. La vieillesse des pompes (érosion des roues).
4. L'indisponibilité des pièces de rechange.
5. en période de lâché du barrage Boughrara.



*Figure II.23 : La vieillesse des pompes.*



*Figure II.24 : L'érosion des roues.*



*Figure II.25 : La variation de débit d'oued TAFNA.*



*Figure II.26 : L'indisponibilité des pièces de rechange.*

## II.2.2 Station de traitement DZIOUA :

La station de Dzioua est située dans la commune d'Ain Tolba dans la wilaya d'Ain Témouchent. Elle est située à une distance de 21.5km de la station de prétraitement du Tafna et à une altitude de 300m à celle de Tafna. C'est une station complémentaire de station de Tafna leur bute est de filtrer et traité les eaux qui arrivent a leur niveau (traitement final pour distribuer l'eau potable aux consommateurs).

La station a une capacité de traitement journalière maximale de 260 000 m<sup>3</sup>.



Figure II.27 : Schéma de la station DZIOUA

### II.2.2.1. Le cratère inter-saisonnier de DZIOUA :

Avant l'arrivée de l'eau prétraité qui est refoulé de la station TAFNA à la station de Dzioua, elle est stocké dans un cratère inter-saisonnier d'une capacité de 13 Hm<sup>3</sup>. Le cratère est une cuvette naturelle située sur un vieux volcan mort. Le cratère se trouve avant la station DZIOUA à 1.5km, il est d'un font argileux pour éviter tout infiltration, aménagé et aéré artificiellement par 02 compresseurs. Quand le cratère est rempli d'eau ou bien on a des problèmes au niveau de ce dernier .On a une conduite, Bay-passe qui veut dire que l'eau prétraité passe directement a la station.



*Figure II.18 : Le cratère de DZIOUA*

Une eau prétraitée dont les paramètres physico-chimiques sont connus arrive au bassin inter-saisonnier (cratère), cette eau coule vers l'usine de traitement suivant une conduite de longueur de 500m tirée au fond du cratère vers l'entrée de la station traversant un tunnel. La pression d'eau à l'entrée lorsque le cratère est rempli est de 6 bar.

A l'entrée de la station existent trois regards : un regard de vanne, regard de prélèvement et un regard de régulation.

A l'amont de la station se trouvent deux entrées, le premier est principal, l'autre est un by-pass comportant trois regards de mesure.

#### **II.2.2.2. le fonctionnement de la station DZIOUA :**

##### ***a) Cascade d'aération :***

On utilise la technique des cascade d'aération pour augmenter le taux de saturation en oxygène des eaux stockées des barrages, tout en éliminant les gaz dissous tels que l'hydrogène sulfuré « H<sub>2</sub>S », le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>. L'aération peut être réalisée avec air sur pressé ou par simple écoulement à travers des cascades.

La cascade d'aération est composée de trois (03) étages où se fait l'injection de l'hypochlorite de calcium comme désinfectant.



*Figure II.29 : Cascade d'aération*

***b) Canal de distribution :***

L'eau s'écoule dans un canal distributeur, dont les dimensions sont 120m de longueur, 2m de largeur et 1,80m de profondeur. Ce canal est lié à une batterie de 10 filtres ouverts à tri-couches (charbon actif, hydro-anthracite et le sable).



*Figure II.30 : Canal de distribution*

Mais avant que l'eau prétraitée passe dans les chambres de filtration, une étape de coagulation-floculation semble nécessaire.

***c) Chambre de Coagulation et floculation :***

Dans la station de traitement Dzioua, le sulfate d'alumine est utilisé comme un coagulant et le polymère comme un floculant. Ensuite l'eau coule vers les chambres de filtration.

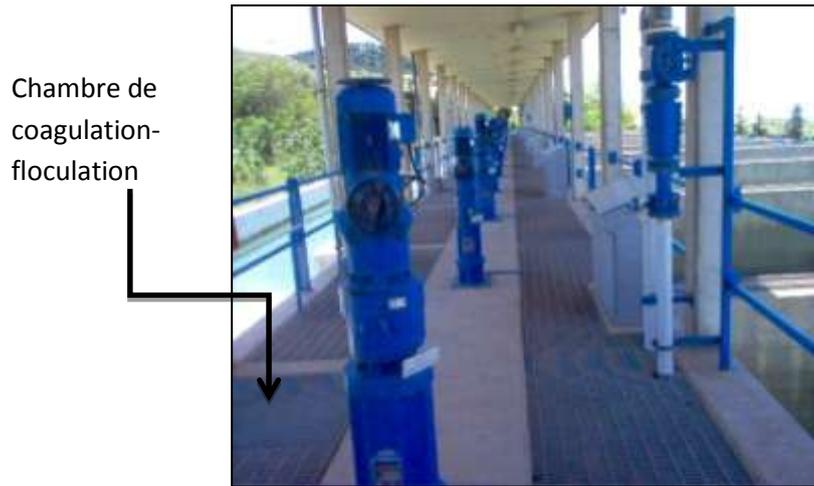


Figure II.31 : Chambre de coagulation-floculation

**d) Les chambres de filtration :**

La station comporte dix(10) filtres, l'eau brute sera déversée dans les filtres ouverts d'une capacité de filtration de  $1200\text{m}^3/\text{h}$  avec une vitesse de filtration atteignant  $8\text{m/s}$ .

Les filtres fonctionnent en système automatique et manuel, la couche (masse) filtrante est composée de trois(03) couches : du charbon actif, de l'hydro-anthracite et du sable quartzes :

- ✓ La couche du charbon actif d'une épaisseur de 300mm et un diamètre qui varie entre 3 et 5 mm



Figure II.32 : Filtre vide (charbon actif)

La couche de l'hydro-anthracite d'une épaisseur de 1200mm, elle filtre les micros floes de 1.6mm jusqu'à 2,5mm.

- ✓ La couche du sable quartzéux est située au fond de la chambre de filtration avec une épaisseur de 500mm avec une granulométrie comprise entre 0.7 mm et 1.2mm.

**Remarque :**

En tout, la hauteur de ces trois (03) couches est de 2m.



*Figure II.33 : Filtre en service*



*Figure II.34 : Filtre en plein fonctionnement*

**e) Lavage des filtres :**

Le contre-lavage serait effectué par des cycles « eau/air et eau » et géré par un automate programmable. Au début l'air est injecté grâce à des compresseurs pendant trois (03) minutes puis, on injecte de l'eau pendant trois (03) minutes aussi à l'aide d'un compresseur avec un débit de 8400m<sup>3</sup>/h

**f) Décanteur :**

Les eaux de lavage des filtres sont acheminées au décanteur afin de les clarifier. La boue issue de cette opération sera jetée dans le milieu naturel. Cependant, l'eau clarifiée est recyclée vers le canal distributeur.

**g) Chambre d'aération finale :**

L'eau traitée est transportée à travers une conduite vers la chambre d'aération finale dont les dimensions est (3m x 2m x 4m), et où on injecte de l'hypochlorite de calcium pour la désinfecter. Parfois, on ajoute de la chaux saturée afin de la neutraliser.

**II.3. Conclusion :**

Le transfert TAFNA-ORAN a été réalisé pour répondre à la demande en eau de plusieurs agglomérations et centres urbains et industriels dans la wilaya d'Oran et Ain Témouchent le transfert comprend deux grands lots.

La station de prétraitement TAFNA conçus pour traiter un débit de 3m<sup>3</sup>/s avec une teneur en MES <15gramme /litre qui contient un dessablage, coagu-floculation, décantation qui à par but de minimiser la teneur des MES, pour protéger par la suite les pompes contre l'érosion.

La station de traitement DZIOUA d'une capacité de 260000m<sup>3</sup>/j, est composée d'une cascade d'aération permettant l'élimination des gaz (H<sub>2</sub>s,...) et la filtration des eaux à travers trois couches superposées de sable quartzeux, de l'hydro-anthracite et du charbon actif.

**CHAPITRE III : UTILISATION  
DE L'OUTIL  
MATLAB, RÉSULTATS  
ET INTERPRÉTATION**

### III.1. Introduction :

Dans ce chapitre on établit un programme informatique qui nous permet de déterminer les caractéristique d'une station de pompage. Notre travail consiste à faire une étude du système de refoulement station TAFNA - DZIOUA par le programme MATLAB pour la détermination des caractéristiques et de point de fonctionnement des pompes de refoulement de la station. Par la suite on va traduire les résultats obtenus sous forme des graphes.

### III.2. Le logiciel MATLAB :

MATLAB est un système interactif et convivial de calcul numérique et de visualisation graphique destiné aux ingénieurs et scientifiques. Il possède un langage de programmation puissant et simple à utiliser avec lequel l'utilisateur peut effectuer des calculs en ligne ou par l'intermédiaire d'un fichier de commandes.

Le logiciel MATLAB (Matrix Laboratory) est basé sur le calcul matriciel numérique. Tous les objets utilisés dans MATLAB sont donc définis au travers de matrices ou vecteurs dont les valeurs sont, par définition, des grandeurs complexes. Il existe un très grand nombre d'opérateurs et fonctions distribués dans le logiciel de base et dans des boîtes à outils spécialisées. A ceci peut s'ajouter un outil de programmation graphique, Simulink, essentiel pour la simulation de systèmes dynamiques non linéaires.

L'environnement MATLAB se présente sous la forme d'un espace de travail dans lequel un interpréteur de commandes exécute les opérations demandées [18].

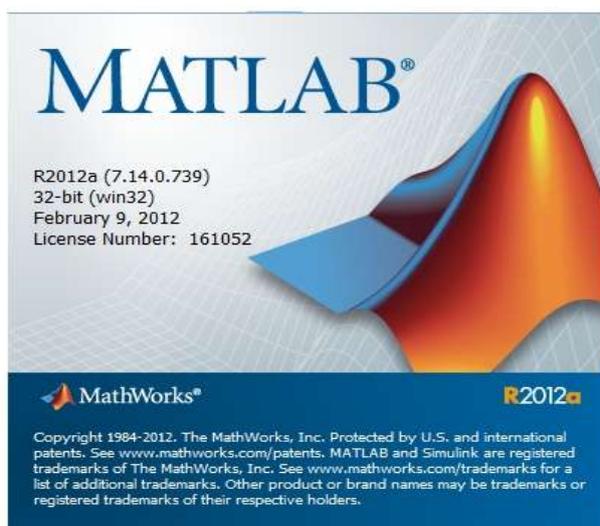


Figure III.1 : programme MATLAB

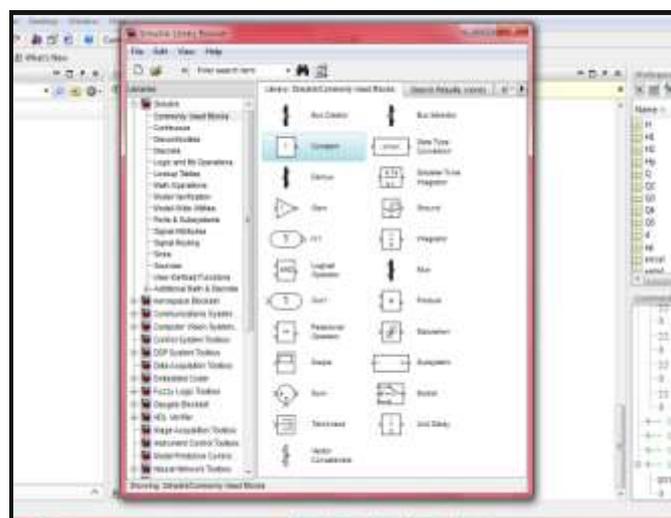


Figure III.2 : Commande de simulink

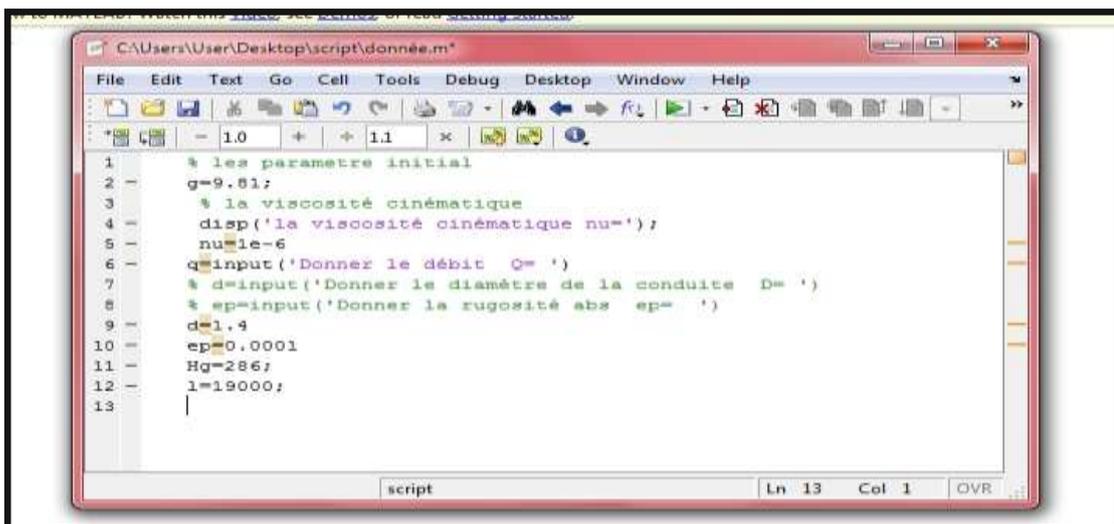
**III.3. Caractéristiques du système de pompage sous le logiciel MATLAB :**

A l'aide de logiciel MATLAB on a put établir un programme qui nous a permis de déterminer :

- L'estimation de coefficient des pertes de charge ( $\lambda$ ).
- Le calcul des pertes de charges.
- Tracer les courbes caractéristiques des pompes.
- Tracer la courbe caractéristique de la conduite du réseau.
- Le point de fonctionnement du system de refoulement de la station TAFNA.

**III.3.1. Paramètres initiaux du système de refoulement :**

- Les paramètres initiaux du système de refoulement sont donnés dans la figure III.3.



**Figure III.3 :** Les paramètres initiaux du système de refoulement.

- Les données sont représentées dans le tableau III.1.

**Tableau III.1 :** les données initiales du système de refoulement.

g : Accélération terrestre	9.81 m <sup>2</sup> /s
$\nu$ : viscosité cinématique	10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s
D : diamètre de la conduite de refoulement	1400 mm
L : longueur de la conduite de refoulement	19 km
$\epsilon$ : Rugosité absolue de la conduite	0.1 mm
Hg : Hauteur géométrique	286 m

### III.3.2. Courbe caractéristique de la conduite de refoulement :

La courbe caractéristique de la conduite de refoulement est en fonction de la hauteur géométrique  $H_g$  et de la hauteur dynamique  $h_t$  [7].

Avec : 
$$H_c = H_g + h_t \quad (\text{III.1})$$

Et : 
$$h_t = h_l + h_s \quad (\text{III.2})$$

- Les pertes de charges singulières sont estimées à 15 % des pertes de charges linéaires.
- Le calcul des pertes de charge linéaire repose entièrement sur la détermination de coefficient de perte de charge linéaire  $\lambda$ .

#### III.3.2.1 Estimation de coefficient de pertes de charge linéaire :

Le coefficient de la perte de charge linéaire dépend de régime d'écoulement :

- Si le régime est laminaire ;  $Re < 2000$  :

Dans ce cas le coefficient de la perte de charge linéaire est uniquement en fonction du nombre de Reynolds [19].

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (\text{III.3}) \quad \text{avec :} \quad Re = \frac{4*Q}{\pi*D*v} \quad (\text{III.4})$$

La figure III.4 représente le script utilisé pour estimer le coefficient de pertes de charge  $\lambda$ .

```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
> Editor - C:\Users\User\Desktop\script\estimlamda.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
1 %Nombre de Reynolds :
2 re=4*q/(pi*d*nu)
3 % un régime laminaire
4 if (re<2000)
5 % Méthode de Hagen Poiseuille Darcy : lamda=64/Re
6 lamda=64/re
7 disp('le nombre de Reynolds est Re= ') , disp(re)
8 disp('la valeur du coefficient Lambda est= ') , disp(lamda)
9
progr... x donnè... x lamda... x nbrRe... x estiml... x
Ln 9 Col 1 OVR

```

Figure III.4 : Calcul de  $\lambda$  (régime laminaire).

- Si le régime est turbulent ;  $Re > 2000$  :

Pour les régimes turbulents,  $\lambda$  est exprimé expérimentalement par plusieurs formules empiriques. Dans notre travail, nous avons utilisé la formule de Coolbrook, la plus utilisée dans le domaine d'hydraulique [20]:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{\bar{\epsilon}}{3.71} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad (III.5)$$

Dans ce cas, l'estimation de coefficient  $\lambda$  est basée sur le calcul par itération, en utilisant la boucle 'while do' présentée dans la figure III.5.

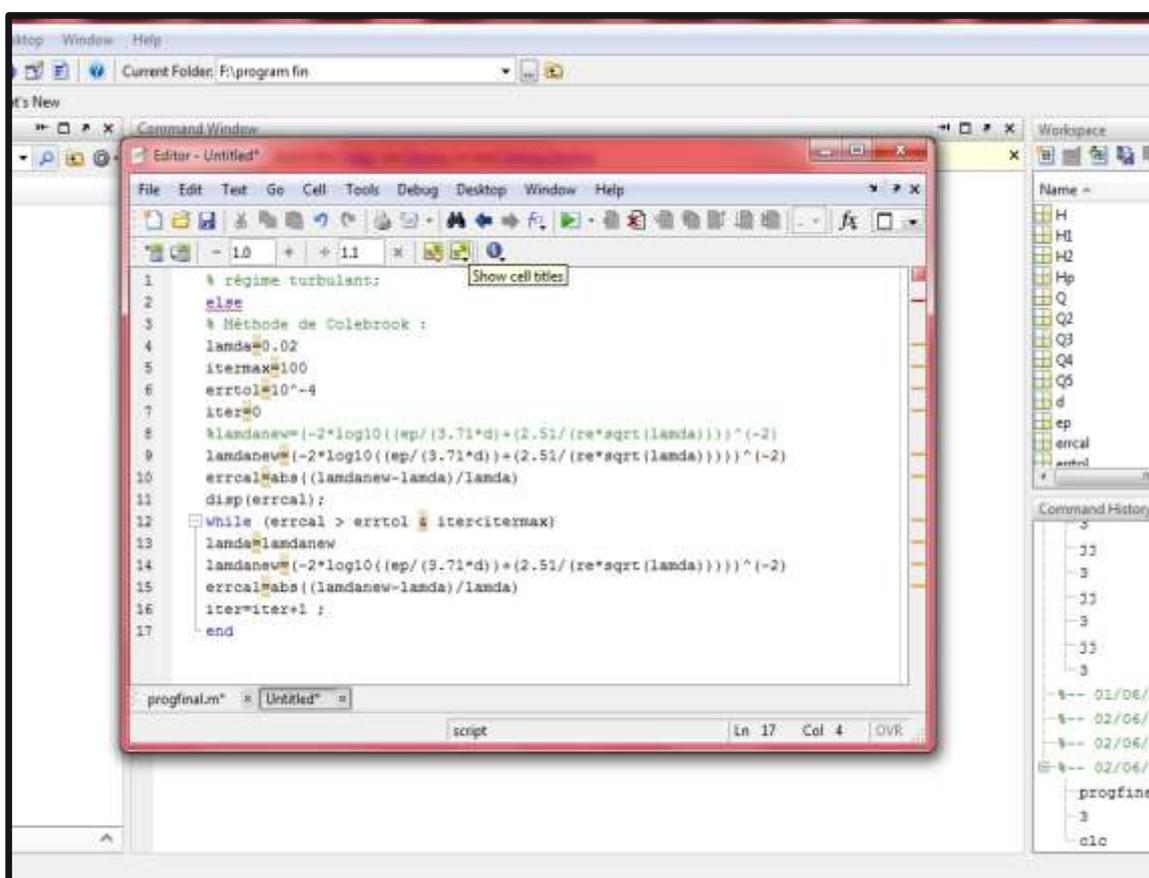


Figure III.5 : Calcul de  $\lambda$ , régime turbulent.

### III.3.2.2 Les pertes de charge :

- La figure III.6 représente le calcul des pertes de charge dans la conduite de refoulement ainsi la caractéristique de la conduite.

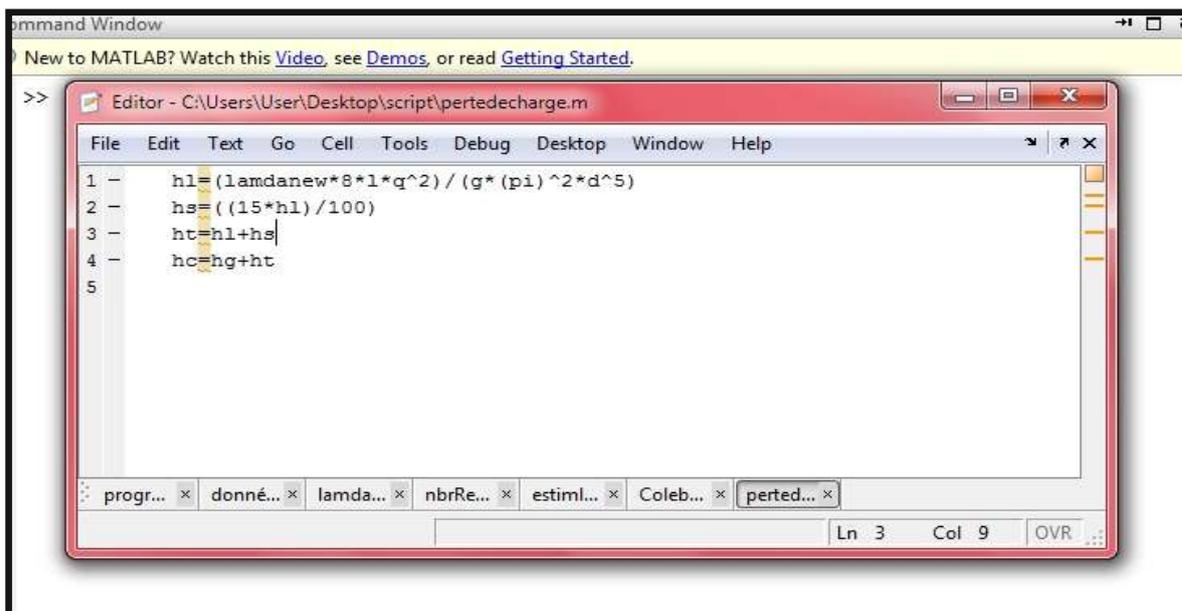


Figure III.6 : Les pertes de charge dans la conduite.

- La figure III.7 détaille les résultats de script présenté ci-dessus pour un cas de débit  $Q = 10000 \text{ m}^3/\text{h}$ .

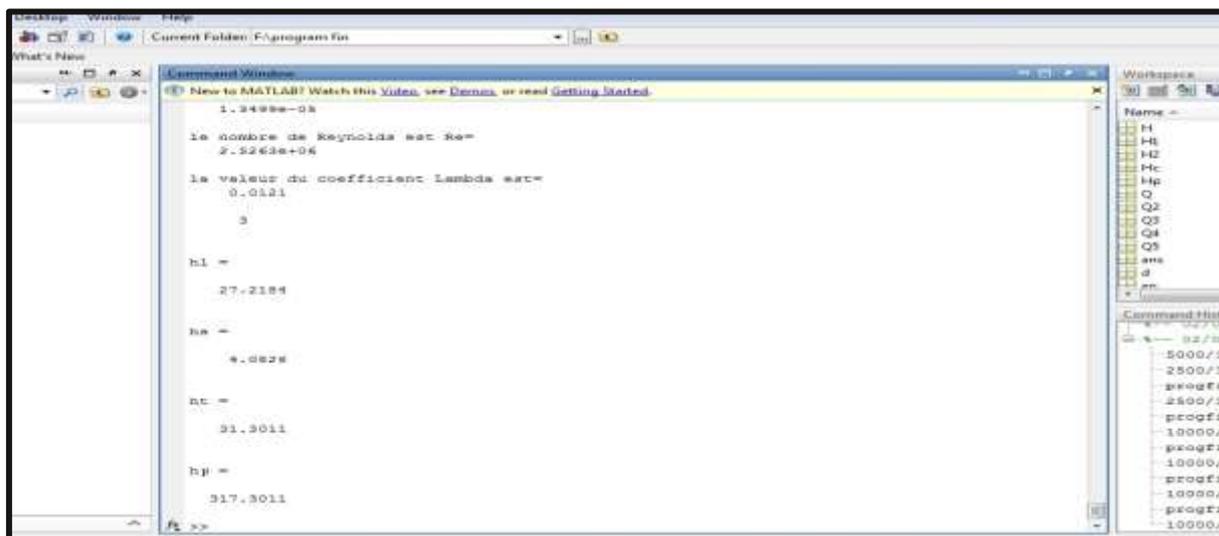


Figure III.7 : résultats de calcul pour  $Q = 10000 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### III.3.2.3 Détermination de la courbe caractéristique de la conduite de refoulement :

En faisant varier les débits, on détermine les différentes valeurs des pertes de charge qui nous permettent de tracer la courbe caractéristique de la conduite de refoulement. Les résultats sont résumés dans le tableau III.2.

**Tableau III.2 :** Les résultats finals obtenus.

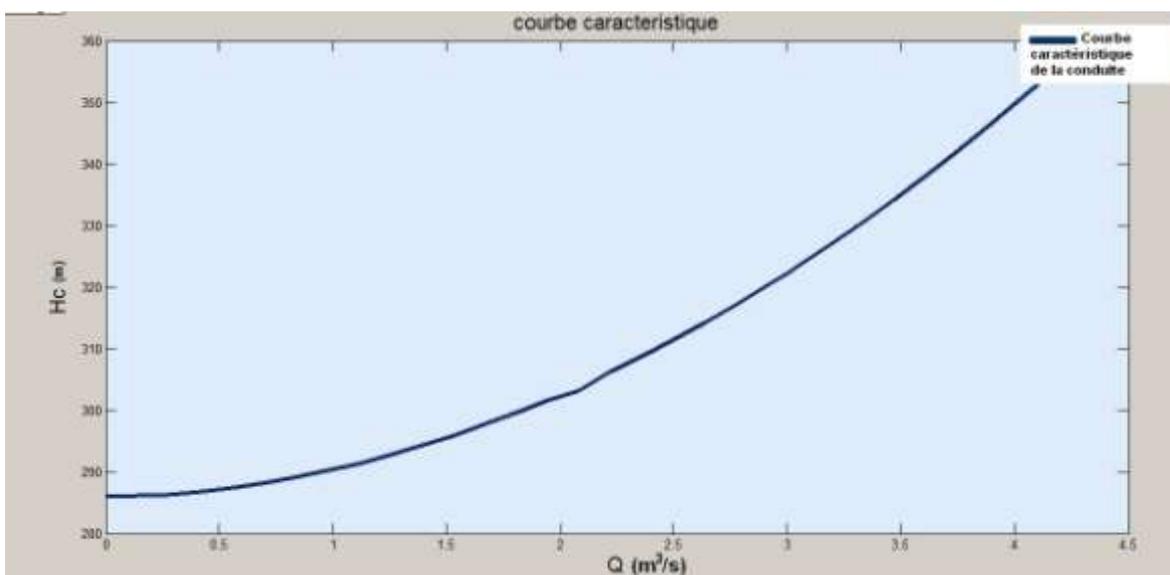
Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Re	$\Lambda$	hl (m)	hs (m)	ht (m)	Hc (m)
0	0	0	/	0	0	0	286
500	0,14	1.26*10 <sup>5</sup>	0.0176	0.09	0.01	0.11	286.11
1000	0,28	2.52*10 <sup>5</sup>	0.0156	0.35	0.05	0.40	286.40
1500	0,42	3.78*10 <sup>5</sup>	0.0147	0.74	0.11	0.85	286.85
2000	0,56	5.05*10 <sup>5</sup>	0.0141	1.26	0.19	1.45	287.45
2500	0,69	6.31*10 <sup>5</sup>	0.0137	1.92	0.28	2.21	288.21
3000	0,83	7.57*10 <sup>5</sup>	0.0134	2.71	0.40	3.12	289.12
3500	0,97	8.84*10 <sup>5</sup>	0.0132	3.63	0.54	4.17	290.17
4000	1,11	1.01*10 <sup>6</sup>	0.0130	4.68	0.70	5.38	291.38
4500	1,25	1.13*10 <sup>6</sup>	0.0128	5.85	0.87	6.73	292.73
5000	1,39	1.26*10 <sup>6</sup>	0.0127	7.14	1.07	8.23	294.23
5500	1,53	1.38*10 <sup>6</sup>	0.0126	8.59	1.28	9.88	295.88
6000	1,67	1.51*10 <sup>6</sup>	0.0125	10.15	1.52	11.67	297.67
6500	1,81	1.64*10 <sup>6</sup>	0.0124	11.84	1.77	13.61	299.61
7000	1,94	1.76*10 <sup>6</sup>	0.0124	13.65	2.04	15.70	301.70
7500	2,08	1.89*10 <sup>6</sup>	0.0123	15.59	2.34	17.93	303.93
8000	2,22	2.02*10 <sup>6</sup>	0.0123	17.66	2.65	20.31	306.31
8500	2,36	2.14*10 <sup>6</sup>	0.0122	19.86	2.97	22.84	308.84
9000	2,50	2.27*10 <sup>6</sup>	0.0122	22.18	3.32	25.51	311.51
9500	2,64	2.40*10 <sup>6</sup>	0.0121	24.64	3.69	28.33	314.33
10000	2,78	2.52*10 <sup>6</sup>	0.0121	27.21	4.08	31.30	317.30
10500	2,92	2.65*10 <sup>6</sup>	0.0121	29.92	4.48	34.41	320.41
10800	3,00	2.72*10 <sup>6</sup>	0.0120	31.60	4.74	36.34	322.34
11000	3,06	2.77*10 <sup>6</sup>	0.0120	32.75	4.91	37.66	323.66
11500	3,19	2.86*10 <sup>6</sup>	0.0120	35.71	5.35	41.07	327.07
12000	3,33	3.03*10 <sup>6</sup>	0.0120	38.79	5.81	44.61	330.61
12500	3,47	3.15*10 <sup>6</sup>	0.0119	42.01	6.30	48.31	334.31
13000	3,61	3.28*10 <sup>6</sup>	0.0119	45.34	6.80	52.15	338.15
13500	3,75	3.41*10 <sup>6</sup>	0.0119	48.81	7.32	56.13	341.13
14000	3,89	3.53*10 <sup>6</sup>	0.0119	52.40	7.86	60.26	346.26
14500	4,03	3.66*10 <sup>6</sup>	0.0119	56.12	8.41	64.54	350.54
15000	4,17	3.78*10 <sup>6</sup>	0.0118	59.87	8.99	68.96	354.96

**III.4. Résultats et interprétation :**

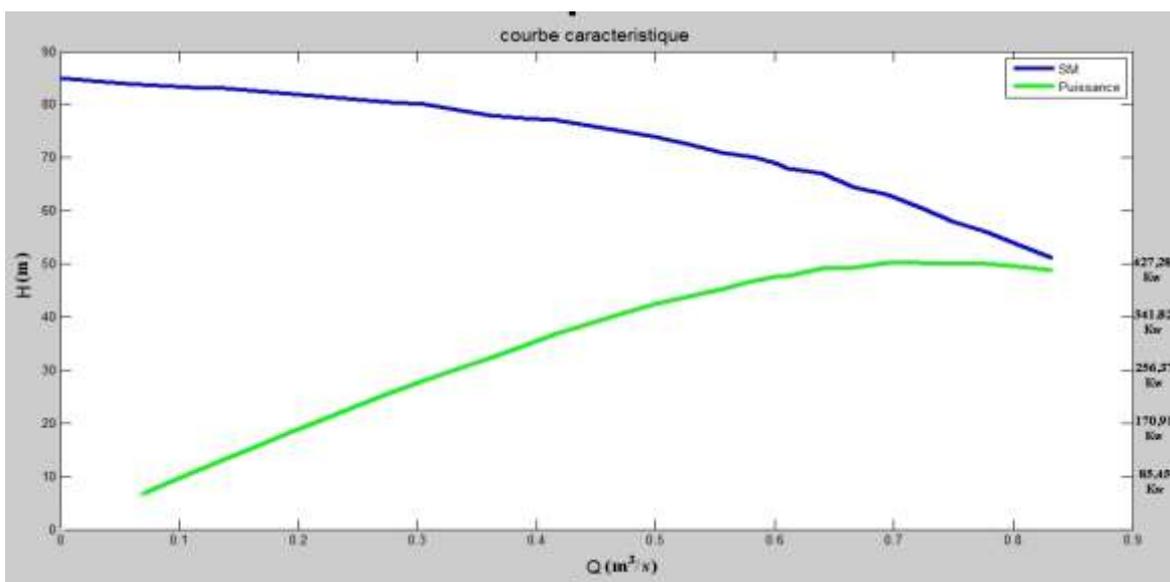
Dans ce paragraphe nous représentons les résultats obtenus sous forme de graphes et leurs interprétations.

**III.4.1. Résultats :**

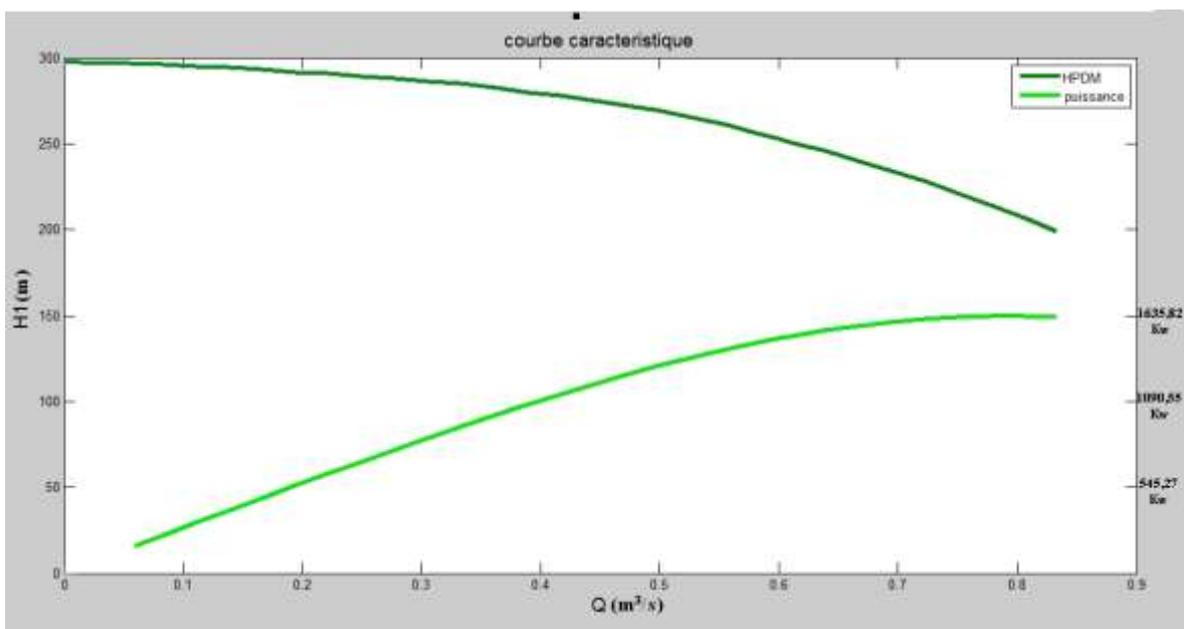
Les figures de III.8 à III.12, représentent les différentes courbes tracées sous MATLAB.



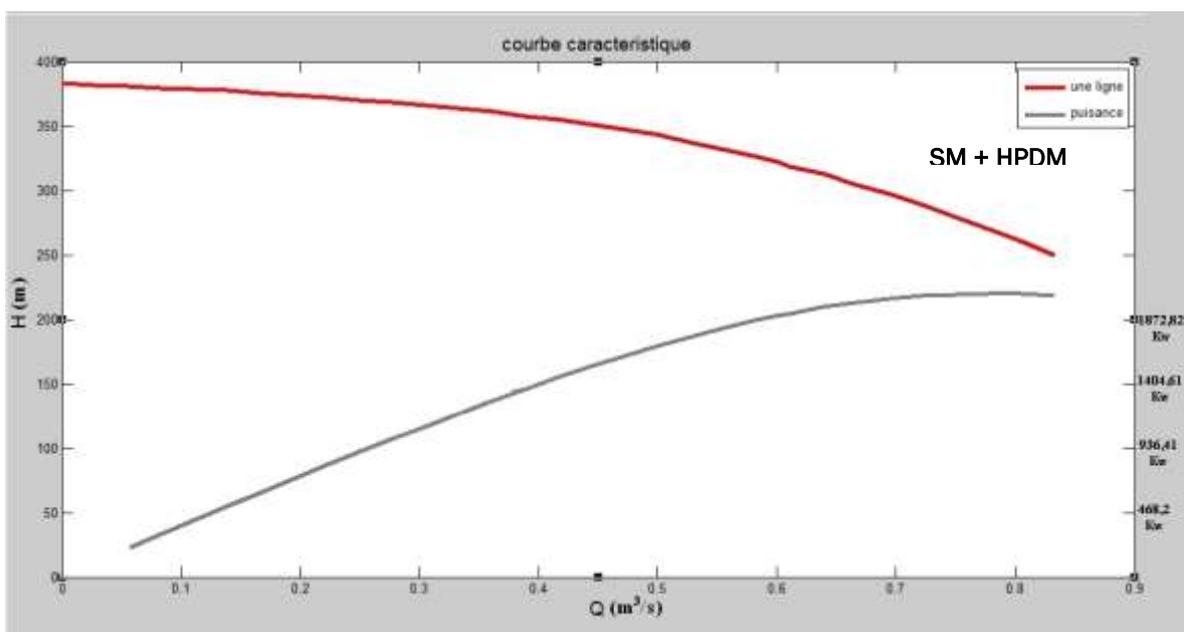
**Figure III.8 :** Courbe caractéristique de la conduite de refoulement.



**Figure III.9.1** les Courbes caractéristique débit-hauteur et de puissance pour la pompe SM



**Figure III.9.2** Les Courbes caractéristiques hauteur-débit et de puissance pour la pompe HPDM



**Figure III.10** Courbes caractéristiques hauteur-débit et de puissance pour une ligne SM+HPDM

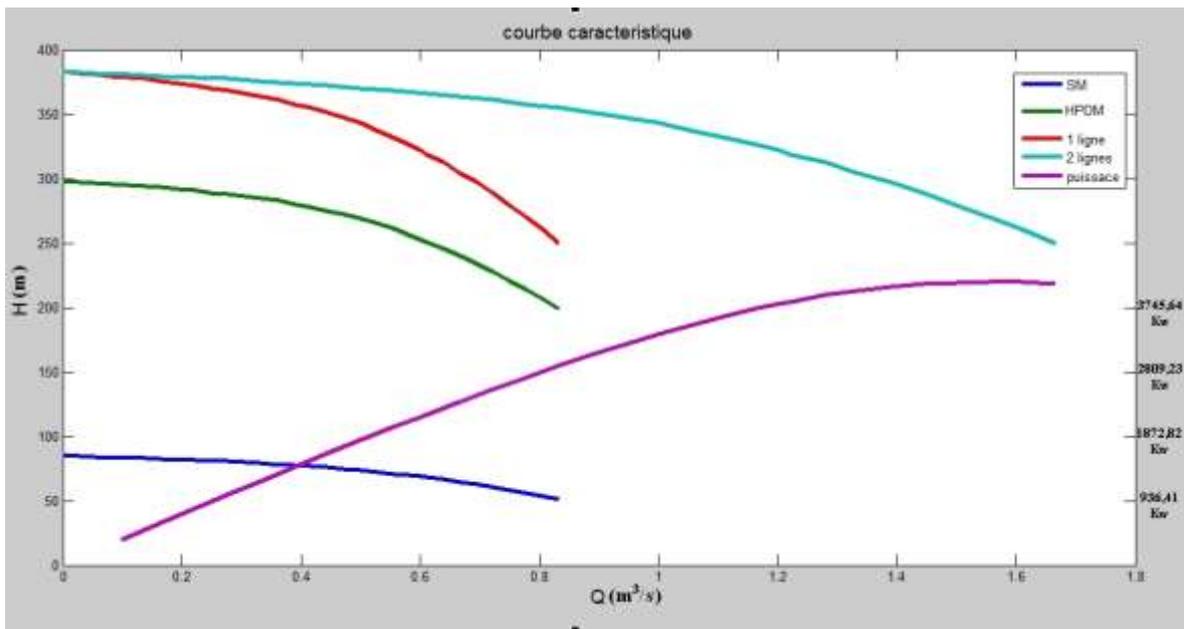


Figure III.11 les courbes caractéristiques pour 2 lignes en parallèle

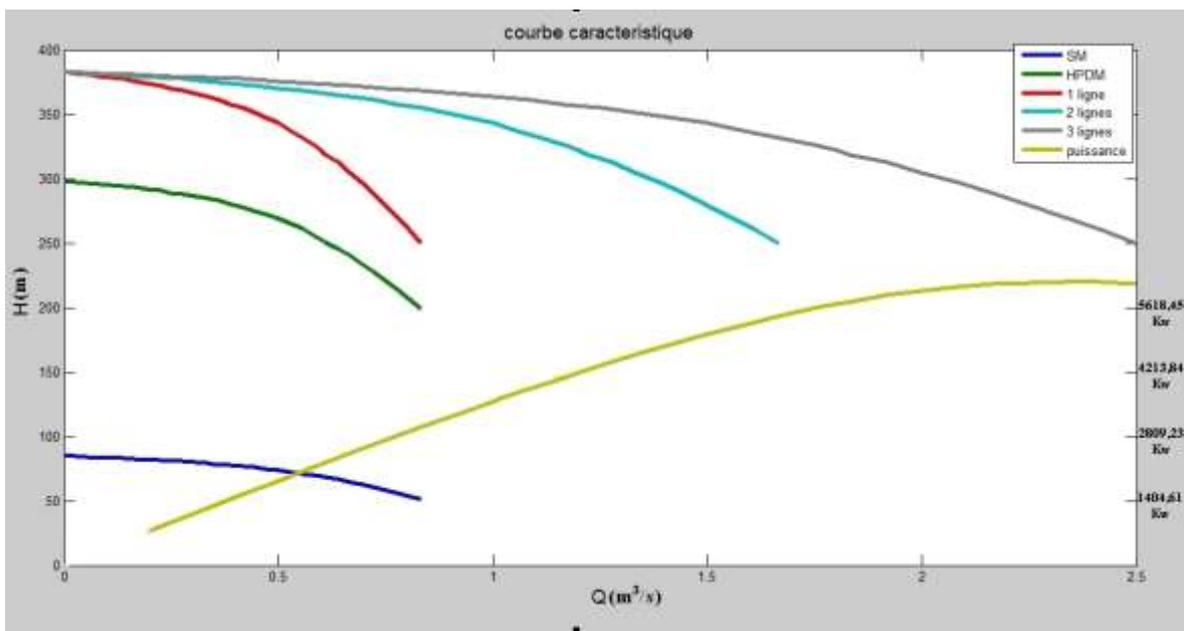


Figure III.12 les courbes caractéristiques pour 3 lignes en parallèle

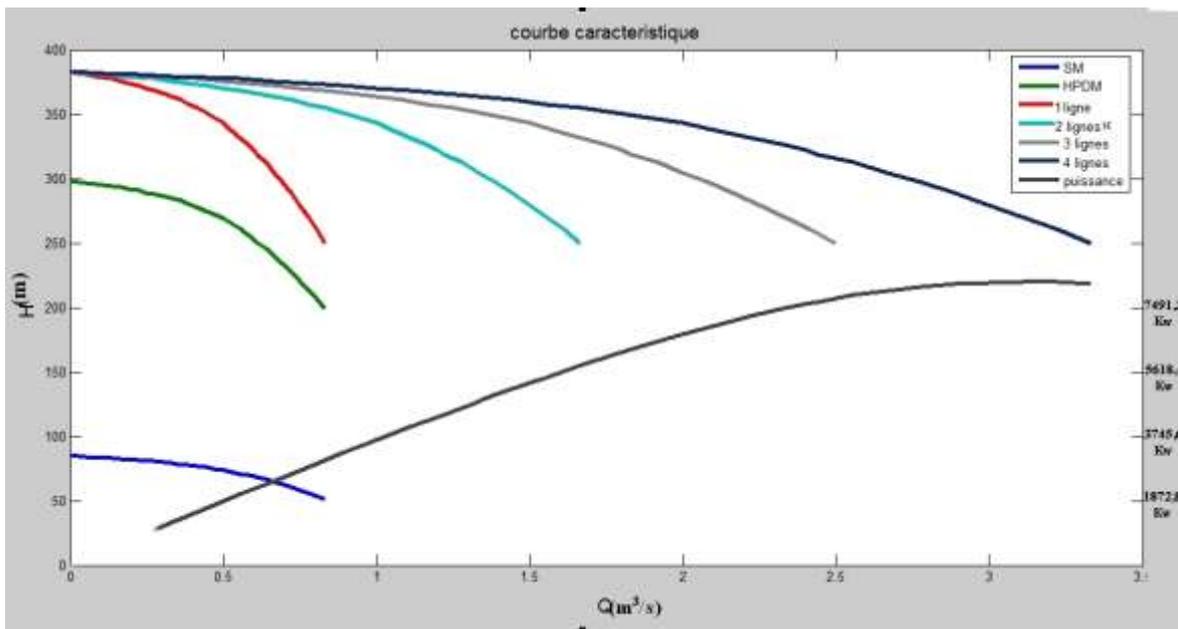


Figure III.13 les courbes caractéristiques pour 4 lignes en parallèle

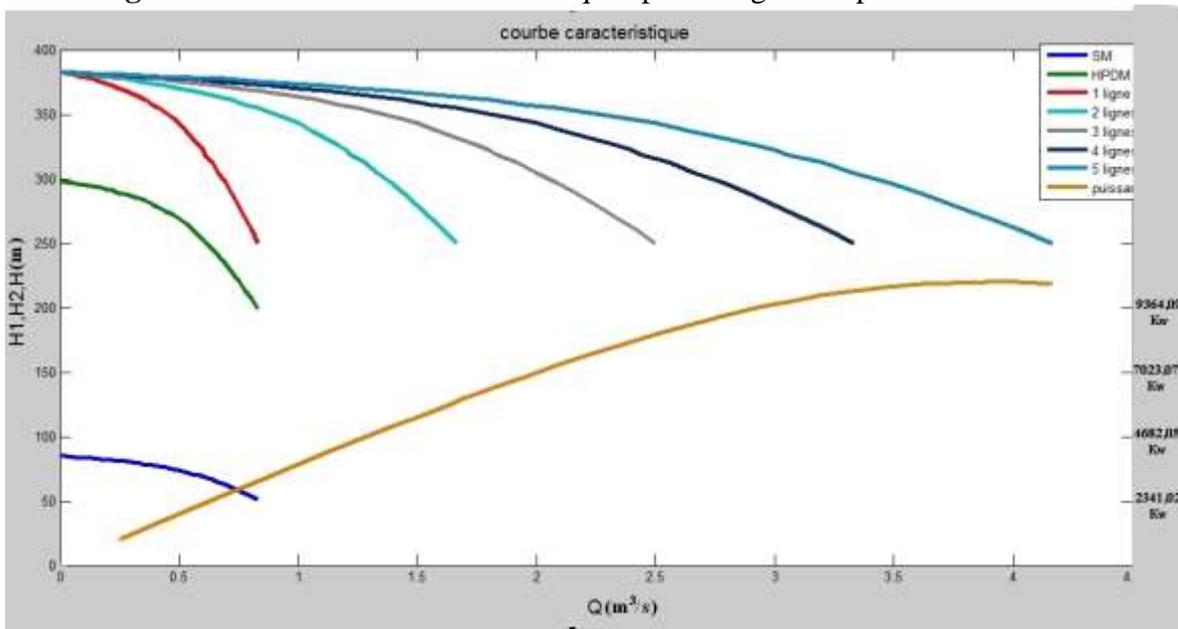


Figure III.14 les courbes caractéristiques pour 5 lignes en parallèle

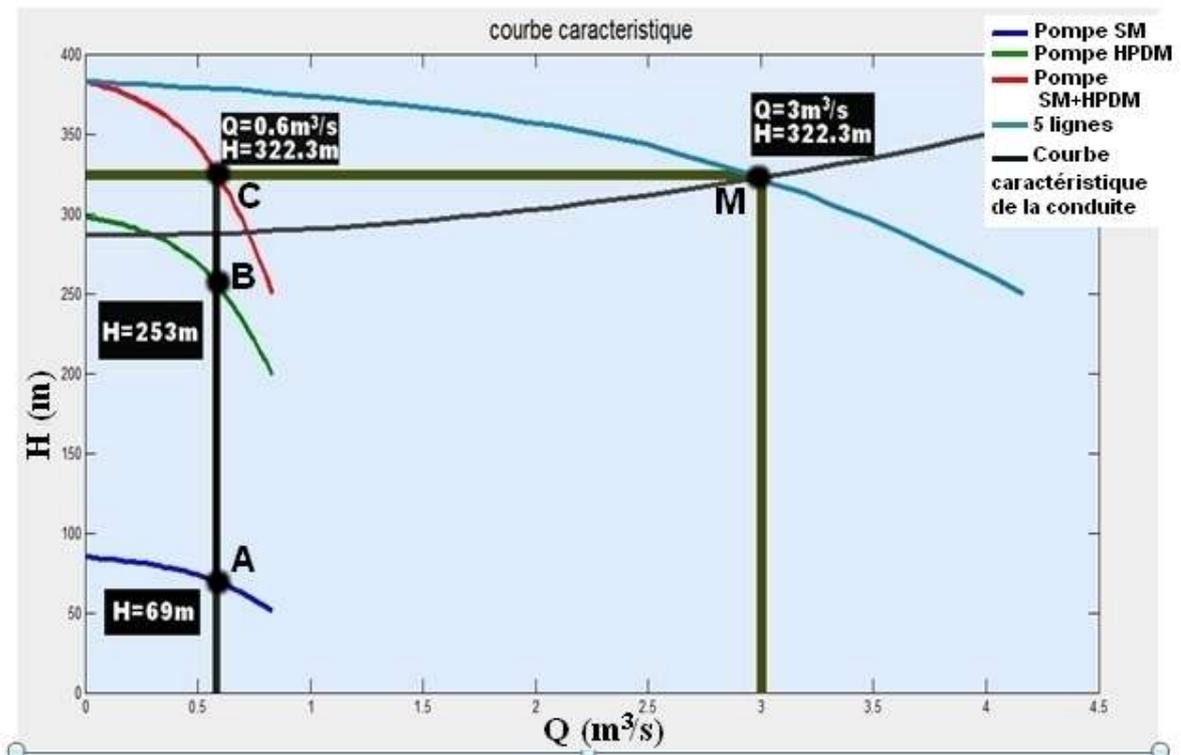


Figure III.15 : Le point de fonctionnement du système

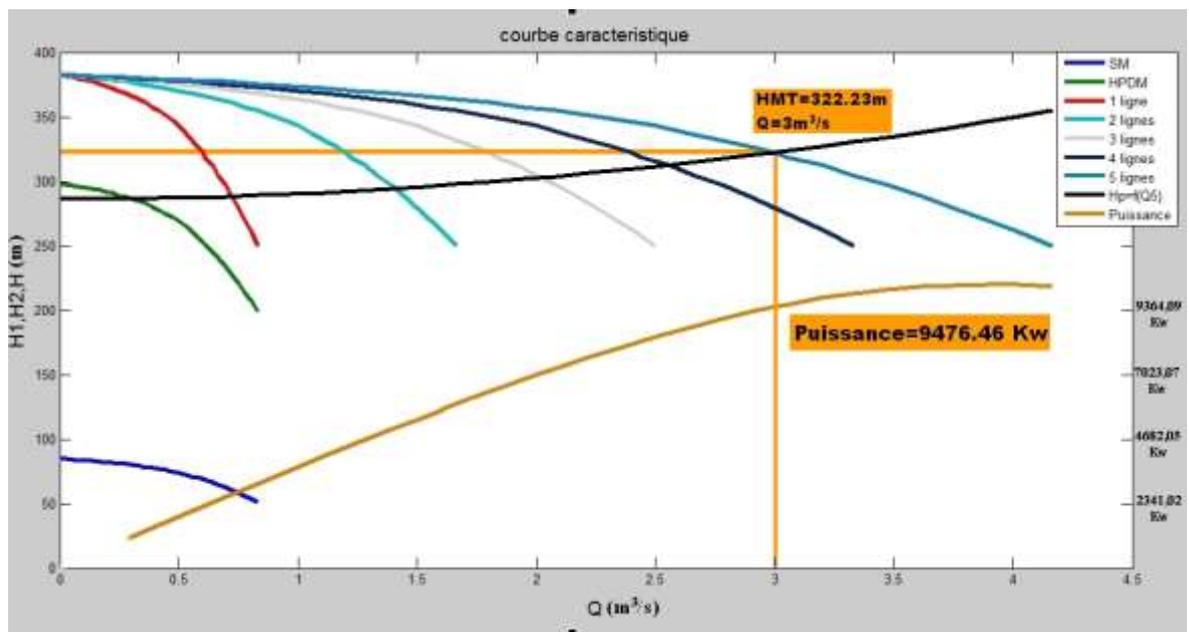


Figure III.16 le point de fonctionnement et la puissance consommée

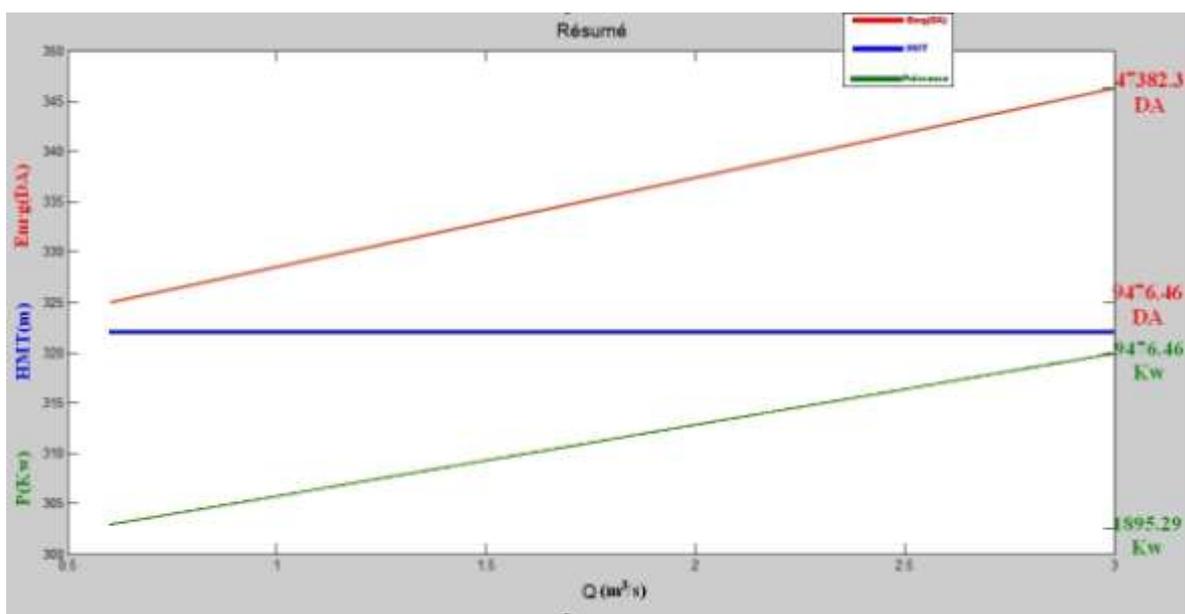


Figure III.17 l'allure de différents paramètres de la station

#### III.4.2 Interprétation des résultats :

A partir des résultats expérimentaux obtenus et graphes établis nous avons dégagé les observations et conclusions suivantes :

- ❖ Figure III.8 : Le tableau III.2 nous a permis de tracer la courbe caractéristique de la conduite de refoulement en faisant varier le débit. La courbe représente la différence entre les plans d'eau des deux réservoirs l'aspiration et refoulement plus les pertes de charges. La courbe  $H_c$  a une allure d'une parabole dont l'origine représente la hauteur géométrique
- ❖ Les figures III.9.1 et III.9.2 représentent les caractéristiques hauteur-débit et puissances des deux pompes (SM et HPDM), données par le constructeur. Nous avons relevé et injecté les coordonnées des points des courbes caractéristiques des deux pompes dans notre programme. Ce qui nous a permis de tracer les deux courbes sous MATLAB.
- ❖ La figure III.10 représente les courbes hauteur-débit, puissance pour les deux pompes montées en série (une ligne). Ce couplage a augmenté la hauteur, tandis que le débit reste constant.

- ❖ la figure III.11 représente les courbes caractéristiques débit-hauteur des deux pompes avec leur couplage en série ainsi que le couplage de deux lignes en parallèle ,et la puissance consommée par les deux lignes.
- ❖ Les différentes courbes caractéristiques des pompes avec montage en série et parallèle de 3 lignes montée en parallèle sont représentées dans la Figure III.12.
- ❖ La Figure III.13 représente les différentes alures des courbes caractéristique hauteur-débit, puissance consommée des quatre lignes montées en parallèle.
- ❖ La courbe caractéristique des 5 lignes montées en parallèle dans la station de pompage est représentée dans la figure III.14. Ce couplage permet de déterminer la courbe caractéristique débit-hauteur et la puissance pour l'ensemble de la station.
- ❖ Figure III.15 représente le tracé de courbes caractéristiques des pompes SM et HPDM, monter en série.la somme, des caractéristiques de ces deux pompes, permettra de déterminer la caractéristique résultante d'une ligne de pompage dans la station considérée. La caractéristique résultante de la station de pompage est cinq fois la somme de la caractéristique d'une ligne suivant l'axe des abscisses, et la caractéristique de la conduite de système de refoulement. Ces deux courbes se couperont en un point M qui représente le point de fonctionnement de la station de pompage. En traçant la parallèle a l'axe des abscisses a partir du point M, on détermine la hauteur manométrique de la station et la parallèle a l'axe des ordonnées du même point M, on obtient le débit refoulé par la station (voir tableau III.3).  
La parallèle à l'axe des abscisses à partir du point M coupe la caractéristique d'une ligne de pompage au point C qui est le point de fonctionnement de cette ligne sur réseau.( $H=322.3\text{m}$  :  $Q=0.6\text{m}^3/\text{s}$ ).La parallèle a l'axe des ordonnées à partir du point C coupe les caractéristiques des deux pompes SM et HPDM aux points A et B respectivement.

A partir de ces points on détermine le débit des deux pompes et les hauteurs manométriques de chaque une des deux pompes montées en série (tableau III.3).

**Tableau (III.3) :** les points de fonctionnement de système de refoulement.

Système de pompage (les 5 lignes en parallèle)		Une ligne (les 2 pompes en série)		La pompe HPDM		La pompe SM	
Q (m <sup>3</sup> /s)	Hmt (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Hmt (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Hmt (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Hmt (m)
3	322	0.6	322	0.6	253	0.6	69

La puissance et l'énergie consommée sont illustrées dans le tableau III.4.

**Tableau III.4** les différents paramètres de la station

Cas de fonctionnement	HMT(m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	Puissance KW	énergie consommée en DA
1 ligne	322	0,60	1895,292	9476,46
2 lignes	322	1,2	3790,584	18952,92
3 lignes	322	1,8	5685,876	28429,38
4 lignes	322	2,4	7581,168	37905,84
5 lignes	322	3	9476,46	47382,3

\*référence énergie consommée en DA= puissance (KW)\*5 DA  (1 Kw=5 DA).

- ❖ La Figure III.16 représente le point de fonctionnement de toute la station et du système de refoulement de cette dernière ainsi que la projection de ce point sur l'axe des abscisses, détermine la puissance consommée de la station de refoulement.
- ❖ La Figure III.17 nous résume les différents paramètres de la station de refoulement de TAFNA, une HMT égale à 322m avec une puissance de 9476.46 Kw en plein fonctionnement de ces 5 lignes ainsi que le coup en Dinar de chaque ligne est de toute la station pour un montant de 9476.46 DA pour une ligne et 47382.3 Dinar pour l'ensemble de la station

**III.5.Conclusion :**

Lorsque la caractéristique de la pompe est toujours descendante, il n'y a qu'un seul point de fonctionnement possible. Ce point d'intersection détermine le point de régime de fonctionnement de la pompe sur la conduite.

Dans cette partie de notre étude on a utilisé un programme informatique sous langage MATLAB. Les résultats obtenus permettent de tracer les différentes courbes caractéristiques et de déterminer le point de fonctionnement de station de pompage TAFNA et aussi les caractéristiques de chaque ligne.

**C**ONCLUSION

**GÉNÉRALE**

# Conclusion Générale

---

## ○ Conclusion générale

L'étude que nous avons faite à la station de pompage TAFNA-DZIOUA, durant notre stage, nous a permis d'avoir une large connaissance sur le fonctionnement des pompes centrifuges et de système de refoulement. Cette connaissance globale nous, a poussé à l'élaboration d'une modélisation en trois dimensions des différentes infrastructures hydrauliques de cette station.

Le travail effectué dans ce Projet de Fin d'Études est une contribution à l'élaboration d'un programme sous MATLAB, qui est destiné à faciliter la tâche non seulement de vérification des calculs, mais aussi à constituer un outil personnel de dimensionnement préliminaire d'une station de pompage.

Lors de ce mémoire on a fait un calcul des différents paramètres de la station de pompage qui permettent de représenter:

- Les courbes caractéristiques des différentes pompes existantes dans la station.
- Les courbes caractéristiques de chaque ligne de pompage.
- La courbe caractéristique en plein régime de la station de pompage, pour les cinq lignes de pompage montées en parallèle.
- La courbe caractéristique de la conduite de refoulement.
- Le point de fonctionnement de la station de pompage.

L'étude que nous venons d'accomplir sur la station de pompage TAFNA-DZIOUA est une initiation à la vie professionnelle. Elle nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques et acquérir de certaines notions pratiques.

# Bibliographie

[1] KHALDI et LATRECHE (2014) : « Etude d'une pompe centrifuge a un étage». Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme De master en Génie mécanique, Centre Universitaire Ain Temouchent,

[2] SAADI et MADOUNI (2014) : « Les stations de pompage dans les réseaux d'assainissement » Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme De License en Hydraulique, UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEN.

[3][http://christophe.boutry.pagesperso.orange.fr/site/cours\\_files/technologie%20des%20pompes.pdf](http://christophe.boutry.pagesperso.orange.fr/site/cours_files/technologie%20des%20pompes.pdf)

[4] A.DUPON (1986) « Hydraulique urbaine ». Tome1 Edition EYROLLES. Paris France.

[5] [http://yann.marchesse.free.fr/Site/Enseignements\\_files/MecaniqueDesFluides.pdf](http://yann.marchesse.free.fr/Site/Enseignements_files/MecaniqueDesFluides.pdf)

[6] KARA Omar Abdoullah (2011) : « Etude théorique et expérimental de performance de pompes centrifuges ». Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme De master en Hydraulique, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF ORAN.

[7] ALILI Fouad et BENSID Adil (2015) : « Etude d'une station de pompage anti-incendie Au sein du complexe de Hassi R'mel ». Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme De master en Génie Thermique et Energies Renouvelables, UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEN.

[8] [http://www.wontu.fr/COURS/CHAP-5\\_POMPES.pdf](http://www.wontu.fr/COURS/CHAP-5_POMPES.pdf)

[9] DALI Rachid (2013) : « étude d'un écoulement dans une conduite d'aspiration d'une pompe centrifuge ». Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme De master en Hydraulique, UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEN.

[10] ABDALLAH BENKHATTOU Hocine (2012) : « Analyse et diagnostic des pompes industrielles (Etude de cas au niveau de HENKEL Ain Temouchent) ». Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme De master en Génie Mécanique (Maintenance industriel). UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEN.

[11] Bennis Saad (2004) « Hydraulique et hydrologie » 2<sup>ème</sup> édition 2004, Université du Québec - Canada.

[12] <http://www.fao.org/docrep/field/007/af013f/AF013F09.htm>.

[13] SABER Ali (2005) : « Etude théorique et expérimental pour la détermination des performances des pompes centrifuges ». Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'ingénieur d'état en Hydraulique. Ecole national superieur de l'HYDRAULIQUE ENSH – BLIDA.

[14] GOUSTO Omar & BENNACER Lahcene (2001) « Détermination des points de fonctionnement des pompes centrifuges couplé en série et en parallèle ». Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Mécanique, UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEN.

[15] documentation de la station TAFNA (archive, catalogues des pompes)

[16] <http://hmf.enseiht.fr>

[17] <http://www.techniques-ingenieur.fr>

[18] [http://www.gecif.net/articles/genie\\_electrique/logiciels/matlab/matlab\\_ingenieur\\_oct2010.pdf](http://www.gecif.net/articles/genie_electrique/logiciels/matlab/matlab_ingenieur_oct2010.pdf)

[19] BOUABDALLAH et TADLAOUI (2014) : « Etude critique des différentes méthodes d'évaluation des pertes de charge » Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de licence en Hydraulique, UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEN.

[20] Carlier.M. *Hydraulique générale et appliqué*. Paris : Eyrolles, 1972.