



Département de Génie de l'Eau

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme de

Licence professionnelle en :

Hydraulique

Thème

**Etude d'adduction en eau potable à partir de l'unité de
production Tilesdit de la wilaya de Bouira**

Réalisé par :

M^{lle} MECHACHE Riham

Encadré par :

M^{me} SIFOUN Naima

M.C.B.Université de Bouira

Tuteur de l'entreprise :

M^r MADAOUI Amar

Ingénieur Exploitation Bouira

Corrigé par :

M^{me} DAIRI Nassima

M.A.A.Université de Bouira

M^{me} HAMZAOUI Sara

M.C.B.Université de Bouira

Remerciements

Je tiens à remercier avant tout **DIEU** le tout-puissant de m'avoir donné le courage et les moyens nécessaires d'accomplir ce modeste travail en vue de l'obtention de mon diplôme.

Je tiens à remercier ma promotrice **M^{me} SIFOUN Naima** d'avoir accepté l'encadrement de ce travail.

Je tiens également à remercier et à adresser ma gratitude aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante que j'ai eu la chance de vivre durant ce stage :

- ✓ **M^r BAHLOULI Khaled** Directeur de L'unité de production du barrage Tilesdit, pour cette opportunité de stage qu'il m'a accordé ;
- ✓ **M^r MADAOUI Amar** mon maître de stage pour son encadrement, ses conseils et sa disponibilité malgré son planning chargé ;
- ✓ Le personnel de l'unité de production du barrage Tilesdit pour leurs accueils et leurs comportements pendant la période de mon stage qui a été vraiment une motivation pour l'avancement de mon travail de stage ;
- ✓ A tous mes **enseignants** qui nous ont aidés tout au long de notre cursus universitaire, très fière de vous ;
- ✓ Sans oublier ma **chère famille** et toutes mes **amies**.

Enfin, à toutes les personnes que j'ai côtoyées, qui ont influencé mon parcours et qui m'ont permis d'en arriver là, un grand merci.

Résumé

Ce rapport de fin d'étude consiste à englober tous les points qui touchent l'étude du réseau d'adduction de la wilaya de Bouira à partir de barrage Tilesdit afin de répondre qualitativement et quantitativement aux besoins croissants de la population. On a déterminé les dimensions optimales des conduites d'adduction reliant la station de pompage aux réservoirs à l'aide d'une étude technico-économique, ainsi qu'on a procédé à la vérification de l'apparition de phénomène du coup de bélier et dans ce cas, on a opté pour des appareils anti bélier. Tous les résultats de conception obtenus sont simulés à l'aide de logiciel EPANET dans le but d'analyser et vérifier la conformité et la fiabilité de ce dimensionnement.

Mots clés : Adduction, conduites, pompage, coup de bélier, EPANET.

ملخص

يتمثل تقريرنا لنهاية السنة في تغطية جميع النقاط التي تؤثر على دراسة شبكة إمداد ولاية البويرة بالمياه الصالحة للشرب من سد تيلزديت، من أجل الاستجابة نوعياً وكمياً للاحتياجات المتزايدة للسكان. قمنا بتعيين أبعاد أنابيب التوصيل التي تربط بين محطات الضخ والخزانات المائية بالاستناد إلى دراسة تقنية واقتصادية. كما أننا أشرفنا على مراقبة ظاهرة المطرقة المائية وفي حالة ظهورها نلجأ إلى حماية هذه الأنابيب بالوسائل المخصصة لها. جميع نتائج التصميم المتحصل عليها تم محاكاتها باستخدام برنامج ايبانيت لغرض التحليل والتحقق من موثوقيتها وصحتها.

كلمات مفتاحية: امداد، انابيب، الضخ، المطرقة المائية، ايبانيت.

Abstract

This end-of-study report consists of encompassing all the points that affect the study of the supply network of the wilaya of Bouira from the Tilesdit dam in order to respond qualitatively and quantitatively to the growing needs of the population. The optimal dimensions of the supply pipes connecting the pumping station to the reservoirs were determined using a technical-economic study, as well as the verification of the occurrence of the water hammer phenomenon and in this case, we opted for anti-ram devices. All the design results obtained are simulated using EPANET software in order to analyze and verify the conformity and reliability of this dimensioning.

Keywords: supply, pipes, pumping, water hammer, EPANET.

Table des matières

Remerciements	I
Résumé	II
Liste des figures	VI
Liste des tableaux	VIII
Liste des abréviations	IX
Introduction générale	1
Chapitre I: Présentation de l'entreprise	2
I.1. Introduction.....	2
I.2. Situation géographique de la wilaya de Bouira.....	2
I.2.1. Localisation géographique du barrage Tilesdit	2
I.2.2. Données techniques du barrage	3
I.3. Description des installations de l'unité de production du barrage Tilesdit -Bouira-	4
I.3.1. Station de traitement	4
I.3.2. Chaîne de traitement	6
I.3.3. Laboratoire des analyses d'eau	9
I.3.4. Station de traitement monobloc.....	10
I.4. Conclusion	11
Chapitre II : Réseau d'adduction.....	12
II.1. Introduction.....	12
II.2. Généralités	12
II.2.1. Types d'adduction	12
II.2.2. Principe du choix du tracé	12
II.2.3. Choix du type de matériaux	13
II.3. Protection cathodique des canalisations	14
II.4. Equipements de l'adduction.....	14
II.4.1. Robinets et vannes	14
II.5. Etude technico-économique d'une tuyauterie	15
II.5.1. Calcul des pertes de charge.....	16
II.5.1.1. Pertes de charge linéaires (.....	16
II.5.2. Détermination de la hauteur manométrique totale (H_{mT}).....	17
II.5.3. Puissance absorbée par la pompe (Pa)	18
II.5.4. Energie consommée par la pompe (E)	18

II.5.5.	Frais d'exploitation	18
II.5.6.	Frais d'amortissement.....	18
II.6.	Caractéristiques hydrauliques de l'adduction de la station de pompage Tilesdit	19
II.6.1.	Caractéristiques hydrauliques de l'adduction gravitaire.....	19
II.6.2.	Caractéristiques hydrauliques de l'adduction par refoulement	21
II.7.	Calcul des diamètres économiques pour les stations de pompage Tilesdit.....	21
II.7.1.	Résultat des calculs des caractéristiques hydrauliques	23
II.8.	Conclusion	24
CHAPITRE III :	Choix des pompes	25
III.1.	Introduction.....	25
III.2.	Généralités	25
III.2.1.	Définition d'une pompe	25
III.2.2.	Différents types de pompes	25
III.2.3.	Choix du système de régularisation	26
III.2.4.	Spécification du besoin.....	27
III.2.5.	Choix de la pompe correspondant au besoin.....	27
III.2.6.	Modes de couplages de pompe	29
III.3.	Cavitation.....	30
III.3.1.	Effets de la cavitation sur les pompes.....	30
III.3.2.	Eviter la cavitation	30
III.2.3.	Calcul de la charge positive nette disponible pour SP1	31
III.4.	Puissances absorbées, utiles et le rendement de la pompe	31
III.4.1.	Puissance absorbée par la pompe.....	31
III.4.2.	Rendement de la pompe	31
III.4.3.	Puissance hydraulique (utile)	32
III.5.	Conclusion	32
Chapitre IV:	Phénomène du coup de bélier	33
IV.1.	Introduction.....	33
IV.2.	Définition du phénomène	33
IV.3.	Causes et conséquences du phénomène	33
IV.4.	Etude du coup de bélier	33
IV.4.1.	Méthode d'Allievi	34
IV.4.2.	Méthode de Bergeron	34
IV.5.	Moyens de protection contre le régime transitoire.....	37

IV.5.1. Soupapes de décharge	38
IV.5.2. Réservoirs d'air	38
IV.6. Conclusion	39
Chapitre V : Simulation sur logiciel EPANET	40
V.1. Introduction.....	40
V.2. Présentation du logiciel EPANET	40
V.3. Configuration de nouveau projet	40
V.4. Tracé de réseau d'adduction	40
V.4.1. Courbes caractéristiques.....	44
V.5. Conclusion	44
Conclusion générale.....	45
Références bibliographiques	46

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. 1 : Situation géographique de la wilaya de Bouira (Saunier - Associes).....	2
Figure I. 2: Localisation de barrage Tilesdit	3
Figure I. 3: Barrage Tilesdit de la wilaya de Bouira.....	3
Figure I. 4: Station de traitement du barrage Tilesdit de la wilaya de bouira.....	4
Figure I. 5 : Histogramme de la variation des volumes d'eau brute et traitée pendant la période 2009-2015.....	5
Figure I. 6: Histogramme du volume des eaux annuelles produites par la station par mois.....	5
Figure I. 7: Chaîne de traitement Tilesdit	6
Figure I. 8: Régulation du débit d'entrée et l'ajustement de pH.....	6
Figure I. 9: Cascade d'aération de la station de traitement Tilesdit.....	7
Figure I. 10: Bassins de la coagulation de la station de traitement Tilesdit.....	7
Figure I. 11: Décanteur lamellaire	8
Figure I. 12: Bassins de la filtration à sable	8
Figure I. 13: Essai de jar test dans laboratoire de la station de traitement Tilesdit	9
Figure I. 14 : Décanteurs de la station de traitement monobloc	10
Figure I. 15: Filtres de la station de traitement monobloc	11

Chapitre II

Figure II. 1: Prix de ventes des tubes en PEHD.....	19
Figure II. 2: Réseau d'adduction de l'ancien transfert (Lot 1).....	20
Figure II. 3: Réseau d'adduction de nouveau transfert (Lot 2)	23

Chapitre III

Figure III. 1: Différents composants d'une pompe centrifuge.....	26
Figure III. 2: Courbes caractéristiques d'une pompe [8]	28
Figure III. 3: Point de fonctionnement d'une pompe [8]	29
Figure III. 4: Station de pompage SP1.....	29

Chapitre IV

Figure IV. 1: Données et résultats obtenus par Bergeron de la station de pompage 1	35
Figure IV. 2: Données et les résultats de volume d'air	35
Figure IV. 3: Variation du volume d'air dans le ballon en fonction du temps de SP1	36
Figure IV. 4 : Calcul de la pression maximale et minimale au sol	36
Figure IV. 5: Les réservoirs anti-bélier.	38

Chapitre V

Figure V. 1: Configuration des options hydraulique sur EPANET	40
--	----

Figure V. 2: Simulation de Lot 1 sur EPANET.....	41
Figure V. 3: Etat des conduites de l'ancien transfert (Lot 1)	41
Figure V. 4: Etat des nœuds de l'ancien transfert	42
Figure V. 5: Simulation du Lot 2 sur EPANET	42
Figure V. 6: Etat des conduites de nouveau transfert.....	43
Figure V. 7: Etat des nœuds de nouveau transfert.....	43
Figure V. 8: Courbe caractéristiques de SP1'	44

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I. 1: Bilan mensuel du volume prélevé et produit par les stations de traitement Tilesdit pour le mois d' Avril 2021	11
--	----

Chapitre II

Tableau II. 1: Données d'adduction en eau potable gravitaire de la station de traitement vers Lot 1.....	20
Tableau II. 2: Données d'adduction en eau potable de la station de pompage Tilesdit par refoulement vers Lot 1	21
Tableau II. 3: Diamètre économique pour la station de pompage 03 (SP03).....	22
Tableau II. 4: Caractéristiques d'adduction.....	23
Tableau II. 5: Frais d'exploitation	24

Chapitre III

Tableau III. 1: Nombre de pompe dans les stations de pompage	27
Tableau III. 2: Variation de la tension de vapeur d'eau en fonction de la température	31
Tableau III. 3: Calcul de la charge positive nette disponible	31
Tableau III. 4: Calcul de la puissance utile	32

Chapitre IV

Tableau IV. 1: Coefficient dépendant du matériau constituant la conduite.....	34
Tableau IV. 2 : Calcul du coup de bélier pour toutes les stations de pompages étudiés par la méthode de Bergeron	37
Tableau IV. 3: Volume du réservoir anti-bélier et la pression de pré- gonflage déterminé par la méthode de Bergeron pour Lot1	37

Liste des abréviations

- PVC** : Polychlorure de vinyle non plastifié ;
- PEHD** : Poly Ethylène à Haute Densité ;
- Q** : Débit (m^3/s) ;
- D** : Diamètre du tuyau en m ;
- V** : Vitesse d'écoulement en m/s ;
- J** : Pertes de charge par frottement en mètre de colonne d'eau par mètre de tuyau ;
- Hmt** : Hauteur manométrique totale ;
- Hg** : Hauteur géométrique ;
- Pa** : Puissance absorbée par la pompe en KW ;
- Fexp** : Frais d'exploitation ;
- Fam** : Frais d'amortissement ;
- E** : Energie consommée par la pompe KWh ;
- L** : Longueur de la conduite en m ;
- A** : Amortissement annuel ou annuité ;
- SP** : Station de pompage ;
- BR** : Bâche de reprise ;
- MM** : Réservoir Metmoura ;
- R1** : Réservoir 1 ;
- RS** : Réservoir de sud ;
- SK** : Réservoir de Sidi Khaled ;
- OR** : Réservoir de Ouled Rached ;
- DK** : Réservoir de Draa lakhmis ;
- OB** : Réservoir Oued el Bardi ;
- NPSH** : Charge nette d'aspiration ;
- a** : La célérité d'onde (m/s) ;
- B** : Valeur du coup de bélier (m) ;

Introduction générale

Sur notre planète, l'eau est un élément essentiel et indispensable à toute vie. Cette eau se trouve à l'état naturel sous deux formes : eaux de surface et eaux souterraines. Une eau souterraine se trouve à l'intérieur de la terre comme les forages et les puits, par contre les eaux de surface désignent l'eau qui s'écoule ou qui stagne à la surface de l'écorce terrestre, le cas des fleuves.

Assurer l'approvisionnement en eau potable de la population est l'une des premières préoccupations de l'état Algérien, néanmoins le transfert des eaux potables de la source aux usagers nécessite des études sérieuses maîtrisant les techniques des écoulements et celles de l'économie [1].

Ce travail s'organise donc autour de cinq chapitres

- ⇒ Dans le premier chapitre, nous donnerons une idée générale sur l'unité de production Tilesdit et la station de traitement, sa situation géographique, ainsi les étapes de traitement des eaux brutes qui se fait au niveau de cette station ;
- ⇒ Le deuxième chapitre, nous présenterons le réseau d'adduction de l'unité de production Tilesdit avec une étude technico-économique dans le but de dimensionner ce réseau ;
- ⇒ Le troisième chapitre, nous parlerons sur le choix des pompes pour ce réseau et le phénomène de cavitation ;
- ⇒ Notre quatrième chapitre, comprend la protection des conduites contre le phénomène de coup de bélier pour avoir un réseau durable;
- ⇒ Le dernier chapitre, nous avons fait une simulation de notre réseau d'adduction sur logiciel EPANET pour vérifier et analyser le fonctionnement de ce réseau ;
- ⇒ Enfin, nous terminerons par une conclusion générale.

Chapitre I: Présentation de l'entreprise

I.1.Introduction

L'objectif de ce chapitre est de connaître la situation géographique de la wilaya de Bouira, ainsi que le barrage Tilesdit qui est la source d'eau de notre étude. Par la suite, on va découvrir les installations de l'unité de production Tilesdit.

I.2.Situation géographique de la wilaya de Bouira

Issue du découpage de 1974, la wilaya de Bouira est située au Sud Est d'Alger avec une superficie de 4454 km². Pour une population de 695 583 habitants, soit une densité de 156 habitants au km². Elle est délimitée au Nord par les wilayas de Boumerdes et Tizi-Ouzou, au Sud par M'sila, à l'Est par Bejaia et Bordj Bou Arreridj et à l'Ouest par Blida et Médéa. Cette dernière compte 12 Daïras et 45 communes [2].



Figure I. 1 : Situation géographique de la wilaya de Bouira (Saunier - Associes)

I.2.1.Localisation géographique du barrage Tilesdit

Le barrage de Tilesdit (Figure I.2) est situé dans la partie Est de la wilaya de Bouira environ 25 Km du chef-lieu. Il est constitué d'une cuvette attachée administrativement à trois communes de la wilaya de Bouira : Bechloul, El Esmam et Hizer. Ce barrage reçoit l'eau à partir d'oued Eddous [2].

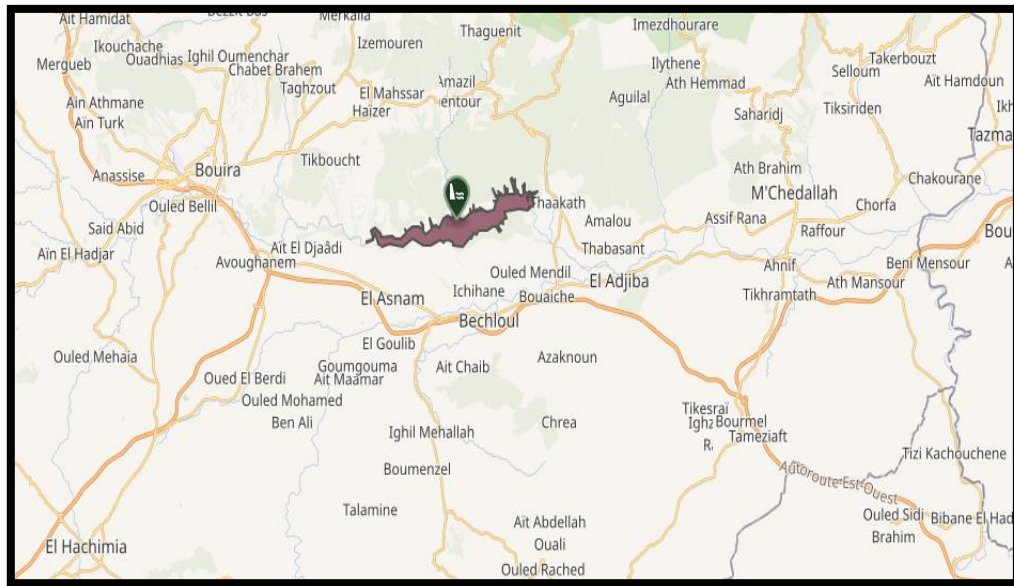


Figure I. 2: Localisation de barrage Tilesdit

I.2.2. Données techniques du barrage

Selon la direction de l'hydraulique de la wilaya de Bouira, le Barrage de Tilesdit est caractérisé par les données techniques suivantes (figure I.3) [2] :

- Volume utile de la retenue : 146,4 hectomètre cube (hm^3) ;
- Volume de la retenue : 167,2 hm^3 ;
- Hauteur du barrage : 62 m ;
- Débit maximal de prise d'eau : 1 m^3/s ;
- Superficie du bassin versant d'Eddous : 843 km^2 ;
- Nombre de conduites de prise d'eau : 2 ;
- Conduite forcée en acier de diamètre : 1 400 mm ;

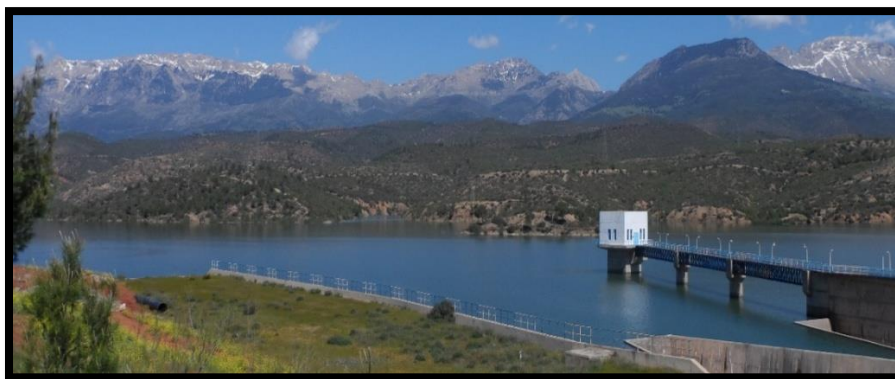


Figure I. 3: Barrage Tilesdit de la wilaya de Bouira

I.3. Description des installations de l'unité de production du barrage Tilesdit -Bouira-

I.3.1. Station de traitement

La station de traitement a été mise en service en date 2008. Et la date de la création de l'unité de production d'eau potable est en 2009.

Cette station de traitement produit 989 l/s d'eau traitée, sur 20 heures par jour, soit 71208 m³/j d'eau traitée. Les pertes en eau dues aux purges des décanteurs et au nettoyage des filtres étant de l'ordre de 6% le débit journalier d'eau brute qui est d'environ 72600 m³/j [3].

La figure I.4 représente une vue de la station de traitement du barrage Tilesdit de la wilaya de Bouira.



Figure I. 4: Station de traitement du barrage Tilesdit de la wilaya de bouira

Le bilan de production annuelle pendant la période 2009-2015, par la station de traitement Tilesdit est présenté par la figure I.5.

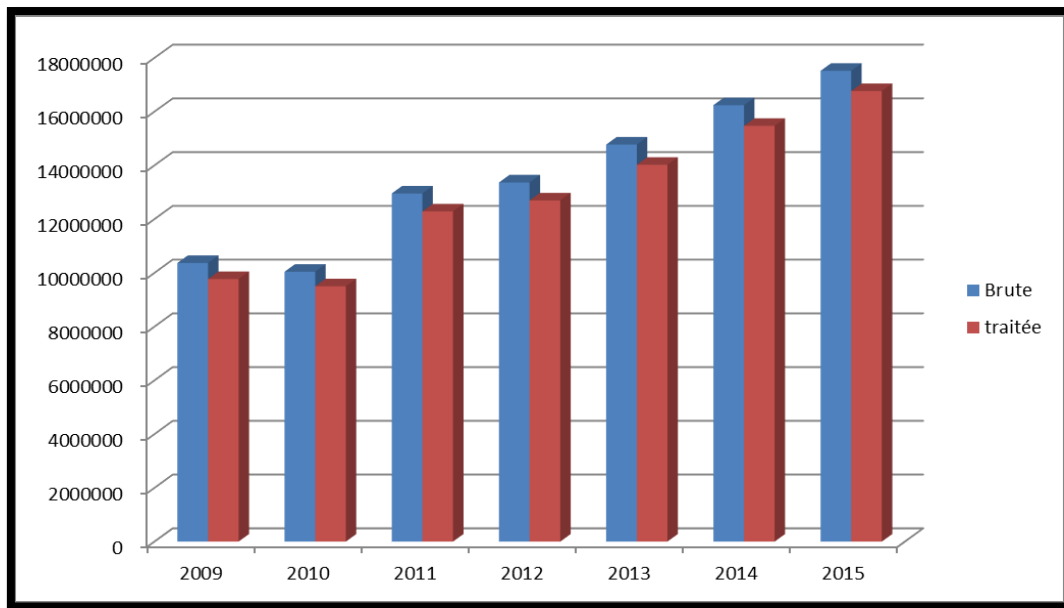


Figure I. 5 : Histogramme de la variation des volumes d’eau brute et traitée pendant la période 2009-2015

Le bilan de production annuelle pendant la période 2017-2021, est présenté dans la figure I.6.

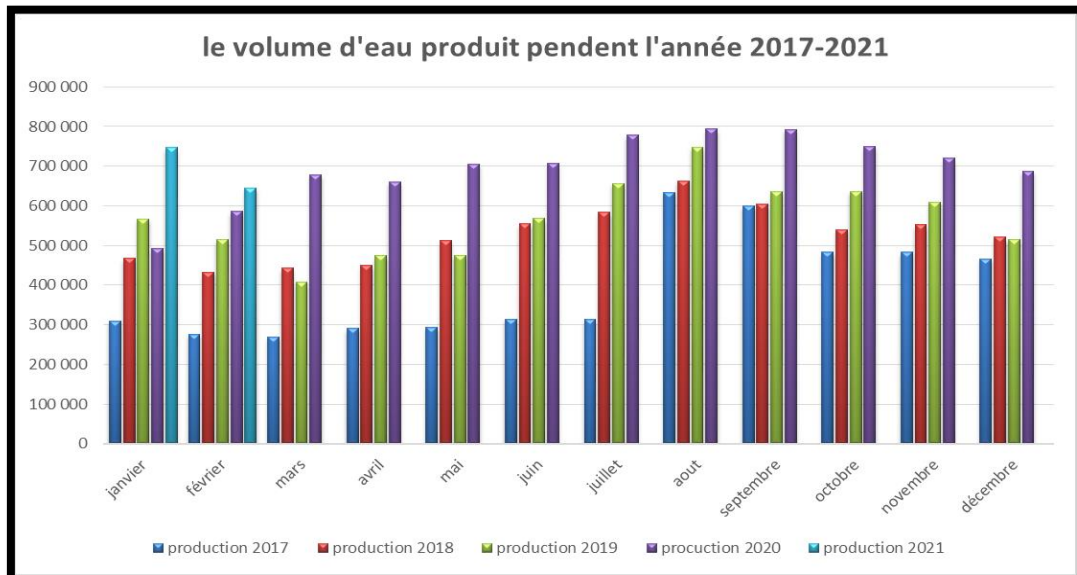


Figure I. 6: Histogramme du volume des eaux annuelles produites par la station par mois

I.3.2. Chaîne de traitement

La chaîne de traitement comprend les étapes présentées par la figure I.7.

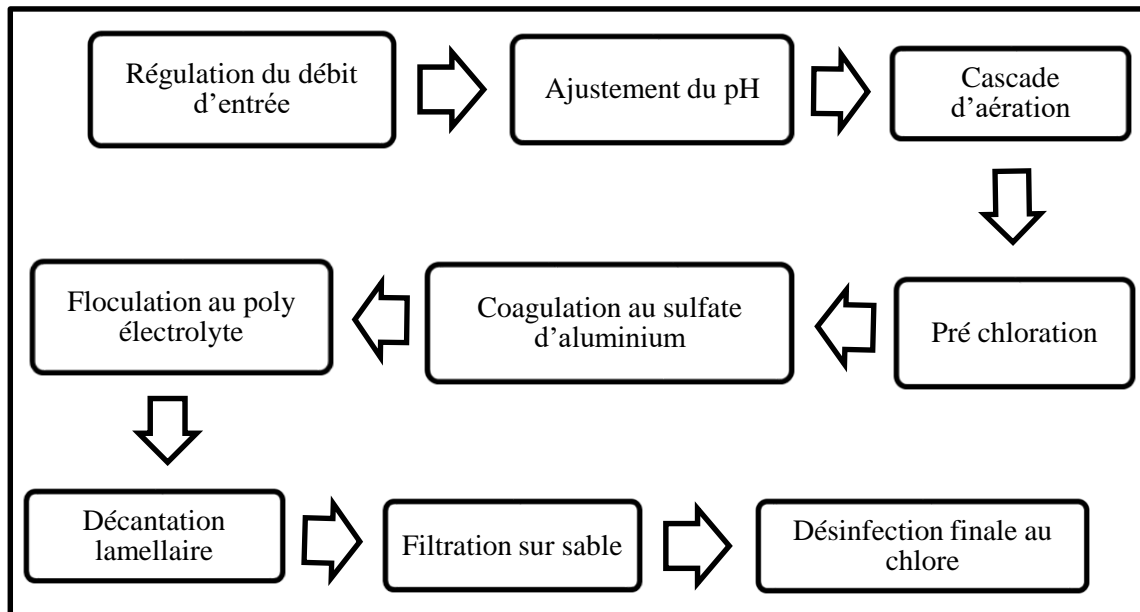


Figure I. 7: Chaîne de traitement Tilesdit

I.3.2.1. Régulation du débit d'entrée et l'ajustement du pH

A l'entrée de la station on trouve un compteur qui donne la valeur du débit et le volume des eaux qui rentrent à la station de traitement Tilesdit. Au-dessous, on trouve une cave pour la régulation de ce débit qui se fait avec un automate et manuellement en cas de panne et pour le pH en cas de besoin une injection de lait de chaux sera nécessaire (figure I. 8).



Figure I. 8: Régulation du débit d'entrée et l'ajustement de pH

I.3.2.2. Aération et pré-chloration

L'aération permet de mélanger l'air avec l'eau pour favoriser les réactions d'oxydation de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse en solution, enlever les gaz dissous ou éliminer les goûts et odeurs.

La figure I.9 représente la cascade d'aération de la station de traitement Tilesdit.



Figure I. 9: Cascade d'aération de la station de traitement Tilesdit

I.3.2.3. Coagulation

La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé « coagulant », afin de faciliter leur agglomération en flocons (figure I.10) qui peuvent être séparés par décantation ou filtration [4].

Les coagulants usuellement utilisés sont des sels de fer et d'aluminium (sulfate d'aluminium, aluminat de sodium, sulfate ferreux ou ferrique, chlorure ferrique). Dans notre cas, on utilise seulement le sulfate d'alumine.



Figure I. 10: Bassins de la coagulation de la station de traitement Tilesdit

I.3.2.4. Flocculation

La flocculation vise à favoriser la croissance des flocons par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation grâce à l'injection d'un réactif appelé « flocculant ». Le temps nécessaire pour la flocculation est de 6 à 30 min et les réactifs généralement utilisés sont des poly-électrolyte tel que la silice activée [4].

Le choix et le dosage du flocculant doivent être déterminés au laboratoire par un jar test sur l'eau à traiter.

I.3.2.5. Décantation

Son objectif est de séparer, par gravité, le floc formé dans l'étape précédente. Le floc est récupéré par décantation en fond du bassin. Le poids de ces flocons provoque la sédimentation des particules au fond des bassins de décantation, 90% des matières en suspension (MES) sont ainsi éliminées [4]. La figure I.11 représente le décanteur lamellaire dans la station de traitement Tilesdit.



Figure I. 11: Décanteur lamellaire

I.3.2.6. Filtration

Pour éliminer 10 % des MES restantes, l'eau traverse des filtres à sable fin ou à charbon actif. La filtration sur sable élimine les matières encore visibles à l'œil nu, et les filtres à charbon actif retiennent en plus les micropolluants [4]. Dans la station de traitement, la filtration à sable a été utilisée (figure I.12).



Figure I. 12: Bassins de la filtration à sable

I.3.2.7. Désinfection

La désinfection a pour objectif d'éliminer les organismes pathogènes. Son efficacité dépend du pouvoir létal du désinfectant utilisé. Les réactifs mis en œuvre pour la désinfection de l'eau, sont les mêmes utilisés pour l'oxydation [4] :

- **L'ozone** : a une action bactéricide et antivirale, ce gaz mélangé à l'eau améliore également la couleur et la saveur de l'eau.

- **Le chlore** : peut-être ajouté à la sortie de la station de traitement ou en différents points du réseau de distribution, afin d'éviter le développement des bactéries et de maintenir la qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations.

I.3.3.Laboratoire des analyses d'eau

Dans le laboratoire de la station, des tests pour déterminer les doses des réactifs sont réalisées et le contrôle des eaux s'accompagne de prélèvements d'échantillons à l'entrée et à la sortie de la station qui sont analysées par Le laboratoire.

Ce dernier porte sur :

- La qualité microbiologique : l'eau ne doit pas contenir ni parasites, ni virus, ni bactéries pathogènes à la sortie ;
- La qualité chimique : les substances chimiques, autres que les sels minéraux, font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites "indésirables" ou "toxiques", comme les nitrates, les phosphates et les métaux lourds ;
- La qualité physique et gustative : l'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit pas présenter ni saveur ni odeur.

I.3.3.1.Jar Test ou essai de coagulation et floculation

L'objectif de cet essai est de déterminer la nature et les doses probables des réactifs permettant de clarifier l'eau dans la station de traitement. Ces analyses doivent être effectuées sur l'eau brute et l'eau traitée. La figure I.13 montre l'appareil de jar test utilisé.

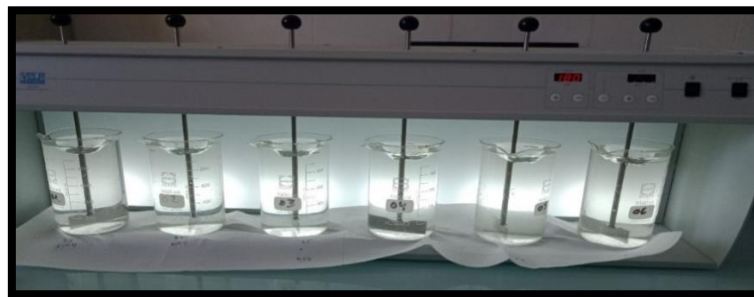


Figure I. 13: Essai de jar test dans laboratoire de la station de traitement Tilesdit

I.3.3.2.Analyses physico-chimique

I.3.3.2.1.Analyses journalières

Les analyses journalières faites sur :

- La température ;
- Le pH ;
- La turbidité ;

- La conductivité ;
- Le chlore résiduel.

I.3.3.2. Analyses hebdomadaires

- Dureté totale et calcique ;
- Oxydabilité ;
- Analyse des sulfates ;
- Analyse des éléments azotés et les métaux lourds.

I.3.3.3. Analyses bactériologiques

Dans toutes les stations de traitement, nous avons effectué des analyses bactériologiques afin de déterminer les différents types de bactéries qui se trouvent dans l'eau brute ou l'eau traitée. A cet effet, nous avons utilisé 3 méthodes:

1. La méthode de la membrane filtrante (MF) pour les eaux traitées ;
2. La méthode du nombre le plus probable (MPN) pour les eaux brutes ;
3. La méthode d'incorporation en gélose pour les eaux traitées.

I.3.4. Station de traitement monobloc

La mise en service de la station de traitement monobloc était en 28 mars 2021 .Son but était d'augmenter la production d'eau traitée.

Cette station dispose des mêmes étapes de traitement (coagulation-floculation ; décantation et filtration) que la station de traitement. Elles sont présentées dans les figures I.14 et I.15.



Figure I. 14 : Décanteurs de la station de traitement monobloc



Figure I. 15: Filtres de la station de traitement monobloc

Le bilan mensuel du volume prélevé et produit pour le mois d'Avril sont présentés dans le tableau ci-dessous

Tableau I. 1: Bilan mensuel du volume prélevé et produit par les stations de traitement Tilesdit pour le mois d' Avril 2021

	Volume prélevé (m ³)	Volume produit (m ³)
<i>Station de traitement</i>	2 175 816	2 056 519
<i>Station de traitement monobloc</i>	205 213	175 527
Total	2 381 029	2 232 046

On remarque que le volume totale augment grâce à la mise en marche des deux stations de traitement.

I.4.Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons essayé de présenter tous les notions que nous avons le long de notre stage, ainsi que les sorties au niveau de la station de traitement.

Nous nous intéresserons dans le prochain chapitre au dimensionnement du réseau d'adduction.

Chapitre II : Réseau d'adduction

II.1. Introduction

L'adduction c'est l'opération de transfert de l'eau d'une source naturelle ou d'une station de traitement vers les réservoirs de stockage ou bien de distribution.

II.2. Généralités

II.2.1. Types d'adduction

On distingue trois types d'adduction :

II.2.1.1. Adduction gravitaire

Dans ce cas, l'adduction gravitaire causé par la différence des niveaux hydrauliques grâce à la force de gravitation.

II.2.1.2. Adduction par refoulement

Dans une adduction par refoulement, le captage se situe à un niveau inférieur à celui du réservoir de distribution. Les eaux de captage (ou traitées) sont relevées par une station de pompage dans cette conduite de refoulement.

II.2.1.3. Adduction mixte

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

II.2.2. Principe du choix du tracé

Dans le cas d'un projet d'une adduction, les principaux critères du choix du tracé sont :

- Eviter le passage par des points hauts nécessitant le pompage ;
- Il est préférable de passer la conduite à côté des routes pour faciliter la pose des tuyaux et leur exploitation (détection des fuites, des vannes défectueuses, de tous dommages subit par l'installation) et permettre un accès rapide pour l'entretien, la réparation ainsi que l'acheminement du matériel ;
- Eviter, le maximum possible, les pentes et contres pentes, qui peuvent donner lieu à des contournements d'air, éviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et la vibration de la canalisation ou cours de la phase de surpression, suite à l'arrêt inopiné du groupe électropompe difficilement évacuables, donc il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes ;
- Eviter, le maximum possible, les terrains privés et les terrains agricoles;
- Éviter, autant que possible, la traversée des obstacles (routes, voies ferrées, canaux, oueds...) [5].

II.2.3. Choix du type de matériaux

Le choix porté sur les différentes conduites s'est fait en fonction de :

- Diamètre des conduites ;
- Pressions supportées par les conduites ;
- Disponibilité et le prix au marché ;
- Type de sol (agressivité) ;
- Frais d'amortissement et les frais d'exploitation [5].

II.2.3.1. Tuyaux en fonte

Les tuyaux en fonte présentent plusieurs avantages :

- ✓ Bonne résistance aux forces internes et à la corrosion;
- ✓ Très rigides et solides.

Les inconvénients des tuyaux en fonte sont : leur poids (sont très lourds), leur coût élevé et ne sont pas disponible sur le marché.

II.2.3.2. Tuyaux en acier

Les tuyaux en acier sont :

- ✓ Plus légers que les tuyaux en fonte ;
- ✓ Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient est la corrosion.

II.2.3.3. Tuyaux en PVC

Ils présentent les avantages suivants :

- ✓ Bonne résistance à la corrosion ;
- ✓ Disponible sur le marché ;
- ✓ Une pose de canalisation facile.

Leur inconvénient est le risque de rupture.

II.2.3.4. Tuyaux en PEHD

Les avantages sont :

- ✓ Facilité de transport et d'installation due à leur légèreté et leur flexibilité ;
- ✓ Résistance à la corrosion interne et externe;
- ✓ Bonne résistance chimique et une longue durabilité.

Leur inconvénient c'est la nécessité d'une grande technique pour la jonction.

II.3. Protection cathodique des canalisations

Le principe de la méthode est basé sur l'application d'une tension électrique entre le support métallique et une électrode mobile située à la surface du revêtement contrôlé. Ce dernier joue le rôle d'insolant [6].

Il existe deux méthodes couramment utilisées :

- Le contrôle à faible tension électrique, utilisant de l'eau au contact de la surface externe du revêtement à contrôler, par l'intermédiaire d'une éponge humide ;
- Le contrôle à haute tension électrique, utilisant l'air au contact de la surface externe du revêtement à contrôler.

- Si la protection cathodique n'est plus efficace, il y a un risque de corrosion des structures par couplage galvanique entre le cuivre et l'acier.

- Afin de minimiser les mises à la terre incompatibles avec la protection cathodique, il est impératif que tout organe ou accessoire de réseau mécaniquement ou électriquement relié à la canalisation soit isolé du sol, du béton et des autres masses métalliques, par la pose de joints isolants ou par l'interposition de matériaux isolants tels que le PVC et le Caoutchouc.

Parmi ces organes, nous pouvons citer : les vannes de sectionnement, les débitmètres et les ouvrages en ligne, ainsi que les réservoirs et les stations de pompage.

II.4. Equipements de l'adduction

II.4.1. Robinets et vannes

II.4.1.1. Vanne papillon

Appareils de réglage de débit et de sectionnement et dont l'encombrement est faible. Il s'agit d'un élément de conduite traversé par un axe déporté entraînant, en rotation, un disque obturateur appelé papillon. Les vannes papillons sont mises à la sortie des réservoirs pour interrompre l'écoulement dans le cas où les conduites s'éclatent [7].

II.4.1.2. Vanne opercule

Appareils de sectionnement fonctionnant soit en ouverture totale, soit en fermeture totale. La vanne est une sorte de lentille épaisse qui s'abaisse ou s'élève verticalement à l'aide d'une vis tournant dans un écran fixé à la vanne [7].

II.4.1.3. Vanne de régulation

Les vannes de régulation ont pour principales fonctions la régulation de débit, de la pression et le niveau des fluides.

II.4.1.4. Ventouses

L'air compressible est le pire ennemi des installations, les bouchons d'air se compriment et se décompressent créant des pressions qui varient sans cesse. Les ventouses sont mises sur des points hauts pour faire évacuer et laisser pénétrer l'air dans les conduites [7].

II.4.1.5. Vidanges

Les vidanges ont pour fonction d'évacuer l'eau à partir de la conduite lors de l'entretien ou en cas de problème, elles sont prévues à tous points bas du profil de la conduite.

II.4.1.6. Clapets anti-retour

Ils sont destinés à empêcher le passage d'un fluide. Ils sont surtout utilisés dans les stations de pompage au point bas des canalisations d'aspiration (désamorçage) ou sur la conduite de refoulement (arrêt de la colonne d'eau).

II.4.1.7. By-pass

Le by-pass est utilisé pour :

- Faciliter la manœuvre de la vanne à fermeture lente ;
- Remplir à débit réduit, la conduite avant sa mise en service ;
- Relier la conduite d'arrivée à la conduite de départ du réservoir.

II.4.1.8. Crépines

Les crépines sont des cylindres perforés qui évitent l'entrée de particules solides dans le corps de la pompe.

II.5. Etude technico-économique d'une tuyauterie

Le choix du diamètre économique d'une tuyauterie est conditionné par deux facteurs opposés :

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

Afin d'obtenir un équilibre relatif entre ces deux facteurs, le diamètre doit être judicieusement choisi, de façon à avoir l'optimum économique qui résulte de ces deux types de dépenses. Pour cela, nous disposons de deux corrélations qui permettent l'approximation de ce diamètre économique :

• Formule de BONNIN :

$$D_{N \min} = \sqrt{Q} \quad (1)$$

• **Formule de BRESS :**

$$D_{N \max} = 1,5\sqrt{Q} \quad (2)$$

Avec :

Q : Débit refoulé dans la conduite en m^3/s ;

D : Diamètre du tuyau en m.

Nous prendrons tous les diamètres normalisé compris entre $D_{N \min}$ et $D_{N \max}$. Mais, le choix final se portera sur le diamètre pour lequel le coût sera minimal et la vitesse d'écoulement sera comprise entre 0,5 m/s et 2 m/s.

La vitesse d'écoulement est donnée par la formule suivante :

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

Avec :

V : Vitesse d'écoulement en m/s.

II.5.1. Calcul des pertes de charge

II.5.1.1. Pertes de charge linéaires (H_L)

Elles sont déterminées par la formule de Darcy -Weisbach:

$$H_L = J \times L \quad (4)$$

Et les pertes de charge J, sont calculés comme suit :

$$J = \frac{\lambda \times V^2}{2gD} \quad (5)$$

Avec :

J : Pertes de charge par frottement en mètre de colonne d'eau par mètre de tuyau ;

λ : Coefficient de pertes de charge ;

g : Accélération de la pesanteur en m^2/s ;

Pour déterminer le coefficient des pertes de charge λ aux différents régimes, nous pouvons appliquer les formules suivantes :

▪ **Formule de NIKURADZI pour le régime turbulent rugueux**

$$\lambda = (1,14 - 0,86 \times \ln \frac{k}{D})^{-2} \quad (6)$$

▪ **Formule de COLEBROOK pour le régime transitoire**

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

Avec :

- K : Coefficient de rugosité équivalente de la paroi qui varie comme suit :
- Pour les tubes en PEHD (ces valeurs sont pour les réseaux neufs) :
 - K = 0,01 si D ≤ 200 mm
 - K = 0,02 si D > 200 mm
- Re : Nombre de Reynolds donné par la formule suivante :

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (8)$$

Avec :

ν : Viscosité cinématique de l'eau,

- 20°C: $\nu = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

II.5.1.2. Pertes de charge singulières (H_s)

Elles sont provoquées par les coudes, les vannes, les clapets, elles sont estimées à :

- 10 % des pertes de charge linéaires pour le PEHD :

$$H_s = 0,1 \times H_L \quad (9)$$

- 15 % des pertes de charge linéaires pour l'acier et la Fonte :

$$H_s = 0,15 \times H_L \quad (10)$$

II.5.1.3. Pertes de charge totales (H_T)

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

- Pour le PEHD :

$$H_T = \Delta h_s + \Delta h_L = \Delta h_s + 0,1 \times H_L = 1,1 \times H_L \quad (11)$$

- Pour l'acier et la Fonte :

$$H_T = \Delta h_s + \Delta h_L = \Delta h_s + 0,15 \times H_L = 1,15 \times H_L \quad (12)$$

II.5.2. Détermination de la hauteur manométrique totale (H_{mT})

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

$$H_{mT} = H_g + H_t \quad (13)$$

II.5.3. Puissance absorbée par la pompe (Pa)

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

$$Pa = \frac{g \times H_{mT} \times Q}{\eta} \quad (14)$$

Avec :

Pa : Puissance absorbée par la pompe en (KW) ;

η : Rendement de la pompe en % (généralement on prend 75%).

II.5.4. Energie consommée par la pompe (E)

Elle est déterminée comme suit :

$$E = P \times t' \times 365 \quad (15)$$

Avec :

t' : Nombre d'heure de pompage (20 h) ;

P : Puissance de pompage en (KWh).

II.5.5. Frais d'exploitation

Pour le calcul des frais d'exploitation, la formule ci-dessous est utilisée :

$$F_{exp} = E \times e \quad (16)$$

Avec :

E : Energie consommée par la pompe (KWh) ;

e : Prix unitaire du KWh fixé par la SONELGAZ (4,67 DA).

II.5.6. Frais d'amortissement

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

$$F_{am} = P_u \times L \times A \quad (17)$$

Avec :

P_u : Prix unitaire de la conduite (DA/ml) (figure II.1) ;

L : Longueur de la conduite en m ;

A : Amortissement annuel ou annuité.

PN10			PN16		
DIM (mm)	PRIX DE VENTE T.T.C	CONDITIONNEMENT RLX/BARRES	DIM (mm)	PRIX DE VENTE T.T.C	CONDITIONNEMENT RLX/BARRES
20	33,34	100ML	20	39,40	100ML
25	45,46	100ML	25	57,27	100ML
32	66,68	100ML	32	88,64	100ML
40	101,71	100ML	40	137,16	100ML
50	145,47	100ML	50	215,16	100ML
63	236,39	100ML	63	330,34	100ML
75	330,34	100ML	75	462,16	100ML
90	467,47	100ML	90	686,75	100ML
110	697,05	100ML	110	1 004,67	100ML
125	909,21	12ML	125	1 307,69	12ML
160	1 482,15	12ML	160	2 078,94	12ML
200	2 219,96	12ML	200	3 273,12	12ML
250	3 485,24	12ML	250	4 924,82	12ML
315	5 940,00	12ML	315	8 910,00	12ML
400	9 504,00	12ML	400	14 580,00	12ML
500	15 336,00	12ML	500	22 464,00	12ML
630	26 460,00	12ML	630	39 420,00	12ML
710	33 480,00	12ML	710	49 680,00	12ML
800	42 120,00	12ML	800	62 100,00	12ML

PN20			PN25		
DIM (mm)	PRIX DE VENTE T.T.C	CONDITIONNEMENT RLX/BARRES	DIM (mm)	PRIX DE VENTE T.T.C	CONDITIONNEMENT RLX/BARRES
20	58,32	100ML	20	64,80	100ML
25	78,84	100ML	25	92,88	100ML
32	120,96	100ML	32	143,64	100ML
40	186,84	100ML	40	221,40	100ML
50	282,96	100ML	50	334,80	100ML
63	448,20	100ML	63	518,40	100ML
75	631,80	100ML	75	723,60	100ML
90	907,20	100ML	90	1 058,40	100ML
110	1 333,80	100ML	110	1 620,00	100ML
125	1 728,00	12ML	125	2 052,00	12ML
160	2 862,00	12ML	160	3 326,40	12ML
200	4 428,00	12ML	200	5 130,00	12ML
250	6 696,00	12ML	250	7 938,00	12ML
315	10 746,00	12ML	315	13 122,00	12ML
400	16 848,00	12ML	400	21 384,00	12ML
500	23 216,00	12ML	500	32 400,00	12ML

Figure II. 1: Prix de ventes des tubes en PEHD

II.5.6.1. Calcul de l'amortissement annuel

L'amortissement annuel est calculé en utilisant la formule suivante :

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

Avec :

i : Taux d'annuité est de 8 % ;

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

II.6. Caractéristiques hydrauliques de l'adduction de la station de pompage Tilesdit

II.6.1. Caractéristiques hydrauliques de l'adduction gravitaire

Les données du réseau d'adduction gravitaire de l'ancien transfert (Lot 1) sont regroupées dans le tableau II.1. Nous avons deux réservoirs de Metmoura MM qui alimentent les stations de pompes (SP2, SP5, SP6, BR7) et le réservoir R1 qui alimente la station de pompage (SP4).

Tableau II. 1: Données d'adduction en eau potable gravitaire de la station de traitement vers Lot 1

Réservoir	Départ		Destination	Bâche d'arrivée
	Cote radier	Cote Trop plein		Cote d'arrivé
MM	600	606,5	SP 2	579,5
MM	600	606,5	BR 7	570,4
MM	600	606,5	SP 5	587,5
MM	600	606,5	SP 6	578,3
R1	940,2	944,7	SP 4	884,6

La figure II.2 est un schéma explicatif du réseau d'adduction de l'ancien transfert.

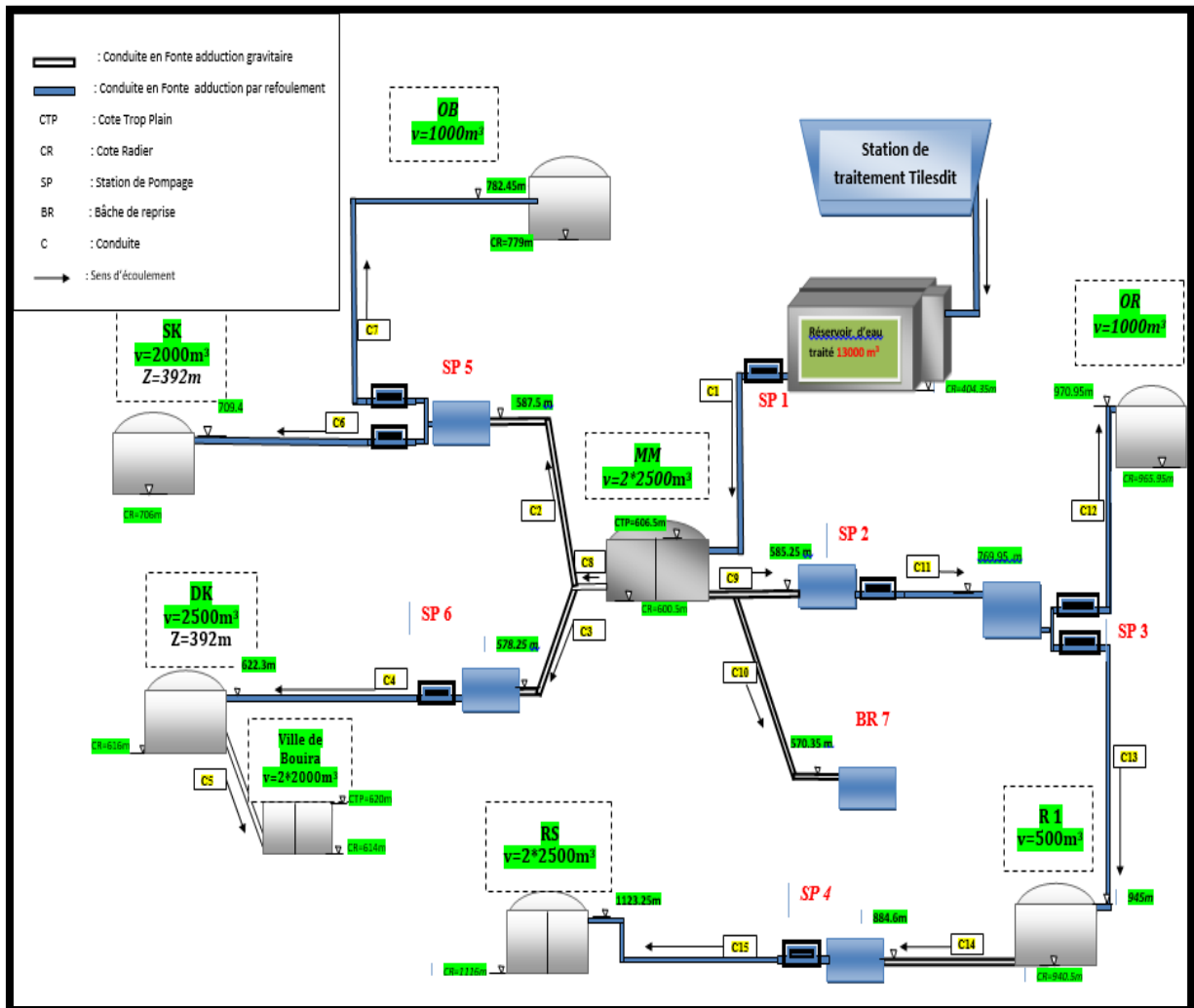


Figure II. 2: Réseau d'adduction de l'ancien transfert (Lot 1)

II.6.2. Caractéristiques hydrauliques de l'adduction par refoulement

Le tableau II.2 représente les données d'adduction en eau potable des six stations de pompage (SP1, SP2, SP3, SP4, SP5, SP6) par refoulement vers l'ancien transfert (Lot 1) qui contient les sept réservoirs (Metmoura, Ouled Rached, Réservoir 1, Réservoir du sud, Oued el Bardi, Sidi Khaled et Draa lakhmis).

Tableau II. 2: Données d'adduction en eau potable de la station de pompage Tilesdit par refoulement vers Lot 1

Station de pompage	Bâche d'aspiration		Destination	Réservoir d'arrivée		L (m)	Q (l/s)
	Cote d'aspiration	Cote trop plein		Cote d'arrivé	Cote trop plein		
SP1	403,35	410.2	MM	606.8	606.5	1774 ₉	989
SP2	575.85	579.8	SP3	764.95	764.6	5638	214
SP3	762.53	767.13	OR	970.95	970.6	6738	41
SP3	762.53	767.13	R1	945	944.8	2903	173
SP4	879.75	884.60	RS	1123.3	1122	3880	173
SP5	583.5	587	OB	782.45	781.3	5078	29
SP5	583.5	587	SK	709.4	708	4711	81
SP6	573.75	577.75	DK	622.3	622	1371	442

NB: le débit maximale destiné pour les localités El Esnam, Bechloul et Adjiba est de 168 l/s.

II.7. Calcul des diamètres économiques pour les stations de pompage Tilesdit

Nous prenons l'exemple de la station de pompage SP3 (PEHD, PN25), tel que le débit Q est égale à 12 l/s ;

$$D_{min} = \sqrt{Q} = 109 ; \text{ Le diamètre normalisé est de } 110 \text{ mm ou } 125 \text{ mm ;}$$

$$D_{max} = 1,5\sqrt{Q} = 164 ; \text{ Le diamètre normalisé est de } 160 \text{ mm ou } 200 \text{ mm ;}$$

Les calculs des paramètres hydrauliques pour la station de pompage SP3 sont regroupés par le tableau II.3.

Tableau II. 3: Diamètre économique pour la station de pompage 03 (SP03)

D (mm)	110	125	160	200
V (m/s)	1,26335737	0,97834395	0,59713376	0,38216561
Re	138969,311	122292,994	95541,4013	76433,121
λ	0,04754161	0,04534181	0,04150446	0,03844002
J	0,03515884	0,01769591	0,00471432	0,00143073
L (m)	4070	4070	4070	4070
H_L	143,096497	72,022361	19,1872833	5,82307304
H_T	164,560971	82,8257152	22,0653758	6,69653399
H_g (m)	138	138	138	138
H_{mT} (m.c.e)	302,560971	220,825715	160,065376	144,696534
Pa (KW)	46,07694377	33,6294996	24,37632088	22,71156798
E (KWh)	336361,6895	245495,3471	177947,1424	165794,4462
F_{exp} (Da)	1570809,09	1146463,271	831013,1552	774260,0638
P_u	1620	2052	3326	5130
F_{am}	586812,6	743295,96	1204776,98	1858239,9
Bilan	7473403,63	4764519,767	2057359,356	963039,3325

D'après les résultats trouvés, nous pouvons dire que pour la station de pompage SP3, le diamètre économique est de 160 mm et la vitesse d'écoulement est de 0,59 m/s.

Pour bien finaliser notre dimensionnement, nous devons prendre en considération en plus des conditions précédentes, le phénomène de coup de bélier et les surpressions/dépressions, tel qu'il est obligatoire de les vérifier pour un bon choix d'un diamètre optimal.

La figure II.3 présente un schéma du réseau d'adduction de Lot 2.

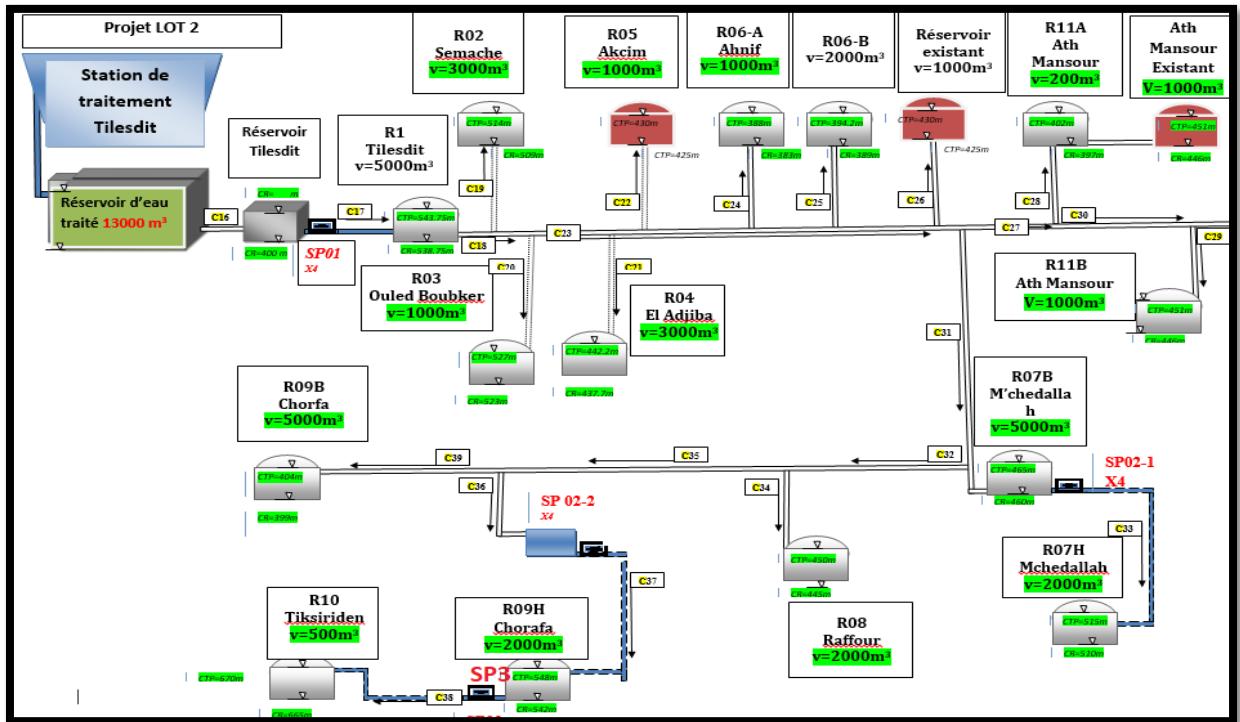


Figure II. 3: Réseau d'adduction de nouveau transfert (Lot 2)

II.7.1. Résultat des calculs des caractéristiques hydrauliques

Les caractéristiques déterminées (Q , D , V , H_{mT} , H_T , H_g) pour de cette adduction sont récapitulées dans les tableaux II.4 et II.5.

Tableau II. 4: Caractéristiques d'adduction

Station de pompage et destinations	Q (m^3/s)	D (mm)	V (m/s)	H_L	H_T	H_g (m)	H_{mT} (m.c.e)
Project Lot 1 (ancien transfert)							
SP1-MM	0,989	1000	1,2598	28,640	32,936	202	234,93
SP2-SP3	0,214	500	1,0904	16,251	18,689	189	207,68
SP3-OR	0,041	250	0,8356	27,666	31,816	208	240,23
SP3-R1	0,173	450	1,0883	9,5257	10,954	180	191,42
SP4-RS	0,173	450	1,0883	12,731	14,641	243	258,14
SP5-OB	0,029	200	0,9235	34,015	39,117	198	238,06
SP5-SK	0,081	300	1,1464	28,787	33,106	125	159,00
SP6-DK	0,442	700	1,1490	2,8725	3,3034	48	51,803
Project Lot 2 (nouveau transfert)							
SP01'	1,161	1000	1,4789	1,7900	2,0585	149	151,05
SP02-1	0,055	315	0,7061	0,9096	1,0461	56	57,046
SP02-2	0,055	315	0,7061	2,2340	2,5692	82	84,569
SP03	0,012	160	0,5971	19,187	22,065	138	160,06

Nous avons aussi calculé les frais d'exploitations pour toutes les stations de pompage sélectionnées (Tableau II.5).

Tableau II. 5: Frais d'exploitation

Les stations de pompage	Pa (KW)	E (KWh)	F_{exp} (Da)	Matériau de la conduite
SP1-MM	2849,21874	20799296,8	97132716,06	Fonte
SP2-SP3	545,0139341	3978601,719	18580070,03	Fonte
SP3-OR	136,8179845	998771,2869	4664261,91	Fonte
SP3-R1	401,5796961	2931531,781	13690253,42	Fonte
SP4-RS	545,2006429	3979964,693	18586435,12	Fonte
SP5-OB	95,81629585	699458,9597	3266473,342	Fonte
SP5-SK	160,8489349	1174197,225	5483501,04	Fonte
SP6-DK	266,4106116	1944797,465	9082204,161	Fonte
SP01'	2077,860251	15168379,83	70836333,8	Acier
SP02-1	39,71515732	289920,6484	1353929,428	PEHD
SP02-2	59,02886835	430910,739	2012353,151	PEHD
SP03	25,12386139	183404,1881	856497,5586	PEHD

II.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les paramètres du réseau d'adduction des conduites. Le paramètre le plus important c'est le diamètre des conduites qui doit être choisi d'une manière à avoir des vitesses d'écoulement dans une gamme acceptable [0,5 à 2 m/s]. Pour le dimensionnement de ce réseau, nous avons sélectionné le diamètre le plus avantageux en respectant à chaque fois les normes de vitesse d'écoulement, le coût et les pertes de charge.

CHAPITRE III : Choix des pompes

III.1. Introduction

Les stations de pompages sont utilisées dans différents domaines en assainissement, en industrie (hydro-électrique, pétrole, etc.), et beaucoup plus en hydraulique pour l'alimentation en eau potable, pour l'irrigation et autres. Dans une station de pompage, la pompe est un élément central: c'est son cœur. C'est pour cela que le projeteur, après avoir déterminé une disposition générale, il doit choisir la pompe qui réponde aux besoins du projet [8].

III.2. Généralités

III.2.1. Définition d'une pompe

On appelle une pompe tout appareil qui aspire un fluide d'une région à basse pression pour le refouler vers une région à plus grandes pression [8].

III.2.2. Différents types de pompes

Les pompes sont classées suivant le mode de déplacement des liquides à l'intérieur des pompes. Nous distinguons deux catégories :

- **Pompes volumétriques** : Dans ces machines volumétriques (à déplacement positif), un certain volume de fluide est dans une première étape est forcé dans un espace fini où il est enfermé sous pression par un moyen mécanique. Il est ensuite, dans une seconde étape, relâché ou forcé en dehors de cet espace, et le cycle reprend de nouveau. Donc, dans ce type de machine, l'écoulement du fluide est intermittent et le débit dépend des dimensions de l'espace qui reçoit le fluide et de la fréquence avec laquelle il est rempli et vidé. Ils agissent sur l'énergie de pression
- **Turbopompes** : Ce sont des appareils qui modifient la teneur en énergie d'un fluide qui les traverse grâce à l'action dynamique d'un rotor (roue à aube, hélice) tournant autour d'un axe fixe. Parmi les turbomachines hydrauliques, nous trouvons les turbines, qui soustraient de l'énergie du liquide pour la convertir en énergie mécanique, et les turbopompes accroissent l'énergie du liquide par un échange inverse. Les turbopompes provoquent d'abord un accroissement considérable de l'énergie cinétique du liquide pompé à l'aide de rotors ou d'hélices tournant à grande vitesse et ensuite convertissent en grande partie cette énergie cinétique en énergie de pression, ce qui va permettre le refoulement du liquide. Nous pouvons les classer en trois catégories : les pompes centrifuges, les pompes hélices et les pompes hélico-centrifuges ou à écoulement mixte [6].

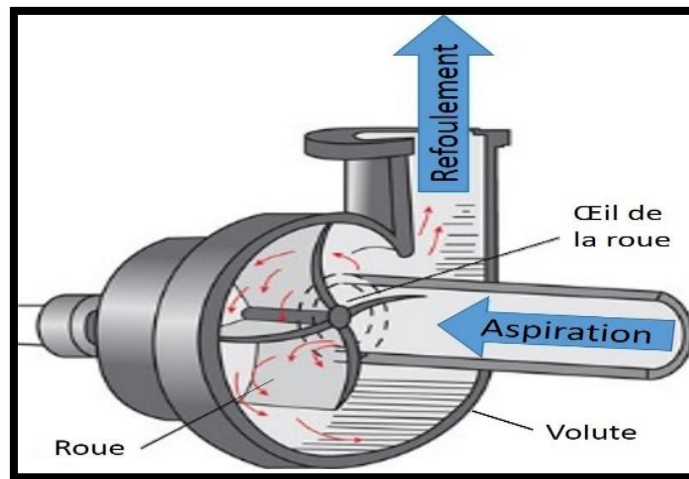


Figure III. 1: Différents composants d'une pompe centrifuge

III.2.3. Choix du système de régularisation

Il existe quatre systèmes de régulation qui sont :

1. Régulation avec réservoir à surface libre (RSL) ;
2. Régulation avec réservoir sous pression (RSP) ;
3. Régulation avec débitmètre ;
4. Régulation à l'aide d'un moteur à vitesse variable [8].

Dans la station de traitement Tilesdit on travaille avec les réservoirs à surface libre. Le système de régulation influe sur le nombre de groupe de pompes que nous pouvons utiliser. Ce nombre varie de :

- 2 à 6 pour le système de régulation (RSL) ;
- 2 à 3 pour le système de régulation (RSP) ;
- 4 à 6 pour les débitmètres ;
- 3 à 6 pour les moteurs à vitesse variables.

Le nombre de pompes dans la station dépend de la modulation du débit en fonction du temps et du mode de régulation choisi.

Le tableau III.1 regroupe le nombre de pompe dans chaque station de pompage dans le réseau d'adduction étudié.

Tableau III. 1: Nombre de pompe dans les stations de pompage

Stations de pompage	Lieux	Nombre de pompe	Débit (l/s)	Débit Unitaire (l/s)
Project Lot 1 (ancien transfert)				
SP 1	Tilesdit	3+1 de secoure	989	330
SP 2	Boumnazel	2+1	214	107
SP 3	Ouled Rached	1+1	41	41
SP3	El hemmam, R1	2+1	173	87
SP 4	Tiza Tamamacht	2+1	173	87
SP5	Oued el bardi	1+1	32	32
SP5	Sidi Khaled	1+1	83	83
SP 6	Draa el khemis	2+1	201	101
Project Lot 2 (nouveau transfert)				
SP01'	Tilesdit	3+1 de secoure	1160	387
SP02-1	M'chedallah	1+1	55	55
SP02-2	Chorfa	1+1	55	55
SP03	Tikesirdin	1+1	12	12

III.2.4. Spécification du besoin

Les informations à fournir pour décrire le besoin sont :

- Qualités de l'effluent (eau claire ou chargée, agressive ou corrosive) ;
- Source d'énergie possible ;
- Débit, hauteur manométrique et la vitesse de rotation [8].

III.2.5. Choix de la pompe correspondant au besoin

Il faut se reporter à un catalogue de constructeur. Il vaut mieux choisir le catalogue d'un constructeur bien représenté dans le pays, ayant une bonne réputation, et qui offre bien sûr, le produit désiré.

III.2.5.1. Choix du type de pompe

Les critères de choix du type de pompe sont :

- Assurer le débit à refouler et la hauteur HMT ;
- Meilleur rendement et vérifier la condition de non cavitation ;
- Vitesse de rotation la plus élevée et la puissance absorbée minimale ;
- Charge nette d'aspiration requise (NPSH) minimale ;
- Prix et le coût d'installation

III.2.5.2. Courbes caractéristiques des pompes

Les courbes principales qui caractérisent une pompe centrifuge et qui expriment ses performances, sont établies par le constructeur :

❖ *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.

❖ *Courbe de rendement [η=f(Q)]*

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.

❖ *Courbe de puissance [Pa=f(Q)]*

Elle représente la variation de la puissance absorbée par la pompe en fonction du débit.

La figure III.2 représente les courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge.

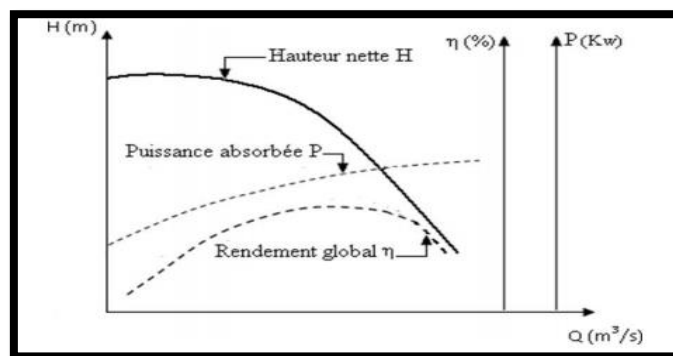


Figure III. 2: Courbes caractéristiques d'une pompe [8]

III.2.5.3. Point de fonctionnement d'une pompe

Le point de fonctionnement d'une pompe est l'intersection entre la courbe caractéristique de la pompe (Ccp) installée et en fonctionnement $H=f(Q)$ et la courbe caractéristique de la conduite (Ccc) refoulant un débit de la pompe en fonctionnement $[H-Q]$.

La pompe fonctionnera dans des bonnes conditions si le point de fonctionnement se trouve dans la zone de non cavitation et le débit lui correspondant dans la plage de bon fonctionnement pour un rendement optimal (figure III.3).

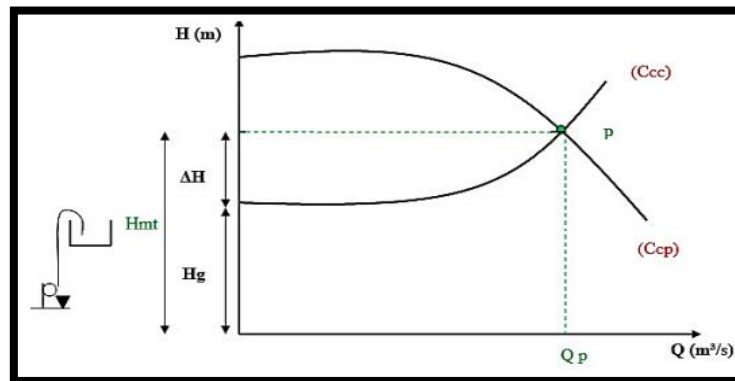


Figure III. 3: Point de fonctionnement d'une pompe [8]

III.2.6. Modes de couplages de pompe

III.2.6.1. Couplage en série

Dans ce cas, 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. Ce type de couplage est utilisé pour refouler un débit sensiblement constant à une hauteur importante [9].

III.2.6.2. Couplage en parallèle

Chaque conduite de refoulement aboutit à un collecteur général commun dont le débit du collecteur sera composé de la somme des débits de chaque pompe. Ce type de couplage est utilisé pour un débit variable à une hauteur constante [9].

Ce type de couplage est utilisé dans la station de pompage Tilesdit.



Figure III. 4: Station de pompage SP1

III.3. Cavitation

La cavitation est la formation et l'implosion rapides des bulles d'air dans l'eau lorsque celle-ci circule à travers la pompe. La cavitation est un phénomène causé par l'eau bouillante créée par la diminution de la pression locale. Le phénomène de cavitation se produit préférentiellement à l'aspiration des pompes [8].

III.3.1. Effets de la cavitation sur les pompes

La cavitation se manifeste par un bruit fort et des vibrations. Les bulles de vapeur dans l'eau implosent bruyamment et cela est suivi par un impact mécanique lourd qui peut détruire la pompe si le phénomène persiste. La cavitation provoque des piqûres de corrosion sur la roue et le corps de pompe. Cela peut fortement dégrader la performance de la pompe [8].

III.3.2. Eviter la cavitation

Pour éviter la cavitation, nous devons d'abord comprendre la hauteur d'aspiration nette positive (NPSH). Elle est utilisée comme limite de sécurité de pression d'aspiration, afin d'empêcher la cavitation.

NPSH : La hauteur générée par la pompe chute alors, ainsi que la puissance absorbée, les vibrations et le bruit augmentent, nous pouvons constater une érosion, principalement dans la roue, sous forme de cratères caractéristiques. La valeur de la NPSH doit être ajoutée à la hauteur d'aspiration et à la perte de charge dans la tuyauterie d'aspiration. Leur somme doit être inférieure à la pression de vapeur.

En cas de risque de cavitation, il existe plusieurs approches pratiques pour l'éviter :

- Réduire l'aspiration de la pompe et augmenter la pression d'aspiration ;
- Réduire la perte de charge dans la tuyauterie d'aspiration ;
- Réduire le débit de la pompe.

III.3.2.1. NPSH requis ou $NPSH_r$

La charge d'aspiration requise par le constructeur, est la hauteur minimale de liquide, supposée à sa température d'ébullition, nécessaire au-dessus de l'aspiration pour empêcher la cavitation. Elle dépend de type de la pompe et de point de fonctionnement. Elle est donnée par le fabricant sous la forme d'une courbe donnant le NPSH requis (en mètre de liquide) en fonction du débit [8].

III.3.2.2. NPSH disponible ou $NPSH_d$

La charge nette d'aspiration disponible est simplement une mesure permettant de quantifier la hauteur manométrique d'aspiration disponible pour éviter la vaporisation au niveau le plus bas de la pression dans la pompe [8].

❖ Soit la condition de non cavitation : $NPSH_d > NPSH_r$

$$\text{Tel que : } NPSH_d = \left(\frac{P_0}{\rho g}\right) + H_a - (\Delta h_a + T_v) \text{ (Aspiration en charge)} \quad (19)$$

Avec :

Δh_a : les pertes de charge coté d'aspiration ;

H_a : Hauteur d'aspiration en (m) ;

T_v : Tension de vapeur d'eau pompée en (m) ;

$\frac{P_0}{\rho g}$: Pression du plan d'aspiration en (m).

Tableau III. 2: Variation de la tension de vapeur d'eau en fonction de la température

T (°C)	0	4	5	10	20	40	50	60	70	80	100
T_v (m.c.e)	0,06	0,84	0,09	0,12	0,24	0,43	0,75	1,26	2,03	4,1	10,3

III.2.3. Calcul de la charge positive nette disponible pour SP1

Nous avons calculés le $NPSH_d$ pour la station de pompage (SP1) afin de vérifier le risque de cavitation (Tableau III.3).

Tableau III. 3: Calcul de la charge positive nette disponible

Hauteur d'aspiration (m)	Tension de vapeur d'eau à 20°C	$NPSH_d$ (m)	$NPSH_r$ (m)
6,85	0,24	16,29	7,8

D'après les résultats obtenus, nous pouvons conclure que y'a pas un risque de cavitation car nous avons trouvé $NPSH_d > NPSH_r$.

III.4. Puissances absorbées, utiles et le rendement de la pompe

III.4.1. Puissance absorbée par la pompe

C'est la puissance disponible au niveau de l'ordre d'entraînement de la roue de la pompe notée par (P_a), son unité de mesure est (KW).

III.4.2. Rendement de la pompe

Le rendement global η , généralement indiqué par le fabricant, permet de quantifier la transformation de l'énergie électrique en énergie hydraulique. Il s'exprime en %.

$$\eta = \frac{P_h}{P_a} \quad (20)$$

Avec :

P_h : Puissance hydraulique en (KW).

III.4.3. Puissance hydraulique (utile)

La puissance hydraulique est la puissance fournie au fluide par la pompe. Elle s'exprime en W ou le KW [9].

$$P_h = \omega \times Q \times H \quad (21)$$

Ou bien, la valeur de la puissance est interprétée d'après la formule du rendement.

Avec :

H : Hauteur (m) ;

ω : Poids volumique de l'eau (N/m^3).

La puissance utile sera calculée à partir de la puissance absorbée par une pompe et son rendement pour les stations de pompage étudiées (Tableau III.4).

Tableau III. 4: Calcul de la puissance utile

Station de pompage	P_a (KW)	P_h (KW)	η (%)
SP1-MM	949,73958	760,7414036	80,1
SP2-SP3	272,5069671	218,0055736	80
SP3-OR	136,8179845	96,45667907	70,5
SP3-R1	200,7898481	162,0374074	80,7
SP4-RS	272,6003215	218,6254578	80,2
SP5-OB	95,81629585	67,74212117	70,7
SP5-SK	160,8489349	126,4272628	78,6
SP6-DK	133,2053058	111,2264303	83,5
SP01'	692,6200837	573,4894293	82,8
SP02-1	39,71515732	30,77924692	77,5
SP02-2	59,02886835	45,62931524	77,3
SP03	25,12386139	17,78769386	70,8

III.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté tous les notions fondamentales concernant le choix des pompes dans un réseau d'adduction.

Chapitre IV: Phénomène du coup de bélier

IV.1. Introduction

Supposons qu'une conduite fonctionne en régime permanent, le changement de ce régime engendre une série d'ondes de pressions qui se propagent le long de la conduite, en s'amortissant progressivement en raison des pertes d'énergies dues aux frottements, pour reprendre enfin le régime initial, c'est le phénomène du coup de bélier (transitoire).

Ces variations de pressions causées par des changements de régime plus ou moins rapide, voire brusque, entraînent des contraintes sur le matériel, où l'adduction se trouve affectée par ces valeurs extrêmes [10].

IV.2. Définition du phénomène

Le coup de bélier résulte d'un écoulement non permanent (transitoire) qui apparaît dans une conduite lorsqu'on provoque une variation importante et souvent rapide du débit à l'extrémité aval de celle-ci (la conduite). C'est-à-dire que chaque tranche d'eau de la conduite subit des variations brusques de pression et de vitesse à des instants différents (propagation par ondes) ; le coup de bélier est donc un phénomène "oscillatoire" [1].

IV.3. Causes et conséquences du phénomène

Les principales causes sont:

- Fermeture instantanée (trop rapide) d'un robinet vanne placé au bout d'une conduite d'adduction ;
- Arrêt brutal par disjonction inopinée d'un ou de plusieurs groupes de pompes, alimentant une conduite de refoulement débitant dans un réservoir ;
- Démarrage d'un groupe d'électropompes à vanne ouverte ;
- Démarrage ou arrêt d'une pompe débitant dans une conduite déjà alimentée.

Le phénomène du coup de bélier est caractérisé principalement par l'apparition des surpressions et des dépressions qui peuvent atteindre des grandeurs assez considérables, ce qui aura pour conséquence la rupture des conduites soit par éclatement ou aplatissement [11].

IV.4. Etude du coup de bélier

L'étude consiste à calculer les surpressions et les dépressions dans les différents tronçons des conduites de refoulement, et vérifier si ces valeurs ne dépassent pas la valeur de la pression de service.

Pour le calcul de coup de bélier, nous avons deux méthodes : d'Allievi et Bergeron.

IV.4.1. Méthode d'Allievi

La célérité des ondes est donnée par la formule d'Allievi ci-dessous :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + \frac{K \times D}{e}}} \quad (22)$$

Avec :

D : Diamètre intérieur de la conduite (m) ;

a : Célérité d'onde (m/s) ;

e : Epaisseur du tuyau (m) ;

K : Coefficient dépendant du matériau constituant de la conduite.

$$B(m) = \frac{a \times V_0}{g} \quad (23)$$

B : Valeur du coup de bélier (m) ;

V_0 : Vitesse d'écoulement en régime permanent initiale (m/s) ;

Le tableau IV.1 montre les différents coefficients des matériaux des conduites

Tableau IV. 1: Coefficient dépendant du matériau constituant la conduite

Matériaux	K
Fonte ductile	0,6
Acier	0,5
PVC	33
Amiante ciment	4
PEHD	83
PEBD	500
Béton	5
Plomb	5

IV.4.2. Méthode de Bergeron

Pour le calcul de coup de bélier, nous avons utilisé la méthode de Bergeron faite par un logiciel Excel.

La première étape est d'insérer les données dans logiciel pour qu'il calcule le coup de bélier et la vitesse d'écoulement. Comme un exemple d'application, la station de pompage 1 (figure IV.1).

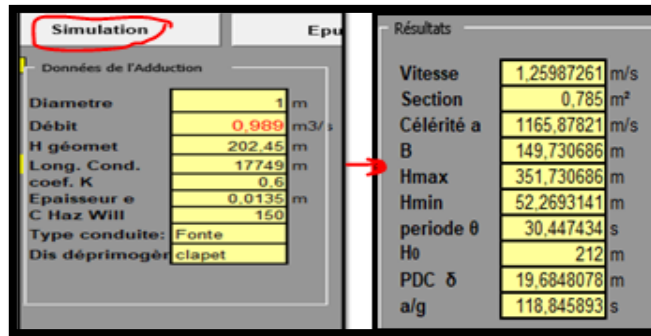


Figure IV. 1: Données et résultats obtenus par Bergeron de la station de pompage 1

La deuxième étape est de donner une valeur de volume d’air dans laquelle le profil des pressions ne présente pas un danger.

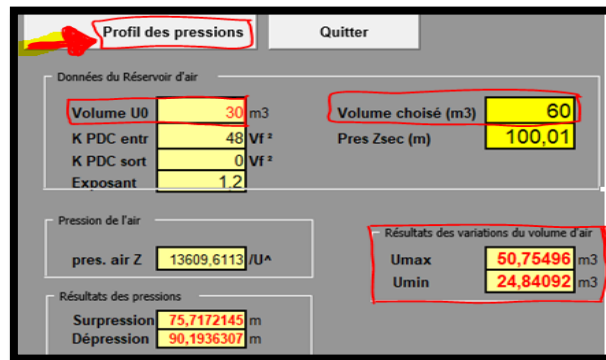


Figure IV. 2: Données et les résultats de volume d’air

IV.4.2.1. Interprétation des résultats

- Les résultats de calcul des pressions affichent une dépression maximale de 90,19 m et une surpression de 75,71 m ;
- Le volume d’air maximal est de 50,75 m³ pour un volume choisi de 60 m³ ;
- Le volume d’air minimal est de 24,84 m³ ;
- Nous avons choisi le volume de 60m³, car il présente le volume d’air maximal qui est de 50,75 m³ et la pression de pré-gonflage qui est de 100 m (10 bar).

Pour une protection efficace contre le coup de bélier, il faut choisir un volume supérieur et commercialisé par rapport au volume d’aire maximale.

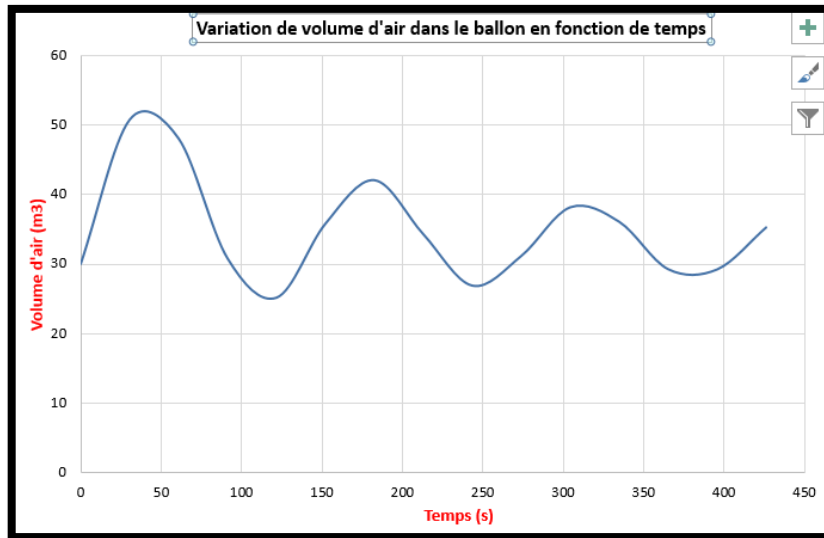


Figure IV. 3: Variation du volume d’air dans le ballon en fonction du temps de SP1

L’étape suivante (figure IV.4) est l’insertion de sept points d’après AutoCad (cote des points et leurs distances) de plan du réseau d’adduction étudié dans le tableau de la simulation (profil).

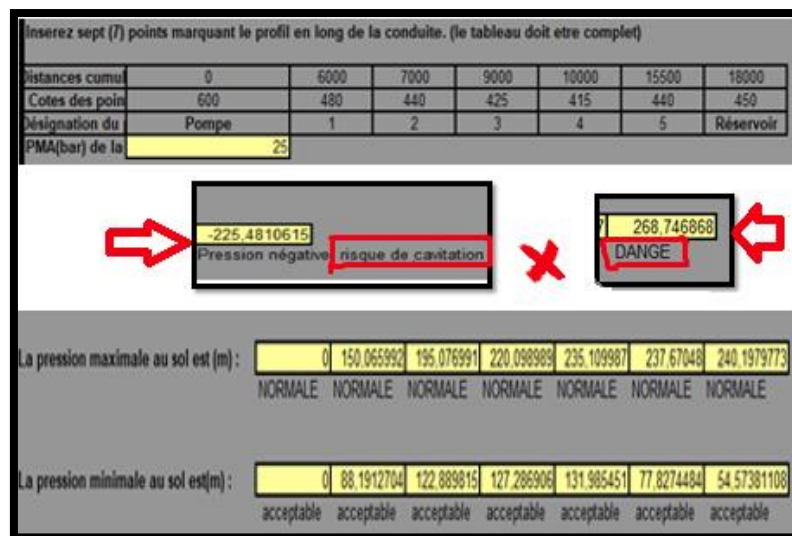


Figure IV. 4 : Calcul de la pression maximale et minimale au sol

La figure IV.4, montre que logiciel ne présente pas un danger ou un risque de cavitation lors de calculs des pressions maximales et minimales au sol.

Tous les calculs sont regroupés dans les tableaux IV.2 et IV.3.

Tableau IV. 2 : Calcul du coup de bélier pour toutes les stations de pompages étudiés par la méthode de Bergeron

SP	Q (m ³ /s)	L(m)	Hg(m)	e (mm)	a (m/s)	B(m)
SP1-MM	0,989	17749	202	13,5	1165,87	149,73
SP2-SP3	0,214	5638	189	9	1331,46	148,00
SP3-OR	0,041	6738	208	6,8	1601,39	136,41
SP3-R1	0,173	2903	180	8,6	1368,26	151,79
SP4-RS	0,173	3880	243	8,6	1368,26	151,79
SP5-OB	0,029	5078	199	6,3	1706,38	160,64
SP5-SK	0,081	4711	126	7,2	1515,55	177,12
SP6-DK	0,442	1371	48	10,8	1240,45	145,30
SP01'	1,161	805	149	20	1396,73	210,57
SP02-1	0,055	340	56	22,7	1168,92	84,137
SP02-2	0,055	835	82	22,7	1059,26	76,244
SP03	0,012	4070	138	18,2	1310,05	79,743

Tableau IV. 3: Volume du réservoir anti-bélier et la pression de pré- gonflage déterminé par la méthode de Bergeron pour Lot1

Station-Destination	Volume de réservoir anti bélier unitaire (m ³)	Pression de pré-gonflage (bar)	Pression (bar)	
			P min	P max
SP1-MM	30	10	11,04	24,55
SP2-SP3	3,5	8	9,1	25,6
SP3-OR	1	11	13,2	25,9
SP3-R1	4	10	13,04	20,06
SP4-RS	1,5	11	12,05	32,60
SP5-OB	0,3	7	8,60	29,2
SP5-SK	1	4,5	4,54	17,58
SP6-DK	3	0,5	0,26	9

IV.5. Moyens de protection contre le régime transitoire

En présence d'une station de pompage, il est plus difficile de contrôler l'ampleur du phénomène étant donné que l'arrêt des pompes peut se produire subitement, par suite d'une interruption du courant qui alimente les moteurs électriques. Afin de limiter les variations de la pression dans les conduites, les appareils anti-bélier devront avoir pour effet de limiter la dépression ainsi que la surpression [10]. Les dispositifs les plus utilisés sont : Les volants

d'inertie, les soupapes de décharge, les réservoirs d'admission et de purge d'air, es ventouses ; Clapet by-pass, les réservoirs d'air, les cheminés d'équilibre ou la vanne de fermeture lente.

Les moyens de protection contre le coup de bélier utilisés par la station de pompage Tilesdit sont : les soupapes de décharge et les réservoirs d'air.

IV.5.1. Soupapes de décharge

Le rôle d'une soupape consiste à dévier un certain débit à l'extérieur de la conduite à protéger, dès que la pression atteint une certaine valeur de réglage estimée généralement à environ 1,04 à 1,10 bar de la pression maximale admissible.

- ✓ Les soupapes permettent la protection contre les surpressions uniquement ;
- ✓ Le nombre de soupapes dépend de l'importance de l'installation et est compris généralement entre 1 et 6 ;
- ✓ L'utilisation des soupapes nécessite une surveillance attentive et un entretien continu ;
- ✓ Il faut aussi prévoir l'évacuation vers l'extérieur de l'eau libérée.

IV.5.2. Réservoirs d'air

C'est un récipient contenant de l'air comprimé dans sa partie supérieure et de l'eau dans sa partie inférieure. Ces appareils sont aussi appelés "accumulateur, cloche à air, ballon d'air, réservoir anti-bélier,...etc.

Par ailleurs, un compresseur d'air est habituellement utilisé pour garder le volume d'air dans certaines limites (à cause des fuites) d'une part, et d'autre part, un clapet anti-retour est souvent prévu entre la pompe et le ballon d'air. Ce dispositif est très simple et protégera l'installation aussi bien contre les dépressions que contre les surpressions.



Figure IV. 5: Les réservoirs anti-bélier.

Suite à une disjonction, le clapet se ferme et à ce moment-là, la pression de l'air de la cloche est encore supérieure à celle qui s'exerce à l'autre extrémité de la conduite, ainsi, une partie de l'eau de la cloche est chassée dans la conduite. Après diminution progressive, puis annulation de sa vitesse, l'eau de la conduite revient en arrière et remonte dans la cloche, et ainsi de suite.

La dissipation de l'énergie de l'eau peut être obtenue par le passage de celle-ci à travers un organe d'étranglement disposé à la base de la cloche. A cause du remplissage ou de la vidange du réservoir anti-bélier, l'air dans ce dispositif se comprime ou se dilate, et l'amplitude de la surpression et de la dépression seront réduites suite à la variation graduelle de la vitesse d'écoulement dans la conduite [8].

IV.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons défini le phénomène du coup de bélier et les moyens de protection contre le régime transitoire. Pour les conduites gravitaires, nous prévôt l'installation des vannes à fermeture lente et pour les conduites en refoulement on prévoit l'installation, juste à la sortie de la station de pompage un réservoir d'air. En fait, pour la réussite totale de projet, il faut lutter contre tous les phénomènes dangereux de la pose afin de protéger les conduites contre le phénomène du coup de bélier.

Chapitre V : Simulation sur logiciel EPANET

V.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons expliquer la démarche pour tracer et saisir le réseau d'adduction étudié sous le logiciel EPANET, ainsi faire une description de son état en vérifiant son fonctionnement par la simulation avec l'EPANET.

V.2. Présentation du logiciel EPANET

EPANET est un logiciel de simulation de comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Un réseau est un ensemble de tuyaux, nœuds (jonctions de tuyau), pompes, vannes, bâches et réservoirs.

EPANET calcule le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs, et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau [12].

V.3. Configuration de nouveau projet

La première étape consiste à créer un nouveau projet dans EPANET et d'assurer que les options sélectionnées par défaut sont correctes.

La configuration des options hydrauliques doit être toujours vérifié avant la simulation afin d'assurer la fiabilité des résultats obtenus (figure V.1).

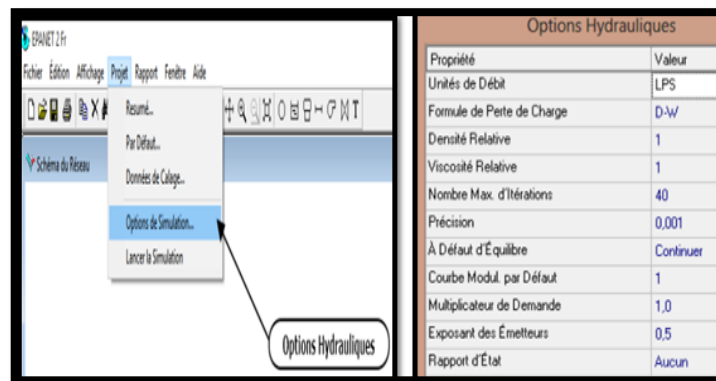


Figure V. 1: Configuration des options hydraulique sur EPANET

V.4. Tracé de réseau d'adduction

Après la configuration de notre projet ainsi que les options hydrauliques convenables pour le réseau, nous avons opté pour une représentation du réseau d'adduction étudié par un schéma synoptique dont les stations de pompes (ancien et nouveau transfert) sont notées par une bâche et une pompe avec une courbe caractéristique (H-Q).

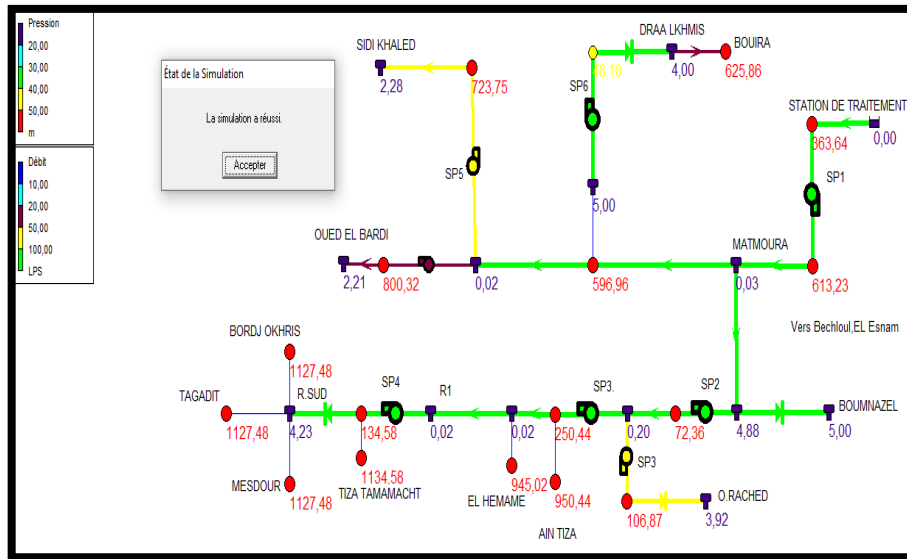


Figure V. 2: Simulation de Lot 1 sur EPANET

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Débit LPS
Tuyau 2	100	200	558,60
Tuyau 6	17749	1000	558,60
Tuyau 10	4080	700	1035,67
Tuyau 21	3880	450	161,83
Tuyau 27	1371	700	0,00
Tuyau 32	4711	300	65,33
Tuyau 33	5087	200	24,72
Tuyau 35	6738	200	56,97
Tuyau 37	2903	450	162,17
Tuyau 1	4707	400	149,34
Tuyau 5	16055	800	0,00
Tuyau 7	7616	450	355,22
Tuyau 3	100	200	149,34
Tuyau BR7	100	200	73,85
Tuyau 11	5638	500	198,40
Pompe SP1	Sans Valeur	Sans Valeur	558,60
Pompe SP5.	Sans Valeur	Sans Valeur	65,33
Pompe SP5	Sans Valeur	Sans Valeur	24,72
Pompe SP2	Sans Valeur	Sans Valeur	198,40
Pompe SP4	Sans Valeur	Sans Valeur	161,83
Pompe SP6	Sans Valeur	Sans Valeur	0,00
Pompe SP3	Sans Valeur	Sans Valeur	56,97
Pompe SP3.	Sans Valeur	Sans Valeur	162,17

Figure V. 3: Etat des conduites de l'ancien transfert (Lot 1)

ID Noeud	Altitude m	Pression m
Bâche ST	500	0,00
Réservoir Matmor	606,8	0,33
Réservoir D. Ikhm	622,3	4,00
Réservoir Boumn	570,35	5,00
Réservoir O. Racl	800,95	4,18
Réservoir R1	945	0,97
Réservoir R. Sud	1123,25	4,54
Réservoir S. Khale	709,4	2,83
Réservoir O. Bard	782,45	2,62
Réservoir BR2	575,85	2,01
Réservoir BR3	762,53	1,10
Réservoir BR4	879,75	1,61
Réservoir BR5	583,5	0,06
Réservoir BR6	573,75	5,00

Figure V. 4: Etat des nœuds de l'ancien transfert

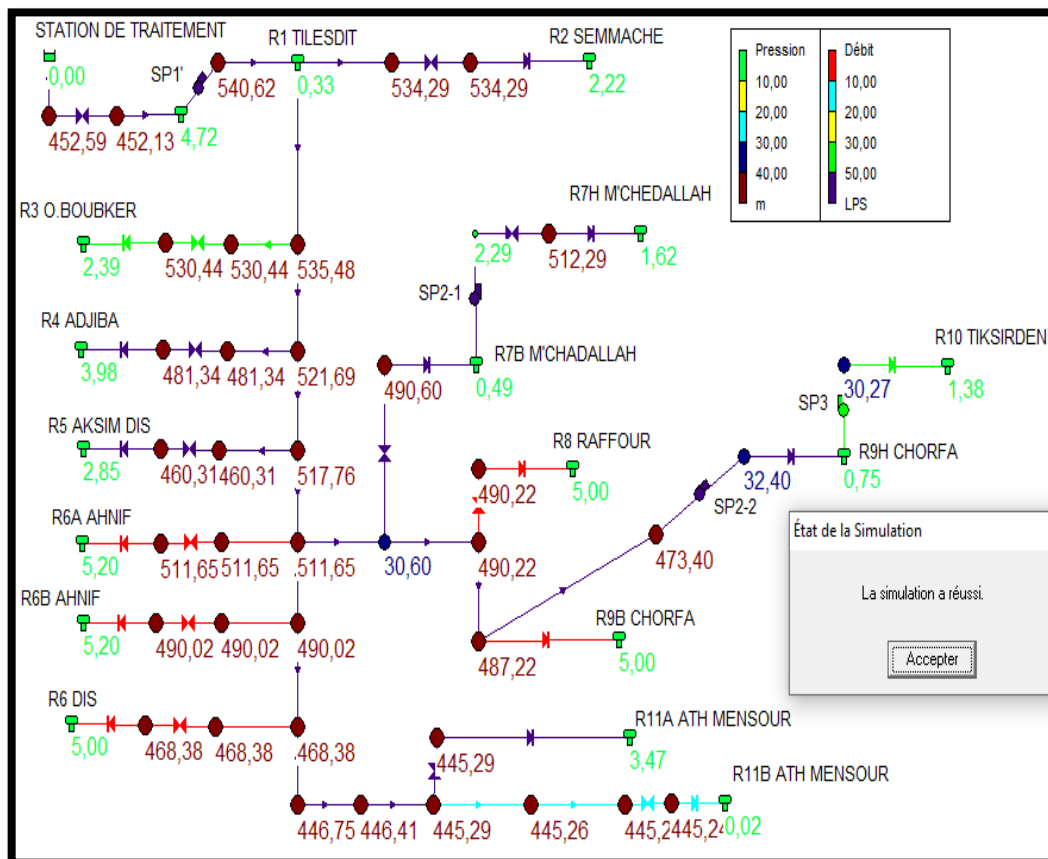


Figure V. 5: Simulation du Lot 2 sur EPANET

Nous mettons à l'entrée de chaque réservoir une vanne de régulation de débit pour réguler le débit, la pression de l'eau et un clapet anti-retour pour empêcher le passage d'écoulement.

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Débit LPS	ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Débit LPS
Tuyau 1	100	1200	35117,91	Tuyau 19	870	400	163,55
Tuyau 2	100	1200	35117,91	Tuyau 21	1190	400	0,00
Tuyau 3	4890	315	102,48	Tuyau 24	1190	315	163,55
Tuyau 6	2084	250	38,98	Tuyau 26	9530	700	16,24
Tuyau 7	730	250	197,97	Tuyau 30	100	200	221,21
Tuyau 8	460	160	93,10	Tuyau 31	100	200	221,21
Tuyau 10	200	200	0,00	Tuyau 37	100	200	221,21
Tuyau 12	2533	1000	1140,76	Tuyau 38	3200	900	221,21
Tuyau 13	6090	900	1101,78	Tuyau 11	2550	900	903,81
Tuyau 20	1350	400	425,94	Tuyau 14	805	1000	1324,58
Tuyau 22	340	315	65,78	Tuyau 16	200	200	0,00
Tuyau 23	4880	900	810,70	Tuyau 27	2084	250	38,98
Tuyau 25	375	200	0,00	Tuyau 32	730	250	197,97
Tuyau 28	4070	200	38,53	Tuyau 36	460	160	93,10
Tuyau 29	835	250	163,55	Tuyau 39	375	200	0,00
Tuyau 33	640	160	0,00	Tuyau 40	200	200	0,00
Tuyau 34	200	200	16,24	Tuyau 41	100	200	102,48
Tuyau 35	750	250	204,97	Pompe SP1'	Sans Valeur	Sans Valeur	1324,58
Tuyau 5	3050	700	221,21	Pompe SP2-1	Sans Valeur	Sans Valeur	65,78
Tuyau 9	9530	700	16,24	Pompe SP2-2	Sans Valeur	Sans Valeur	163,55
Tuyau 15	3980	600	589,49	Pompe SP3	Sans Valeur	Sans Valeur	38,53
Tuyau 17	860	600	163,55	Vanne 4	Sans Valeur	200	38,98
Tuyau 18	770	315	0,00	Vanne 42	Sans Valeur	200	197,97

Figure V. 6: Etat des conduites de nouveau transfert

ID Noeud	Pression m	ID Noeud	Pression m
Noeud 2	452,59	Noeud 27	530,44
Noeud 3	540,62	Noeud 28	534,29
Noeud 5	535,48	Noeud 29	530,44
Noeud 6	521,69	Noeud 30	481,34
Noeud 7	517,76	Noeud 31	460,31
Noeud 8	445,29	Noeud 32	511,65
Noeud 9	490,60	Noeud 33	490,02
Noeud 10	512,29	Noeud 34	468,38
Noeud 11	511,65	Noeud 35	534,29
Noeud 12	574,40	Noeud 36	512,29
Noeud 13	709,27	Noeud 37	490,60
Noeud 1	445,24	Noeud 38	490,22
Noeud 17	490,22	Noeud 39	445,29
Noeud 18	487,22	Noeud 40	445,24
Noeud 19	473,40	Noeud 41	452,13
Noeud 14	446,41		
Noeud 15	445,26		
Noeud 21	490,02		
Noeud 22	468,38		
Noeud 23	446,75		
Noeud 16	468,38		
Noeud 20	490,02		
Noeud 24	511,65		
Noeud 25	460,31		
Noeud 26	481,34		

Figure V. 7: Etat des nœuds de nouveau transfert

V.4.1. Courbes caractéristiques

Avant de lancer la simulation, il est indispensable d'introduire les courbes caractéristiques des pompes implantées dans le réseau. Sous la fenêtre de navigation nous avons choisi « Courbes » puis « Ajouter », nous avons introduit les valeurs et des hauteurs (H_{mT}) et des débits correspondants à chaque pompe (figure V.8).

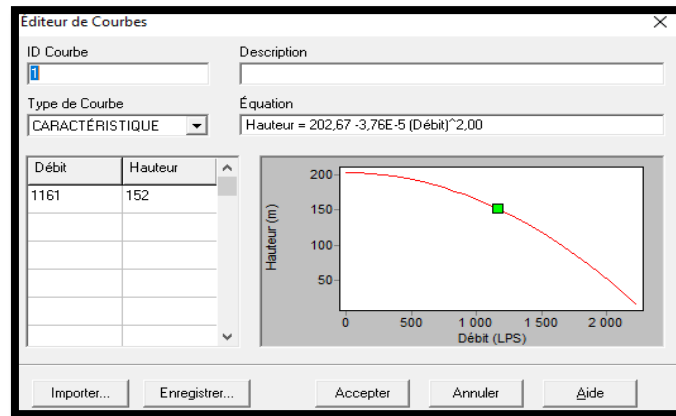


Figure V. 8: Courbe caractéristiques de SP1'

V.5. Conclusion

Dans ce chapitre, une simulation de notre réseau d'adduction réalisée dans le but de vérifier la validité de l'étude et la fiabilité des calculs, ainsi d'avoir une idée sur le comportement du réseau à un moment instantané. Les résultats obtenus ont confirmé le choix des diamètres des conduites transportant les débits exigés pour satisfaire les besoins d'une manière adéquate et offrent une résistance aux pressions créés sans aucun problème. Cette simulation nous a offert une vérification et une analyse de comportement de notre réseau avec réussite.

Conclusion générale

Ce stage de fin d'études 3^{ème} année (Licence) est réalisé au sein de l'entreprise 'unité de production Tilesdit' durant 4 mois. Il a été un pont de passage d'un aspect théorique vers un monde d'application professionnelle, qui m'a permis à développer certaines connaissances et confirmer mes choix pour mon avenir professionnel dans le domaine hydraulique.

Nous avons, à travers ce travail, étudié le dimensionnement des conduites du réseau d'adduction de la wilaya de Bouira alimenté par l'unité de production Tilesdit. Les diamètres les plus économiques sont calculés avec des vitesses acceptables. Le choix du matériau des conduites c'est porté sur la fonte ductile pour la majorité du projet (Lot 1). Tandis que, le PEHD est choisi à cause de leurs avantages, pour les conduites du nouveau transfert (Lot 2).

Le dimensionnement du réseau d'adduction des tronçons étudié a été effectué avec le logiciel de simulation EPANET qui a vérifié la fiabilité de nos calculs.

A la lumière de ce modeste travail, nous souhaitons avoir répondu à l'objectif fixé, espérons qu'il pourra être le future guide de certaines études similaires.

Références bibliographiques

- [1] B. Ali, « HYDRAULIQUE 3».
- [2] LA Direction des ressources en eau , «Découpage,» 1974.
- [3] M. Amar, «raport technique,» Unité de production Tilesdit, BOUIRA.
- [4] B. Madani, «traitement des eaux,» 2009.
- [5] BENDAHMANE,OUBELAGHA,N., «Licence en hydraulique».
- [6] A. C. Certifiée, Commission protection cathodique et Revêtements Associés du CEFRACOR, Octobre 2003.
- [7] V. KASSIANOV, Machines hydrauliques et compresseurs, Moscou Nedra, (1982).
- [8] J.Djoukam, «Guide de conception des station de pompage,» juin 1999.
- [9] DUPONT, Hydraulique urbaine, ouvrages de transport, élévation et, 1979.
- [10] d. l. Ministère de l'Agriculture, Guide méthodologique d'études anti-bélier.
- [11] M. TAMMAL, «cours d'alimentation en eau potable université Internationale de Casablanca».
- [12] L. A.Rossman, « Manuel d'utilisateur EPANET 2.0. Cincinnati ,OH,» (2003).
- [13] P. Hamid, Licence professionnelle en procédés et analyse physicochimique, Université Sidi Mohamed Ben Abdullah.