



Département de Génie de l'Eau

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme
de Licence professionnelle en :

Hydraulique

Thème :

**Renforcement en AEP par refoulement de la commune d'Ain
Taya à partir la station de dessalement d'El-Marsa, W.Alger**

Réalisé par :

- FEKIR Ikram

Encadré par :

- Mr.DAHMANNI Saad Enseignant (IT,univ-Bouira)

Tuteur de l'entreprise :

- Mr.CHEBBOUTI Aissa Ingénieur d''Etat (Hydro-Aménagement SPA)

Soutenu devant le jury :

- Examineur : Mme.BALOUL Djouhra Enseignant (IT,univ-Bouira)
- Président de jury : Mr.MOULAI Salah Eddine Enseignant (IT,univ-Bouira)

ملخص :

نظرا لنقص المياه الصالحة للشرب في شرق والية الجزائر العاصمة، قمنا بدراسة مشروع انجاز و تصميم شبكة تعزيز امداد المياه من محطة تصفية مياه البحر الواقعة ببلدية المرسى والية الجزائر % الى خزانات المياه الواقعة ببلدية عين طاية ولاية الجزائر.

تتمثل هذه الدراسة في تحديد ابعاد قنوات الامداد لمجموع طولي يقدر ب 6 كم، كما أننا قمنا بحساب تدفق مياه الضخ و اختيار المضخات وحماية الانابيب من المطرقة المائية.

في نهاية هذه الدراسة اقترحنا انجاز انبوب الامداد بأنابيب ذات قطر 900 مم مصنوعة من مادة البوليسثير (PRV) المقوى بألياف الزجاج تضمن تدفق يصل الى 62600 متر مكعب يوميا يتم ضخه عبر مضختين على التوازي، كل منهما قادرة على ضخ 362.5 ل/ثا لارتفاع يصل الى 39.66 م.

كلمات مفتاحية : امداد، الضخ، الانابيب، المطرقة المائية.

Résumé :

En raison du manque d'eau potable à l'Est de la wilaya d'Alger, nous avons étudié le projet de conception du réseau de renforcement de l'alimentation en eau potable à partir de la station de dessalement de l'eau de mer située à la commune d'El Marsa, wilaya d'Alger, jusqu'aux réservoirs 2x1500m³ situés à commune d'Ain Taya (W. Alger).

Cette étude consiste à déterminer les dimensions des conduites d'alimentation pour une longueur totale de 6 km, où nous avons calculé le débit d'eau de pompage, fait le choix des pompes, et la protection des conduites contre les coups de bélier.

A la fin de cette d'étude, nous proposons de réaliser la conduite en DN900 mm (en Polyester renforcé par les fibres de verre, PRV) avec un débit de 62600 m³/jour, refoulé par deux pompes identiques en parallèle, caractérisées par Q=362.5l/s et HMT=39.66m.

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

Abstrat :

Due to the lack of potable water in the East of the wilaya of Algiers, we have studied the project of designing the water supply reinforcement network from the sea water purification plant located at the municipality of El Marsa, in the wilaya of Algiers to the water tanks (2x1500m³) located in the municipality of Ain Taya (W. Algiers).

This study consists in determining the dimensions of the supply pipes for total length of 6 km, where we also calculated the flow of pumping water, the selection of pumps, and the protection of pipes from the water hammer dangers.

At the end of the study, we suggest a DN900mm diameter for the pumping pipe, with a flow rate of 62600 m³//day, with two parallel pumps, each one has characteristics of Q=362.5l/s and TMH =39.66m.

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

Remerciements

Nos vifs remerciements à Dieu le tout puissant pour tout.

Je tiens également à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail, particulièrement à mes chers parents pour les encouragements qu'ils ont manifestés tout au long de mon parcours.

*Notre plus grande gratitude et sincères remerciements vont à mon promoteur **Mr DAHMANI Saad** pour sa disponibilité, son attention, sa patience, et surtout ses précieux conseils, ainsi que pour l'honneur qu'il m'a accordé en mon encadrant.*

*J'adresse mes sincères remerciements au Groupe Hydro-Aménagement SPA et à mon tuteur **Mr. CHEBBOUTI Aissa** pour tout le soutien qu'ils m'ont apporté.*

*Mes remerciements également tous les professeurs du département **HYDRAULIQUE** pour leurs formations enrichissantes, leurs écoute et encouragements.*

Mon respect aux présidents de jury et les membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail.

Dédicas

À chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pensée pour se rappeler de ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence, mais surtout les mauvais. Ces personnes qui nous ont aidés sans qu'on leur demande, soutenus sans réserve, aimés sans compter, ces personnes qui en cru en nous et que grâce à qui notre bonheur et joie reviennent de droit, à qui un malheur en nous, en eux se transforme en pleur. Que le tout puissant nous garde ces personnes très chères à nos cœurs.

Je dédie ce modeste mémoire qui est l'accomplissement de longues années d'études, en premier lieu à :

- ✚ Ma mère à qui je dois beaucoup pour ces sacrifices, son amour, son aide et son soutien.*
- ✚ Mon père qui m'a soutenu et à su me donner courage au moment venu.*
- ✚ Mon frère Madjid.*
- ✚ Mes sœurs Abir et Asma.*
- ✚ Mes chères amies Silya, Maroua, Hind et Sabrina.*
- ✚ À tous mes collègues de la promotion 2021-2022, et spécialement pour mes amies Aya, Anissa, Nora et Romaiassa.*

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....1

CHAPITRE I : Présentation de l'entreprise d'accueil

1	Présentation de l'entreprise lieu de stage « Hydro-Aménagement »	2
2	Localisation géographique	3
3	Produits et services.....	3
4	Quelques projets réalisés par l'entreprise.....	4
5	Conclusion.....	4

CHAPITRE II: Présentation du projet et du site de la zone d'étude

1	Introduction	5
2	Présentation de site du projet	5
2.1	Localisation de la commune d'El Marsa	5
2.2	Situation climatologique d'EL-MARSA	6
2.2.1	La pluviométrie	6
2.2.2	Température	7
3	Présentation du projet.....	8
3.1	Structure du projet	9
3.1.1	Station de pompage	9
3.1.2	Conduite de refoulement	9
3.1.3	Les accessoires de l'adduction	9
3.1.4	Les réservoirs	9
3.1.5	L'anti-bélier.....	10

4	Conclusion.....	11
---	-----------------	----

CHAPITRE III: Etude de conduite de refoulement

1	Introduction.....	11
2	Type des adductions.....	11
2.1	Adduction gravitaire	11
2.2	Adduction forcée (par refoulement)	11
2.3	Adduction mixte (refoulement- gravitaire).....	11
3	Choix du tracé	12
4	Choix du matériau des conduites	13
4.1	Les avantages des conduites en PRV	13
5	Dimensionnement des conduites.....	14
6	Les lois de dimensionnement l'adduction par refoulement	15
6.1	Calcul du diamètre économique	15
6.2	Vitesse d'écoulement.....	16
6.3	Pertes de charge	16
6.3.1	Pertes de charges linéaires	17
6.3.2	Pertes de charges singulières	17
6.3.3	Pertes de charges totales	17
6.4	Détermination de la hauteur manométrique totale (HMT)	18
7	Les résultats de dimension de réseau d'adduction par refoulement	18
8	Coup de bélier	20

8.1	Causes du coup de bélier	20
8.2	Conséquence du phénomène	21
8.3	Moyens de protection anti-bélier	21
8.4	Etude du coup de bélier	21
8.4.1	Calcul de la célérité.....	21
8.4.2	Calcul de la valeur maximale du coup de bélier	22
8.5	Résultats de calculs.....	23
9	Conclusion	23
CHAPITRE IV: Etude de choix des pompes		
1	Introduction.....	24
2	Définition de la pompe.....	24
3	Les types de pompes	24
3.1	Pompes volumétriques.....	24
3.2	Pompe centrifuges	24
4	Couplage de pompe.....	25
4.1	Couplage en série.....	25
4.2	Couplage en parallèle	26
5	Choix de type de pompes	27
6	Les courbes caractéristiques	27
6.1	Courbe débit-hauteur	27
6.2	La courbe rendement-débit ($\eta = f(Q)$)	27
6.3	La courbe des puissances absorbées-débit ($P = f(Q)$)	28

	Les courbes caractéristiques du couplage des pompes choisies.....	29
7	Le point de fonctionnement	30
8	La puissance absorbée des pompes.....	30
9	Energie consommée par la pompe pour une année de fonctionnement.....	31
10	La cavitation.....	31
10.1	Effets de la cavitation sur les pompes.....	32
10.2	Eviter la cavitation	32
10.3	Vérifier la cavitation	33
11	Conclusion.....	34

CHAPITRE V : Organisation de chantier et exécution des travaux

1	Introduction	35
2	Organisation de chantier.....	35
2.1	Organigramme de chantier	35
2.1.1	Relation contractuelles	35
2.1.2	Relation fonctionnelles.....	35
2.2	Les intervenants du chantier	36
2.2.1	Le maître d'ouvrage	36
2.2.2	Le maître de l'œuvre	36
2.2.3	Chef du chantier	36
2.2.4	Chef d'équipe	37
2.2.5	Conducteur des travaux	37
2.2.6	Conducteur d'engins	37
2.2.7	L'entrepreneur :.....	37
2.3	Services chantiers	37
3	Exécution des travaux	38

4	Choix des engins	40
5	Conclusion.....	42
	Conclusion générale.....	43

Bibliographie

Annexe I

Annexe II

Liste des figures

Figure 1: La direction générale de l'entreprise Hydro-Aménagement.....	2
Figure 2: La localisation géographique de l'entreprise Hydro-Aménagement.....	3
Figure 4: Situation géographique de la commune d'El Marsa.....	5
Figure 5: Variation moyenne mensuelles de la précipitation pour l'année de 2021	7
Figure 6 : Courbe de variation de la température pour l'année de 2021	7
Figure 7: Schéma explicatif du projet	8
Figure 8: Ballon d'anti bélier	10
Figure 9: Tracé du tronçon étudié	12
Figure 10: Domaine d'utilisation de pompes centrifuges et volumétriques	25
Figure 11: Montage de 02 pompes en série	26
Figure 12: Montage de 02 pompe en parallèle	26
Figure 13: Courbes caractéristiques de la pompe choisie	29
Figure 14: Apparition de bulles de cavitation sur les pales d'une hélice.....	32
Figure 15: Effets de la cavitation.....	32
Figure 16: Schéma fonctionnel représente les liens entre intervenants.....	36
Figure 17: Les étapes de pose de conduite en PRV.....	39
Figure 18: Les engins des travaux.....	41

Liste des tableaux

Tableau 1: Quelques projets réalisés par l'entreprise	4
Tableau 2: La variation des paramètres climatologiques d'El Marsa	6
Tableau 3: Les données de trançon SDEM – 2R.....	18
Tableau 4: Résultats de calculs.....	19
Tableau 5: Résultats de calculs de la surpression et la dépression.....	23
Tableau 6: Les caractéristiques de pompe choisi	30
Tableau 7: Résultats de calculs de l'NPSH.....	34
Tableau 8 : Définitions des engins.	40

Introduction générale

Introduction générale

*«Ceux qui ont mécré, n'ont-ils pas vu que les cieux et la terre formaient une masse compacte? Ensuite Nous les avons séparés et **fait de l'eau toute chose vivante**»* Le Coran, Sourate Al anbiya, 30.

L'eau est la ressource la plus importante sur notre planète. Cette dernière recouvre 72% des 509 millions de kilomètre carré (Km²) du globe terrestre et représente la colonne vertébrale du développement de tous les secteurs confondus.

L'Algérie souffre d'un sérieux problème depuis longtemps, à savoir la sécheresse. L'Etat algérien doit mettre en place une stratégie et les moyens nécessaires pour remédier à ce déficit en matière d'eau potable.

Aux wilayas méditerranéennes, le ministère a annoncé la mise en place des stations de dessalement des eaux de mer pour répondre aux besoins des consommateurs.

Dans ce cadre, le sujet de notre projet de fin d'étude intitulé « Etude de renforcement d'un réseau d'adduction à partir de station de dessalement des eaux de mer d'El Marsa, W.Alger vers le complexe de 02 réservoirs (2× 1500 m³) », est s'inscrit.

Ce projet a été réalisé par l'entreprise «Hydro-Aménagement», l'entreprise d'accueil de mon stage pratique d'une durée de 12 semaines (03 mois).

Afin d'atteindre l'objectif fixé, cette étude est élaborée. Elle s'articule sur les parties suivantes :

- Présentation de l'entreprise d'accueil.
- Présentation du projet et du site de la zone d'étude du projet.
- Etude de dimensionnement d'un réseau d'adduction par refoulement et choix de tracé.
- Choix de pompes à installer.
- Etude de coup de bélier (calcul de la surpression et la dépression).
- Organisation de chantier et exécution des travaux.

On cloture ce travail par une conclusion générale.

Chapitre I

Présentation de
l'entreprise d'accueil

1 Présentation de l'entreprise lieu de stage « Hydro-Aménagement »

Hydro-Aménagement est une entreprise nationale par actions (SPA) classée dans la catégorie 09 pour une activité principale de réalisation des grands travaux hydrauliques et deux activités secondaires (travaux publics et travaux bâtiments tous corps d'État). L'entreprise «HYDRO - AMENAGEMENT spa » occupe une place prépondérante dans le secteur de l'Hydraulique grâce à l'ampleur et la maîtrise des activités qu'elle réalise depuis plus d'une quarantaine d'années.



Figure 1: La direction générale de l'entreprise Hydro-Aménagement

2 Localisation géographique

Siège social: RN 5, Zone Industrielle de Rouïba 16012 Alger-Algérie



Figure 2: La localisation géographique de l'entreprise Hydro-Aménagement

3 Produits et services

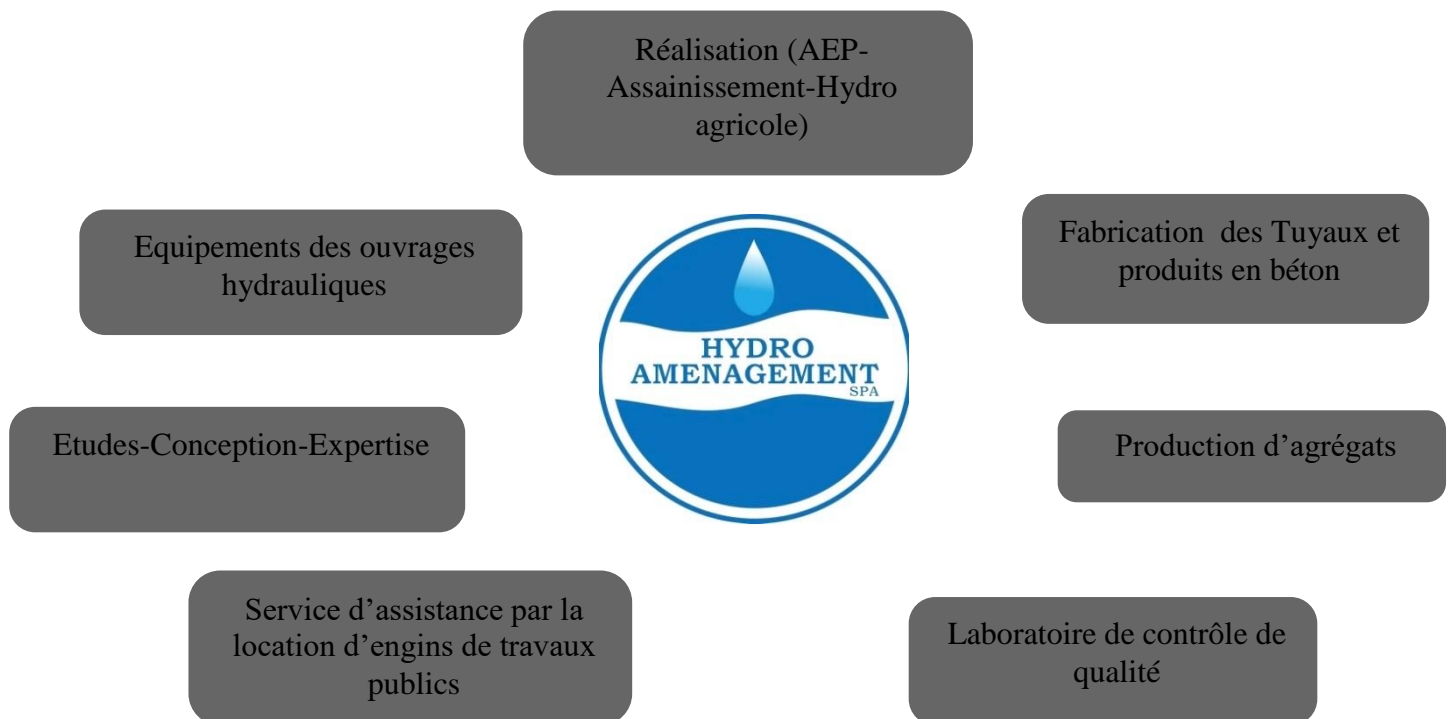


Figure 3: les services et les produits d'hydro-aménagement

1 Quelques projets réalisés par l'entreprise

Le tableau ci-après qui représente quelques projets réalisés par l'entreprise Hydro-Aménagement.

Tableau 1: Projets réalisés par l'entreprise

Alimentation en eau potable (AEP)	Assainissement	Hydraulique agricole
<ul style="list-style-type: none"> • Réseaux : <ul style="list-style-type: none"> ○ Alger à partir des forages mazafran, Chebli et Hamiz(107 km). ○ Orane à partir de la nappe de Bredeah (40 km). ○ Setif à partir du barrage d'ain zada DN 1200 (84 Km). ○ Ksar El Bokhari à partir de la nappe d'Ain Ouessara (100 Km). • Station de traitement d'eau potable : <ul style="list-style-type: none"> ○ Mostaganem (projet Gargar/Oran). ○ Kramis Mostaganem. ○ Extension station de Sidi Yacoub Wilaya de Chlef. 	<ul style="list-style-type: none"> • Station d'épuration des eaux usées : <ul style="list-style-type: none"> ○ Wilaya de Tizi Ouzou. ○ Hadjout wilaya de Tipaza. ○ Aokas wilaya de Béjaia. ○ Tizirt • Collecteurs d'assainissement : <ul style="list-style-type: none"> ○ Wilaya de Setif, El-Eulma, M'sila, Béjaia, Mila. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Périmètre de M'Vhdellah, Wilaya de Bouira (105 Km de conduite posées). ○ Périmètre d'Aokas et Soumam Wilaya de Bejaia (40 Km de conduites poussées soit, 2700 hectares). ○ Périmètre de Jijel (140 Km soit, 4800 hectares). ○ Périmètre de Moyen Chellif (145 Km soit, 7000 hectares).

Conclusion

Le stage dans l'entreprise Hydro-Aménagement est une nouvelle expérience pour moi, il m'a aidé beaucoup dans la préparation de mon rapport de fin d'étude. J'ai découvert aussi le milieu professionnel dans l'entreprise et j'ai compris bien leurs missions.

Chapitre II

Présentation de projet
et du site de la zone
d'étude

1 Introduction

Une étude de l'alimentation en eau potable d'une agglomération nécessite la connaissance de certains paramètres fondamentaux pour le bon dimensionnement du réseau. Dans ce présent chapitre, une idée générale sur les caractéristiques de la région d'étude sera évoquée.

2 Présentation de site du projet

El Marsa (anciennement Jean Bart lors de la colonisation) est une commune de la wilaya d'Alger en Algérie, située dans la banlieue Est d'Alger. La commune d'El Marsa constitue la pointe de la baie d'Alger. Elle forme avec la ville de Tamentfoust une commune du même nom (El Marsa) et dont elle constitue le chef-lieu.

2.1 Localisation de la commune d'El Marsa

El Marsa est située à environ 25 km à l'est du centre-ville d'Alger (Figure 3 et 4).



Figure 4: Situation géographique de la commune d'El Marsa

2.2 Situation climatologique d'EL-MARSA

La ville d'El Marsa bénéficie d'un climat tempéré chaud. La pluie dans El Marsa tombe surtout en hiver, avec relativement peu de pluie en été. La classification de Köppen-Geiger est de type Csa. Le tableau 2 ci-après représente la variation des paramètres climatologiques de la commune d'El Marsa.

Tableau 2 : La variation des paramètres climatologiques d'El Marsa. (CLIMAT-DATA.ORG 2021)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	10.5	10.7	13.1	15.6	18.8	23.2	26.5	26.8	23.6	20.3	14.8	11.7
Température minimale (°C)	6.7	6.6	8.5	10.5	13.4	17.1	20.2	21	18.7	15.7	11.1	8.1
Température maximale (°C)	15.2	15.5	18.3	20.8	24.2	29.2	32.7	33	29.3	26	19.4	16.2
Précipitations (mm)	84	72	69	66	52	9	2	10	34	60	90	79
Humidité(%)	76%	74%	72%	71%	69%	60%	56%	58%	64%	67%	72%	75%
Jours de pluie	9	7	6	7	5	1	0	1	5	6	9	8
Heures de soleil	6.9	7.6	8.8	10.0	11.1	12.4	12.4	11.4	10.2	8.9	7.4	6.9

2.2.1 La pluviométrie

La figure 5 ci-après est représentation graphique de la précipitation de la commune d'El Marsa.

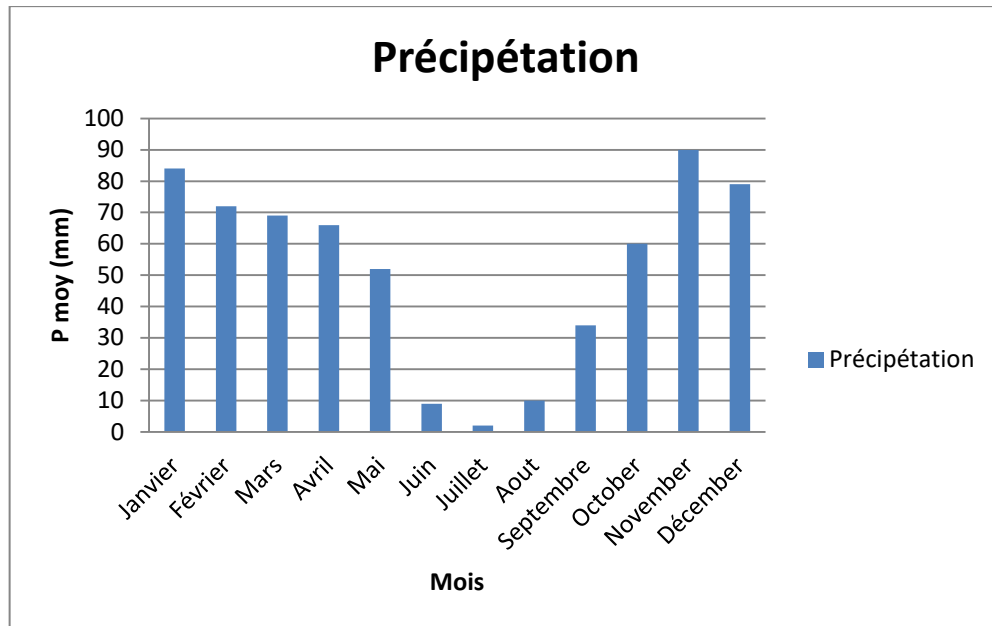


Figure 5: Variation moyenne mensuelles de la précipitation pour l'année de 2021

La différence de précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 88 mm. Une différence de 16.3 °C existe entre la température la plus basse et la plus élevée sur toute l'année.

2.2.2 Température

La figure 6 ci-après est représentation graphique de la température moyenne mensuelle de la commune d'El Marsa.

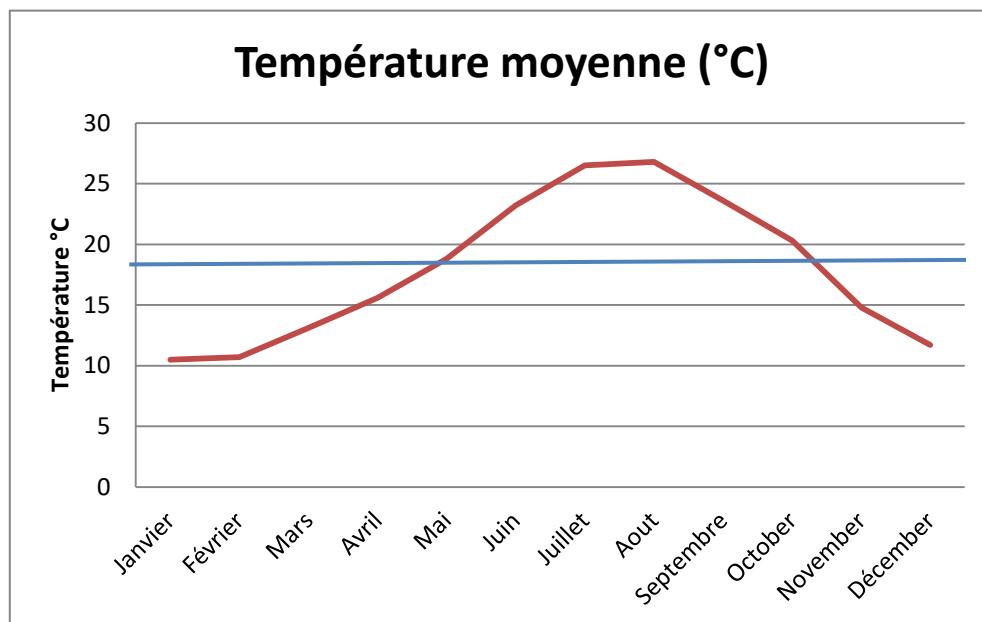


Figure 6 : Courbe de variation de la température pour l'année de 2021

Le mois le plus chaud de l'année est celui d'Aout avec une température moyenne de 26.8°C. Au mois de Janvier, la température moyenne est de 10.5°C. Janvier est de ce fait le mois le plus froid de l'année.

3 Présentation du projet

Vu la rareté de ressources en eau qui a été notée, le ministère des ressources en eau a prévu de mettre en place une station de dessalement des eaux de mer dans la commune d'El Marsa wilaya d'Alger), pour renforcer l'alimentation en eau potable de la commune d'Ain Taya. Cette étude concentre sur la partie du renforcement de réseau d'adduction à partir de la station de pompage située dans la SDEM (Station de Dessalement des Eaux de Mer) d'El Marsa vers le complexe de 02 réservoirs (2x1500m³) situés dans la commune d'Ain Taya (à l'endroit dit « Langlade »).(Le projet est en cours de réalisation par l'entreprise nationale «Hydro-Aménagement SPA, Rouiba, W.Alger). La figure 7 représente un schéma explicatif du projet.

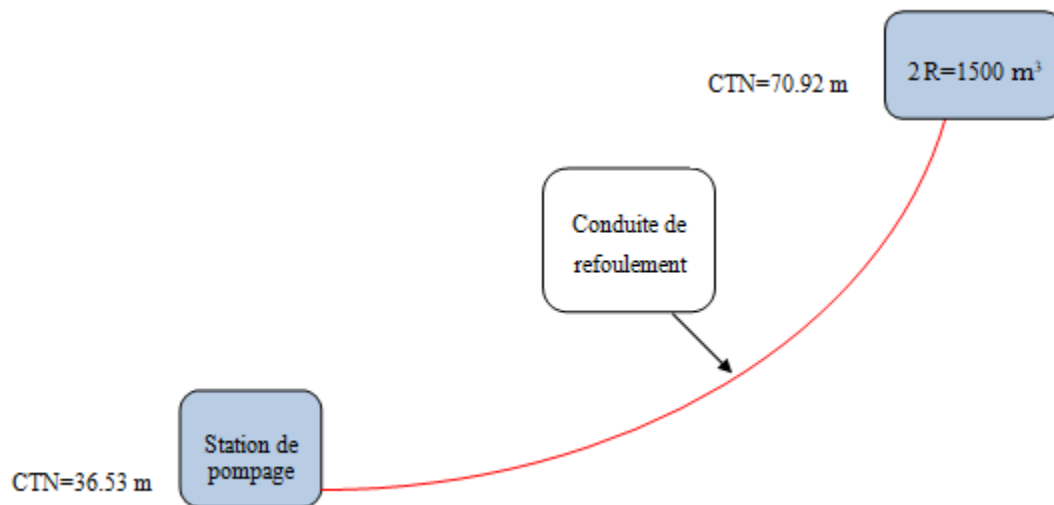


Figure 7: Schéma explicatif du projet

Les objectifs de ce travail sont les suivants :

- Etude de l'adduction et choix du tracé.
- Dimensionnement de la conduite de refoulement et choix de pompes.
- Faire l'organisation de chantier et l'exécution des travaux.

3.1 Structure du projet

3.1.1 Station de pompage

La station de pompage a pour but de refouler l'eau vers le complexe de réservoirs (2x1500m³) Langlade (commune d'Ain Taya), avec un débit de pompage journalier égale à 62600 m³/j et une hauteur manométrique totale égale à 39.66 m.

3.1.2 Conduite de refoulement

Cette conduite est de longueur de 6000m. Elle a pour but de transporter l'eau vers les deux réservoirs (2x1500m³).

3.1.3 Les accessoires de l'adduction

Les ventouses

Elles sont placées aux points hauts de réseau pour libérer les bulles d'air accumulées et emprisonnées dans les canalisations. Dans ce projet, six (06) ventouses sont prévues.

Les vidanges

Elles sont placées aux points bas de réseaux pour la vidange des conduites au moment d'éventuelles réparations. Pour ce projet, six (06) vidanges sont prévues.

Vannes de sectionnement

Permettent d'isoler une partie du réseau en cas au des réparations.

3.1.4 Les réservoirs

Ils sont situés dans le complexe Langlade. Ce sont 02 réservoirs tampons existants de capacité 2x1500m³.

3.1.5 L'anti-bélier

C'est un dispositif destiné à protéger le réseau contre le phénomène de coup de bélier (Figure 8). Il amortit l'onde de choc provoquée par la fermeture rapide d'une vanne.



Figure 8: Ballon d'anti bélier

4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons essayé de faire une présentation grossière de la zone d'étude localisée dans la commune d'El Marsa, W.Alger. Cette présentation concerne la situation géographique et climatologique. Aussi nous avons fait une description globale du projet qu'on va l'étudier.

Chapitre III

Etude de la conduite
de refoulement

1 Introduction

L'adduction se définit comme l'ensemble des ouvrages mis en place pour le transport de l'eau de sa source au réservoir de distribution à travers un réseau de conduites. Elle se fait à débit constant ($Q_{adduction}$), pour permettre le remplissage du réservoir dans un temps donné (toujours inférieur à 24 h). Les conduites d'adduction ne transportent que d'eau traitée et ont pour fonction d'assurer le transfert de l'eau entre deux points :

- entre la source et la station de traitement ;
- entre la source et les stockages ou le réseau de distribution.

Dans ce chapitre nous avons fait une étude sur une conduite d'adduction par refoulement entre la station de dessalement des eau de mer d'El Marsa et les réservoirs tampons existants ($2 \times 1500 \text{m}^3$) situés à Langland au sud de la commune d'El-Marsa.

2 Type des adductions

2.1 Adduction gravitaire

C'est une adduction où l'écoulement se fait gravitairement. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte piézométrique supérieure à la cote piézométrique de l'ouvrage d'arrivée. (GERMAINE, 2013)

2.2 Adduction forcée (par refoulement)

Lorsque l'altitude de la zone de captage est inférieure à celle de distribution, le pompage d'eau devient essentiel. Il a pour but d'élever l'eau du captage (ou d'un réservoir) et de la refouler dans l'adduction qui va vers un réservoir haut (GERMAINE, 2013).

2.3 Adduction mixte (refoulement- gravitaire)

Dans certains cas, la topographie des lieux imposera une adduction mixte refoulement-gravitaire. Un réservoir intermédiaire recevra l'eau provenant de la conduite de refoulement. L'eau s'écoulera ensuite par gravité (GERMAINE, 2013).

3 Choix du tracé

La conduite doit suivre le chemin le plus court possible. On évitera les zones à accès difficile (traversées de rivières, de canaux ou de routes importantes, ... etc). Il est préférable de choisir les voies d'accès existantes pour des raisons économiques, de facilité de pose, et de maintenance ultérieure des installations.



Figure 9: Tracé du tronçon étudié

4 Choix du matériau des conduites

Le choix du matériau de la conduite enterrée pour le transport de l'eau peut orienter vers un choix technique et économique, pour cela il faut de prendre en considération les facteurs suivants (Ouahid, 2021) :

- L'interaction mécanique de l'ensemble sol/tuyaux ;
- Les paramètres influents sur l'hydraulique du fluide (diamètre, pente, vitesse, rugosité, qualités physico-chimiques du fluide transporté) ;
- Attaque physico-chimiques et biologiques qui peut mener à l'érosion et la corrosion ;
- Les conditions d'installation de raccordement sur chantier ;
- La disponibilité des canalisations sur marché national.

Dans le cas de ce projet, nous avons opté pour les conduits de PRV (Polyester Renforcé de fibre de Verre), en raison de leurs avantages qu'elles présentent.

4.1 Les avantages des conduites en PRV

Longue durée de vie :

Les tuyaux sont fabriqués conformément aux normes internationales pour avoir une durée de vie minimale de 50 ans, alors les coûts d'exploitation et de maintenance sont négligeables (Magreb Pipe, Industrie;, 2016).

.Une surface interne lisse et régulière :

La surface interne lisse des tuyaux en PRV diminue les pertes de charges hydrauliques (avec une rugosité égale à 0.05 mm) (Magreb Pipe, Industrie;, 2016).

Une grande légèreté :

Le poids des tuyaux en PRV correspond approximativement à 1/4 du poids des tuyaux en acier, 1/5 du poids des tuyaux en fonte, et environ 1/10 du poids des tuyaux en béton (Magreb Pipe, Industrie;, 2016).

Résistance à la corrosion et aux produits chimiques :

- Le tuyau en PRV ne rouille pas car il ne contient aucun matériau métallique ;
- Il est doté de propriétés isolantes et n'est pas influencé par le courant électrique ;
- Il résiste à des pH de 1 à 10 pour des températures d'effluents jusqu'à 45°C ;

(Magreb Pipe, Industrie;, 2016).

Diamètres :

La gamme des diamètres pour les tuyaux PRV est très large. Cela s'étend de DN80 mm au DN2600 mm (Magreb Pipe, Industrie;, 2016).

La disponibilité dans le marché national :

L'usine Maghreb Pipe située à la zone industrielle de la wilaya de M'Sila assure la fabrication et l'alimentation du marché national par ce type de conduites. En effet, l'approvisionnement du projet d'adduction étudié sera moins chers à cause de la disponibilité locale de ce type de conduites et les frais bas de transport.

Mais on n'oublie pas que le PRV a aussi des inconvénients qui sont les suivants :

- Mauvaise résistance à la température à long terme.
- Le phénomène de vieillissement est un défaut commun des plastiques et des FRP.
- Module d'élasticité faible.

5 Dimensionnement des conduites

Quatre données sont nécessaires pour le dimensionnement d'une conduite d'adduction par refoulement :

- Les caractéristiques propres du site de prélèvement (les variations de débit);
- Les besoins prévisionnels de pointe à l'horizon de planification ;
- L'altitude du point à alimenter par rapport au point de prélèvement ;
- Le profil en long du terrain naturel.

La vitesse d'écoulement (v) conseillée dans les conduites d'adduction est comprise entre 0.5 et 2 m/s. Si $v < 0,5$ m/s, il ya risque de dépôt et l'acheminement de l'air difficile vers les points hauts. Si $v > 2$ m/s, il ya accroissement du risque de coup de bélier (GERMAINE, 2013).

La pression minimale doit être supérieure à la pression atmosphérique, notamment aux points hauts. La pression aux points bas doit rester inférieure à la pression nominale prescrite par le fabricant: PN 6, 10, 16, 25 bars (GERMAINE, 2013).

Les paramètres du dimensionnement sont :

- Le débit Q ,
- Le diamètre D ,
- La vitesse v ,
- La perte de charge ΔH ,
- La hauteur manométrique totale HMT.

6 Les lois de dimensionnement l'adduction par refoulement

6.1 Calcul du diamètre économique

Les formules permettant de calculer le diamètre économique sont les suivantes :

◆ Formule de BONNIN : $D_{\text{BONNIN}} = \sqrt{Q}$

◆ Formule de BRESS : $D_{\text{BRESS}} = 1,5 \times \sqrt{Q}$

Tels que :

- D_{BONNIN} , D_{BRESS} : diamètre de la conduite (m) ;
- Q : débit transitant dans le tronçon (m^3/s).

Ces deux formules donnent une approche du diamètre économique suivant plusieurs diamètres normalisés.

6.2 Vitesse d'écoulement

Elle est déterminée par la formule suivante :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi D^2}$$

Tels que :

- **V** : vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s) ;
- **Q** : débit véhiculé par la conduite (m³/s) ;
- **D** : diamètre de la conduite (m).

6.3 Pertes de charge

Les pertes de charge se divisent en pertes de charges linéaires et des pertes de charges singulières. On détermine le gradient de perte de charge par la formule de DARCY-WEIBSACH :

$$J = \frac{f \times V^2}{2gD}$$

Avec :

- **J** : gradient de perte de charge (m /m).
- **D** : diamètre intérieur de la conduite (m).
- **V** : la vitesse d'écoulement (m/s).
- **g** : Constante de gravité, 9.81 (m/s²).
- **f** : Coefficient de friction (sans unité).

En régime transitoire **f** est donnée par la formule de COLEBROOK-WHITE.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

Tels que :

- **ε** : La rugosité absolue à long terme, 0.05 mm.
- **Re** : Nombre de Reynolds.

6.3.1 Pertes de charges linéaires

Les pertes de charges linéaires sont dues au frottement de l'eau avec les parois des conduites et au frottement des particules liquides entre elles. Elles sont déterminées par la formule suivante :

$$\Delta H_L = J \times L$$

Tels que :

- ΔH_L : Pertes de charges linéaires (m).
- J : gradient de pertes de charge (m/m).
- L : Longueur de conduite (m).

6.3.2 Pertes de charges singulières

Elles sont générées par les singularités telles que les coudes, vannes, clapets, branchements ... etc. Les pertes de charge singulières sont estimées égale 10% à 15% des pertes de charges linéaires. Dans ce projet on prend 15%.

$$\Delta H_S = 15\% \Delta H_L$$

Avec :

ΔH_S : Pertes de charges singulières (m).

6.3.3 Pertes de charges totales

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S$$

Donc :

$$\Delta H_T = 1.15 \times \Delta H_L$$

Avec :

ΔH_T : Pertes de charges totales (m).

6.4 Détermination de la hauteur manométrique totale (HMT)

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.

$$HMT = H_g + \Delta H_T$$

Avec:

- H_g : Hauteur géométrique (m) ; $H_g = CTN_{2R} - CTN_{SP}$
- HMT: Hauteur manométrique total (m.c.e) ;
- ΔH_T : Pertes de charge totales (m.c.e).

7 Les résultats de dimension de réseau d'adduction par refoulement

Le tronçon SDEM – 2R commence de la Station de Dessalement des Eaux de Mer (El -Marsa) vers les deux (02) réservoirs de capacité 1500 m³ chacun.

- Les données de ce tronçon sont les suivants :

Tableau 3: Les données de trançon SDEM – 2R

Tronçon	CTN_{SP} (m)	CTN_{2R} (m)	$Q(m^3/j)$	L (m)	H_g (m)
SDEM- 2R	36.53	70.92	52200	6000	34.39

CTN_{SP} : Cote terrain naturel de la station de pompage (m)

CTN_{2R} : Cote terrain naturel des 02 réservoirs (m).

Q : Le débit à élever (m^3/j).

L : Longueur de conduite (m).

H_g : La hauteur géométrique (m)

Remarque 01:

Dans le cas de l'adduction par refoulement, on utilise le débit de pompage qui est déterminé comme suit :

$$Q_p = Q \times \frac{24}{T_p}$$

Avec :

Q_p : Le débit pompé (m^3/s).

Q : Le débit à élever (m^3/s).

T_p : Le temps de pompage en heure (dans notre cas on prend $T_p = 20h$).

$$Q_p = 0.604 \times \frac{24}{20}$$

$$Q_p = 0.725 m^3/s$$

❖ Calcul du diamètre :

L'application des formules de BONNIN et BRESS donnent :

• Formule de BONNIN : $D_{BONNIN} = 0,851$ m

• Formule de BRESS : $D_{BRESS} = 1,27$ m

Donc les diamètres normalisés sont : 900 mm, 1000mm, 1100 mm et 1200 mm

❖ Calcul de la vitesse et perte de charges et la HMT :

Tableau 4: Résultats de calculs

Tronçon	Q (m^3/s)	D (mm)	V (m/s)	Re	f	$\Delta HT(m, c, e)$	H_g (m)	HMT (m)	PN (bar)
SDEM-2R	0.725	900	1.14	1026185,421	0,0103	5.27	34.39	39.66	PN 10
		1000	0.92	923566,879	0.0105	3.17		37.56	PN 10
		1100	0.76	839606,2536	0.0107	2.004		36.39	PN 10
		1200	0.64	923566.879	0.0109	1.31		35.70	PN 10

D'après le tableau de résultats, on choisit le diamètre normalisé DN900mm, car les pertes de charge sont relativement faibles par rapport aux pertes engendrées par rapport les autres diamètres, et la vitesse d'écoulement est meilleure. Donc, les pertes de charges et la vitesse d'écoulement sont acceptables.

Le choix de la pression nominale de la conduite de refoulement

On a : 1 bar = 10 m.c.e et HMT = 3.9 bar = 39.66 m.c.e, donc des conduites de pression nominale de 10 bar sont suffisantes. Notons que ce choix n'est pas définitif et doit être vérifié et confirmé par le calcul des surpressions et des dépressions dus au phénomène de coup de bélier. Ce calcul sera abordé par la suite dans le chapitre suivant.

8 Coup de bélier

Le coup de bélier est un phénomène transitoire et oscillatoire due à un changement brusque de régime d'écoulements qui donne naissance à des ondes de pression positifs ou négatifs qui joue sur la masse volumique du liquide qui fait que si le liquide se comprime la conduite se dilate pour absorber se choc. (AMARA, 2010).

8.1 Causes du coup de bélier

L'apparition de ce phénomène est dû à (BABOURI, 2021) :

- Fermeture rapide d'un robinet vanne.
- Démarrage d'un groupe électropompe à vanne ouvert.
- Démarrage ou arrêt d'une pompe débitante dans une conduite déjà alimenté.
- Arrêt brutal par disjonction inopiné d'un groupe ou de plusieurs groupes de pompe alimentant une conduite d'alimentation débitant dans un réservoir.
- Modification de la vitesse d'une pompe.
- Disparition de l'alimentation électrique dans une station de pompage qui est la cause la plus réponde dans l'apparition du coup de bélier dans un réseau d'eaux potable.

8.2 Conséquence du phénomène

Comme nous l'avons expliqué précédemment le coup de bélier se traduit par des variations de manière oscillatoire de pression et cela représente un danger considérable pour notre chaîne d'adduction et peut mener à l'éclatement des conduites ou aplatissement de ces dernières. (BABOURI, 2021)

8.3 Moyens de protection anti-bélier

Les moyens de réduction de l'impact du coup de bélier sur la chaîne d'adduction sont nombreux et leur choix dépend donc des caractéristiques hydrauliques de l'installation dans la majorité des cas le choix se fait entre ces moyens (BABOURI, 2021) :

- Le volant d'inertie.
- Le réservoir hydropneumatique (réservoir d'air).
- La cheminée d'équilibre.
- Les soupapes de décharges.
- Les ventouses

8.4 Etude du coup de bélier

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

8.4.1 Calcul de la célérité

La célérité des ondes est la vitesse de propagation des ondes elle est donnée par la formule d'ALLIEVI :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \frac{k \times D}{e}}}$$

- a : la célérité de l'onde (m/s).

- k : coefficient dépendant de la nature de la conduite.
- D : diamètre de la conduite (mm).
- e : épaisseur de la conduite (mm).

8.4.2 Calcul de la valeur maximale du coup de bélier

Elle est calculée par la formule de (JOUKOSKI) :

$$b = \frac{a \times v_0}{g}$$

Avec :

- b : valeur du coup de bélier (m.c.e).
- v_0 : vitesse d'écoulement (m/s).
- g : accélération de la pesanteur (m/s²).

La valeur maximale de la pression (surpression) sera :

$$H_s = H_0 + b$$

La valeur minimale de la pression (dépression) sera :

$$H_d = H_0 - b$$

- H_s : Valeur de la surpression (m.c.e).
- H_d : Valeur de dépression (m.c.e).
- H_0 : La pression absolue dans la conduite (m.c.e).

8.5 Résultats de calculs

Tableau 5: Résultats de calculs de la surpression et la dépression

D (mm)	Célérité de propagation d'onde pour le PRV a	Valeur maximale du coup de bélier b (m)	La hauteur géométrique Hg (m)	Surpression (m)	Dépression (m)	La pression nominale
900	172.24	16.21	34.39	50.60	-18.17	PN 10
1000	163.52	15.39		49.78	-18.99	PN 10
1100	156	14.68		49.07	-19.70	PN 10
1200	149.43	9.77		44.16	-24.61	PN 10

Après avoir faire les calculs de la surpression et la dépression, on remarque qu'elles ne dépassent pas la pression nominale, alors on peut dire que n'y a pas des risques de phénomène de coup de bélier sur la conduite et la pression nominale PN10 sera suffisante lors le choix de la conduite.

9 Conclusion

Dans ce chapitre, une étude sur le dimensionnement de réseau d'adduction était faite. Au le début, nous avons vu les types d'adduction, après ça nous avons faite le choix du tracé puis on passe à le choix type du matériau (on choisi le PRV), et nous avons vu à la fin de chapitre le dimensionnement du conduite de refoulement et leur protection contre le phénomène de coup de bélier.

D'après l'étude de ce chapitre on trouve les résultats suivants :

- Le débit pompé : $0.725 \text{ m}^3/\text{s}$ (725 l/s) ;
- Le diamètre de conduite de refoulement : DN 900 mm en PRV ;
- La valeur de surpression égale à 50.60 m ;
- La valeur de la dépression égale à -18.17m.

Chapitre IV

Etude de choix des
pompes

1 Introduction

Les pompes sont des organes mécaniques utilisés dans le but d'apporter une pression adéquate au besoin requis pour différents domaines d'utilisation.

Dans ce chapitre on va voir une généralité sur les pompes, ainsi que le choix de pompes et les phénomènes qu'on les trouve dans une pompe.

2 Définition de la pompe

Les pompes sont des appareils mécaniques servant à véhiculer un liquide d'un endroit à un autre, la pompe doit fournir une certaine pression appelée hauteur manométrique totale, cela dépend des conditions d'aspiration et de refoulement, par conséquent on peut dire que le rôle de la pompe est de transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique (BEDJAOUI Abd Elkrim, 2021).

Les pompes peuvent être classées en deux types : pompes centrifuges et pompes volumétriques.

3 Les types de pompes

3.1 Pompes volumétriques

Pompes volumétriques sont des machines où le fluide est emprisonné puis forcé (compressé) à sortir à pression élevée. Les pompes volumétriques sont généralement des pompes à débit constant sur leur plage de fonctionnement. Ces pompes peuvent être : rectilignes pour fonctionner en alternative (en discontinu), ou rotatives pour fonctionner en continu (Metaiche, 2021).

3.2 Pompe centrifuges

Pompes centrifuges sont des machines où le fluide est induit et guidé par le mouvement de rotation pour sortir à vitesse élevée (donc à pression élevée). Les pompes centrifuges sont appelées aussi les turbopompes car elles sont puissantes en matière de débit

ou de pression. Ces pompes sont obligatoirement rotatives. Ces pompes peuvent être : radiale, axiale, ou semi axiale (Metaiche, 2021).

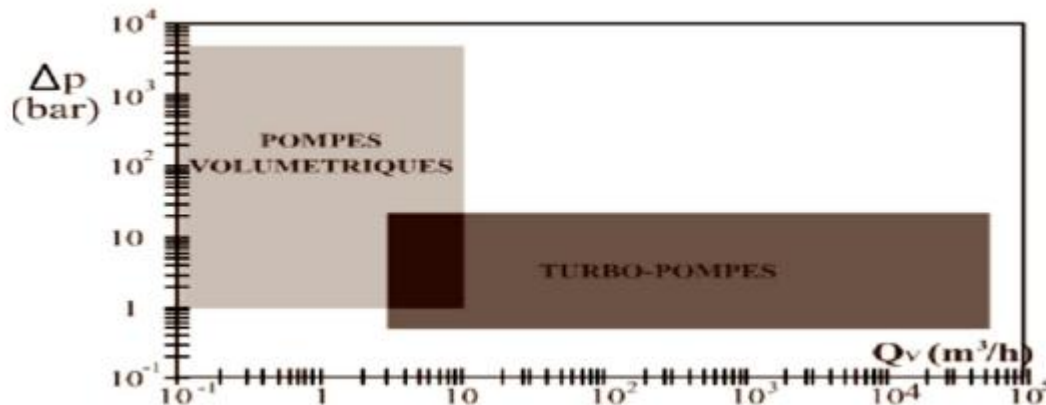


Figure 10: Domaine d'utilisation de pompes centrifuges et volumétriques (V.KADDIANOV, 1982)

Nous avons choisi les pompes centrifuges a cause des avantages suivants (Metaiche, 2021):

- Un débit important,
- Le fonctionnement est continu, et leur débit est régulier,
- L'utilisation est simple et facile,
- La construction est simple (sans clapet ou soupape).
- Le rendement est souvent meilleur que celui des pompes volumétrique.
- Leur fonctionnement est silencieux.

4 Couplage de pompe

Dans certains cas, une seule pompe ne suffit pas. Dans ce cas nous devons utiliser plusieurs. Nous allons donc travailler sur le couplage des pompes, soit en parallèle ou bien en série, selon le besoin.

4.1 Couplage en série

Le montage des pompes en série permet d'augmenter fortement la hauteur de refoulement (hauteur manométrique totale, HMT). Si l'on conserve le débit initial d'une pompe seule, la HMT est doublée.

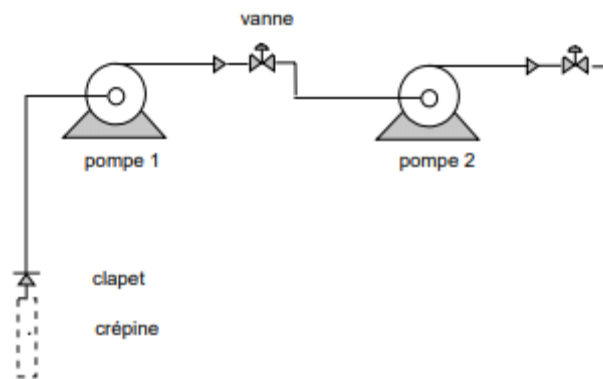


Figure 11: Montage de 02 pompes en série (ST-GERMAIN, 2017)

4.2 Couplage en parallèle

Le montage des pompes en parallèle permet d'augmenter fortement le débit pompé sur un réseau. Il suffit d'ajouter les débits de chaque pompe en conservant la HMT pour tracer la courbe caractéristique, parce que les pertes de charges J croîtront proportionnellement au débit.

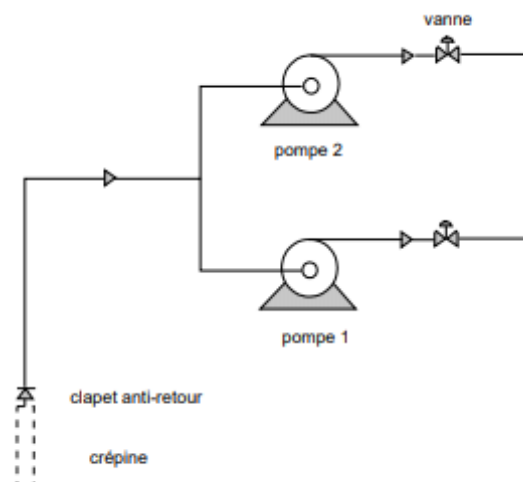


Figure 12: Montage de 02 pompe en parallèle (ST-GERMAIN, 2017)

Remarque 02:

Nous avons choisi le couplage en parallèle, parce que le débit pompé requis est élevé, tandis que la HMT est faible.

5 Choix de type de pompes

Le choix de pompe se fait selon des critères :

- Il faut assurer le débit pompé et la HMT.
- Meilleur rendement.
- Condition de non cavitation vérifiée.
- Faible consommation d'électricité (ou d'énergie dans manière générale).
- Petite taille et faible poids de pompes.
- Vitesse de rotation la plus élevée.

Nous avons choisi la marque LOWARA a Xylem brand (<https://www.xylem.com/fr-fr/support/outils-et-calculateurs-interactifs/xylect/>). La marque offre un portail web facile à utiliser pour le choix de pompes et aide les clients. Lorsque on cherche sur une pompe qui corresponde le débit et HMT du projet ($Q = 2610 \text{ m}^3/h$, $HMT = 39.66$), on trouve le type LC 300-450 P5NF1 20004 (Figure 01: annexe II). On opte pour deux (02) pompes en parallèle (parce que il existe pas une pompe suffisante pour ce débit, alors il faut le deviser sur 02) + une 01 de secours.

6 Les courbes caractéristiques

Les courbes principales sont au nombre de deux, elles caractérisent la pompe. Elles sont établies par le constructeur pour un type de pompe et une vitesse de rotation donnée.

D'après le débit et la HMT on trouve 02 pompes avec les courbes caractéristiques suivantes :

6.1 Courbe débit-hauteur

Elle présente les variations de la hauteur manométrique totale d'élévation (HMT) susceptible d'être fournie par la pompe en fonction du débit Q (Figure 12).

6.2 La courbe rendement-débit ($\eta = f(Q)$)

Cette courbe présente les valeurs du rendement en fonction du débit (Figure 12).

6.3 *La courbe des puissances absorbées-débit ($P = f(Q)$)*

Elle représente la variation des puissances absorbées en fonction des débits (Figure 12).

Les courbes caractéristiques du couplage des pompes choisies

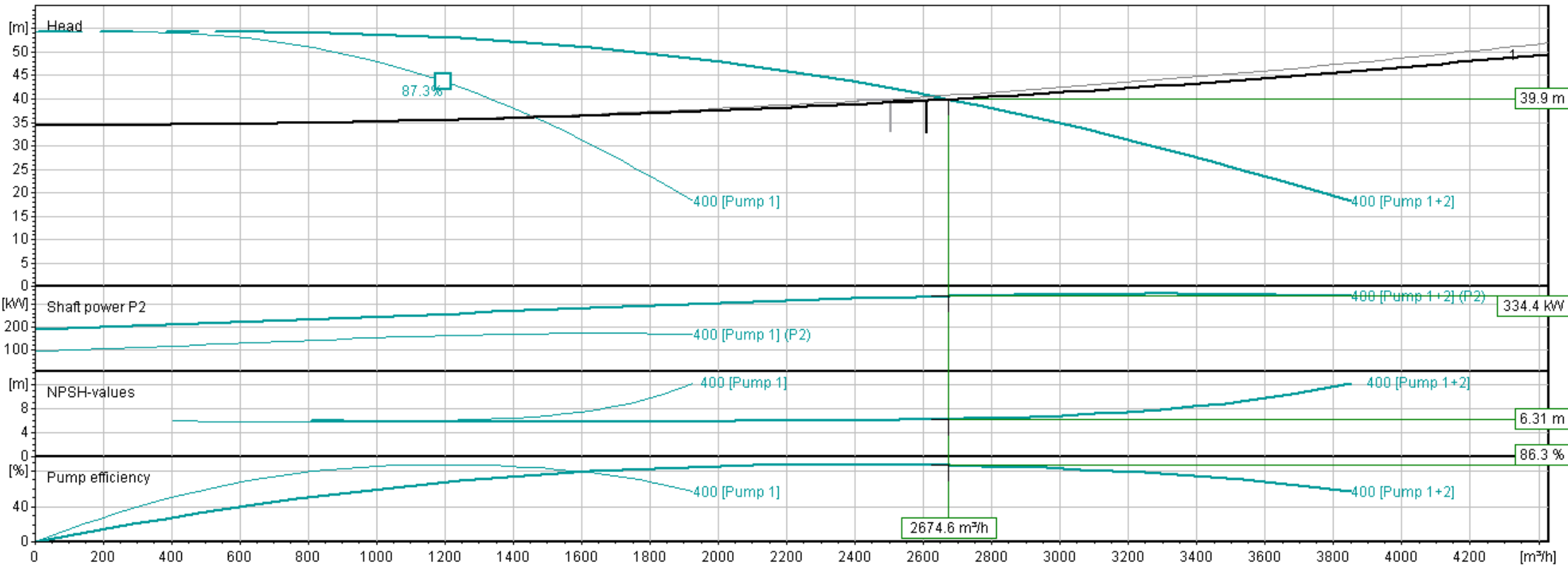


Figure 13: Courbes caractéristiques du couplage des pompes choisies

7 Le point de fonctionnement

Le point de fonctionnement de la pompe est déterminé par le point d'intersection de la courbe caractéristique de la pompe Q-H et la courbe exprimant la variation de la perte de charge de la conduite de refoulement augmentée par la hauteur géométrique. Cette dernière hauteur est la différence entre le plan d'eau d'aspiration et de refoulement.

D'après les courbes caractéristiques, le point de fonctionnement est ($Q=2674.6 \text{ m}^3/h$; $HMT = 39.9 \text{ m}$).

Les pompes choisies ont les caractéristiques suivantes :

Tableau 5: Les caractéristiques des pompes.

Q (m^3/h)	HMT (m.c.e)	Puissance _{absorbée} (KW)	Rendement %	NPSH (m)
2674.6	39.9	334.4	86.3	6.31

Remarque :

Pour régler le débit pompé on peut procéder au vannage. Alors le point de fonctionnement ça sera ($Q=2610 \text{ m}^3/h$; $HMT = 40 \text{ m}$).

8 La puissance absorbée des pompes

$$P_{ab} = \frac{P_{fournie}}{\eta}$$

$$P_{ab} = \frac{Q \times HMT \times g}{\eta}$$

Avec :

P_{ab} : Puissance absorbée par la pompe(KW) ;

$P_{fournie}$: Puissance fournie (KW) ;

Q : Débit de la pompe (m/s) ;

g : L'accélération de la pesanteur (m/s^2) ;

η : Rendement de la pompe (%).

Résultats de calculs :

$$P_{ab} = \frac{0.725 \times 40 \times 9.81}{0.863}$$

$$P_{ab} = 329.65 \text{KW}$$

9 Energie consommée par la pompe pour une année de fonctionnement

$$E = P_{ab} \times T \times 365$$

Avec :

E : Energie totale consommée par la pompe (kw.h) ;

P_{ab} : Puissance absorbée par la pompe(KW) ;

T : Temps de fonctionnement des pompes 20h.

Résultats de calculs :

$$E = 329.65 \times 20 \times 365$$

$$E = 2406445 \text{kw. h}$$

10 La cavitation

La conception des pompes centrifuges fait que c'est à l'entrée de la roue que la pression est la plus faible à cause de l'aspiration. La température d'ébullition du liquide a une relation parallèle avec la pression absolue totale à l'entrée de la roue, lorsque la pression absolue totale à l'entrée de la roue est très faible, la pression de vapeur saturante de l'eau peut être facilement atteinte à des températures très faibles (températures courantes); et l'eau commence à s'évaporer pour produire des bulles (cavités). (Metaiche, 2021).

Le phénomène de cavitation est comme suite :

- L'eau commence à s'évaporer partiellement.
- Les bulles gazeuses de vapeur seront entraînées (avec le liquide) sur les aubes ou la pression est plus élevée (loin de l'axe).
- Après entrainement à l'intérieure de la pompe (où la pression est élevée), les bulles auront supérieure à la pression de vapeur ($P > P_v$) ; ce qui favorise leur condensation, leur grossissement, et puis leur éclatement (Metaiche, 2021).



Figure 14: Apparition de bulles de cavitation sur les pales d'une hélice (POMERO, 2002)

10.1 Effets de la cavitation sur les pompes

La cavitation provoque des piqûres de corrosion sur la roue et le corps de pompe. Ce qui cause la dégradation de la performance de la pompe (ZIANE, 2014). Voir la figure 14.



Figure 15: Effets de la cavitation (Arsizio, 2019)

10.2 Éviter la cavitation

Pour éviter la cavitation, vous devez d'abord comprendre la Hauteur d'aspiration nette positive (NPSH). Cette valeur 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 vapeur.

En cas de risque de cavitation, il existe plusieurs approches pratiques pour l'éviter (Kader, 2021):

- 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.
- Augmenter la hauteur d'aspiration.
- Si le phénomène persiste, choisissez une autre pompe.

10.3 Vérifier la cavitation

NPSH c'est un critère qui sert à définir la pression nécessaire à l'aspiration de la pompe. La condition de non cavitation est vérifiée si : $NPSH_d > NPSH_r$

Avec :

- $NPSH_d$: NPSH (Net positive section head) ou hauteur de charge nette absolue disponible (m).
- $NPSH_r$: NPSH (Net positive section head) ou hauteur de charge nette absolue requise (m).

On peut calculer le $NPSH_d$ par la formule suivante :

- $NPSH_d = P_{atm} - P_v - \Delta H_{aspi} + H_h$ (Aspiration en charge).
- $NPSH_d = P_{atm} - P_v - \Delta H_{aspi} - H_h$ (Aspiration en dépression).

Avec :

P_{atm} : Pression atmosphérique en (m.c.e) ;

P_v : Pression absolue de vaporisation du fluide (0.24 m.c.e) ;

ΔH_{aspi} : Pertes de charge de la conduite d'aspiration en (m.c.e) ;

H_h : La hauteur de l'aspiration.

L'étude de cavitation des pompes est présentée a ressorti les résultats exprimés dans le tableau suivant :

Tableau 6: Résultats de calculs de l'NPSH

Longueur d'aspiration (m)	Singularité (2 coudes de 90°)	ΔH_{aspi} (m)	H_h (m)	P_v (m)	P_{atm} (m)	$NPSH_d$ (m)	$NPSH_r$ (m)
3	0.5	0.001	1	0.24	10.013	10.772	6.44

✚ La valeur de $NPSH_d$ est importante par rapport à la $NPSH_r$ ($6.44m < 10.772m$), donc on peut dire que la condition de non cavitation est vérifiée.

11 Conclusion

Dans ce chapitre, une étude sur le choix de pompe était faite, premièrement nous avons vu une idée sur les pompes. Après ça, nous avons fait le choix de pompes où on a opté pour la marque LOWARA a xylem brand.

D'après l'étude de ce chapitre on a trouvé les résultats suivants :

- Le point de fonctionnement de la pompe ($Q=2674.6 \text{ m}^3/h$; HMT = 39.9 m) ;
- La pression nominale : PN 10 ;

Chapitre V

Organisation de
chantier et exécution
des travaux

1 Introduction

L'organisation de chantier est une étape très importante pour assurer la réalisation et l'avancement des travaux et la bonne gestion des entreprises.

Il à pour but de réaliser des projets dans des délais courts et à moindres coûts, elle consiste à utiliser la main d'œuvre d'une façon économique.

2 Organisation de chantier

L'organisation d'un chantier est l'ensemble des dispositions, des méthodes, des moyens pour gérer le travail dans des conditions adéquates.

2.1 Organigramme de chantier

L'organigramme de la direction de chantier essentiel pour comprendre les relations entre les intervenants.

2.1.1 Relation contractuelles

Les instructions sont données par écrit par le maitre de l'ouvrage directement vers les entreprises ou les partenaires contractants et non à leurs éventuels sous-traitants. (BOUFAGHES Ibrahim, 2019).

2.1.2 Relation fonctionnelles

Le maitre de l'ouvrage peut être amené à demander ou autoriser le maitre de l'œuvre de délivrer un ordre de service ou une instruction à l'Entrepreneur. Si cette instruction concerne un sous-traitant, la transmission se fera sous couvert de l'entrepreneur, il n'y pas de relation direct entre le maitre d'œuvre et le sous-traitant. (BOUFAGHES Ibrahim, 2019).

Le schéma organisationnel de la direction de chantier varie d'un chantier à l'autre. En voici un exemple parmi d'autre.

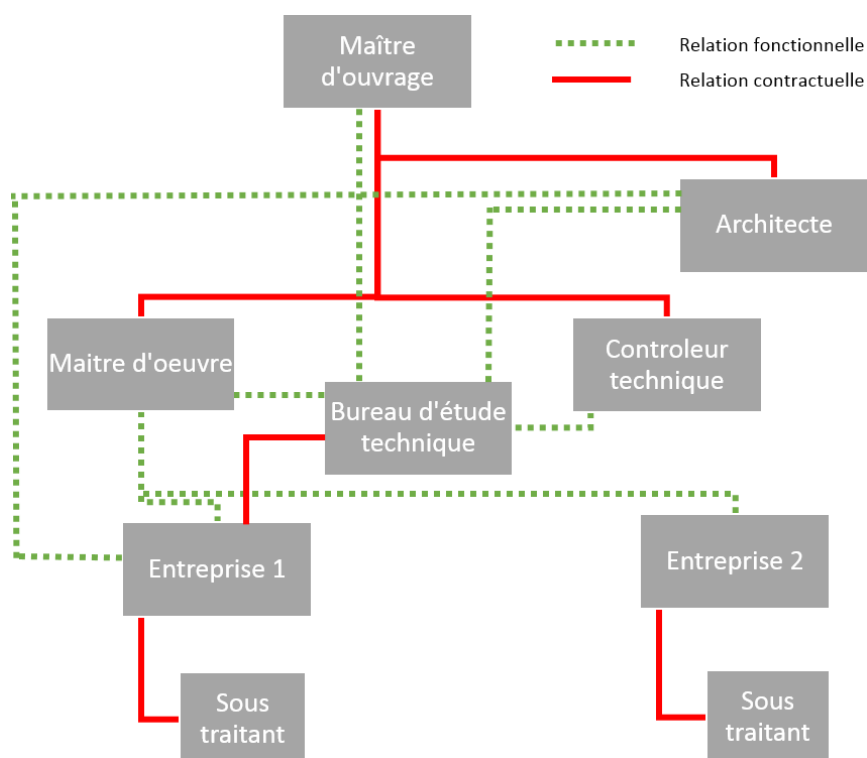


Figure 16: Schéma fonctionnel représente les liens entre intervenants. (VALENTE, 2020)

2.2 Les intervenants du chantier

2.2.1 Le maître d'ouvrage

C'est le responsable de la réalisation, le contrôle des travaux et le financement des projets. (ZIANI, 2018)

2.2.2 Le maître de l'œuvre

C'est la personne physique, ou moral (bureau d'étude, groupe d'architectes) désigné par le maître de l'ouvrage pour la conception et le contrôle des ouvrages à réaliser sur le chantier. (ZIANI, 2018).

2.2.3 Chef du chantier

Le chef de chantier est responsable du bon déroulement de chantier. Il doit en assurer la préparation, le suivi technique, coordonner les différents corps de métier, ajuster et veiller à la disponibilité des ressources de façon à respecter les délais de réalisation des travaux. (ZIANI, 2018)

2.2.4 Chef d'équipe

Il organise son travail autour de 3 grandes activités (ZIANI, 2018) :

- Il vérifie la qualité de travail;
- Il assiste à la réception des travaux à la fin du chantier;
- Il exerce son métier sur le terrain, sous la responsabilité du chef de chantier.

2.2.5 Conducteur des travaux

C'est la personne responsable de la rédaction des rapports d'entretiens et de définition des moyens de la production (équipe, matériels, matériaux) (ZIANI, 2018).

2.2.6 Conducteur d'engins

C'est l'un des principaux acteurs du chantier, il assure la bonne conduite des divers engins utilisés dans les travaux de terrassement ou de nivellement. (ZIANI, 2018).

2.2.7 L'entrepreneur :

Il est chargé d'exécuter les travaux en conformité avec les documents contractuels et réglementaires. (ZIANI, 2018).

2.3 Services chantiers

On distingue 02 services qui sont les suivants. (BOUFAGHES Ibrahim, 2019).

Les Moyens Matériels

- Transport de matières et fournitures.
- Transport de personnels.
- Engins et outils du travail.

Moyens Humains (Personnels)

- Un chef projet.
- Un assistant au chef projet chargé des études.
- Un ingénieur en hydraulique.
- Un ou des conducteurs de travaux.
- Un ou des chefs chantier.
- Un chef contrôle interne chargé de l'hygiène et la sécurité.

3 Exécution des travaux

Les principales étapes à exécuter pour la pose des canalisations sont (Rahma, 2018):

- Tracés du réseau (Figure 12 A) ;
- Décapage de la couche du goudron (si elle existe) et ouverture de tranchée ;
- Réalisation d'aménagement du lit de pose (Figure 12 B) ;
- La mise en place des canalisations en tranchée (Figure 12 C) ;
- Assemblage des canalisations (Figure 12 D) ;
- Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints ;
- Remplir la tranchée par le gravier (Figure 12 E) ;
- Pose du grillage avertisseur (Figure 12 F) ;
- Remblai des tranchées (Figure 12 G).



A



B



C



D



E



F



G

Figure 17: Les étapes de pose de conduite en PRV

4 Choix des engins

Tableau 8 : Définitions des engins. (BOUFAGHES Ibrahim, 2019)

Matériel	Définition
Pelle hydraulique (Figure 13.1)	Sont des engins de terrassement qui conviennent à tous les terrains même durs
Rétro-chargeur (Figure 13.2)	Sont des engins de terrassement et de chargement dans les terrains moins durs et des accès étroits
Chargeur (Figure 13.3)	C'est un tracteur à pneus muni de godet de chargement et de déchargement à l'avant, on l'utilisera pour remblayer les fouilles, les casiers et la tranchée après pose de la conduite dans les accès large.
Compacteur (Figure 13.4)	C'est un engin peu encombrant, composé de deux petits cylindres d'environ 30 cm de diamètre muni d'un guidon. Cet engin sert au compactage des remblais des surfaces étroites telles que les fouilles des semelles, les casiers entre ceintures inférieures du bâtiment et les tranchées.
Camion à benne (Figure 13.5)	C'est un gros véhicule automobile destiné à l'évacuation des déblais supplémentaire à la décharge public et aussi pour le transport des matériaux nécessaire à la réalisation de projet.
Camion plateau (Figure 13.6)	C'est un gros véhicule automobile destiné à transporter les tuyaux
Bétonnière (Figure 13.7)	Est une machine servant à malaxer les différents constituants du mortier (ciment ou chaux, sable, eau) ou du béton.



1



2



3



4



5



6



7

Figure 18: Les engins des travaux

5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit la définition de l'organisation de chantier et leur organigramme. Nous avons fait la connaissance de l'exécution des travaux pour la pose de conduite en PRV, et aussi les engins utilisés durant la réalisation.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au cours de ce travail nous avons établi les différentes étapes nécessaires pour réaliser une étude d'adduction dans le but de satisfaire les besoins d'une agglomération à la capitale Alger, et pour cela nous avons exploré les différentes facettes qui permettent l'élaboration d'une adduction qui viendra répondre aux exigences techniques de ce genre de projets.

Nous avons d'abord présenté le lieu du stage qui est l'entreprise nationale «Hydro-Aménagement». En suite, nous avons présenté le site de la zone d'étude et le projet étudié. Après on a passé à l'étude de l'adduction par refoulement.

Cette étude nous a conduit à ressortir les résultats suivants :

- Le débit journalier pompé est $62600 \text{ m}^3/\text{j}$.
- Deux (02) pompes sont prévues de fonctionner en parallèle avec une (01) de secours.
- Le débit pompé par les deux pompes est égale à 725 l/s.
- Le diamètre économique de la conduite de refoulement DN 900 mm.
- Le choix du matériau de la conduite de refoulement s'est porté sur le PRV (Polyester Renforcé de fibre de Verre). Il est choisi à cause de leurs avantages.
- Nous avons choisi des pompes de la marque de « LOWARA a bild Xylem », où nous avons utilisé le site web de cette marque pour faire le choix.
- Nous avons fait une vérification de risque de coup de bélier pour protéger le réseau contre ce phénomène, et on a choisi la pression nominale PN10.
- Dans la partie de réalisation du projet, nous avons vu comment ça sera l'organisation de chantier, aussi les étapes de pose de canalisation en PRV. A la fin de ces étapes, nous avons décrit le matériel et les engins utilisés dans la réalisation.

Bibliographie

AMARA, L. (2010). *Etude numérique de phénomène transitoire du coup de bélier par la méthode caractéristique- Application à des cas pratiques*. Béjaia.

BABOURI, A. Y. (2021). *Diagnostic de réseau d'adduction en eau potable du village ATH-YENNI-W-TIZI OUZOU a partir des forages*. Université de Béjaia, Bejaia.

BEDJAOUI Abd Elkrim, G. M. (2021). *Optimastion de fonctionnement du réseau d'alimentation en eau potable de la ville nouvelle Bouinan*. Blida.

BENTIBA, K. (2021, 11 12). *Chapitre-1-Pompes-et-Station-de-Pompage-la-suite (1)*. Récupéré sur YUMPU: <https://www.yumpu.com/>

BOUFAGHES Ibrahim, K. F. (2019). *Etude de réseau d'A.E.P du village Tleta commune Taher wilaya de Jijel*. Mémoire de fin d'étude, univesrté de Jijel, Jijel.

CLIMAT-DATA.ORG. (2021). Récupéré sur <https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/alger/el-marsa-223949/>

GERMAINE, W. A. (2013). *Cours d'alimentation en eau potable (AEP)*. Université de Maroua, Institut superieur de Sahel, Cameroune.

Magreb Pipe, Industrie;. (2016). *Système de canalisations en polyester renforcé de fibres de verre*. Usine industriel, m'sila.

METAICHE, D. M. (2021, October). *Pompe centrifuges*. M'sila, Algérie, ISBN:978-9931-749-53-0

Ouahid, B. Y. (2021). *Diagnostic de réseau d'adduction en eau potable du village ATH-YENNI-W-TIZI OUZOU a partir des forages*. Bejaia.

POMERO, V. (2002). *Le phénomène de cavitation*. Récupéré sur ResearchGate: <https://www.researchgate.net>

ST-GERMAIN, C. (2017, 06 27). *Slide*. Récupéré sur Slide Player: <https://slideplayer.fr/amp/5247423/>

V.KADDIANOV. (1982). *Hydro-machines et compresseurs*. Moscou Nedra.

VALENTE, C. (2020). *Organiser le management de projet*. Récupéré sur METHODES BTP:
<https://methodesbtp.com/articles/organiser-management-chantier/>

ZIANE, T. (2014). *Etude de la formation des poches d'air dans la cavitation*. Mémoire de fin d'étude, Ecole Nationale Supérieure d'Hdraulique -ARBAOUI Abdellah-, Blida.

ZIANI, S. (2018). *Organisation d'un chantier*. Mémoire de Master, Tizi ousou.

ZOUBIR, R. (2018). *Projet de réhabilitation du réseau d'AEP de la commune de Sidi Akkacha(Wilaya de Chlef)*. Mémoire de fin d'étude, Université de Bouira, Institut de Technologie, Bouira.

Tableau 1: Tube PRV eau potable PN10

DN(mm)	L(m)	PN10					
		SN5000			SN10000		
		OD	t(mm)*	w(kg/m)	OD	t(mm)*	W(kg/m)
80	6	88	3.78	1.68	88	3.78	1.68
100	6	108	4	2.4	108	4	2.4
150	6	158	4.1	3.78	158	4.1	3.78
200	12	208	4	4.6	208	4.2	5.1
250	12	258	4	5.7	258.8	4.9	7.49
300	12	308.1	4.1	7	310.6	5.7	10.88
350	12	359.5	4.7	9.5	362.4	6.2	12.5
400	12	410.8	5.4	12.4	414.1	7.1	16.3
450	12	462.2	6.1	15.7	465.9	8	20.6
500	12	513.5	6.8	19.4	517.7	8.8	25.4
600	12	616.2	8.1	27.9	621.2	10.6	36.6
700	12	718.9	9.5	38	724.7	12.4	49.8
800	12	821.6	10.8	49.6	828.3	14.1	65.1
900	12	924.3	12.2	62.7	931.8	15.9	82.4
1000	12	1027	13.5	77.5	1035.3	17.7	101.7

Tableau 1; Tube PRV eau potable PN10 (suite)

DN(mm)	L(m)	PN10					
		SN5000			SN10000		
		OD	t(mm)*	w(kg/m)	OD	t(mm)*	W(kg/m)
1200	12	1229.5	16.8	122.4	1229.5	21.6	157.6
1400	12	213.21	19.5	166.17	1433.5	25	213.21
1600	12	278.17	22.1	215.64	1637.5	28.5	278.17
1800	12	350.67	24.7	271.54	1841.5	31.9	350.67
2000	12	431.55	27.3	333.89	2045.5	35.3	431.55
2200	12	520.83	29.8	401.29	2249.5	38.7	520.83
2400	12	618.48	32.4	476.38	2453.5	42.1	618.48
2600	12	724.51	35	557.89	2657.5	45.5	724.51

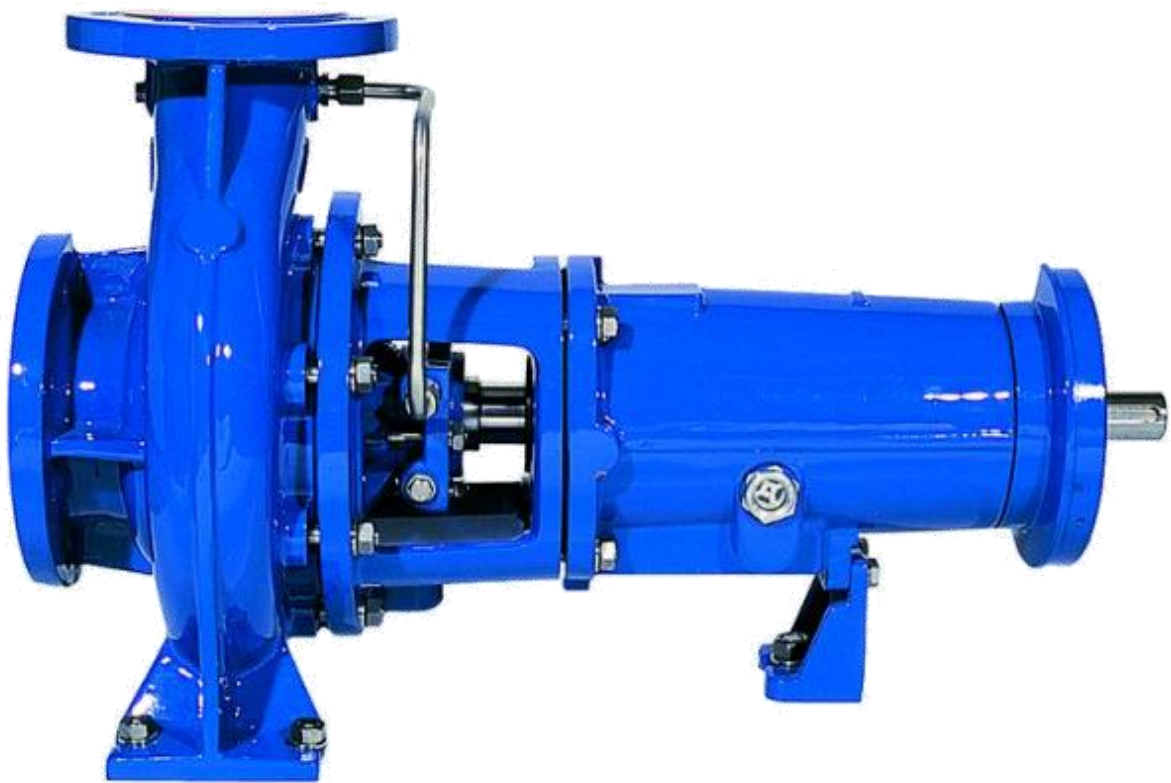


Figure 1:Lowara LC 300-450 NF Horizontal single stage end suction pump

LC 300-450 P5NF1 20004

Technical data

Company name
Contact
Phone number
e-mail address

Operating data			
1	Pumpe type	Single pumps as parallel circuit	
2	No. of pumps	3	Fluid
3	Nominal flow	m ³ /h 2610	Water, pure
4	Nominal head	m 39.66	Operating temperature t A °C
5	Static head	m 34.39	pH-value at t A
6	Inlet pressure	bar 0	Density at t A kg/dm ³
7	Environmental temperature	°C 20	Kin. viscosity at t A mm ² /s
8	Available system NPSH	m 0	Vapor pressure at t A bar
			Content of solid% Solid size mm
			Altitude m

Pump data			
9	Pump designation	LC 300-450 P5NF1 20004	
10	Design	Horizontal	Impeller Ø
11	Execution	DNd: vertical up - aggregate (standard)	
12	Operating speed	1/min 1490	Flow
13	Number of stages	1	
14	Suction nozzle	DN 350/ PN25 /EN 1092	Head
15	Discharge nozzle	DN 300/ PN25 /EN 1092	
16	Max. casing pressure	bar 25	Shaft power
17	Max. working pressure	bar 5.3	
18	Impeller type	Impeller design Radial impeller Closed	Max. shaft power
19	Bearing bracket	55 S	
20	Lubrication	oil (standard)	Efficiency %
21	Constant level Oil	without (side glas)	NPSH 3% m
22	Pump weight / Total weight	kg 1010 / 2359	Head H(Q=0) m

Materials			
23		Pump	Shaft Seal
24	Impeller	Cast iron, 0.6025	Packing stuffing box
25	Casing	carbon steel, 1.0619	P5..1 without lantern ring, external cooling
26	Bearing frame	Cast iron, 0.6025	Shaft
27	Casing Cover	Cast iron, 0.6025	shaft sleeve
28			Packing
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36	Wear rings	Cast iron, 0.6025	
37			

Motor data				Coupling		
38	Manufacturer	Lowara by Omega	Electric voltage	400 V	Manufacturer	Flender
39	Specific design	IE3 3ph Surface Motor - Premium Efficiency		Series	Standard Coupling - N-EUPEX - Type B	
40	Type	3MGS 315 M B3 200 kW		Type	B 200/4-55/80	
41	Rated power	200 kW	Electric current	342 A	Frame size	200
42	Nominal speed	1490 1/min	Degree of protection	IP55	Spacer length mm	4
43	Frame size	315 M	Explosion protection	-- -- IEC	Weight kg	16
44	Weight	1148 kg	Shaft diameter	80 mm	Coupling protection	mo
					Werkstoff :	

Base plate		Accessories	
45	Name	BAEG	
46	Weight	kg	185
Remarks		Heizmantel Gehaeuse	<input type="checkbox"/> yes / no
		Heizmantel Gehaeusedeckel	<input type="checkbox"/> yes / no
		Constant level Oiler	<input type="checkbox"/> yes / no
		Anchorbolts	<input type="checkbox"/> yes / no
			<input type="checkbox"/> yes / no
			<input type="checkbox"/> yes / no

LC 300-450 P5NF1 20004

Performance curve

Company name
Contact
Phone number
e-mail address

	Ø mm	Pump capacity Operating range			Pump head		Shaft power P2			Impeller type		Radial impeller		
		Min. m³/h	Max. m³/h	η m³/h	H(Q=0) m	η m	P2(Q=0) kW	Max. kW	η kW	Impeller design	Closed	Sense of rotation Clockwise from the drive end		
actual	400	289	1930	1200	54.2	43.7	95.2	345	162	Discharge width	mm	58.0		
Min.	382	/	/	1200	49.1	38.2	83.9	/	143	Free passage	mm			
Max.	460	/	/	1470	74.7	61.3	117	/	276	Duty chart	1475	Frequency	Hz	50
												Operating speed 1/min	1490	

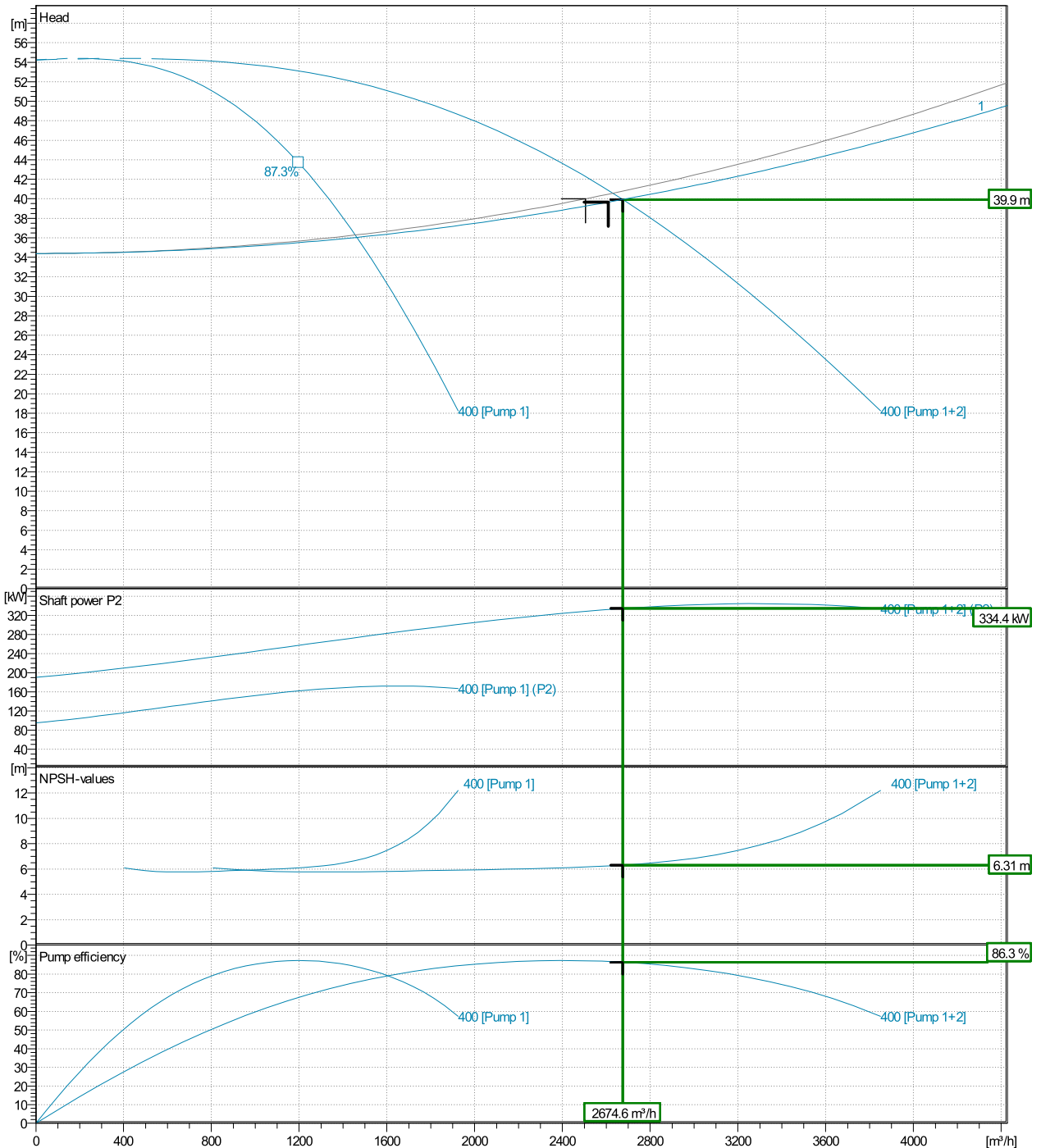
Power datas referred to:

hydr. Leistungsprüfung nach EN ISO 9906 Klasse

Water, pure [100%]; 4°C; 1kg/dm³; 1.57mm²/s

Grade 2B

MEI: N.A - according to Ecodesign Directive 2009/125/EC and Regulation (EU) No.547/2012



Unit with standard motor brand and accessories

DNd: vertical up - aggregate (standard)

Dimensions [mm]

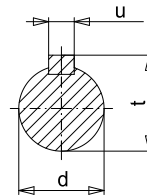
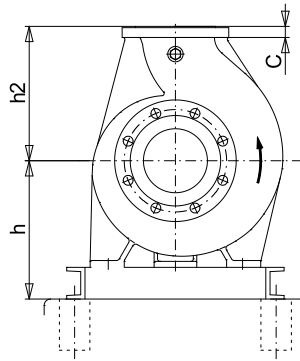
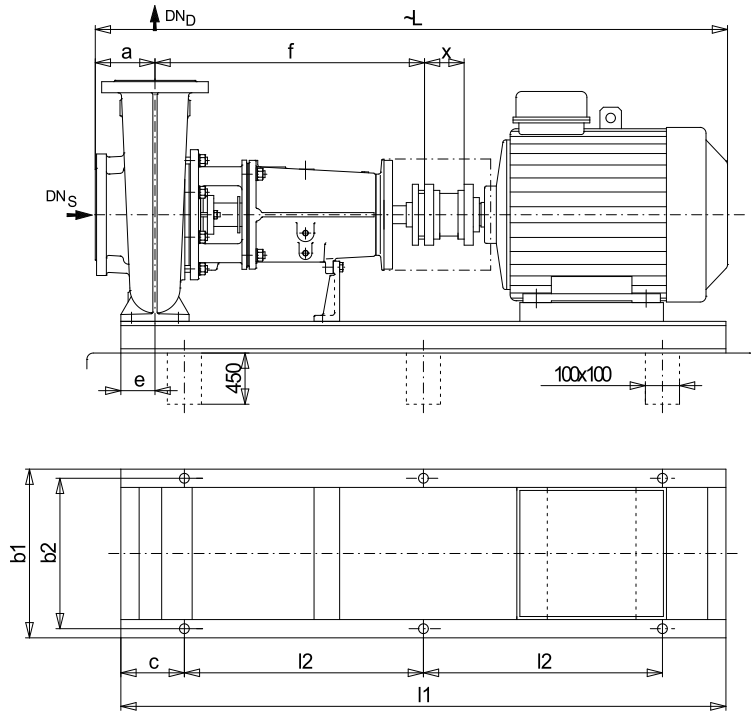
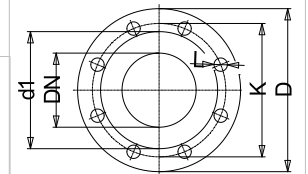
~L	2234
a	250
b1	870
b2	820
c	200
d	55
DNd	300
DNs	350
e	173
f	824
h	543
h2	630
l1	1600
l2	600
t	59
u	16
Volumen	2.9453
x	4

Dimensions and weight without obligation

Connections [mm]

Suction nozzle	Discharge nozzle
DN 350	DN 300
PN25	PN25
EN 1092	EN 1092

C	42	C	38
d	450	d	395
D	555	D	485
K	490	K	430
L	33	L	30
n	16	n	16



Weight	[kg]
Pump	1010
Coupling	16
Base plate	185
Motor	1148
Total weight	~ 2359

Project
Block LC 300-450 P5NF1 20004

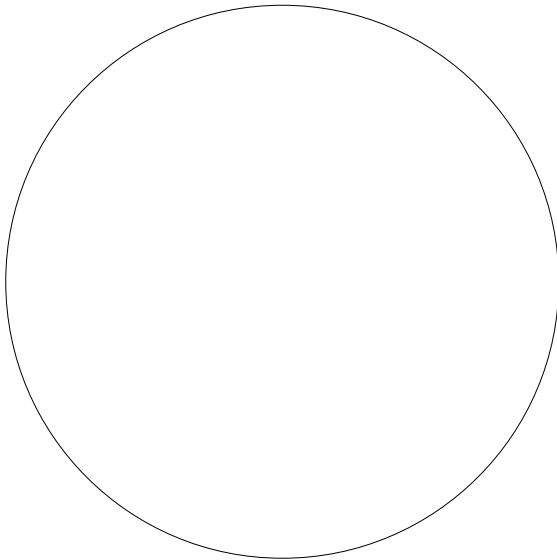
Created by Ik Ram
Created on 6/14/2022

Last update 6/14/2022

LC 300-450 P5NF1 20004

Total lifetime	15	Inflation rate (rate of price increases)	2 %
Annual operating time	5600	Interest rate (for investment)	3 %
Energy cost per kWh	0.00 EUR		
Power input P1			

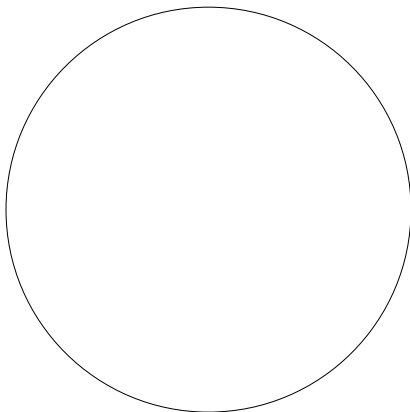
Total costs



**0.00
EUR**

- 0%** **0.00 EUR** Energy
- 0%** **0.00 EUR** Installation & commissioning
- 0%** **0.00 EUR** Operating cost
- 0%** **0.00 EUR** Maintenance & repair
- 0%** **0.00 EUR** Downtime
- 0%** **0.00 EUR** Environmental
- 0%** **0.00 EUR** Decommissioning

First year costs



**0.00
EUR**

- 0%** **0.00 EUR** Energy (1st year)
- 0%** **0.00 EUR** Installation & commissioning (1st year)
- 0%** **0.00 EUR** Operating cost (1st year)
- 0%** **0.00 EUR** Maintenance & repair (1st year)
- 0%** **0.00 EUR** Downtime (1st year)
- 0%** **0.00 EUR** Environmental (1st year)
- 0%** **0.00 EUR** Decommissioning (1st year)

Disclaimer: The calculations and the results are based on user input values and general assumptions and provide only estimated

Project Block	LC 300-450 P5NF1 20004	Created by	Ik Ram	Last update	6/14/2022
		Created on	6/14/2022		