

Higher National School of Hydraulic

The Library

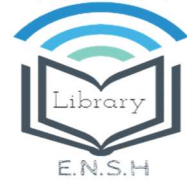
Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

**Etude de la station de pompage du complexe Mouaz, Kolea
(w.Tipaza) .**

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 1-0008-16

APA Citation (توثيق APA):

**Aksouh, Amina (2016). Etude de la station de pompage du complexe Mouaz, Kolea
(w.Tipaza)[Mem Ing, ENSH].**

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics.

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات، مقالات، دوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE-ARBAOUI Abdallah -

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : Conception Des Systèmes d'Alimentation en Eau Potable

THEME :

**ETUDE DE LA STATION DE POMPAGE DU
COMPLEXE MOUAZ. KOLEA (W.TIPAZA)**

Présenté par :

M^{lle} : AKSOUH Amina

DEVANT LES MEMBRES DU JURY:

Nom et prénom	Grade	Qualité
M^r O.KHODJET-KESBA	Professeur	Président
M^{me} S.BERBACHE	M A.A	Examinatrice
M^r M.DJELLAB	M.C.A	Examineur
M^{me} L.TAFAT	M A.A	Examinatrice
M^{me} W.MOKRANE	M A.A	Promotrice

Juin – 2016

Dédicaces

A tous ceux qui me sont chers.

AKSOVA.A

REMERCIEMENT

Grâce à Dieu le tout puissant ce travail a été réalisé.

Un hommage appuyé revient à mes parents, et toute ma famille pour leur soutien moral et matériel durant mon cursus.

Je remercie tout particulièrement ma promotrice M^{me} W. Mokrane de m' avoir encadré dans mon travail.

J' adresse mes remerciements à tous les enseignants de l' ENSH pour leurs enseignements de qualité et qui ont contribué à ma formation, aussi aux membres de jury d' avoir accepté d' évaluer mon travail.

M. O. Khodjet-Kesba qui m' a fait l' honneur de présider mon jury.

Aux membres de jury : M^{me} S. Berbache

M. M. Djellab

M^{me} L. Tafat

qui me font l' honneur d' apprécier et de juger ce travail.

En fin j' adresse mes remerciements à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l' élaboration de ce travail.

ملخص

العمل المنجز في إطار مذكرة نهاية الدراسة يهدف إلى دراسة محطة ضخ المياه من معالممة (ولاية الجزائر) إلى القليعة (ولاية تيبازة) بهدف ضمان تغطية حاجيات المستهلك بالمياه الصالحة للشرب لسكان المدن الشرقية لولاية تيبازة في حالة تعطل محطة تحلية مياه البحر بفوكة التي تمثل المصدر الأساسي لتغطية حاجياتهم بالمياه الصالحة للشرب. مذكرتنا هذه تتكون من سبعة فصول منقسمة إلى جزء نظري و الأخر تجريبي في الجزء الأول قمنا بتحديد أبعاد محطة ضخ المياه و قناة الضخ إلى محطة مواز من أجل اختيار التقدير الاقتصادي الأفضل.

Résumé

Notre objectif consiste à réaliser une étude sur une station de pompage du complexe SP3 (Mahelma ,W.Alger) vers le complexe Mouaz (Kolea ,W.Tipaza) dans le but d'assurer la sécurisation de l'AEP des communes Est de la wilaya de Tipaza en cas d'arrêt de la Station de Dessalement d'Eau de Mer de Fouka, principale source d'alimentation de la wilaya de Tipaza. Notre mémoire se compose de sept chapitres qui se divisent en deux parties à savoir une théorique et une expérimentale. Dans la partie expérimentale, Nous comptons faire le dimensionnement de la station de pompage ainsi que la conduite de refoulement vers le complexe Mouaz en essayant d'opter pour un devis estimatif le plus économique.

Abstract

This work aims at designing a pumping station SP3 from the complex of Mahelma, W.Alger to the complexe of Mouaz (Kolea ,W.Tipaza) in order to cover all the consumers' needs in potable water in the east city of Tipaza, in case the principal source of potable water of Tipaza city is out of work. Our work contains 7 chapters divided into 2 parts : theoretical and experimental. In the experimental part we will show the dimensioning of the pumping station as well as the conduit of repression to the complex Mouaz trying to obtain the least costing estimation, economically.

Liste des tableaux

Chapitre -II-

PRESENTATION DU COMPLEXE HYDRAULIQUE

Tableau II : avantages et inconvénients des variantes proposées.....	12
---	----

Chapitre -III-

ETUDE FONCTIONNELLE DE LA STATION DE POMPAGE

Tableau III .1 : Calcul des pertes de charge, Hauteur géométrique et la hauteur manométrique totale.....	16
Tableau III .2 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement.....	18
Tableau III.3 : Comparaison entre les différents modes de réglages.....	25
Tableau III.4: Variation de la tension de vapeur d'eau en fonction de la température.....	26
Tableau III.5 : Variation journalière des tarifs de l'énergie	34
Tableau III.9 : Bilan des frais d'exploitation et d'investissement.....	36
Tableau III.8 : Calcul des frais d'amortissement.....	36
Tableau III.7 : Calcul de frais d'exploitation.....	36
Tableau III.6: Calcul de la HMT.....	39

Chapitre -IV-

EQUIPEMENTS AUXILIAIRES DE LA STATION DE POMPAGE

Tableau IV.1 : Caractéristiques de la pompe d'incendie.....	39
Tableau IV.2 : Le débit journalier en fonction de la dotation et le personnel.....	40
Tableau IV.3 : Les caractéristiques de l'adduction de refoulement.....	49
Tableau IV.4 : Calcul de célérité d'onde.....	49
Tableau IV.5 : Calcul de volume de réservoir d'air de l'adduction de refoulement	50
Tableau IV.6 : Les dimensions du réservoir d'air de l'adduction de refoulement.....	50

Chapitre -VI-

ORGANISATION DE CHANTIER

Tableau VI.1: Calcul du volume des déblais.....	66
Tableau VI.2: Calcul du volume du lit de sable.....	67
Tableau VI.3 : Calcul du volume de la conduite.....	67
Tableau VI.4: Volumes des travaux de l'adduction.....	68
Tableau VI.5 : Coût des travaux de l'adduction	68
Tableau VI.6 : Définitions des tâches et leurs durées.....	69
Tableau VI.7 : Temps de réalisation des opérations de l'adduction.....	70

Liste des figures

Chapitre -I-

ETUDE PRELIMINAIRE

Figure I.1 : Situation géographique de la zone d'étude	2
---	---

Chapitre -II-

PRESENTATION DU COMPLEXE HYDRAULIQUE

Figure II.1 : Le complexe hydraulique SP3.	6
Figure II.2 : Les équipements de la station de pompage.....	7
Figure II.3 : Les différentes arrivées au réservoir de la station de pompage.....	8
Figure II.4 : Les différents réservoirs alimentés par le complexe Mouaz.....	9
Figure II.5 : L'emplacement de la Station de pompage projetée (Variante01).....	10
Figure II.6 : L'emplacement de la Station de pompage projetée (Variante02).....	10
Figure II.7 : L'emplacement de la Station de pompage projetée (Variante03).....	11
Figure II.8 : L'emplacement de la Station de pompage projetée (Variante04).....	11

Chapitre -III-

ETUDE FONCTIONNELLE DE LA STATION DE POMPAGE

Figure III.1 : Les courbes caractéristiques de la pompe Omega 250-800 A GB G F.....	17
Figure III.2: Point de fonctionnement de la pompe Omega 250-800 A GB G F.....	19
Figure III.3 : Mode de réglage par augmentation de la vitesse de rotation de la pompe.....	21
Figure III.4 : Mode de réglage par vannage.....	22
Figure III.5 : Mode de réglage par rognage.....	24
Figure III.6 : schéma des deux variantes proposées de l'adduction.....	30
Figure II.7 : Variante retenue de l'adduction.....	31
Figure III.8 : Bilan des frais d'investissement et d'exploitation de la conduite de refoulement.....	35

Chapitre -IV-

EQUIPEMENTS AUXILIAIRES DE LA STATION DE POMPAGE

Figure IV.1 : Réservoir hydropneumatique.....	45
Figure IV.2: Cheminée d'équilibre sur une conduite de refoulement.....	45
Figure IV.3 : Soupape de décharge type LEZIER.....	46
Figure IV.4: Planche d'encombrement des réservoirs d'air Hydrofort CHARLATTE.....	50
Figure IV.5 : Schéma d'installation du réservoir d'air.....	51
Figure IV.6 : La simulation du phénomène transitoire avec le logiciel CEBELMAIL.....	53

Chapitre -V-

ETUDE DU BATIMENT DE LA STATION DE POMPAGE

Figure V.1 : Coulage du radier sur place.....	58
Figure V.2 : Montage des poteaux.....	59
Figure V.3 : Pose des poutres.....	59
Figure V.4 : Installation du pont roulant.....	59
Figure V.5 : Montage des panneaux intérieurs.....	60
Figure V.6 : Installation des équipements.....	60
Figure V.7 : Poses des dalles.....	61
Figure V.8 : Montage des panneaux extérieurs.....	61
Figure V.9 : Coulage de la Chappe.....	61
Figure V.10 : Menuiserie et finition.....	62

Chapitre -VI-

ORGANISATION DE CHANTIER

Figure VI.1 : Réseau à nœuds.....	69
Figure VI.2 : Réseau à nœuds.....	70

Chapitre -VII-

GESTION ET ENTRETIEN DE LA STATION DE POMPAGE

Figure VII.1: Ouvrage hydraulique (château d'eau)	74
Figure VII.2: Les équipements hydrauliques.	74
Figure VII.3 : Une armoire électrique.....	75
Figure VII.4 : Le poste local de télésurveillance.....	75
Figure VII.5 : Un modem.....	76

LISTE DES PLANCHES

Planche N°1 : Plan de masse des deux communes Mahelma (w.Alger) et Koléa (w. Tipaza).

Planche N°2 : Schéma synoptique du tracé de la conduite de refoulement SP3 commune de Mahelma (w.Alger) vers le complexe Mouaz (w.Tipaza).

Planche N°3 : Plan de la station de pompage SP3de la commune Mahelma (w.Alger).

Planche N°4 : Levé topographique de l'adduction par refoulement.

Planche N°5 : Profil en long de la conduite de refoulement Mahelma (w.Alger).

Chapitre -I-
ETUDE PRELIMINAIRE

I.1-Introduction	Erreur ! Signet non défini.
I.2-Situation géographique de la zone d'étude	Erreur ! Signet non défini.
I.2-Sol	Erreur ! Signet non défini.
I.3-Sismicité	Erreur ! Signet non défini.
I.4-Population actuelle	Erreur ! Signet non défini.
I.5-Situation topographique.....	Erreur ! Signet non défini.
I.6-Situation climatologique.....	Erreur ! Signet non défini.
I.6.1-Climat.....	Erreur ! Signet non défini.
I.6.2-Température	Erreur ! Signet non défini.
I.6.3-Hygrométrie	Erreur ! Signet non défini.
I.6.4-Les vents	Erreur ! Signet non défini.
I.6.5-La pluviométrie	Erreur ! Signet non défini.
I.7-Urbanisme.....	Erreur ! Signet non défini.
I.8-Situation hydraulique.....	Erreur ! Signet non défini.
I.8.1-Ressources et ouvrage hydrauliques	Erreur ! Signet non défini.
I.8.2- la qualité de l'eau des forages	Erreur ! Signet non défini.
I.9-Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre -II-
PRESENTATION DU COMPLEXE HYDRAULIQUE

II.1-Introduction	Erreur ! Signet non défini.
II.2-Description	Erreur ! Signet non défini.
II.2.1- Les sources d'approvisionnement du complexe	Erreur ! Signet non défini.
II.2.2-Composant du complexe hydraulique MOUAZ.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3-Problématique.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4-Variantes d'emplacement de la station de pompage SP3	Erreur ! Signet non défini.
II.5-Les avantages et les inconvénients de chaque variante proposée	Erreur ! Signet non défini.
II.6-Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre -III-
ETUDE FONCTIONNELLE DE LA STATION DE POMPAGE

III.1-Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
-------------------------	------------------------------------

III.2- Choix des pompes	Erreur ! Signet non défini.
III.3-La hauteur manométrique totale	Erreur ! Signet non défini.
III.3.1-Calcul de la perte de charge totale	Erreur ! Signet non défini.
III.3.2-Choix du matériau de la conduite.....	Erreur ! Signet non défini.
III.4-Courbes caractéristiques de la pompe.....	Erreur ! Signet non défini.
III.5-Points de fonctionnement des pompes	Erreur ! Signet non défini.
III.6- Courbe caractéristique de la conduite	Erreur ! Signet non défini.
III.6.1- Pertes de charge singulières	Erreur ! Signet non défini.
III.6.2- Pertes de charge totales	Erreur ! Signet non défini.
III.7-Adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement données..	Erreur ! Signet non défini.
III.7.1-Débit disponible > Débit appelé.....	Erreur ! Signet non défini.
III.7.2-Débit disponible < Débit appelé.....	Erreur ! Signet non défini.
III.7.3-Réglage qualitatif	Erreur ! Signet non défini.
III.7.4-Vannage.....	Erreur ! Signet non défini.
III.7.5-Rognage.....	Erreur ! Signet non défini.
III.7.6-Diminution du temps de pompage	Erreur ! Signet non défini.
III.8-Calage de la pompe	Erreur ! Signet non défini.
III.9-Equipements en amont et en aval de la pompe	Erreur ! Signet non défini.
III.9.1-Équipements en amont de la pompe.....	Erreur ! Signet non défini.
III.9.2-Équipements en aval de la pompe	Erreur ! Signet non défini.
III.10-Variantes de l'adduction	Erreur ! Signet non défini.
III.10.1-Principe du choix du tracé de l'adduction par refoulement	Erreur ! Signet non défini.
III.10.2-Les variantes proposées.....	Erreur ! Signet non défini.
III.10.3-Avantage et inconvénients des variantes proposées.....	Erreur ! Signet non défini.
III.10.4-La variante retenue	Erreur ! Signet non défini.
III.11-Choix du matériau des conduites	Erreur ! Signet non défini.
III.12-Etude technico-économique.....	Erreur ! Signet non défini.
III.12.1-Adduction par refoulement.....	Erreur ! Signet non défini.
III.12.2- Calcul des diamètres économiques des conduites de refoulements.....	Erreur ! Signet non défini.
III.12.3-Puissance absorbée par la pompe	Erreur ! Signet non défini.
III.12.4-Energie consommée par la pompe	Erreur ! Signet non défini.

III.12.5- Frais d'exploitation	Erreur ! Signet non défini.
III.12.6-Frais d'amortissement.....	Erreur ! Signet non défini.
III.13-Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre -IV-

EQUIPEMENTS AUXILIAIRES DE LA STATION DE POMPAGE

IV.1-Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2-Equipements auxiliaires.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.1-Appareillage de mesure.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2-Appareillage de prise d'échantillon	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.3-Système de levage	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.4-Système anti-incendie	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.5-Système d'éclairage	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.6-Alimentation en eau de la station de pompage.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.7-Equipement sanitaire.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.8-Système de ventilation	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.9-Système de drainage.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.10-Appareillage de commande.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.11-Système d'amorçage	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.12-Le by-pass	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.13-Système de scellement	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.14-Système de protection contre le coup de bélier.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.3-Protection des conduites contre le coup de bélier.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.1- Définition	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.2-Origines du phénomène	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.3- Amplitude des coups de bélier	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.4-Risques dus aux coups de bélier	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.5-Risques pour un refoulement	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.6- Dispositifs de protection	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.7-Règles diverses pour la protection contre le coup de bélier.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.8-Réservoir anti-bélier.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.9-Calcul des réservoirs d'air anti bélier	Erreur ! Signet non défini.

IV.3.10-Installation du réservoir d'air	Erreur ! Signet non défini.
IV.4-Simulation du phénomène transitoire par le logiciel CEBELMAIL ..	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.1-Présentation du logiciels CEBELMAIL	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.2-Précision des algorithmes et confort de l'utilisateur.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.3-Protection des réseaux.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.4-Domains d'application	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.5-Explication des différentes étapes pour la simulation.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.5-Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre -V-

ETUDE DU BATIMENT DE LA STATION DE POMPAGE

V.1-Introduction	Erreur ! Signet non défini.
V.2-Bâtiment de la station de pompage	Erreur ! Signet non défini.
V.3-Dimensions du bâtiment.....	Erreur ! Signet non défini.
V.3.1-Longueur du bâtiment	Erreur ! Signet non défini.
V.3.2-Largeur du bâtiment	Erreur ! Signet non défini.
V.3.3-Hauteur du bâtiment	Erreur ! Signet non défini.
V.3.4-Dimensions des portes.....	Erreur ! Signet non défini.
V.3.5-Dimensionnement des fenêtres.....	Erreur ! Signet non défini.
V.4-Aperçu sur la nouvelle technique de construction développée par AMENHYD....	Erreur ! Signet non défini.
Signet non défini.	
V.4.1-Avantages de la préfabrication	Erreur ! Signet non défini.
V.4.2-Les différentes taches pour la réalisation de la station de pompage	Erreur ! Signet non défini.
non défini.	
V.5-Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre -VI-

ORGANISATION DE CHANTIER

VI.1-Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
VI.2-Différents travaux à entreprendre	Erreur ! Signet non défini.
VI.2.1-Travaux concernant la station de pompage.....	Erreur ! Signet non défini.
VI.2.2-Travaux concernant l'adduction.....	Erreur ! Signet non défini.
VI.2.3-Calcul des volumes des travaux de l'adduction	Erreur ! Signet non défini.
VI.3-Calcul des couts des travaux.....	Erreur ! Signet non défini.
VI.4-Planification des travaux de l'adduction.....	Erreur ! Signet non défini.

VI.4.1-Planification des travaux de la station de pompage	Erreur ! Signet non défini.
VI.4.2- Planification des travaux de l'adduction	Erreur ! Signet non défini.
VI.5-Choix des engins de terrassement	Erreur ! Signet non défini.
VI.5.1-Pelle hydraulique.....	Erreur ! Signet non défini.
VI.5.2-Dozer	Erreur ! Signet non défini.
VI.6-Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre -VII-

GESTION ET ENTRETIEN DE LA STATION DE POMPAGE

VII.1-Introduction	Erreur ! Signet non défini.
VII.2-Définition de la télégestion.....	Erreur ! Signet non défini.
VII.3-But de la gestion	Erreur ! Signet non défini.
VII.4-Quelques mots sur la télégestion	Erreur ! Signet non défini.
VII.5-La chaîne de télégestion	Erreur ! Signet non défini.
VII.6-Les postes centraux de télégestion	Erreur ! Signet non défini.
VII.7-Maintenance	Erreur ! Signet non défini.
VII.8-La maintenance préventive.....	Erreur ! Signet non défini.
VII.9-L'entretien courant	Erreur ! Signet non défini.
VII.10-L'entretien préventif systématique	Erreur ! Signet non défini.
VII.11-L'entretien préventif exceptionnel	Erreur ! Signet non défini.
II.12- La maintenance curative.....	Erreur ! Signet non défini.
III-13-Gestion technique et suivie générale des installations.....	Erreur ! Signet non défini.
III.13.1- Contrôle hebdomadaire	Erreur ! Signet non défini.
III.13.2- Contrôle mensuel.....	Erreur ! Signet non défini.
VII.14-Activités de maintenance.....	Erreur ! Signet non défini.
VII.15-Vieillesse et traitement des forages.....	Erreur ! Signet non défini.
VII.15.1-Phénomène de corrosion.....	Erreur ! Signet non défini.
VII.15.2-Protection active	Erreur ! Signet non défini.
VII.15.3- Protection passive	Erreur ! Signet non défini.
VII.15.4-Protection anti-corrosion	Erreur ! Signet non défini.
VII.16-Le colmatage des forages	Erreur ! Signet non défini.
VII.17-Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource essentielle et il faut pouvoir l'extraire quelque soit l'endroit de la planète ; L'organe essentiel pour l'extraction de l'eau est la pompe ; selon la source d'énergie disponible et selon l'utilisation, une des utilisations principales c'est d'assurer le transfert des eaux potables de la source aux usagers qui nécessite des études purement hydrauliques tenant compte des techniques les plus économiques possible.

C'est dans ce cadre qu'entre l'objectif du présent travail contribuant à l'étude de la station de pompage de la commune de Mahelma wilaya d'Alger vers le complexe Mouaz de la commune de Koléa wilaya de Tipaza, destinée à sécuriser l'alimentation en eau potable dix sept communes de la partie Est de la wilaya Tipaza en cas d'arrêt de la station de dessalement de la commune de Fouka.

Pour ce faire, nous avons établi un plan de travail en commençant par un premier chapitre, dans lequel nous présentons l'étude préliminaire de la zone d'étude.

Dans le deuxième chapitre nous présentons le complexe hydraulique à étudier.

Le troisième chapitre, sera consacré à l'étude fonctionnelle de la station pompage du point de vu équipements et dimensionnement.

Nous allons aborder dans le chapitre IV les équipements auxiliaires de la station de pompage de notre projet ainsi que La prise en compte des phénomènes transitoires et la proposition des moyens de protection adéquats, suivi par le chapitre V qui sera consacré à l'étude du bâtiment de la station de pompage.

L'organisation de chantier pour une réalisation et une exécution des travaux aussi conforme que possible sera faite dans le chapitre VI.

Dans le chapitre VII nous donnons les différents critères à prendre en considération pour une bonne gestion de la station de pompage.

Et nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

I.1-Introduction

L'objectif de ce chapitre, c'est la reconnaissance du site d'étude de point des points de vue géographique, topographique, géologique, climatique, démographique et hydraulique; La description de la situation de la zone d'étude, nous permet d'assurer une bonne prise en charge et, de mener à bien notre travail.

I.2-Situation géographique de la zone d'étude [1]

Notre zone d'étude est la commune de Mahelma, plus exactement au le domaine Reguiieg Kaddour, Mahelma commune de la wilaya d'Alger, elle est située à 30km au Sud-Ouest d'Alger sur le Sahel algérois.

la zone d'étude est délimitée par :

- ❖ la commune de Souidania Au Nord-Est.
- ❖ Au Sud est Sud-Ouest par la commune de Ben Khelil.
- ❖ A l'Ouest par la commune de Zeralda et Douaouda.
- ❖ A l'Est par les communes de Rahmania et Douera.

La commune de Mahelma est constituée des localités suivantes : Sidi Abdellah, Nezali, Mahelma, Boukhelif, Zaatria, Plateau de Mahelma, Haddadou et Boukhelkhal.

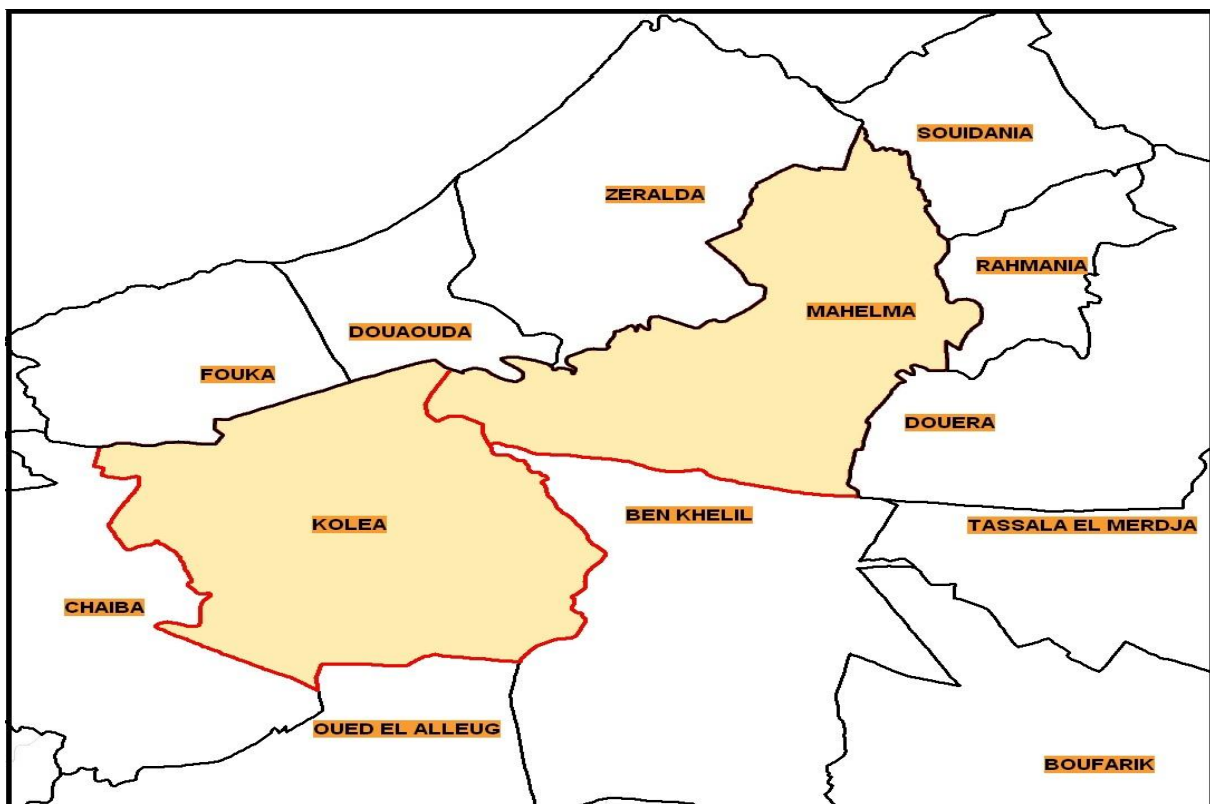


Figure I.1 : Situation géographique de la zone d'étude

I.2-Sol

Le sol de notre zone d'étude est constitué d'alluvions (limons argileux sableux) avec des poches d'alluvions anciennes (limons caillouteux de terrasse) situé au centre dans le périmètre d'étude, ainsi qu'au sud-est et sud-ouest.

Notant que la région de Mahelma est très homogène.

I.3-Sismicité

D'après le Règlement Parasismique Algérien (P.R.A) le territoire national est divisé en cinq zone de sismicités croissante, qui sont les suivantes :

- Zone 0 : sismicité négligeable
- Zone I : sismicité faible
- Zone II : sismicité moyenne
- Zone III : sismicité forte

La commune de Mahelma est classée dans la zone II, ceci suivant les recommandations parasismique d'Algérie (21 mai 2003)

I.4-Population actuelle

D'après le dernier recensement général de la population et de l'habitat effectué en juin 2008, la population du chef-lieu de la commune de Mahatma s'élève à P= 20758 habitants (d'après les données recueillies au niveau de l'ONS) qui s'est traduit par un taux d'accroissement T= 2,2%.

I.5-Situation topographique

La région et ses alentours reposent sur un relief de faible pentes de 2% à 5% environ du sud vers le nord.

Elle présente un relief uniforme, avec une faible pente dans les altitudes varient de 53 à 64 MNGA dans le sens Nord-Sud, 55 à 60 MNGA d'Ouest à l'Est.

I.6-Situation climatologique

I.6.1-Climat

la région de Mahatma bénéficie du climat méditerranéen avec alternance d'une saison sèche et chaude (mai – septembre) et d'une saison humide (octobre – avril), elle subie pratiquement les mêmes variations saisonnières que la zone côtière.

I.6.2-Température

Elles varient d'année en année, mais généralement elles sont de l'ordre de 10°C en hiver et de 33°C en été, ceci n'est bien entendu que la moyenne qu'on puisse avoir.

I.6.3-Hygrométrie [2]

La variation annuelle de l'humidité relative est moyennement faible, de mai en septembre, la moyenne n'atteint pas 70%.

I.6.4-Les vents [2]

Le maximum de force des vents se situe au cours de l'hiver et le minimum à la fin de l'été, adoucissent le climat durant la saison chaude, le sirocco est arrêté par le contrefort du djbel Chréa (Atlas Bliéen).

I.6.5-La pluviométrie [2]

Cette zone est caractérisée par une pluviométrie irrégulière, les pluies sont concentrées sur une partie de l'année (octobre-avril) ; les précipitations sont intenses de novembre à février quant au mois de juin- juillet et aout.

On remarque que les précipitations accusent donc une régularité non seulement annuelle mais aussi mensuelle. En peut se faire une idée des précipitations de la région à travers les observations faite à la station de Mahatma qui est la plus proche.

Les précipitations moyennes enregistrées par la station font sortir une pluviométrie moyenne annuelle de 600mm durant la période 1978-2011.

La présence de nombreuses nappes souterraines alimentées par les pluies tombées permettent d'irriguer facilement durant la période sèche. L'eau est disponible à une faible profondeur avec une quantité suffisante.

I.7-Urbanisme [2]

La ville de Mahelma compte plusieurs quartiers (cité segna, canadien, DNC). Le centre ville garde toujours son aspect colonial avec petites demeures et villas typiquement françaises.

Il existe des structures administratives (postes, mairies, impôts, assurances, sanitaires policliniques et dispensaires, médecins privés) ; il existe également une école primaire dans chaque quartier, la ville contient un marché couvert, un bazar ou l'on vent de tout.

I.8-Situation hydraulique [1] [2]**I.8.1-Ressources et ouvrage hydrauliques**

La principale source d'approvisionnement en eau potable de a région de Sahel et les deux champs captant Mazafran I et II arrivant au réservoir « REGUIEG KADDOUR » avec des conduites de diamètre Φ_{1200} et Φ_{1250} mm .

Avec les deux stations de pompage SP1 et SP2 qui refoulent un débit de 155l/s , l'eau est pompée par refoulement vers le réservoir de Mahelma ; les caractéristiques du stockage du complexe hydraulique de Zeralda sont les suivantes :

- | | |
|-------------------|---|
| ➤ Réservoir | Capacité : 3000m ³
Cote trop plein : 107,10m
Cote radier : 101,45m |
| ➤ Deux réservoirs | Capacité : 1000m ³
Cote trop plein : 105,50m
Cote radier : 100,45m |

Les ouvrages hydrauliques de la commune de Mahelma sont :

- | | |
|-------------|--|
| ➤ Réservoir | Capacité : 1000m ³
Cote trop plein : 221,95m
Cote radier : 115,5m |
|-------------|--|

A l'heure actuelle, la zone du Sahel est alimentée par les champs captant de Mazafran I et II, l'eau étant pompée par deux stations de pompages SP1 et SP2 jusqu'au réservoir de capacité 1000m³ par une conduite de refoulement DN350 fonte sur une longueur de 2,5km.

- Le réseau de distribution des communes de Mahelma et Rahmania couvre pratiquement la totalité de la ville (sans extension), il est maillé dans certaines régions, ramifier dans d'autre, et des fois mixte.
- Le réseau est alimenté gravitairement à partir du réservoir d'eau, et composé de différents matériaux (acier, PVC, acier galvanisé, fonte, ciment).
- Les diamètres des conduites varient de 33mm à 250mm.

I.8.2- la qualité de l'eau des forages [3]

Les résultats d'essais ont montré que les échantillons pris récemment sont conforme pour les paramètres analysés aux limites de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations (annexe I).

I.9-Conclusion

Dans ce premier chapitre nous avons présenté notre zone d'étude « la commune de Mahelma ». Elle présente un climat méditerranéen avec une pluviométrie moyenne annuelle de 600mm, son relief est pratiquement plat, le taux d'accroissement de la population est de 2,2%; elle dispose de diverses ressources hydrauliques entre forages et réservoirs de stockage.

II.1-Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter le complexe hydraulique incluant notre zone d'étude et dont le rôle est d'assurer la sécurisation de l'AEP des communes Est de la wilaya de Tipaza en cas d'arrêt de la Station de Dessalement d'Eau de Mer de Fouka, principale source d'alimentation de la wilaya de Tipaza.

II.2-Description

Le complexe hydraulique est un système de transfert de $120\,000\text{m}^3/\text{j}$ à partir de la station de pompage SP3 située à Mahelma vers Mouaz situé à Koléa. faisant partie du système d'AEP de la wilaya d'Alger, il permet d'alimenter la chaîne côtière d'une part, et une partie de la wilaya de Blida d'autre part (à raison de $20\,000\text{m}^3/\text{j}$ actuellement, et de $60\,000\text{m}^3/\text{j}$ à terme).



Figure II.1 :Le complexe hydraulique SP3.

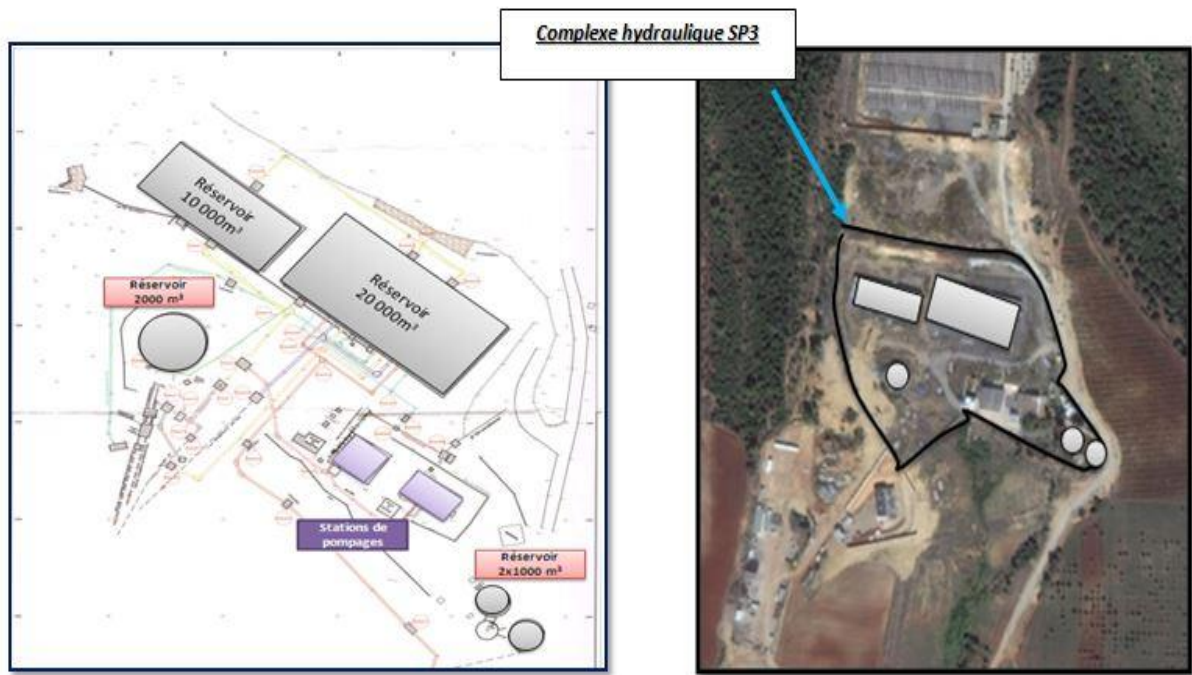


Figure II.2.a

Figure II.2.b

Figure II.2 : Les équipements de la station de pompage

II.2.1- Les sources d’approvisionnement du complexe

Ils sont comme suit :

Mazafran I

Le champ de captage est constitué de plus 29 forages situés à proximité de l’oued Mazafran au sud ouest d’Alger. Le débit potentiel de ce champ captant s’élève à $40000\text{m}^3/\text{j}$.

Le réseau de collecte est formé de conduites de diamètres allant de 250 à 700 mm, raccordées à une conduite maitresse en béton de DN 1250 mm. Cette conduite permet d’alimenter le réservoir actuel d’une capacité de $20\ 000 + 10\ 000\ \text{m}^3$ de la station SP3 (CTP = 67m NGA).

Mazafran II

Le champ de captage est constitué de plus 34 forages situés à proximité de la localité d’oued Alleug. le débit potentiel de ce champ captant s’élève à $45\ 000\text{m}^3/\text{j}$.

Un réseau de collecte formé de conduites de diamètres variant de 250 à 700 mm est raccordé à une conduite maitresse en acier de 42 pouces qui alimente les réservoirs de $20\ 000 + 10\ 000\text{m}^3$ (CTP=67m NGA) de SP3.

Système SAA : BOUROUMI, BOUKERDANE ET GHRIB

Les eaux résultantes de l’interconnexion des barrages de Ghrib, Bouroumi et Boukerdane sont traitées au niveau de la station de traitement SAA (Sécurisation d’Alimentation d’Alger). L’eau traitée est ensuite envoyée par la conduite DN 1200 mm en acier provenant des

barrages au niveau de la station de pompage SP3 sur les réservoirs de 20 000m³ et 10 000 m³ à la cote trop-plein 67 m NGA. Le débit potentiel de ce système s'élève à 80 000 m³/j.



Figure II.3 : les différentes arrivées au réservoir de la station de pompage.

II.2.2-Composant du complexe hydraulique MOUAZ

La SDEM (Station de Dessalement d'Eau de Mer), nommée Fouka, d'une capacité nominale de 120 000 m³/j, situé sur la wilaya de Tipaza, sert à approvisionner le réservoir Mouaz en DN 900 Acier ,

le complexe hydraulique Mouaz a été mit en service en 2010 ; afin d'assurer un renforcement de 17 communes de la wilaya de Tipaza afin de combler le déficit , diversifier aux maximum les ressources en eau , et assurer une alimentation 24h/24h pour l'agglomération .

Le complexe est composé de deux réservoirs :

- Réservoir semi enterré 2*2500 m³. (en service)
- Réservoir semi enterré 2*15 000 m³. (en service)

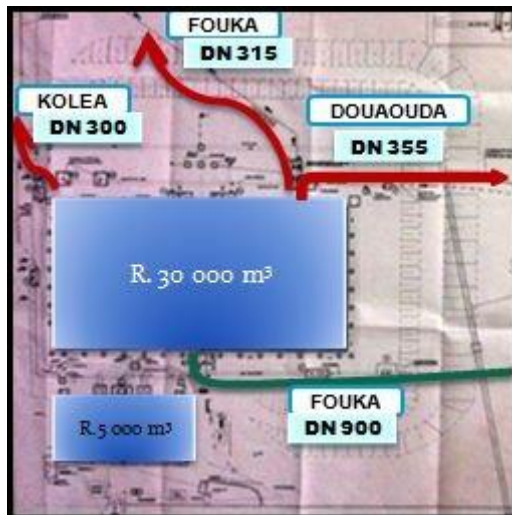


Figure II.4 : Les différents réservoirs alimentés par le complexe Mouaz.

Ce dernier alimente les réservoirs existants en :

- Conduite PEHD de 355mm, vers Douaouda ;
- Conduite PEHD de 315 mm, pour distribution vers Fouka ;
- Conduite en Fonte de 300 mm , pour distribution vers Koléa .

II.3-Problématique

Dans le but de sécuriser l'alimentation en eau potable de la population de Douaouda, Kolea et Fouka en cas d'arrêt de l'approvisionnement de la station de dessalement il est impératif de projeter une station de pompage. Cette dernière devra refouler un même débit de $120\,000\text{m}^3/\text{j}$ à partir des sources citées ci-dessus vers le même réservoir existant de Mouaz et qui alimente les mêmes réservoirs de distribution déjà cité. Notre soucis doit cibler en premier lieu l'emplacement de cette station de pompage par rapport au complexe .ensuite de chercher après un itinéraire de l'adduction le plus favorable à nos conditions de débit et du site .

II .4-Variantes d'emplacement de la station de pompage SP3

Les variantes suivantes peuvent être proposés

✓ Variante 01

La nouvelle station de pompage sera projetée à l'intérieur du complexe hydraulique SP3, du coté gauche du réservoir 2000m^3 (ce dernier est hors service actuellement).

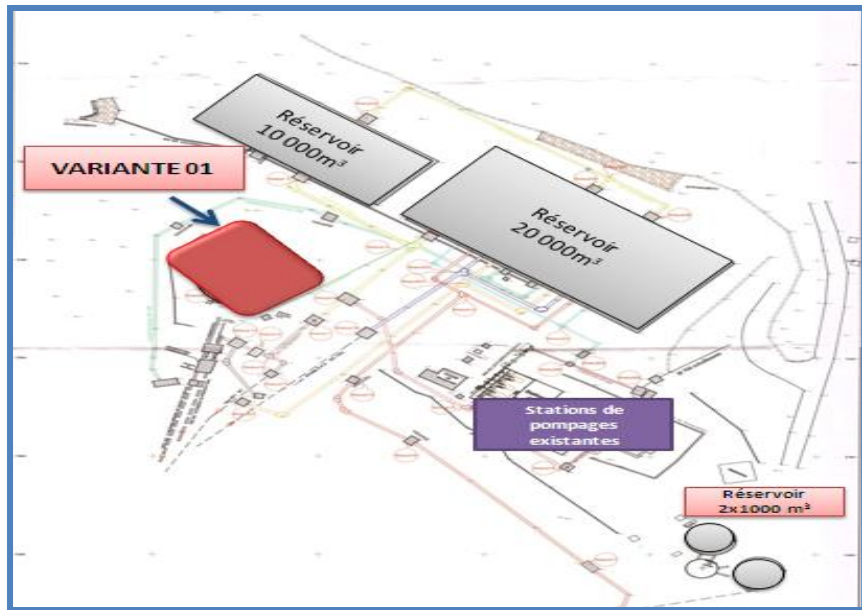


Figure II.5 : l'emplacement de la Station de pompage projetée (Variante01).

✓ **Variante 02**

La nouvelle station de pompage sera projetée à l'intérieur du complexe hydraulique SP3, du côté Sud Ouest de la station, prévu à la place des deux réservoirs 2*1000m³ (les deux réservoirs sont hors service actuellement).

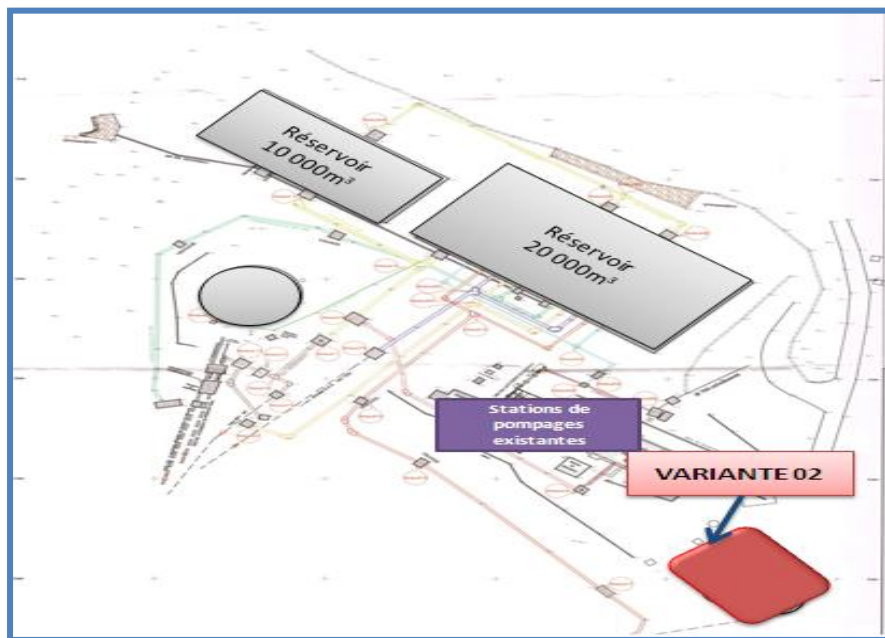


Figure II.6 : l'emplacement de la Station de pompage projetée (Variante02)

✓ **Variante 03**

La nouvelle station de pompage sera projetée à l'intérieur du complexe hydraulique SP3, du côté Nord Ouest de la station, derrière le réservoir existant 10 000 m³ (le réservoir est en service actuellement).

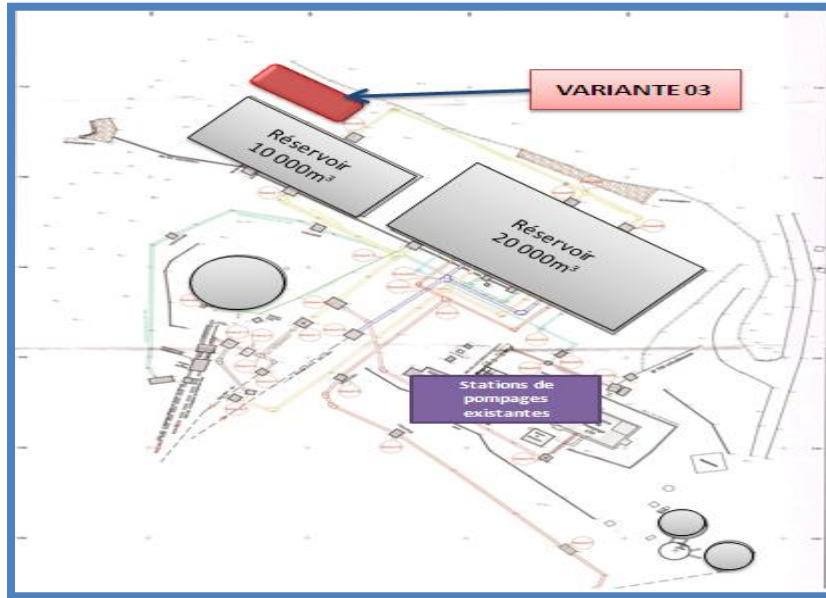


Figure II.7 : l'emplacement de la Station de pompage projetée (Variante03)

✓ **Variante 04**

La nouvelle station de pompage sera projetée à l'extérieur du complexe hydraulique SP3, plus précisément du côté Sud Ouest de la station.

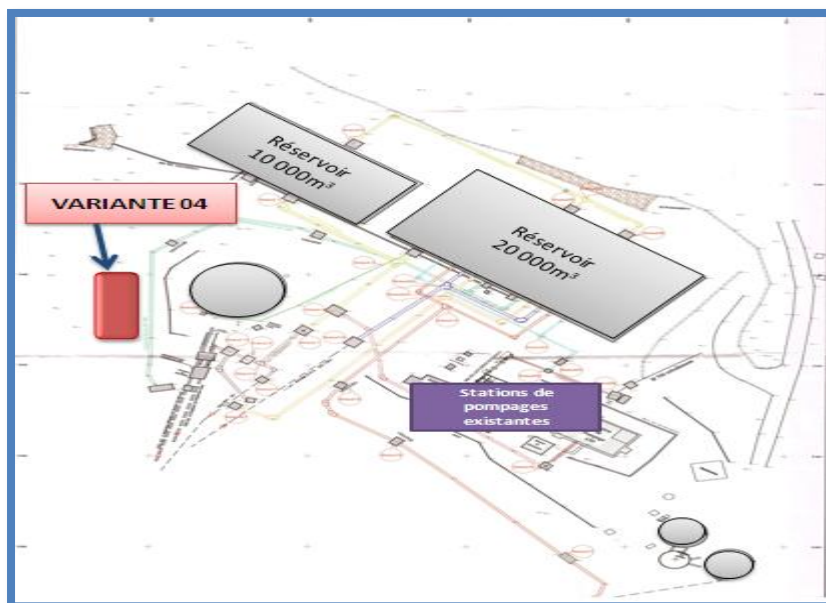


Figure II.8 : l'emplacement de la Station de pompage projetée (Variante04)

II.5-Les avantages et les inconvénients de chaque variante proposée

Le tableau suivant résume les avantages et les inconvénients des variantes proposées

Tableau II : avantages et inconvénients des variantes proposées

Les variantes	Avantages	Inconvénients
Variante I	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Assiette avoisinante du réservoir (source d’approvisionnement de la station projetée). ❖ Possibilité de piquage de la conduite DN 1000, destinée pour la wilaya de Blida. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Assiette encombrée des conduites d’eau potable, qui relie les réservoirs aux stations de pompes. ❖ Démolition obligée pour avoir l’assiette de la future station de pompage.
Variante II	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Absence des conduites de transfert, qui conditionne l’emplacement de la station de pompage . 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Démolition obligée pour avoir l’assiette de la future station de pompage. ❖ Eloignement de l’assiette du réservoir (source d’approvisionnement de la station de pompage).
Variante III	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Assiette avoisinante du réservoir (source d’approvisionnement de la station projetée). ❖ Possibilité de piquage de la conduite DN 1400. ❖ Terrain appartient au complexe hydraulique SP3(pas d’expropriation du terrain). ❖ Absence des conduites de transfert, qui empêche l’implantation de la station de pompage. ❖ Assez d’espace pour implanter la station de pompage projetée. 	

Variante IV	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Assiette avoisinante du réservoir (source d’approvisionnement de la station projetée). ❖ Possibilité de piquage de la conduite DN 1 000, destinée pour la wilaya de Blida. ❖ Absence des conduites de transfert, qui empêche l’implantation de la station de pompage. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Obligation d’acquisition de terrain. ❖ Eloignement de l’assiette du réservoir (source d’approvisionnement de la station de pompage).
--------------------	---	---

- Donc on choisit la variante N°3 pour l’implantation de la station de pompage projetée, pour les différents avantages qu'elle présente.

II.6-Conclusion

Dans ce deuxième chapitre nous avons connue le rôle principale du complexes Mouaz qui est la sécurisation d’alimentation en eau potable de 17 communes de la wilaya de Tipaza ,d’où la nécessité de projeter un complexe hydraulique SP3 qui va lui-même transférer un débit de $120\,000\text{m}^3/\text{j}$ vers le même réservoir existant de Mouaz; et comme première étape pour la réalisation de cette station de pompage on a s’est intéressé au choix de son implantation le plus favorable possible.

III.1-Introduction

Ce chapitre a pour but, l'étude et le choix de la pompe idéal adapté à l'usage de notre projet qui nous permet d'assurer le débit appelé et la hauteur manométrique totale au niveau de la station de pompage projetée le long de l'adduction.

Nous allons faire une étude de la station de pompage en dimensionnant les pompes, les moteurs et le bâtiment de la station avec le réglage et le calage de chaque pompe.

III.2- Choix des pompes [4] [5]

Pour choisir la meilleure variante du nombre nous tenons compte des critères suivants :

- Rendement maximal
- Puissance absorbée minimale
- Vitesse de rotation la plus élevée
- $(NPSH)_r$ minimal afin de vérifier la condition de non cavitation.

Pour choisir le type de pompes adéquat les critères suivants sont à respecter

- Assurer le débit appelé Q_{app} et la HMT
- Nombre minimal de pompes.
- Rendement maximal
- Puissance absorbée minimale
- Vitesse de rotation la plus élevée
- $(NPSH)_r$ minimal afin de vérifier la condition de non cavitation.
- Encombrement réduit pour réduire la construction économique du bâtiment (dimensionnement du bâtiment)
- poids les plus faibles
- nombre minimal de cellules pour minimiser les pertes de charges internes et dans l'entretien.

III.3-La hauteur manométrique totale

Elle donné par la formule suivante :

$$H_{mt} = H_g + \Delta H \dots \dots \dots (III.1)$$

Tel que :

H_g : La hauteur géométrique entre la cote de refoulement et la cote d'arrivée au niveau du complexe hydraulique existant Mouaz (228m).

ΔH : la perte de charge totale calculée

III.3.1-Calcul de la perte de charge totale

Pour le calcul des pertes de charge linéaires on utilise la formule de DARCY WEISBARCH qui s'exprime comme suit :

$$\Delta H_l = \frac{\lambda * L_{ref} * V^2}{2 * g * D} \dots \dots \dots (III.2)$$

Tel que :

ΔH_l : la perte de charge linéaire (m).

L_{ref} : la longueur de la conduite de refoulement (m) .

D : diamètre de la conduite (m).

V : la vitesse moyenne d'écoulement (m/s) , avec :

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} \dots \dots \dots (III.3)$$

λ : le coefficient de frottement linéaire calculé par la formule de NIKURADZI.

$$\lambda = (1,14 - 0,86 * Ln \frac{K_s}{D})^{-2} \dots \dots \dots (III.4)$$

Avec : K_s c'est la rugosité absolu de la conduite, qui est déterminé en mesurant l'épaisseur de la rugosité des parois internes de la conduite.

III.3.2-Choix du matériau de la conduite

Le choix du matériau utilisé est en fonction de l'agressivité du sol et de l'ordre économique (cout et disponibilité sur le marché) ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes ...ect), pour notre cas on a choisit comme matériau la fonte.

Calcul du K_s

$$K_s = K_0 + \alpha * T \dots \dots \dots (III.5)$$

K_0 : Rugosité absolu des tuyaux neufs , pour notre cas , elle est égale a 0,1 pour la fonte.

α : le vieillissement déterminé a partir de l'abaque de PETER-LAMONT (voir annexe III.3)

Donc pour un temps égale à 25 ans $\rightarrow \alpha = 0,04$

Alors : $K_s = 0,1 + 0,03 * 25 = 0,85 \text{ mm}$

$$\lambda = (1,14 - 0,86 * Ln \frac{0,85}{1200})^{-2} = 0,0184$$

$$\Delta H_l = \frac{0,0184 * 6300 * 1,47^2}{2 * 1,2 * 9,81} = 10,64m$$

$$\Delta H_t = (1,05 - 1,1) * \Delta H_l \dots \dots \dots (III .6)$$

$$\Delta H_t = 1,1 * 10,64 = 11,704m$$

Le tableau ci-dessous résume tous les calculs

Tableau III .1 : Calcul des pertes de charge, Hauteur géométrique et la hauteur manométrique totale

Débit (m ³ /s)	Diamètre (mm)	Vitesse (m/s)	λ	Longueur Conduite (ml)	Hg (m)	ΔH_t (m)	HMT (m)
1,66=6000 m ³ /h	1200	1,5	0,0184	6300	228- 60=168	11,7	179,7

Pour le choix des pompes, on opte pour le catalogue KSB ;

Donc nous optons donc pour sept (07) pompes identiques. Cinq fonctionnant de débit de 1200 m³/h = 333,33 l/s , et deux de secours.[6]

Ces pompes sont identiques de type **Omega 250-800 A GB G F** (Pompe à volute à plan de joint axial).

Les caractéristiques de la pompe sont présentés avec détail en annexe (III.1)

III.4-Courbes caractéristiques de la pompe [6]

Les courbes caractéristiques de la pompe : [H-Q], [P_{abs}-Q], [η_p -Q], [(NPSH)_r-Q] sont Représentées par la figure suivante .

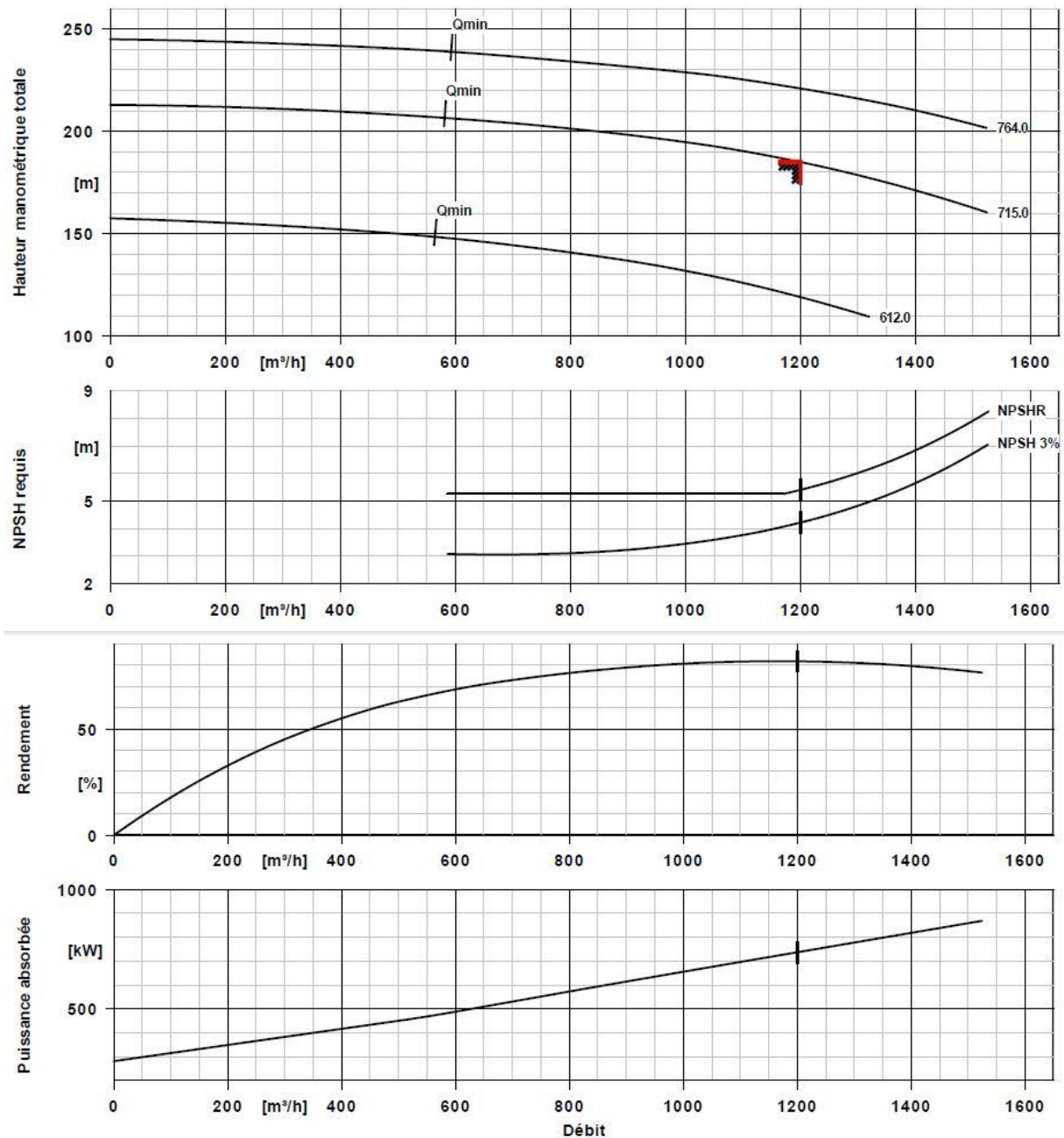


Figure III.1 : Les courbes caractéristiques de la pompe Omega 250-800 A GB G F.

III.5-Points de fonctionnement des pompes

Le point de fonctionnement d'une pompe est l'intersection entre la courbe caractéristique de la pompe installée et en fonctionnement $[H-Q]$ et la courbe caractéristique de la conduite véhiculant un débit de la pompe en fonctionnement $[H_c-Q]$

La courbe caractéristique de la pompe est donnée par le constructeur ou par les essais de pompage tandis que la courbe caractéristique de la conduite est déterminée par l'installateur de la pompe.

La pompe fonctionnera dans de bonnes conditions si le point de fonctionnement se trouve dans la zone non cavitationnelle et le débit lui correspondant dans la plage de bon fonctionnement pour un rendement optimal

III.6- Courbe caractéristique de la conduite

La courbe caractéristique de la conduite est une parabole dont l'équation est la suivante :

$$H_c = H_g + \Delta h_t$$

Avec :

H_g : hauteur géométrique (m)

Δh_t : Perte de charge totale occasionnée par la conduite (m)

III.6.1- Pertes de charge singulières

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes, clapets,.....) Elles sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires

III.6.2- Pertes de charge totales (Δh_t)

Ce sont la somme des pertes de charge linéaires et les pertes de charge singulières, alors:

$$\Delta H_t = 1.1\Delta H_l$$

Avec :

ΔH_l : Perte de charge linéaire (m)

$$\Delta H_l = \frac{8 * \lambda * L_{ref} * Q^2}{\pi^2 * g * D_{ec}^5}$$

Avec :

λ : Coefficient de frottement qui est en fonction

L_{ref} : longueur de la conduite de refoulement (m)

Q : débit refoulé par la pompe (m³/s)

D_{ec} : diamètre économique de la conduite de refoulement (m)

g : accélération de la pesanteur (m/s²)

Tableau III .2 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement

N°	Q	Q	Hg	L _{ref}	D _{ec}	λ	ΔH_{lin}	ΔH_{tot}	Hc
	(m ³ /h)	(m ³ /s)					(m)	(m)	
1	0	0,00	168	6300	1200	0,0184	0,00	0,00	168,00
2	200	0,06	168	6300	1200	0,0184	0,01	0,01	168,01
3	400	0,11	168	6300	1200	0,0184	0,05	0,05	168,05
4	600	0,17	168	6300	1200	0,0184	0,11	0,12	168,12
5	800	0,22	168	6300	1200	0,0184	0,19	0,21	168,21
6	1000	0,28	168	6300	1200	0,0184	0,30	0,33	168,33
7	1200	0,33	168	6300	1200	0,0184	0,43	0,47	168,47
8	1400	0,39	168	6300	1200	0,0184	0,58	0,64	168,64
9	1600	0,44	168	6300	1200	0,0184	0,76	0,84	168,84
10	1800	0,50	168	6300	1200	0,0184	0,96	1,06	169,06

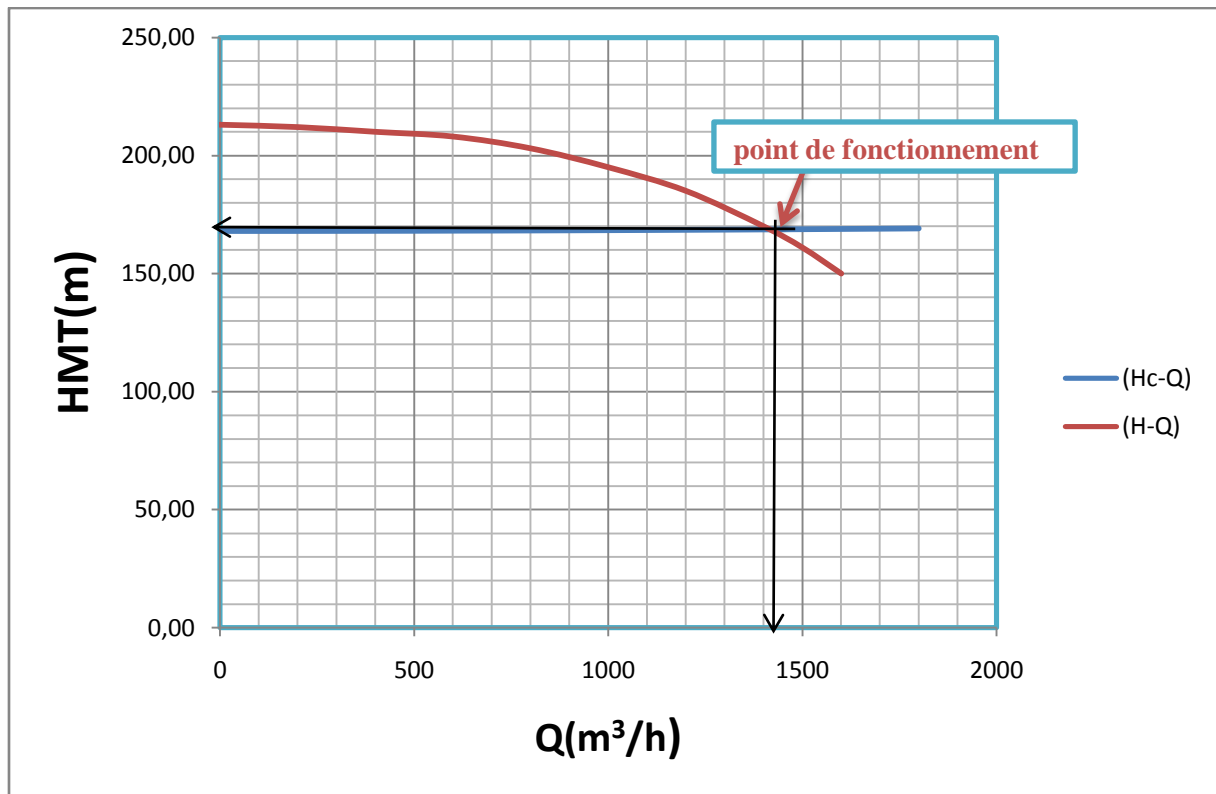


Figure III.2: Point de fonctionnement de la pompe **Omega 250-800 A GB G F.**

Le débit et la hauteur manométrique totale au point de fonctionnement (Pf) sont :

$$\begin{cases} Q_{pf} = 1400\text{m}^3 / \text{h} > Q_{app} = 1200\text{m}^3 / \text{h} \\ H_{pf} = 168\text{m} < H_{app} = 179,7\text{m} \end{cases}$$

III.7-Adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement données [7]

Selon le débit demandé ou appelé, soit plus petit ou plus grand que celui qui est disponible, on distingue les modes de réglage suivants :

III.7.1-Débit disponible > Débit appelé

Si le débit pompé est supérieur à la demande on corrige cet excès par un des modes de réglage suivants :

- **Réglage qualitatif** : c'est la réduction de la vitesse de rotation de la pompe si elle est variable c'est à dire qu'on a un moteur à vitesse variable.
- **Réglage quantitatif** : appelé aussi vannage, c'est la fermeture partielle du robinet vanne de refoulement.

Le rendement de l'installation après vannage est tel que :

$$\eta_{ap\ van}^{inst} = \eta_{av\ van}^{inst} * \frac{H_{app}}{H_{app} + h_v} \dots\dots\dots(III.7)$$

Avec :

$\eta_{ap\ van}^{inst}$: Rendement de l'installation après le vannage (%)

$\eta_{av\ van}^{inst}$: Rendement de l'installation avant le vannage (%)

H_{app} : hauteur manométrique appelée (m)

h_v : différence entre la hauteur H_c et la hauteur appelée

$$h_v = H'_c - H_{app} \dots\dots\dots(III.8)$$

Avec :

H_c : hauteur correspondant à la projection du débit appelé sur la courbe caractéristique de la pompe (H-Q)_R (m)

- **Augmentation des pertes de charge dans les conduites de refoulement** : en augmentant les singularités (des diffuseurs ou bien des rétrécissements brusques, les coudes..).
- **Diminution de temps de pompage** : dans le cas où le pompage s'effectuerait dans un réservoir.

Le nouveau temps de fonctionnement de la station est tel que :

$$t' = \frac{Q_{app}}{Q_{pf}} * t \dots\dots\dots(III.9)$$

Avec

t : temps prévu de fonctionnement de la station de pompage par jour (h)

t' : nouveau temps de fonctionnement de la station de pompage par jour (h)

Q_{pf} : débit correspondant au point de fonctionnement de la pompe (m³/h)

- **Changement du type de la pompe** : si cela est possible

III.7.2-Débit disponible < Débit appelé

Dans ce cas-là, il faut faire un réglage soit :

- **Qualitatif** : augmentation de la vitesse de rotation de la pompe
- **Changement de type de pompe**

III.7.3-Réglage qualitatif

C'est la variation de la vitesse de rotation , consiste à diminuer le nombre de tours de la pompe en gardant les memes dimensions, ce type de réglage est utilisé pour les deux cas (q<Q_{pf} et q>Q_{pf}) et pour calculer la nouvelle vitesse de rotation , on utilise toujours les loi de similitudes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{Q}{q} = \lambda \dots\dots\dots(1) \\ \frac{H}{h} = \lambda^2 \dots\dots\dots(2) \end{array} \right.$$

De (1) et (2) on aura : $H = \frac{h}{q} * Q^2$

Donc la courbe de proportionnalité est donnée par la formule suivante :

$$H=a*Q^2 \dots\dots\dots(III.10)$$

$$H=0,000125*Q^2$$

En outre $\left[\frac{H}{h}\right] = \left[\frac{N}{n}\right]^2 \Rightarrow n = N \sqrt{\frac{h}{H}}$

N : vitesse de rotation initiale de la pompe (tr /mn)

n : vitesse de rotation après réglage (tr /mn)

$$n = N \sqrt{\frac{h}{H}} = 1493 * \sqrt{\frac{179,7}{185}} = 1472 \text{ tr/min}$$

Le rendement de la station est déterminé comme suit :

$$\eta_{sp} = \eta_p * \eta_m * \eta_{tr} * \eta_{rés} \dots \dots \dots (III.11)$$

η_p : rendement de la pompe après variation de la vitesse de rotation 80 %.

η_m : rendement du moteur électrique qui est égale à 96.6%

η_{tr} : rendement du transmission qui est égale à 1.

$\eta_{rés}$: rendement u réseau électrique qui est égale à (97 à 99) %.

$$\eta_{sp} = 0.80 * 0.966 * 1 * 0.97 = 0.75 = 75\%$$

La puissance absorbée par la pompe est : $P_{abs} = \frac{9.81 * 1200 * 177}{0.75 * 3600} \Rightarrow P_{abs} = 771,72 \text{ Kw}$

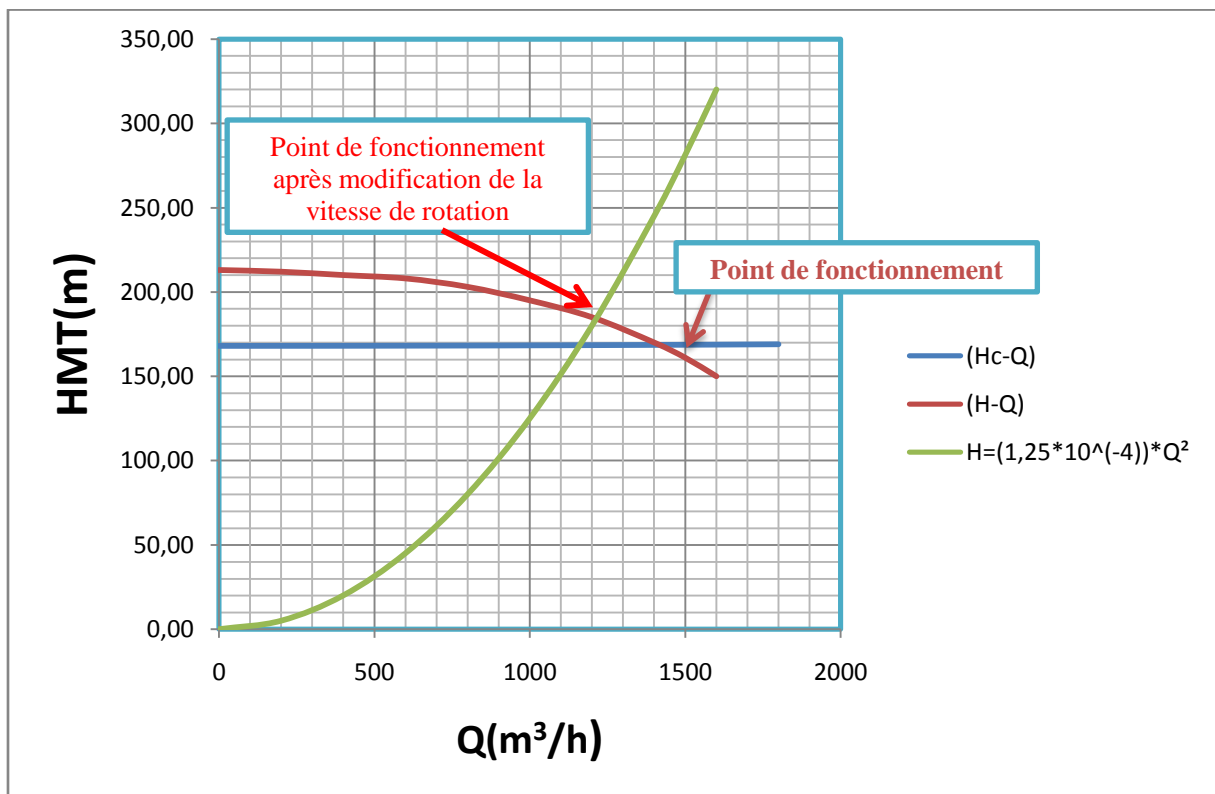


Figure III.3 : mode de réglage par augmentation de la vitesse de rotation de la pompe.

III.7.4-Vannage

C'est la fermeture progressive de la vanne, donc l'ajout des pertes de charges singulières supplémentaires qui vont augmenter la courbe caractéristique du réseau.

$$H'_c = 185 \text{ m}$$

$$h_v = 185 - 179,7 \Rightarrow h_v = 5,3 \text{ m}$$

$$\eta_{\text{av van}}^{\text{inst}} = 81,8 \%$$

$$\eta_{\text{ap van}}^{\text{inst}} = 81,8 * \frac{179,7}{179,7 + 5,3} \Rightarrow \eta_{\text{ap van}}^{\text{inst}} = 79,46 \%$$

On détermine la nouvelle puissance absorbée

$$P_{\text{abs}} = \frac{9,81 * 1400 * 182,5}{0,8054 * 3600} \Rightarrow P_{\text{abs}} = 864,46 \text{ Kw}$$

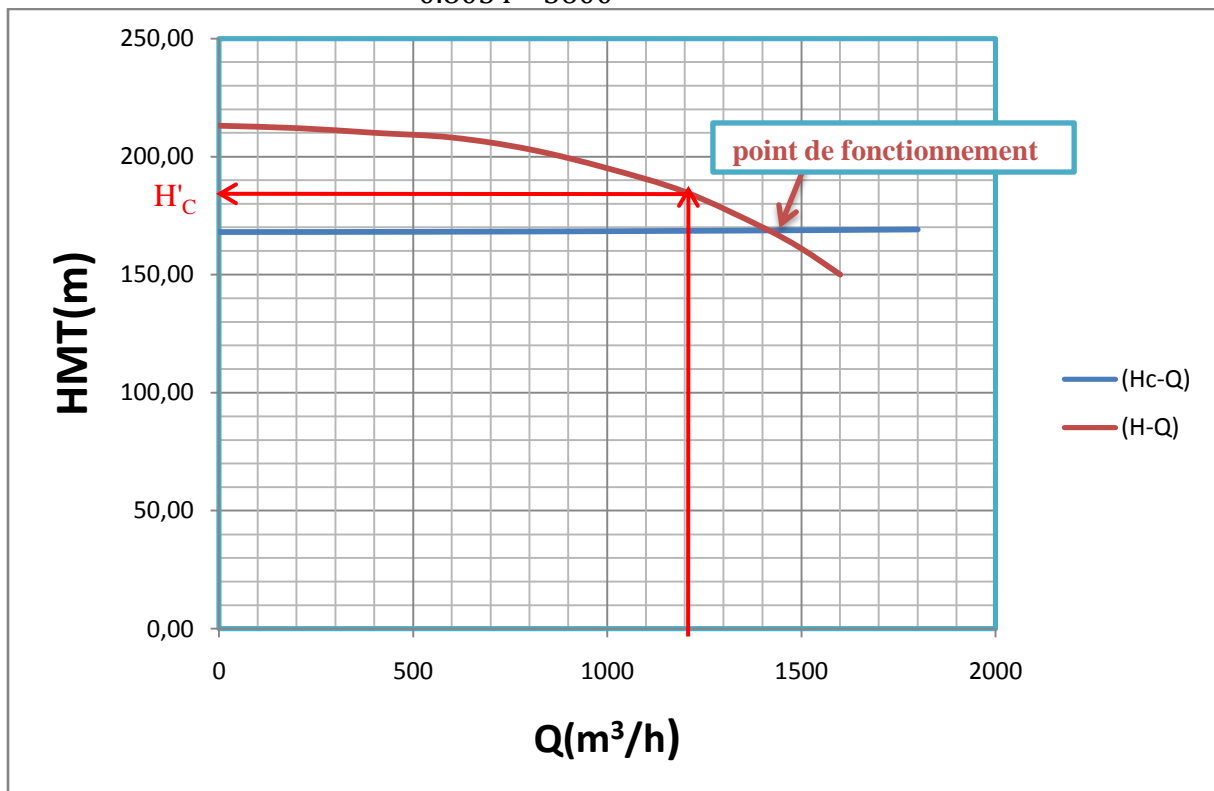


Figure III.4 : mode de réglage par vannage.

III.7.5-Rognage

C'est la diminution du diamètre de la roue, en gardant la même vitesse de rotation, et la même distance entre les deux flasques, on utilise ce type de réglage dans le cas où $q = Q_{\text{app}} < Q = Q_{\text{pf}}$.

Pour calculer le nouveau diamètre on utilise les lois de similitude :

$$\left\{ \frac{Q}{q} = \lambda^2 \dots \dots \dots (1) \right.$$

$$\left. \frac{H}{h} = \lambda^2 \dots \dots \dots (2) \right.$$

De (1) et (2) on aura : $H = \frac{h}{q} * Q$

C'est une équation d'une droite de la forme $H=a*Q$

En outre $\frac{Q}{q} = \left[\frac{D}{d}\right]^2 \Leftrightarrow d = D \sqrt{\frac{q}{Q}}$

q: débit appelé par la pompe (m³/s)

Q_{pf}: débit du point de fonctionnement (m³/s)

D : diamètre de la roue (mm)

d : diamètre de la roue après rognage (mm)

$$\text{avec } \begin{cases} \left[\frac{D}{d}\right]^2 = \frac{1}{m^2} \\ R \% = (1 - m) * 100 \end{cases}$$

m : coefficient de rognage

R% <15: c'est bon, sinon on opte pour une autre solution.

En appliquant la loi de rognage on trouve :

$$H = \frac{h}{q} Q \Leftrightarrow H = \text{coef } Q \text{ (équation de la droite de rognage)}$$

$$d = D \sqrt{\frac{q}{Q}} \Leftrightarrow d = 715 \sqrt{\frac{1120}{1400}} = 639,52 \text{ mm}$$

$$\begin{cases} \left[\frac{D}{d}\right]^2 = \frac{1}{m^2} = \frac{Q}{q} \dots \dots \dots m = 0,894 \\ R \% = (1 - m) * 100 \dots \dots \dots R = 10,56\% \end{cases}$$

Alors on a R= 10,56 % <15% donc le mode de réglage rognage est efficace.

Le rendement de la station est déterminé comme suit :

$$\eta_{sp} = \eta_p * \eta_m * \eta_{tr} * \eta_{rés}$$

η_p : rendement de la pompe après rognage 79.9 %.

η_m : rendement du moteur électrique qui est égale à 96.6%

η_{tr} : rendement de transmission qui est égale à 1.

$\eta_{rés}$: rendement u réseau électrique qui est égale à (97 à 99) %.

$$\eta_{sp} = 0.799 * 0.966 * 1 * 0.97 = 0.75 = 75\%$$

Le temps de pompage est de 20h heures/ jours

La puissance absorbée par la pompe est :

$$P_{abs} = \frac{9.81 * 1120 * 170}{0.75 * 3600} \Rightarrow P_{abs} = 691,79 \text{ Kw}$$

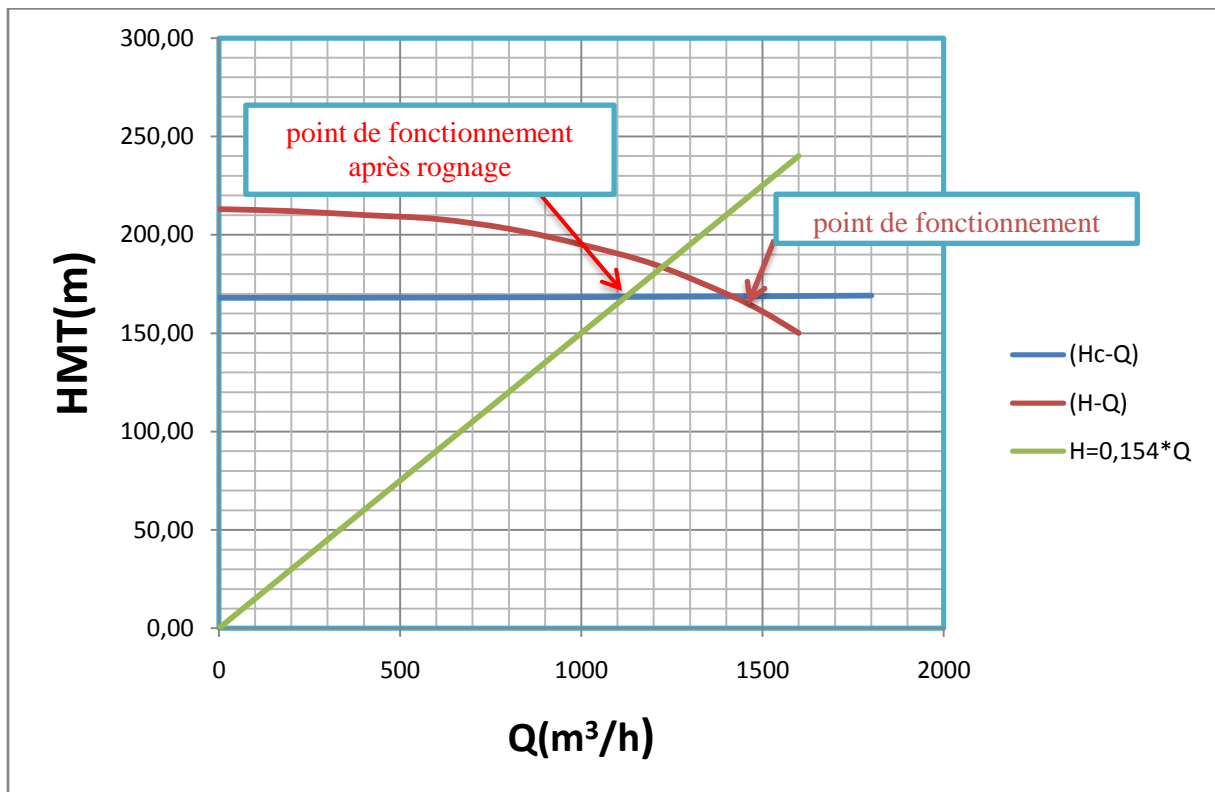


Figure III.5 : mode de réglage par rognage.

III.7.6-Diminution du temps de pompage

Le nouveau temps de pompage sera :

$$t' = \frac{1200}{1400} * 20 \Rightarrow t' = 17 \text{ h et } 10 \text{ min}$$

Le rendement de la pompe choisie est égale à 79.8%

On détermine puissance absorbée

$$P_{abs} = \frac{9.81 * 1400 * 182,5}{0.798 * 3600} \Rightarrow P_{abs} = 872,48 \text{ Kw}$$

Tableau III.3 : comparaison entre les différents modes de réglages.

	Rendement de la pompe %	Puissance absorbé par la pompe Kw
Modification de la vitesse de rotation	75	771.72
Vannage	79.46	864.46
Rognage	79.9	691.79
Diminution du Temps de pompage	79.8	872.48

Remarque

D'après la comparaison entre les différents modes de réglage on peut dire que le mode de réglage occasionnant une chute de rendement la plus faible et la puissance absorbée la plus faible est le rognage.

III.8-Calage de la pompe

C'est la détermination de la cote de l'axe de la pompe pour qu'il n'y ait pas de cavitation

Afin d'éviter le phénomène de cavitation, la condition suivante doit être vérifiée

$$(NPSH)_r < (NPSH)_d$$

Avec :

(NPSH)_r : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur

(NPSH)_d : Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur

$$(NPSH)_d = (NPSH)_r + r \dots\dots\dots(III.12)$$

r : marge de sécurité, r = (0,3 – 0,5) m.

On prend : r = 0,5m.

Pour une pompe donnée fonctionnant à une vitesse déterminée, il existe une hauteur limite d'aspiration en deçà de laquelle il convient toujours de se tenir.

Dans notre cas, on a à faire à des installations en charge au niveau de chaque station de pompage, alors la hauteur d'aspiration admissible est régie par la relation suivante :

$$h_{adm}^{asp} = (NPSH)_r + r - \frac{P_{at}}{\varpi} + \frac{P_v}{\varpi} + \sum h_p^{asp} + \frac{V_a^2}{2g} \dots\dots\dots(III.13)$$

-V_a : vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration (m/s) ;

- P_{at} : pression atmosphérique (m.c.e) ; P_{at} = 10,33

-T_v : tension de vapeur d'eau (m.c.e)

Tableau III.4: Variation de la tension de vapeur d'eau en fonction de la température

T° (°C)	5	10	20	30	40	50	80	100
T _v (m.c.e)	0,09	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25	4,82	10,33

La tension de vapeur d'eau sera choisie pour une température de 20°C

– Δh_{asp} : Perte de charge totale du coté aspiration.

$$\Delta h_{asp} = (1,10 - 1,15) * \Delta h_{asp}^{lin} \dots \dots \dots (III.14)$$

– Δh_{asp}^{lin} elle sera égale à

$$\Delta H_l = \frac{8 * \lambda * L * Q^2}{\pi^2 * g * D_{asp}^5}$$

– V_{asp} : vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration (m/s), $V_{asp} = \frac{4.Q}{\pi.D_a^2}$

– D_a : diamètre de la conduite d'aspiration,

$$D_a = (1,2 - 1,5) * DN_a \dots \dots \dots (III.15)$$

Avec : DN_a : diamètre de la tubulure d'aspiration (mm).

- La charge nette d'aspiration requise : $(NPSH)_r = 5,41m$
- La pression atmosphérique : $P_{at} = 10,33 + 0,00139 * 60 = 10,41m$
- La tension de vapeur d'eau à une température $T^\circ = 20^\circ C$: $T_v = 0,24 mce$
- Le diamètre de la conduite d'aspiration : $D_a = (1,2 - 1,5) * DN_a$

Donc : $D_a = 1,5 * 300 \Rightarrow D_a = 450mm$

➤ La vitesse d'aspiration : $V_a = \frac{4 * 1200}{3,14 * 0,45^2 * 3600} \Rightarrow V_a = 2,01m/s$ (la vitesse est acceptable)

- La perte de charge linéaire à l'aspiration sachant que

$$\Delta H_l = \frac{8 * \lambda * L * Q^2}{\pi^2 * g * D_{asp}^5} = \frac{8 * 0,0184 * 20 * 1,66^2}{\pi^2 * 9,81 * 0,45^5} = 4,51m$$

- La perte de charge totale à l'aspiration : $\Delta h_{asp} = 1,1 * 3,41 \Rightarrow \Delta h_{asp} = 5m$

La hauteur d'aspiration admissible :

$$h_{adm}^{asp} = 5,41 + 0,5 + 0,24 + \frac{2,01^2}{2 * 9,81} - 10,41 + 5 \Rightarrow h_{asp}^{adm} = 0,95 m$$

Donc notre installation est bien en charge, dont la cote de l'axe est déterminée comme suit

$$\nabla_{axe} = \nabla_{min} - h_{asp}^{adm} + r[m] = 67 - 0,95 + 0,1$$

∇_{axe} : niveau de l'axe de la pompe (m.NGA)

r : marge de sécurité , r = (0,1-0,3)

∇_{min} : niveau minimal du plan d'eau d'aspiration (m.NGA)

$$\nabla_{min} = C_p - h + h_{inc} \text{ (m)}$$

C_p : cote du plan d'eau dans le réservoir (m.NGA)

h : hauteur d'eau dans le réservoir (m)

h_{inc} : hauteur d'incendie dans le réservoir (m)

$$\nabla_{min} = 67 - 5 + 0,2 = 62,2m$$

$$\nabla_{axe} = 62,2 - 0,95 + 0,1 = 61,35m$$

La côte de l'axe de la pompe $\nabla_{axe} = 61,35NGA$.

III.9-Equipements en amont et en aval de la pompe [7]

III.9.1-Équipements en amont de la pompe

➤ Conduite d'aspiration

Sur la conduite d'aspiration, on évitera toute formation de poches d'air, d'où les parties horizontales comporteront une légère pente 2% montant en direction de la pompe, ceci permet l'évacuation permanente des bulles d'air, et toute contre pente est à proscrire.

➤ Joints

La conduite d'aspiration est en dépression, alors une attention particulière sera donnée aux joints afin de supprimer toutes possibilités d'entrée l'air, dans ce cas on préférera les souder aux joints à emboîtement et aux joints à manchon filetés, pour un raccordement sur les appareils ; clapet, vanne, pompe, on utilisera les joints à brides.

➤ Joint de démontage

Comme son nom l'indique, ce joint est nécessaire lors du montage et le démontage de la pompe.

➤ Convergent d'aspiration

La conduite d'aspiration est raccordée à la pompe par un convergent ce qui permet d'avoir une accélération progressive de l'écoulement, favorisant la bonne répartition des vitesses, dans le but d'éviter toute formation de poche d'air, on place horizontalement la génératrice supérieur de notre convergent.

➤ Vanne papillon

Elle sert à isoler la pompe et empêcher l'écoulement dans ce tronçon lors des travaux d'entretien, ou si le débit est faible.

➤ Les ventouses

Elles ont pour but d'évacuer l'air que contient la conduite, et lutté contre la surpression lors de l'écoulement transitoire (coup de bélier).

III.9.2-Équipements en aval de la pompe

➤ divergent

À la sortie de la pompe, il est évident que la vitesse de l'eau est très grande dans les conduites de refoulement, il est nécessaire de ralentir cette vitesse pour la maintenir dans une plage admissible.

➤ clapet de non-retour

À la sortie de la pompe, il pourra être placé un clapet dont le rôle sera d'empêcher l'inversion du débit d'eau lors de l'arrêt de la pompe, ils sont installés sur la conduite horizontale.

➤ Joint de démontage

Comme son nom l'indique, ce joint est nécessaire lors de montage et le démontage de la pompe.

➤ Vanne de régulation

Elle est munie de capteurs qui suivant leurs indications le pourcentage d'ouverture de la vanne est régulé.

➤ Vanne papillon

Elle sert à isoler la pompe et empêcher l'écoulement dans ce tronçon lors des travaux d'entretien, ou si le débit est faible.

➤ Conduit de refoulement

Elle sert à véhiculer l'eau entre la pompe et le collecteur de refoulement.

➤ Collecteur de refoulement

Il sert à véhiculer l'eau vers les points de refoulement, le diamètre de collecteur est déterminé après des études technico-économique.

➤ Le by-pass

Un by-pass est placée entre l'aspiration et le refoulement de la pompe, il est muni d'un clapet fermé lorsque la pompe fonctionne normalement, au moment d'un arrêt brusque de la pompe, la dépression dans la conduite provoque l'ouverture du clapet et se trouve aussi limitée à la pression H_a existant à l'aspiration. Le clapet interdit par contre le retour d'eau.

III.10-Variantes de l'adduction

III.10.1-Principe du choix du tracé de l'adduction par refoulement

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

- ❖ Distance la plus courte entre deux points à desservir.
- ❖ Eviter le passage par des points hauts nécessitant davantage de pompage.
- ❖ Condition, de poses à priori plus faciles en absence d'une topographie plus précise et de données géotechniques.
- ❖ Conditions d'accès aisées (travaux, entretien, surveillance).
- ❖ Il est préférable de passer la conduite à côté des routes pour faciliter la pose des conduites et leur exploitation (détection des fuites, des vannes défectueuses, de tous les 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, suite à l'arrêt inopiné du groupe électropompe difficilement évacuables.
- ❖ Le tracé en plan tient compte de la réalisation du profil en long idéal, avec des coudes largement ouvert afin d'éviter les butées importantes.
- ❖ Il faut rapprocher les ouvrages à la station de pompage le plus possible
- ❖ L'adduction par refoulement, reliant la station de pompage projeté au réservoir Mouaz, doit répondre aux critères du choix d'un tracé le plus favorable possible du point de vue technico-écomique.

III.10.2-Les variantes proposées

➤ Variante 01

La conduite de refoulement prend son départ du coté sud ouest du complexe hydraulique SP3, suit le même itinéraire de la conduite arrivant du champ captant Mazafran (DN 1250mm),le long de la prise derrière la station de traitement et la localité Hadadou Mohamed, jusqu'à la RN 67

Au niveau d'oued Mazafran, la conduite projetée effectuera une traversée (sous le pont) , pour continuer son parcours, en traversant un terrain encombré d'arbres, avec une pente aigu, arrivant au mur de clôture (coté Nord) du pole universitaire delà commune de Kolea, suivant une piste jusqu'au point d'arrivée qui est le complexe hydraulique Mouaz.

Le linéaire totale de la conduite de refoulement est d'environ : 6 700ml.

➤ Variante 02

La conduite de refoulement prend son départ de la façade principale du complexe hydraulique SP3 , suivra la piste en descendant (passant par la localité Reguiegue Kadour) jusqu'à la RN67 (Route : Tassala El Mardja-Htatba) ; ensuite longera le dédoublement de la RN67 actuellement réaliser, jusqu'au Oued Mazafran, ensuite la conduite sera suspendu sur l'ancien pont et traverse l'oued vers l'intérieur de la foret, suivra la piste apparente, mais à un

niveau ; une création d'une prise est nécessaire sur un linéaire d'environ 400m. (voir tracé sur levé topographique).

Le linéaire total de la conduite de refoulement est d'environ 6 300 ml.

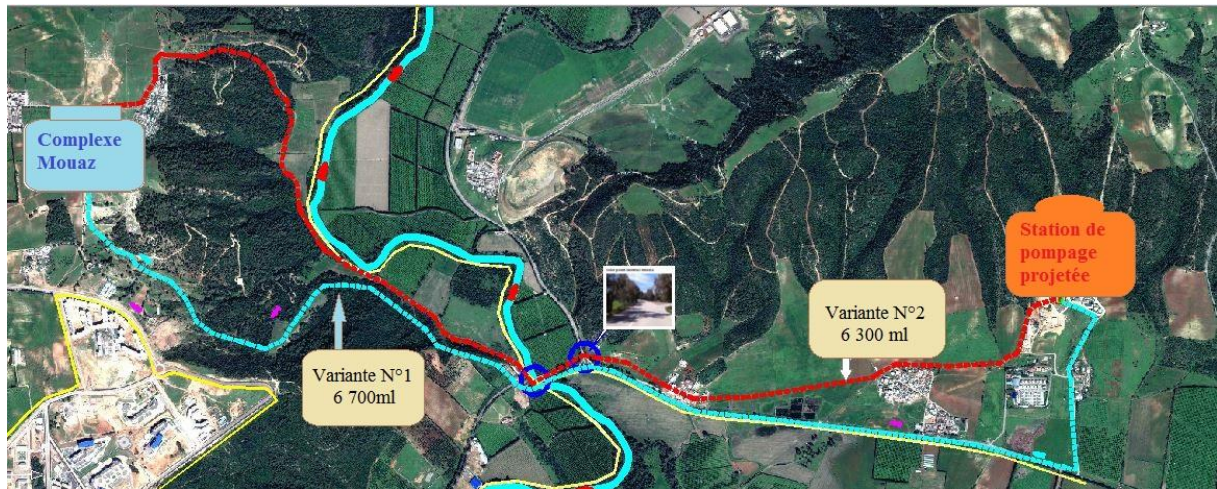


Figure III.6 : schéma des deux variantes proposées de l'adduction.

III.10.3-Avantage et inconvénients des variantes proposées

➤ Variante 01

Inconvénients

- Absence de couloir de passage pour a conduite de refoulement, à la sortie du complexe hydraulique SP3.
- Présence du réseau de gaz.

➤ Variante 02

Avantages

- Une grande partie de la conduite de refoulement suivra la servitude hydraulique (pas d'expropriation des terrains).
- Moins de linéaire à poser.

Inconvénients

- Traversée d'oued Mazafran.

III.10.4-La variante retenue

Ce choix a été fait sur la base des avantages et les inconvénients que présente chaque variante ; la variante retenue c'est bien la 2^{ème} puisqu'elle répond aux critères du choix d'un tracé le plus favorable possible du point de vue technico-économique.

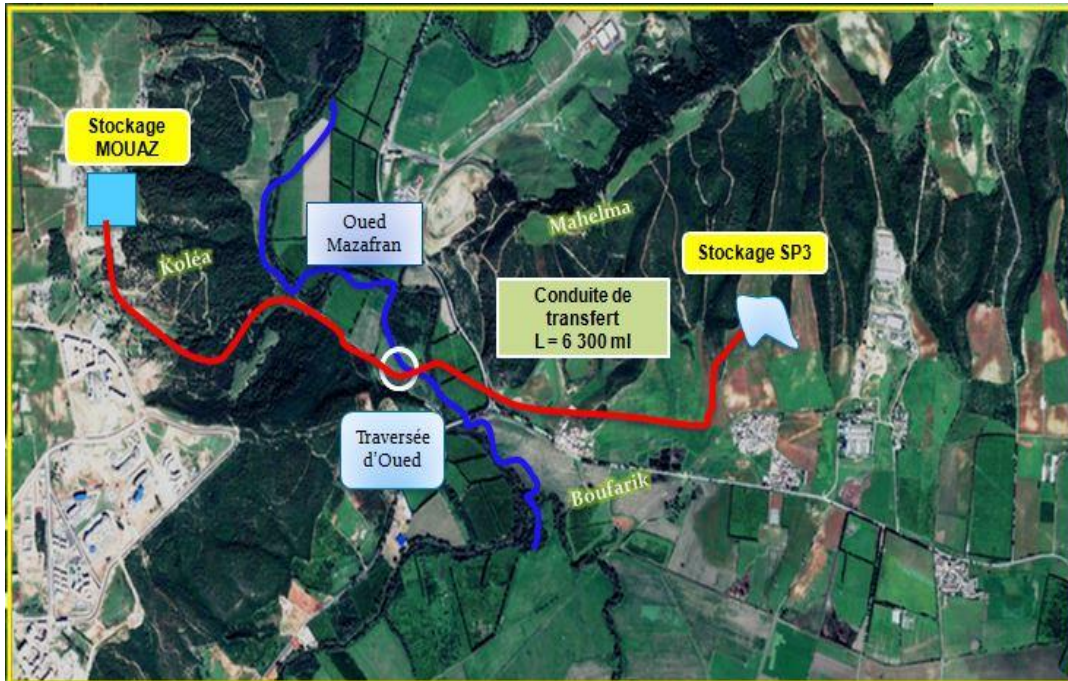


Figure II.7 : Variante retenue de l'adduction

III.11-Choix du matériau des conduites [8]

Les matériaux susceptibles d'être utilisés pour les conduites sont la fonte, l'acier, le PEHD et l'amiante de ciment.

- **Fonte**

La fonte est un matériau noble apte à prendre en charge les grandes pressions, il n'est pas sensible à la corrosion et sa pose se fait sans grande contrainte

Néanmoins elle nécessite beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite

- **Acier**

L'acier est un matériau apte à prendre en charge les grandes pressions, il est très sensible à la corrosion surtout qu'il s'agit de sol agressif, une protection cathodique est indispensable.

Pour une conduite maîtresse alimentant une ville, l'acier n'est pas recommandé pour éviter une perturbation de l'alimentation en cas de fuite.

- **PEHD**

Le PEHD est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il est incorrodable, son collage se fait par chauffage.

Ils nécessitent beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite.

- **Amiante Ciment**

L'amiante ciment reste déconseillé pour l'alimentation en eaux potables. Il nécessite beaucoup de pièces spéciales dont la disponibilité reste aléatoire

Le choix du matériau des conduites enterrées pour le transport du fluide dépend aussi bien de leur faisabilité technique qu'économique.

-Sur le plan technique

Résistance aux attaques chimiques, aux pressions et à la résistance des charges mobiles ; Adaptation aux terrains de pose ; Bonne étanchéité ; Facilité d'entretien et de mise en service.

-Sur le plan économique

Du prix de la fourniture et du transport ; De leur disponibilité sur le marché local.

Remarque

Dans notre cas, nous optons pour des conduites en fonte ductile pour les tronçons du projet où la pression est supportable par la quelle, vu les avantages qu'elles présentent à savoir:

- ✓ souple et plus résistante.
- ✓ supporte des pressions de service atteignant 50 bars.
- ✓ une épaisseur de conduite voisine du 1/20eme du rayon.
- ✓ des longueurs jusqu'à 7m à partir du diamètre de 700mm.
- ✓ différents types de joints sont utiliser pour assembler ces conduites.

Les tuyaux en fonte seront du type standard, à raccordement par emboîtement conformément aux normes internationales ISO 2531 et Européennes EN 545. Ils seront revêtus intérieurement avec du mortier de ciment de hauts fourneaux et extérieurement avec une peinture de vernis bitumineux sur une couche métallique de zinc. Des revêtement spécifiques peuvent êtres exigés dans le cas où les sondages géotechniques révéleront l'agressivité du terrain.

III.12-Etude technico-économique

La topographie de notre zone d'étude nous impose une adduction mixte refoulement-gravitaire ; gravitaire-refoulement.

III.12.1-Adduction par refoulement

Pour la partie de refoulement le diamètre est déterminé en fonction des calculs économiques, qui visent à minimiser :

- ❖ Charges annuelles d'amortissement et d'exploitation de la conduite,
- ❖ Charges annuelles d'amortissement et d'exploitation de la station de pompage.

III.12.2- Calcul des diamètres économiques des conduites de refoulements [9]

On utilise généralement deux méthodes, selon l'importance du projet :

■ Petits projets

On applique la formule de VIBERT, valable pour les petits et moyens DN, et les longueurs faibles :

$$D = 1.456 \left(\frac{ne}{f} \right)^{0.154} \times Q^{0.46} \quad (\text{III.16})$$

Où

D : diamètre économique

f : prix de la conduite posée en DA/kg

Q : débit en m³/s

$$n = \frac{\text{durée de pompage en h}}{24}$$

e : prix du kWh en DA.

Le coefficient 1,456 tient compte d'un taux d'amortissement de 8% pendant 50 ans.

Le DN choisi doit être identique ou immédiatement supérieur au diamètre D .

■ Grands projets

Pour les grandes longueurs et les diamètres importants, il faut effectuer une étude économique détaillée.

Le diamètre retenu sera celui correspondant à un coût annuel minimal (amortissement de l'investissement+ frais de pompage). [4]

-Formule de BRESSE

$$D = 1,5 * \sqrt{Q} \quad (\text{III.17})$$

-Formule de BONNIN

$$D = \sqrt{Q} \quad (\text{III.18})$$

Q : débit en m³/s.

Remarque :

Les deux formules sont applicables pour de petites longueurs

III.12.3-Puissance absorbée par la pompe

C'est la puissance fournie à pompe, définie comme suit:

$$P = \frac{g * Q * HMT}{\eta} \rho \quad (\text{III.19})$$

Avec : η : rendement de la pompe en (%) ($\eta=81,8\%$)

Q: débit refoulé par la pompe en (m^3/s)

g: pesanteur (9.81 m/s^2)

III.12.4-Energie consommée par la pompe

$$E = P * t * 365 \text{ [Kwh]} \quad (\text{III.20})$$

Avec : t: c'est le temps de pompage par jour en (heure); dans notre cas $t = 20\text{h}$

P: puissance de la pompe en (kW)

III.12.5- Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation sont définis par la formule suivante:

$$F_{\text{ex}} = E * e \text{ [DA]} \quad (\text{III.21})$$

Avec :E: énergie consommée par la pompe en (Kwh))

e: prix unitaire d'un Kwh imposé par la SONELGAZ.

Tableau III.5 : Variation journalière des tarifs de l'énergie .

Périodes	Horaires	Nombre d'heure	Prix du KWh d'énergie
		(H)	(DA)
Heures pleines	06h-17h	11	1,615
Heures de pointes	17h-21h	4	7,267
Heures creuses	21h-06h	9	0,853

$$\text{Donc : } e = \frac{1,615 * 11 + 7,267 * 4 + 0,853 * 9}{24} \Rightarrow e = 2,27\text{DA}$$

III.12.6-Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement sont donnés par la formule suivante:

$$F_{\text{am}} = P_{\text{rc}} * A \text{ [DA]} \quad (\text{III.22})$$

Avec : P_{rc} : prix de la conduite en (DA)

A: Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante:

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i \quad (\text{III.23})$$

Avec :i: Taux d'annuité annuel, $i = 8\%$

n: nombre d'années d'amortissement, $n = 30\text{ans}$

$$A = \frac{0,08}{(0,08 + 1)^{30} - 1} + 0,08 = 0,089 = 8,9 \%$$

Les prix du mètre linéaire des conduites de la fonte ductile sont donnés à l'annexe(III.2).

Donc pour notre cas on a :

$$Q = 1,67 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 6\,300 \text{ m}$$

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

Les différents calculs, pour la détermination de diamètre économique sont résumés dans les tableaux suivants :

Tableau III.6: Calcul de la HMT.

Diamètre (mm)	V (m/s)	Re	λ	j (m/m)	L (m)	DELTA H	HT(m)	H _g	HMT (m)
1000	2,127	2127388,535	0,024	0,005	6300	34,560	38,016	168	206,016
1100	1,758	1933989,577	0,023	0,003	6300	20,927	23,019	168	191,019
1200	1,477	1772823,779	0,023	0,002	6300	13,241	14,565	168	182,565
1400	1,085	1519563,239	0,022	0,001	6300	5,889	6,477	168	174,477
1500	0,946	1418259,023	0,021	0,001	6300	4,098	4,508	168	172,508
1600	0,831	1329617,834	0,021	0,000	6300	2,920	3,213	168	171,213
1800	0,657	1181882,519	0,020	0,0002	6300	1,574	1,731	168	169,731
2000	0,532	1063694,268	0,020	0,0001	6300	0,906	0,996	168	168,996

Tableau III.7 :Calcul de frais d'exploitation.

Diamètre (mm)	P (K Watt)	E (KWh)	F _{exploitations} (DA)
1000	4166,78809	30417553	69047845,4
1100	3863,47199	28203345,6	64021594,4
1200	3692,47662	26955079,4	61188030,2
1400	3528,90406	25760999,6	58477469,1
1500	3489,07673	25470260,1	57817490,5
1600	3462,86822	25278938	57383189,3
1800	3432,91236	25060260,2	56886790,7
2000	3418,04587	24951734,8	56640438,1

Tableau III.8 :Calcul des frais d'amortissement.

Diamètre en (mm)	Prix de ml (DA)	L (m)	Prix total (DA)	F _{amortissement} (DA)
1000	39609	6300	249533550	22208486
1100	43554	6300	274387050	24420447
1200	47499	6300	299240550	26632409
1400	55389	6300	348947550	31056332
1500	59334	6300	373801050	33268293
1600	63279	6300	398654550	35480255
1800	71169	6300	448361550	39904178
2000	79059	6300	498068550	44328101

Tableau III.9 :Bilan des frais d'exploitation et d'investissement.

Diamètre en (mm)	F _{investissement} (DA)	F _{exploitations} (DA)	Bilan (10 ⁶ DA)
1000	69047845,4	22208486	91,2563314
1100	64021594,4	24420447	88,4420414
1200	61188030,2	26632409	87,8204392
1400	58477469,1	31056332	89,5338011
1500	57817490,5	33268293	91,0857835
1600	57383189,3	35480255	92,8634443
1800	56886790,7	39904178	96,7909687
2000	56640438,1	44328101	100,968539

Les résultats de ce tableau sont représentés dans la figure suivante :

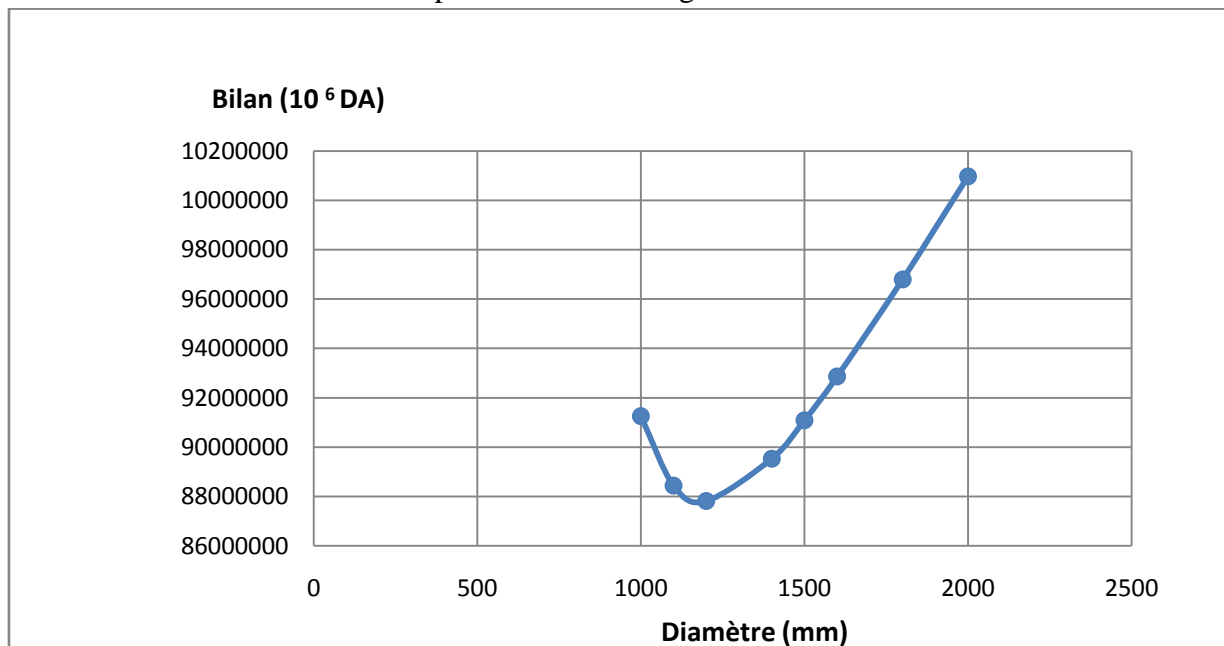


Figure III.8 : Bilan des frais d'investissement et d'exploitation de la conduite de refoulement.

Selon la combinaison des frais d'investissement et d'exploitation le diamètre économique de la conduite de refoulement est : $D=1200\text{mm}$ avec une vitesse d'écoulement de $V=1.5\text{ m/s}$.

III.13-Conclusion

dans ce chapitre nous avons fait une étude de pompage qui englobe tous ce qui concernent le bon fonctionnement de notre station de pompage , on faisant un choix adéquat des pompes , ces dernières sont prisent du catalogue KSB , elles sont identiques de type **Omega 250-800 A GB G F** , Cinq fonctionnant de débit de $1200\text{ m}^3/\text{h} = 333,33\text{ l/s}$, et deux de secours .

Pour compléter notre étude de pompage nous avons fait l'adaptation, le calage et le choix des équipements en amont et en aval des pompes.

IV.1-Introduction

Le but de ce chapitre est de proposer les équipements auxiliaires adéquats pour de meilleures conditions de fonctionnement et d'exploitation de notre système d'adduction par refoulement (SP3 et le tronçon reliant cette dernière au réservoir Mouaz).

IV.2-Equipements auxiliaires [10][12]

IV.2.1-Appareillage de mesure

-débitmètres : on trouve les débitmètres à ultrason, venturi et électromagnétique, vu la précision de ce dernier on le choisit.

-appareillage de lecture de pression : les Manomètres, vaccuomètres.

IV.2.2-Appareillage de prise d'échantillon

Pour le contrôle de la qualité d'eau.

IV.2.3-Système de levage

Il est choisit en fonction du poids le plus lourd de la station de pompage (groupe électropompe) si

- $P_{GEP} < 1$ tonne -----on opte pour un pont roulant à commande manuelle.
- $P_{GEP} > 1$ tonne-----on opte pour un pont roulant à commande électrique.

Pour notre cas on a :

❖ Poids net	
Pompe	1500 kg
Socle	435 kg
Accouplement	92 kg
Protège-accouplement	10 kg
Moteur	4200 kg
↵ Total	6237 kg

La capacité du pont roulant se détermine par : $C=P+20\% P$ (KG)

P : poids de l'élément le plus lourd, dans notre cas c'est la pompe plus le moteur $P=5700$ kg

$$C=1,2 *5700=6840 \text{ kg}$$

Dans notre cas en fait appel à un pont roulant à commande électrique.

IV.2.4-Système anti-incendie

Dans une station de pompage, la prévention contre l'incendie comprend les moyens mis en œuvre pour son extinction dans les plus brefs délais, ces moyens réservés à cet effet

dépendent de la capacité de la station et son importance, généralement, sont les pompes d'incendie et les extincteurs.

Pour la pompe d'incendie la commande se fait manuellement et elle doit être installée en charge s'il est possible pour assurer un jet d'eau au moins 10m au-dessus du point le plus haut du bâtiment, et afin que la mise en marche soit facile et rapide.

- Pour un volume du bâtiment inférieur à 5000m³

Le débit nécessaire à maîtriser l'incendie survenu à l'extérieur du bâtiment sera pris égal à 10 l/s. et pour pouvoir atteindre le feu à l'extérieur, on ajoute encore 5 l/s environ.

D'où le débit total de la pompe : $Q_{tot} = Q_{ext} + Q_{int} = 10 + 5 = 15$ l/s

$$Q_{tot} = 15 \text{ l/s}$$

La charge de la pompe d'incendie est déterminée en fonction de la hauteur du bâtiment.

$$H_{Pinc} = H + H_{bat} + h_p \dots \dots \dots (IV.1)$$

Tel que :

H : la hauteur du bâtiment.

H_{bat} : pression au niveau de la bouche d'incendie.

H_p : pertes de charge (1-2)m.

Dans notre cas H=6,63m, H_p=20m, h_p=1,88m.

$$H_{Pinc} = 29\text{m}$$

Ayant le débit Q=54m³/h, et la charge calculée H=26m, d'après le catalogue des pompes centrifuges de l'ENSH, notre choix de la pompe d'incendie s'est fait sur une pompe en porte à faux avec les caractéristiques suivantes :

Tableau IV.1 : Caractéristiques de la pompe d'incendie.

Type	bd 250 200 370
nombre de tours	1470 tr/min
puissance absorbée	21kw
Rendement	60%

IV.2.5-Système d'éclairage

Il faut prévoir un éclairage de 12,5% de la surface de la station de pompage en plus éclairage électrique, pour que l'équipe de gestion de la station travaille dans de bonnes conditions, il faut lui assurer un éclairage, de façon à ce qu'elle puisse voir tous les coins et les angles du bâtiment.

L'éclairage du bâtiment est assuré par des lampes, des néons et des tubes fluorescents en cas de coupure du courant.

On doit aussi disposer de torches alimentées aux batteries de forte puissance.

IV.2.6-Alimentation en eau de la station de pompage

Le débit nécessaire pour l'alimentation en eau de la station de pompage est q tel que

$$q = m \cdot Q_j \dots \dots \dots (IV.2)$$

Avec : Q_j : débit journalier en fonction de la dotation et le personnel.

m : coefficient dépendant de Q_j .

Dans le tableau suivant on a les valeurs de Q_j et m

Tableau IV.2 : le débit journalier en fonction de la dotation et le personnel.

Q_j (m^3/j)	<5	5—10	10--25	>25
m	0,0232	0,0116	0,007	0,0047

On prend $Q_j = 20 m^3/j \Rightarrow q = 0,007 \cdot 20 = 0,14 m^3/j$

$$\text{Donc } q = 140 \text{ l/j}$$

IV.2.7-Equipement sanitaire

Pour un bon déroulement des activités et une bonne coordination des services, nous envisageons le personnel suivant :

- ❖ Un chef d'exploitation
- ❖ Un technicien en électricité industrielle
- ❖ Deux électromécaniciens qualifiés
- ❖ Quatre poste de garde
- ❖ Un hydraulicien

Vu l'isolement de notre station de pompage, on opte de projeter un équipement sanitaire pour rejeter les eaux usées. Donc on peut calculer le débit d'égout de la station par :

$$Q_{\text{ég}} = K_j \cdot W \frac{n}{t \cdot 3600} \dots \dots \dots (IV.3)$$

Avec :

K_j : coefficient d'irrégularité horaire : $K_j = 2-3$; On prend $K_j = 2.5$

W : Norme des eaux usées à évacuer : $W = 45 \text{ l/personne}$

n : nombre de personne = 8

t : temps prit égal à 12h

$$Q_{\text{ég}} = 2,5 * 45 \frac{8}{12 * 3600} = 0,021 \text{ l/s}$$

IV.2.8-Système de ventilation

Ce sont des extracteurs d'air chauds et de toute sorte de poussières. Ils gardent une température ambiante à l'intérieur de la station de pompage ; le calcul de débit d'air nécessaire à la ventilation par alimentation minimale consiste à assurer une alimentation minimale de 30m³ par personne par heure, ceci permet le renouvellement de l'air : Q= N*30

N : nombre de personnel = 8

$$Q = 8 * 30 = 240 \text{ m}^3/\text{h}$$

IV.2.9-Système de drainage

- par caniveaux -----station de pompage proche du lieu d'évacuation (oued).
- Par puisards -----station de pompage loin du lieu d'évacuation, c'est notre cas.

IV.2.10-Appareillage de commande

- Armoire électrique
- Tableau de commande
- Transformateur

IV.2.11-Système d'amorçage

On a trois façons de le faire soit à l'aide d'une pompe à vide (pour les grandes installations), pompe auto-amorçante ou bien un amorçage manuel.

IV.2.12-Le by-pass

Qui peut être considéré comme principale, il sert à :

- Régler le débit.
- Amorçage de la pompe.
- Réglage des pressions.

IV.2.13-Système de scellement

IV.2.14-Système de protection contre le coup de bélier

- Soupapes -----protection contre la surpression.
- Volant d'inertie-----protection contre la dépression.
- Cheminée d'équilibre-----protection contre la surpression et la dépression.
- Réservoir d'air----- protection contre la surpression et la dépression.

Appareils devant augmenter la pression de l'air.

IV.3- Protection des conduites contre le coup de bélier [10][11]

IV.3.1- Définition

Le coup de bélier ou les régimes transitoires sont des phénomènes complexes qu'il n'est pas possible de traiter de façon détaillée dans le cadre restreint de cette étude. Les régimes transitoires dépendent directement de variations brutales de la vitesse d'écoulement dans la conduite. Ces variations de vitesse sont à l'origine de variations de pression qui peuvent être positives ou négatives.

IV.3.2- Origines du phénomène

Les régimes transitoires ou coups de bélier ont des causes très diverses, à titre d'exemple on peut citer :

- disjonction électrique.
- manœuvre rapide d'ouverture ou de fermeture d'un robinet-vanne.
- fin de remplissage d'une conduite.
- implosion d'une poche de cavitation.
- arrêt et démarrage d'une pompe.
- le remplissage ou la vidange d'un système d'AEP.
- modification de la vitesse d'une pompe.
- variation d'un plan d'eau.
- la disparition de l'alimentation électrique dans une station de pompage qui est la cause la plus répandue du coup de bélier.

Dans le cas d'une station de pompage, les régimes transitoires les plus dangereux sont consécutifs à une disjonction électrique (ou panne de courant).

Il est rappelé que, dans le cas d'une disjonction électrique, la présence d'une variation de vitesse électronique ou de démarreur-ralentisseur électronique est sans effet sur les régimes transitoires et ne dispense pas, en conséquence, de l'étude et de l'installation de la protection anti-bélier.

Il est donc de toute première importance d'étudier des moyens propres à limiter ses effets puisqu'il en résultera une économie dans la construction des tuyaux, lesquels sont calculés notamment, pour résister à une pression intérieure donnée.

IV.3.3- Amplitude des coups de bélier

L'amplitude maximale des coups de bélier, H , en absence de protection, est donnée par la formule d'Allievi (comptée à partir du niveau statique) :

$$\Delta H = a \times \Delta V_0 / g \dots\dots\dots (IV.4)$$

Avec :

a : célérité des ondes, ΔV_0 : variation de vitesse et ΔH : surpression en mce.

g accélération de la pesanteur = $9,81 \text{ m/s}^2$

Cette formulation est valable si le temps T de la variation de vitesse est suffisamment court pour une longueur de conduite L ($T < T_0$ avec $T_0 = 2L/a$ temps d'aller-retour des ondes).

NB_: La valeur maximale des coups de bélier est ainsi directement proportionnelle, d'une part à la variation de vitesse et d'autre part à la célérité des ondes (elles-mêmes dépendantes du type de matériaux de la conduite). Par ailleurs, plus la conduite est longue, plus celle-ci sera sensible au coup de bélier.

Dans le cas de manœuvre lente ($T > 2 L/a$), l'amplitude des coups de bélier est toujours proportionnelle à la variation de vitesse, mais inversement proportionnelle au temps de coupure du débit (ou au temps de manœuvre des équipements).

D'une manière générale, plus la vitesse d'écoulement est faible, moins important est le coup de bélier.

IV.3.4-Risques dus aux coups de bélier

Les conséquences du coup de bélier peuvent être néfastes, elles deviennent de plus en plus dangereuses à mesure que les paramètres modificateurs deviennent importants (variation de pressions et de débits dans le temps).

Ces phénomènes se produisant dans une conduite en charge, peuvent provoquer des risques à la suite d'une dépression ou d'une surpression engendrées par les manœuvres brusques.

- **Cas de la surpression**

C'est une conséquence du coup de bélier engendrée par une pression importante se produisant à la suite d'une fermeture instantanée ou rapide d'une vanne de sectionnement ou bien à la suite d'une dépression causée par l'arrêt brusque d'une pompe. Si la pression totale c'est-à-dire la pression en régime permanent majorée de la valeur de surpression due au coup de bélier dépasse la pression maximale admissible des tuyaux il y a risques de rupture de ces derniers et déboîtement des joints (les anneaux d'étanchéité seront délogés).

- **Cas de dépression**

C'est une conséquence du coup de bélier engendrée par l'apparition d'une pression relative négative, à la suite d'un arrêt brusque d'une pompe ou d'une ouverture instantanée d'une vanne de sectionnement. Si cette pression devient inférieure à 10mce , il se produira une poche de cavitation. Si le profil en long de la canalisation est déformable la canalisation peut être aplatie par implosion et les joints aspirés. Le phénomène de cavitation, une fois apparu, peut provoquer la détérioration de la couche d'enduit intérieur du tuyau.

- **Fatigue de la canalisation**

En régime transitoire les alternances des surpressions et dépressions qui sont une conséquence inévitable du phénomène provoquent la fatigue du matériau de la canalisation même si leur amplitude est faible.

IV.3.5-Risques pour un refoulement

En cas d'arrêt brutal d'une station de pompage, l'alimentation de la conduite n'est plus assurée, alors que l'eau, contenue dans celle-ci, continue à se déplacer par son inertie propre (à titre indicatif il y a 500 tonnes d'eau par km dans une conduite de DN 800).

La masse d'eau en mouvement s'arrêtant beaucoup moins vite que les pompes, la conduite en amont du refoulement est alors soumise à une surpression, tandis que la conduite en aval est soumise à une dépression.

Si la protection anti-bélier est absente ou insuffisante, les risques pour l'installation sont principalement :

- dégradation des conduites (décollement du revêtement intérieur, ...),
- perte d'étanchéité (aspiration des joints, ..),
- ovalisation ou aplatissement des conduites (conduites en inox, plastiques, ..),
- sollicitation des butées (variations des contraintes, ..),
- rupture des conduites (implosion de poche de cavitation, ..),
- aspiration d'eaux polluées par les fuites.

Compte tenu des masses respectives d'eau en mouvement à l'aspiration et au refoulement, la protection concerne principalement la conduite en aval des stations de pompage (sauf pour les sur-presseurs en réseaux).

IV.3.6- Dispositifs de protection

Les équipements (et dispositions) destinés à assurer la protection anti-bélier des installations, sont extrêmement variables et dépendent de la nature et de la taille des installations à protéger, de leurs configurations hydrauliques et topographiques, donc le choix prend en compte essentiellement de :

- La nature de l'équipement perturbateur
- Les configurations hydrauliques et topographiques dans lesquelles se situe cet équipement
- Les aspects cout et fiabilité de l'équipement de protection

Les dispositifs de protection doivent être conçus et dimensionnés pour éviter toutes mises en dépression (au-dessous de la pression atmosphérique) des canalisations afin d'éviter toutes possibilités d'entrées d'eau polluée dans celles-ci à l'occasion des phénomènes transitoires.

Donc les appareils anti-bélier devront avoir pour effet :

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

Il existe différents moyens de protection des installations contre le coup de bélier

- **Les réservoirs d'air**

L'alimentation continue de la veine liquide après disjonction du groupe peut être effectuée à l'aide d'une réserve d'eau accumulée sous pression dans une capacité métallique disposée à la station immédiatement à l'aval du clapet. Cette capacité contient de l'eau et de l'air

Ce dispositif est le plus simple et protégera les installations aussi bien contre les surpressions que contre les dépressions

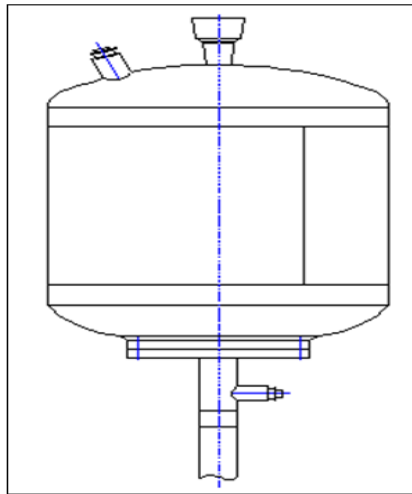


Figure IV.1 : Réservoir hydropneumatique.

- **Cheminée d'équilibre**

A la place d'un réservoir d'air sous pression, il peut être établi, à la station de pompage, un réservoir à l'air libre appelé cheminée d'équilibre. Cette cheminée jouera le même rôle que ce premier mais, dans le cas de hauteur de refoulement même moyenne, on arrive rapidement à des ouvrages d'art de hauteurs importantes

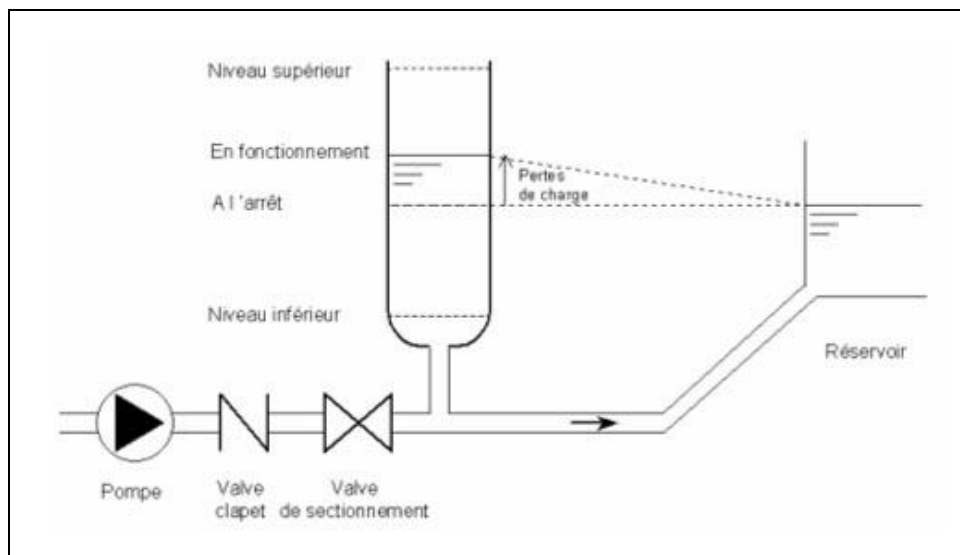


Figure IV.2: Cheminée d'équilibre sur une conduite de refoulement.

- **Soupape de décharge**

C'est appareils font intervenir un organe mécanique, un ressort à boudin ordinairement, qui, par sa compression, obture, en exploitation normale, un orifice placé sur la conduite au point à protéger, c'est-à-dire où la surpression à craindre est maximale et libère, le cas échéant, le débit de retour de conduite correspondant à la valeur de la surpression admissible. Il y a lieu de prévoir l'évacuation vers l'extérieur, de l'eau ainsi libérée

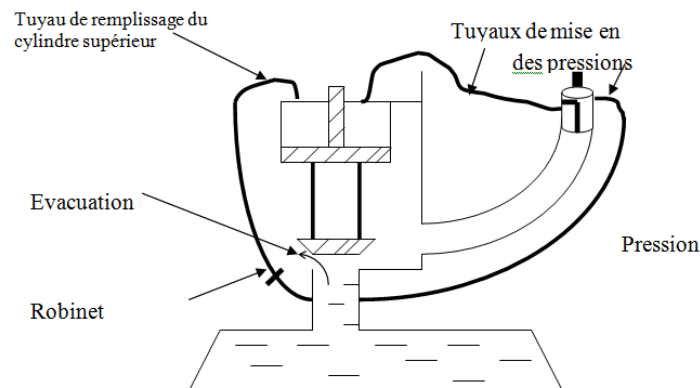


Figure IV.3 : Soupape de décharge type LEZIER

- **Volant d'inertie**

Calé sur l'arbre du groupe, il constitue un moyen assurant l'alimentation de veine liquide, malgré l'arrêt du moteur actionnant la pompe grâce à l'énergie qu'il accumule pendant la marche normale. Le volant la restitue au moment de la disjonction et permet ainsi d'allonger le temps d'arrêt de l'ensemble, donc de diminuer l'intensité du coup de bélier. Au démarrage, le groupe électropompe, avec le volant d'inertie, consomme plus d'énergie.

- **Protection de la station de pompage par réservoir d'air anti bélier**

Pour la protection l'élément le plus couramment utilisé est constitué par des réservoirs d'air appelés également réservoirs anti-bélier

Ce type d'équipement est économique et convient dans une large gamme de débits, et de hauteurs de refoulement (quelques mètres à plusieurs centaines de mètres de hauteur de refoulement).

IV.3.7-Règles diverses pour la protection contre le coup de bélier

➤ Règle 1 : Pression minimale admissible

En présence d'eau potable ou d'eau destinée à la consommation humaine (avant traitement), aucune dépression de la conduite n'est admise. La pression intérieure de la conduite doit être supérieure à la pression extérieure (niveau maxi de la nappe ou des inondations).

Dans le cas de l'assainissement, la dépression maximale admissible pour les conduites est de 5mce (en absence d'indication du fournisseur de la conduite).

➤ Règle 2 : Maintenance

La maintenance régulière des équipements de protection est indispensable. Lors d'une opération de maintenance sur un appareil de protection anti-bélier, la station de pompage n'est plus protégée, elle est alors indisponible. Un fonctionnement en mode dégradé de l'installation (à débit réduit) est souvent possible mais nécessite une étude préalable (cas des relevages d'eaux usées avec arrivée permanente d'effluents). Dans certains cas, notamment en zone urbaine, les équipements de protection sont doublés ou dédoublés.

Des moyens de vidange des organes de protection sont à prévoir avec, en assainissement, la récupération des eaux usées est recommandée.

➤ Règles 3 : Positionnement des dispositifs de protection

Les dispositifs de protection doivent être au plus près de la conduite à protéger pour éviter tout retard lié au temps de réponse. Le raccordement sera conçu avec le minimum de perte de charge, les robinets d'isolement à passage intégral de type robinet-vanne seront à ce titre préféré aux robinets à papillon. L'accès et les moyens de levage (pour maintenance et/ou remplacement) sont à prévoir.

➤ Règles 4 : Recommandations diverses

- Pour la fourniture d'eau potable, les matériaux constitutifs des dispositifs de protection doivent être conformes à la réglementation.
- Les équipements exposés au gel doivent comporter une protection spécifique.
- Les compresseurs d'air doivent refouler de l'air non pollué.
- Les temporisations de redémarrage des pompes suite à une disjonction doivent être adaptées au temps d'amortissement des régimes transitoires.
- Une prise de pression pour la vérification de l'efficacité de la protection est à prévoir.
- Dans le cas de l'installation d'un sur-presseur en aval d'un dis-connecteur, la conduite d'aspiration peut être soumise à une pression supérieure à la pression de l'alimentation en eau.

IV.3.8-Réservoir anti-bélier

Le réservoir d'air anti-bélier a plusieurs appellations : Douche à air ballon d'air, réservoir d'air ; le réservoir d'air est placé à proximité de la pompe lors de l'arrêt de la pompe le débit dans la conduite diminue brusquement il est remplacé partiellement par celui d'un ballon d'air et pendant la surpression le sens plus d'eau rejoindra le ballon d'air et diminuera cette surpression.

Le réservoir anti-bélier est placé suivant un dispositif qui facilite la sortie de l'eau vers la conduite lors de la dépression et qui favorise les pertes de charges lors de la surpression.

Plusieurs chercheurs (COMBES et BOROT, PUECH et MENIER, GAULET, VIBERT...) ont établi des abaques qui permettent une approche conservant le dimensionnement du réservoir d'air.

IV.3.9-Calcul des réservoirs d'air anti bélier

Le calcul du réservoir d'air permet de déterminer les valeurs de la surpression et de la dépression maximales dans les conduites de refoulement et le volume du réservoir d'air

Comme méthode de calcul, on distingue :

- **Méthode de VIBERT**

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

- **Méthode de BERGERON**

La méthode de BERGERON est la plus répandue, elle donne de bons résultats que ça soit pour les petites ou pour les grandes installations.

- **Calcul de la célérité [12]**

Pour tenir compte de l'effet du sol sur la conduite, **Pr.B.SALAH** trouve et publie la formule suivante qu'à utiliser (donnant la célérité d'onde du coup de bélier quand la conduite est enterrée):

$$C = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{K \cdot 2 \cdot a \cdot (1 - \nu_m^2) \cdot (1 - \nu_s)}{(1 - \nu_m^2) \cdot a \cdot E_s + E_m \cdot e_m \cdot (1 - \nu_s)}}} \dots\dots(IV.5)$$

Avec :

- C : Célérité en [m/s]
- K : Coefficient de compressibilité de l'eau ; $k = 2,07 \cdot 10^9$ pascal
- ρ : Masse volumique de l'eau ; $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$
- e_m : Epaisseur de la conduite (m) ; $e_m = 0,0153\text{m}$ pour la fonte $\varnothing = 1200\text{mm}$ (voir annexe IV.1)
- a : Rayon intérieur de la conduite = 0,6 m
- ν_m : Coefficient de poisson du matériau de la conduite ; $\nu_m = 0,3$ (fonte)
- ν_s : Coefficient de poisson du sol entourant la conduite ; $\nu_s = 0,33$
- E_m : Le module de Young du matériau de la conduite; $E_m = 1 \cdot 10^{11}$ Pascal pour la fonte
- E_s : Module de Yong du sol ; $E_s = 2 \cdot 10^8$ Pascal

- La charge tenant compte du coup de bélier:

- Cas de surpression :

$$H_s = H_g + \Delta H_{max} \dots\dots(IV.6)$$

- Cas de dépression :

$$H_s = H_g - \Delta H_{max} = 24.03\text{m}$$

Tel que ΔH_{max} représente la valeur maximale de la surpression et de la dépression est donné par la relation suivante :

$$\Delta H_{max} = \pm \frac{C * V_0}{g} \dots\dots\dots(IV.7)$$

V₀: vitesse moyenne de refoulement en (m/s).

g: l'accélération de pesanteur.

La charge maximale absolue

$$Z_{max} = H_s + 10 \dots\dots\dots(IV.8)$$

La charge statique absolue: Z₀ = Hg + 10

$$D'où : \left. \begin{array}{l} \frac{Z_{max}}{Z_0} \\ h_0 = \frac{V_0^2}{2 * g} \Rightarrow \frac{h_0}{Z_0} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Abaque de VIBERT} \Rightarrow \frac{U_0}{LS}; \frac{Z_{min}}{Z_0} \quad (\text{voir annexe IV.2})$$

$$U_0 * Z_0 = U_{max} * Z_{min} \Rightarrow U_{max} = \frac{U_0}{\frac{Z_{min}}{Z_0}} \dots\dots\dots(IV.9)$$

U_{max}: volume du réservoir d'air anti bélier.

1) Les données de base

Les caractéristiques de l'adduction de refoulement sont représentées dans le tableau suivant:

Tableau IV.3 :Les caractéristiques de l'adduction de refoulement

Type de matériau	D (mm)	S (m ²)	V (m/s)	L (m)	Hg (m)
Fonte	1200	1,13	1.5	6 300	168

2) Calcul de la célérité d'onde C

Les résultats trouvés pour le calcul de la célérité d'onde C sont regroupés dans le tableau suivant:

Tableau IV.4 : Calcul de célérité d'onde

K (Pa) (*10 ⁹)	ρ (Kg/m ³)	a (m)	v _m	V _s	E _s (Pa) (*10 ⁸)	E _m (Pa) (*10 ¹¹)	e _m (m)	C (m/s)
2.07	1000	0.6	0.3	0.33	2	1	0,0153	941,55

3) Calcul de capacité du réservoir d'air

Les résultats trouvés pour le calcul de volume de réservoir d'air sont regroupés dans le tableau suivant:

Tableau VI.5 : Calcul de volume de réservoir d'air de l'adduction de refoulement:

Z ₀ (m)	Z _{max} (m)	V ₀ (m/s)	G (m/s ²)	h ₀	$\frac{h_0}{Z_0}$	$\frac{U_0}{LS}$	$\frac{Z_{min}}{Z_0}$	U ₀ (m ³)	U _{max} (m ³)	Volume Normalisé (litre)
178	321.97	1.5	9.81	0.115	6.44x10 ⁻⁴	5x10 ⁻³	0.62	35.6	57.41	75 000

4) Caractéristiques finales du réservoir d'air

D'après la figure VI-1 les dimensions de réservoir d'air sont représentées dans le tableau suivant:

Tableau IV.6 : Les dimensions du réservoir d'air de l'adduction de refoulement

volume (litre)	D (mm)	L (mm)	H (mm)	B (mm)	E (mm)	F (mm)	K (mm)	C (mm)
3000	12000	3010	1770	1600	150	900	167	400
12000	19000	4800	2470	3000	150	1300	268	400

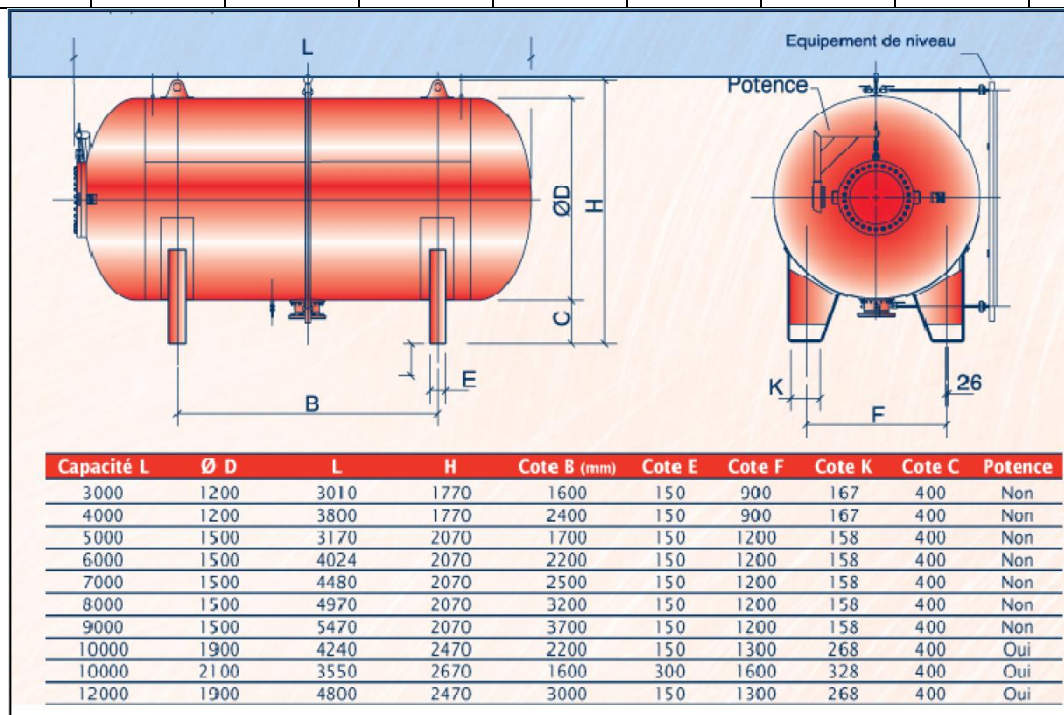


Figure IV.4: Planche d'encombrement des réservoirs d'air Hydrofort CHARLATTE.

IV.3.10-Installation du réservoir d'air

Vu ses dimensions, le réservoir d'air sera installé à l'extérieur du bâtiment de la station de pompage afin de réduire l'encombrement à l'intérieur de la salle des machines et de gagner sur son génie civil.

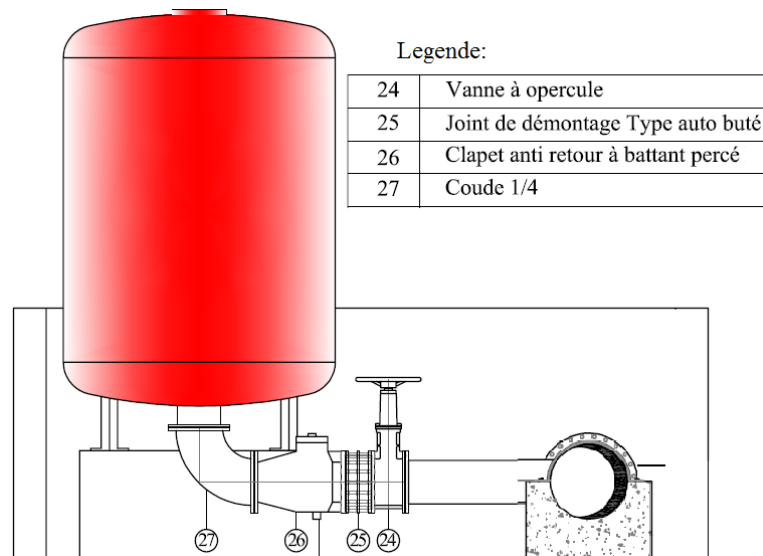


Figure IV.5 : Schéma d'installation du réservoir d'air.

Pour assurer la protection des stations de pompages contre le coup de bélier nous allons installer des réservoirs d'air au pré des stations de pompage

- 06 réservoirs d'air de capacité 12000 litres.
- 01 réservoir d'air de capacité 3000 litres.

IV.4-Simulation du phénomène transitoire par le logiciel CEBELMAIL [2]

IV.4.1-Présentation du logiciels CEBELMAIL

CEBELMAIL est un logiciel d'hydraulique transitoire en charge décliné en différentes éditions. Son interface simple permet à l'hydraulicien de se concentrer sur les aspects de modélisation.

Les accessoires inclus (conditions aux limites) sont nombreux :

- Conduite
- Pompe centrifuge
- Clapet anti-retour
- Stabilisateurs de pression amont ou aval
- Vanne
- Perte de charge singulière
- Réservoir,
- Ballon anti-bélier
- Cheminée
- Soupape
- Ventouse
- Point de consommation.

IV.4.2-Précision des algorithmes et confort de l'utilisateur

Le moteur de calcul de CEBELMAIL est basé sur une résolution des équations de Saint-Venant par la méthode des caractéristiques de Bergeron. L'interface de saisie a été conçue pour fournir le meilleur confort à l'utilisateur.

IV.4.3-Protection des réseaux

CEBELMAIL permet de modéliser le fonctionnement des réseaux sous pression pendant des phases d'écoulement dynamique, pouvant être très rapides (On parle de coup de bélier).CEBELMAIL permet de dimensionner les organes de protection adéquats pour lutter contre des pressions trop faibles ou trop fortes, comme un ballon anti-bélier.

IV.4.4-Domains d'application

Les singularités (représentation mathématique d'un système réel) contenues dans CEBELMAIL sont particulièrement adaptées à la modélisation des réseaux d'eau potable, d'assainissement.

IV.4.5-Explication des différentes étapes pour la simulation

Le nœud peut être un nœud simple, une prise de débit (point de consommation) ; une injection de débit, un réservoir ; une bande d'irrigation, une soupape, une ventouse, un ballon anti bélier, pour notre cas c'est une bâche d'aspiration.

- on fait le dessin comme présenté dans la figure ci-dessous.
- on introduit les différentes données tel que : le niveau de terrain naturel, cote trop plein, le débit et la hauteur manométrique des pompes, on peut même introduire la courbe caractéristique de la pompe si on la mais sinon le logiciel désigne par défaut une standard avec le débit et la HMT, le nombre de tours 1450 tr/min, et le rendement c'est 0,81, l'inertie propre à la pompe calculer par le logiciel.
- On applique une manœuvre par disjonction c'est-à-dire on a créé une perturbation ; exemple s'il y a une coupure d'électricité pour simuler le régime transitoire qui est le coup de bélier.

L'avantage du logiciel non seulement la modélisation des pompes mais aussi la modélisation des clapets, une chose très importante qui représente une importance incontournable dans le régime transitoire.

On générale on travail avec les clapets clazard qui sont des clapets anti bélier ils permet de réduire l'effet du coup de bélier.

- Si on a les caractéristiques dynamiques du clapet on les met sinon on prend un standard. Pour notre cas, on a le diamètre de 0,4 m, dv/dt et V_r (donner par le constructeur) qui représente la loi du comportement dynamique de la fermeture et l'ouverture du clapet, qui va se répercuter sur le régime transitoire et on calcule le débit critique qui caractérise l'ouverture et la fermeture du clapet (voir annexe VI.3).
- on introduit les caractéristique de la conduite de refoulement , le matériau, le diamètre et la rugosité mais pas à état neuf par ce que avec le temps elle va se dégrader car elle va être exploiter durant 30 ans , aussi la célérité d'onde 1200m/s , la pression P_{ma} qui représente la pression minimale admissible dans la conduite égale à 0 bars (eau

potable) mais en assainissement elle peut être négative (-2 ; -3) la pression PMA c'est la pression maximale admissible (pression supporter par la conduite).

- la chose la plus importante c'est qu'on peut introduire le profil en long de la conduite de refoulement.
- on place l'anti bélier (représenté par un nœud) on fait rentrer comme caractéristique le volume , pour notre cas on a proposé trois réservoir d'air de 20 m³ ; la pression de pré gonflage , gamma = 1,2 coefficient donné par le logiciel ; cote de terrain naturel la ou on veut placer l'anti bélier , coefficient de vidange et de remplissage (donné par le constructeur) , entré avec clapet donnée par CHARLATTE et le diamètre de connexion on propose une conduite de raccordement de 600mm avec une pression de 40bars (voir annexe VI.3).
- Le réservoir d'arrivé CTP.

- ↺ On lance la simulation en régime permanent
- ↺ Puis on lance une simulation de dt= 240 secondes avec un pas de temps égale à 0.1 s (car le régime transitoire se produit rapidement il peut causer des dégât en 1min).

- ✚ On remarque l'existence d'une onde qui peut bouger a l'intérieur de deux ligne , une ligne inferieure c'est la le terrain naturel ,une ligne supérieure c'est la conduite plus 40bars , donc c'est le maximum que peut supporter une conduite , si elle est toucher par l'onde qui oscille c'est-à-dire qu'il ya une surpression et Lorsqu'elle touche le terrain naturel c'est-à-dire une dépression.

Remarque : La simulation a été faite pour quatre pompe

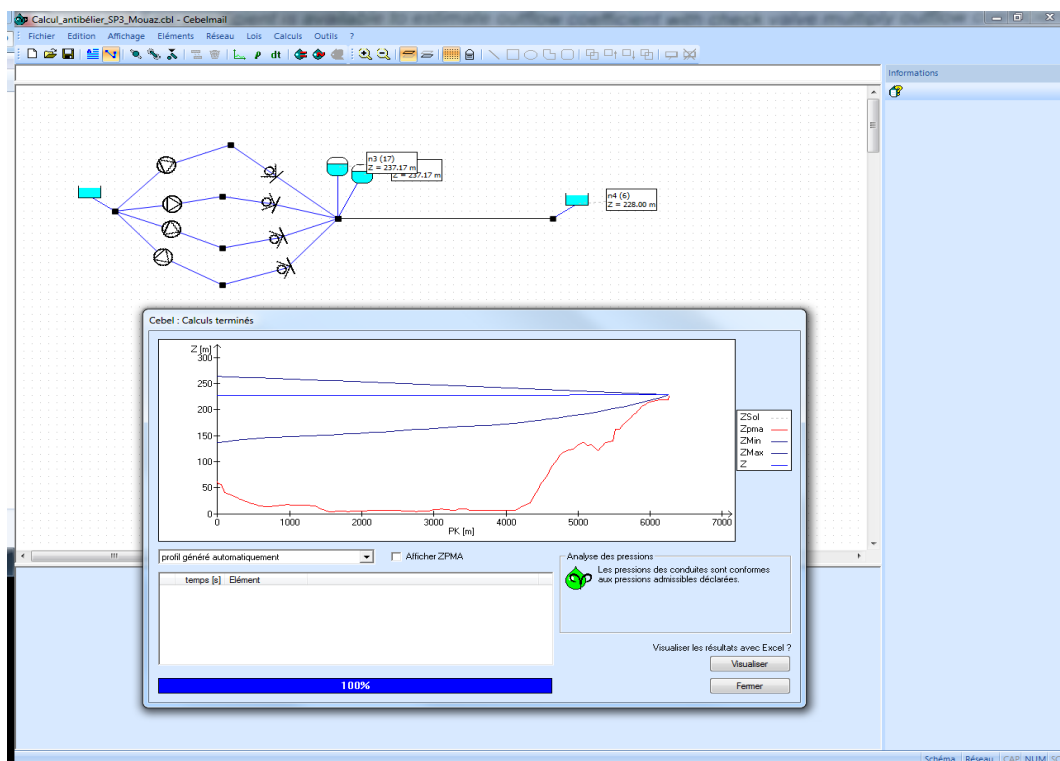


Figure IV.6 : la simulation du phénomène transitoire avec le logiciel CEBELMAIL.

IV.5-Conclusion

A la fin de ce chapitre nous avons pu savoir déterminer les différents équipements de la station de pompage SP3, une telle installation exige une protection, d'où la nécessité de prévoir un réservoir d'air anti-bélier qui permet de déterminer les valeurs de la surpression et de la dépression maximales dans la conduite de refoulement et le volume du réservoir d'air.

V.1-Introduction

Dans ce chapitre nous allons faire une étude du bâtiment de la station de pompage qui va être l'abri pour les équipements hydromécaniques, hydro-énergétique, les équipements hydrauliques, auxiliaires et les locaux du personnel, et voir un aperçu bref sur une nouvelle solution technique dans le domaine de la construction en béton préfabriqué.

V.2-Bâtiment de la station de pompage

Le type de construction de la station de pompage est déterminé en prenant en considération plusieurs paramètres :

- Mode d'assemblage du bâtiment à la prise d'eau.
- Variation de plan d'eau dans l'aspiration.
- Type et disponibilité des matériaux de construction.
- La nature du sol.
- Type des moteurs et pompes utilisés.
- Paramètres hydrauliques
- Type d'installation

Pour notre projet, le débit ne dépasse pas les $1,5\text{m}^3/\text{s}$, les groupes électropompes sont à axe horizontale et la condition de non cavitation est vérifiée alors le bâtiment type de surface est le plus adéquat.

V.3-Dimensions du bâtiment

V.3.1-Longueur du bâtiment

$$L_b = n_p \times l + l_{int} + l_{pf} + l_R + l_p \dots \dots \dots \text{(V.1)}$$

n_p : nombres de pompes, $n_p = 7$.

l : longueur de la pompe + moteur, $l = 2,9\text{m}$

l_{int} : distance entre deux pompes, $l_{int} = 1\text{m}$

l_{pf} : largeur de la plateforme, $l_{pf} = 2\text{ m}$.

l_R : longueur de l'armoire électrique, $l_R = 3\text{ m}$

l_p : longueur du bureau du personnel, $l_p = 4\text{m}$

Donc : $L_b = 7 \times 2,9 + 1 + 4 + 3 + 2 = 30,3\text{ m}$.

Donc : La station de pompage aura une longueur de 30,3m.

V.3.2-Largeur du bâtiment

$$l_b = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + 2s \dots\dots\dots(V.2)$$

S : épaisseur du mur, $s=0.4$ m.

l_1 : distance entre mur et premier organe de la pompe, $l_1 = 0,3$ m.

l_2 : distance entre les tubulures, $l_2=0.3$ m.

$$l_3 + l_4 = l_p + l_{tr} + l_{asp} + l_c + l_j$$

l_p : longueur de la pompe, $l_p = 3,388$ m.

l_{asp} : longueur d'aspiration, $l_{asp}=3$ m.

l_{tr} : longueur de tubulaire de refoulement, $l_{tr}=0,7$ m.

l_c : longueur du convergent, $l_c=1,26$ m.

l_j : longueur des joints, $l_j=0,5$ m.

l_b : longueur du bureau du personnel = 4 m

$$\text{Donc : } l_b = 0.3 + 0.3 + 3,388 + 3 + 0,7 + 1,26 + 0,5 + 0.4 * 2 + 4 = 14,25 \text{ m}$$

Donc : La station de pompage aura une largeur de 14,25 m.

V.3.3-Hauteur du bâtiment

$$H_b = h_5 + h_6 + h_7 + h_8 + h_9 \dots\dots\dots(V.3)$$

$$h_5 = h_{\text{reserve}} + h_{\text{socle}} + h_p.$$

$$h_{\text{reserve}} = 0.5 \text{ m.}$$

$$h_{\text{socle}} = 0,45 \text{ m.}$$

$$h_p = 1,88 \text{ m.}$$

$$h_5 = 2,83 \text{ m}$$

h_6 : hauteur réservée à l'homme, $h_6 = 2.2$ m.

h_7 : hauteur du chariot, $h_7 = 0.3$ m.

h_8 : hauteur profilée, $h_8 = 0.8$ m.

h_9 : hauteur de sécurité, $h_9 = 0.5$ m.

$$\text{Donc : } H_b = 2,83 + 2.2 + 0.3 + 0.8 + 0.5 = 6,63 \text{ m.}$$

Donc : La station de pompage aura une hauteur de 6,63m.

V.3.4-Dimensions des portes

- ✓ porte principale : 3,2*3
- ✓ porte secondaire : 2,5*1,6

V.3.5-Dimensionnement des fenêtres

Il faut avoir un éclairage de surface de (10-15) % de la surface de la station en plus de l'éclairage électrique.

$$\sum S_f = 0,125 * 30,3 * 14,25 \Rightarrow \sum S_f = 53,97 \text{ m}^2$$

Le nombre de fenêtres sera :

$$n = \frac{\sum S_f}{S_f} \dots\dots\dots(V.4)$$

n : nombre des fenêtres ;

Sf : surface d'une seule fenêtre, Sf = (1,5 * 2,5) ;

$$\text{A.N : } n = \frac{53,97}{1,5 * 2,5} \Rightarrow n = 14 \text{ fenêtres}$$

V.4-Aperçu sur la nouvelle technique de construction développée par AMENHYD [13]

AMENHYD spa développe de nouvelles solutions techniques dans le domaine de la construction en béton préfabriqué. Celles-ci conjuguent conjointement qualité, performance et esthétique. Appliquées aux structures industrielles et résidentielles, assurant un équilibre parfait et une symbiose harmonieuse entre l'ingénierie et l'architecture.

V.4.1-Avantages de la préfabrication

La préfabrication présente une multitude d'avantages sur les tous les plans; industriel, performance, qualité, etc.

- ✓ **Industrialisation de la construction**

Transférer un maximum de tâches du chantier vers une unité de production, pour assurer un produit fiable réalisé par une main d'œuvre hautement qualifiée.

- ✓ **Qualité de haut niveau**

Main d'œuvre spécialisée, conformité des matériaux et des procédés de fabrication, et système de contrôle qualité permanent.

- ✓ **Flexibilité**

La préfabrication permet de sortir du contexte de rigidité des modèles de construction standards pour s'adapter au souhait du client ou de l'architecte.

✓ Grande portée

L'utilisation du béton précontraint dans les poutres et les planchers permet d'atteindre de grandes portées jusqu'à environ 32 m pour les bâtiments industriels et commerciaux.

✓ Résistance au feu

Les bâtiments préfabriqués en béton armé et précontraint présentent une résistance au feu au-dessus de la normale de 60 à 180 minutes sans mesures particulières de protection supplémentaire.

✓ Un bon comportement sismique

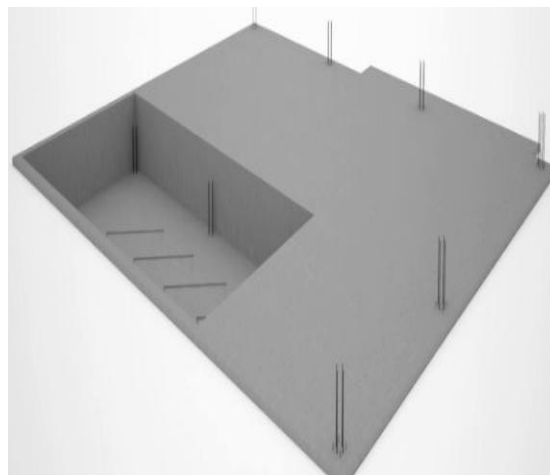
Les structures en béton préfabriqué possèdent des limites d'élasticité élevées et ductilité permettant une meilleure stabilité des constructions en zones de forte sismicité.

✓ Délai de réalisation plus court

60% plus court que les structures en béton coulé sur place et 40% de moins que les structures en acier.

V.4.2-Les différentes taches pour la réalisation de la station de pompage

La construction en béton préfabriqué d'une station de pompage se fait comme suit :

➤ Coulage du radier sur place**Figure V.1.a****Figure V.1.b****Figure V.1 : Coulage du radier sur place.**

➤ Montage des poteaux

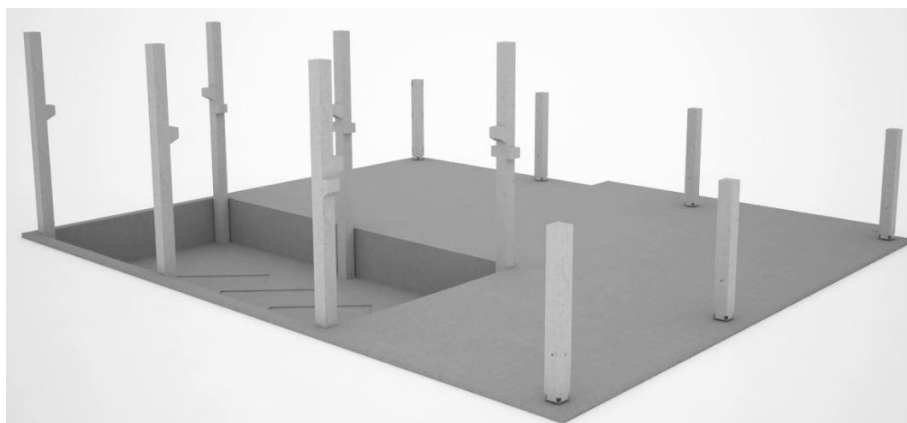


Figure V.2 : Montage des poteaux.

➤ Pose des poutres

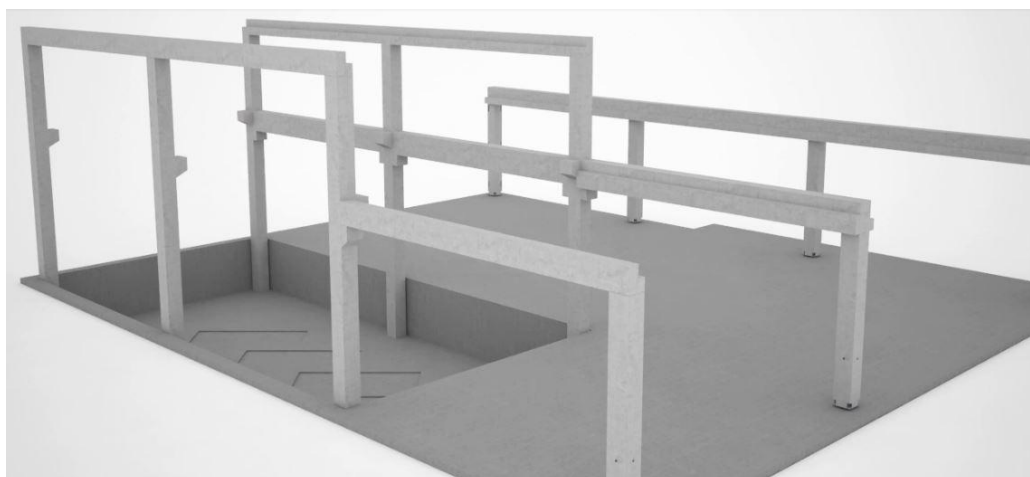


Figure V.3 : Pose des poutres.

➤ Installation du pont roulant



Figure V.4 : Installation du pont roulant.

➤ Montage des panneaux intérieurs

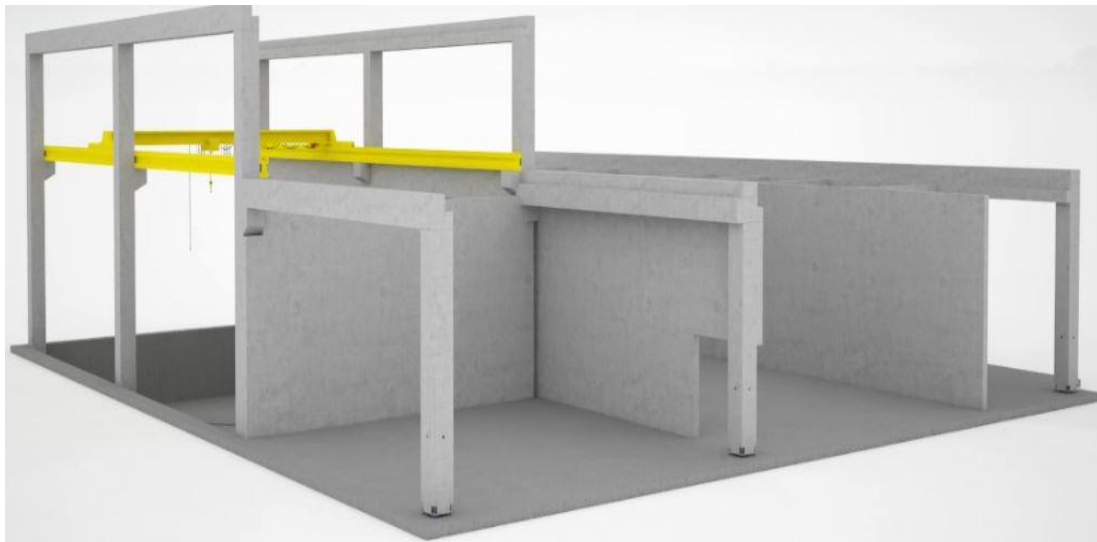


Figure V.5 : Montage des panneaux intérieurs

➤ Installation des équipements



Figure V.6.a

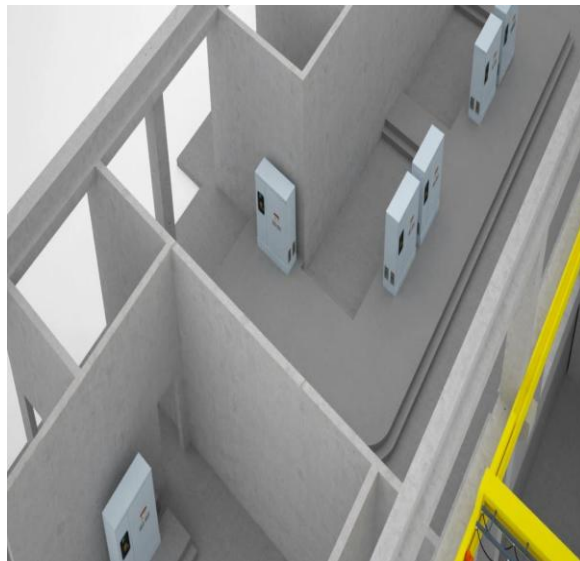


Figure V.6.b

Figure V.6 : Installation des équipements

- Poses des dalles



Figure V.7 : Poses des dalles

- Montage des panneaux extérieurs

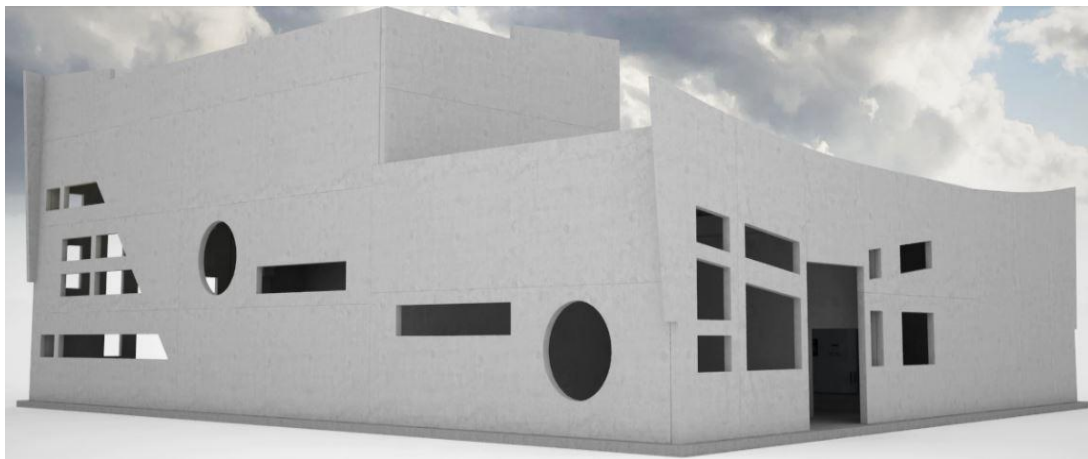


Figure V.8 : Montage des panneaux extérieurs

- Coulage de la Chappe

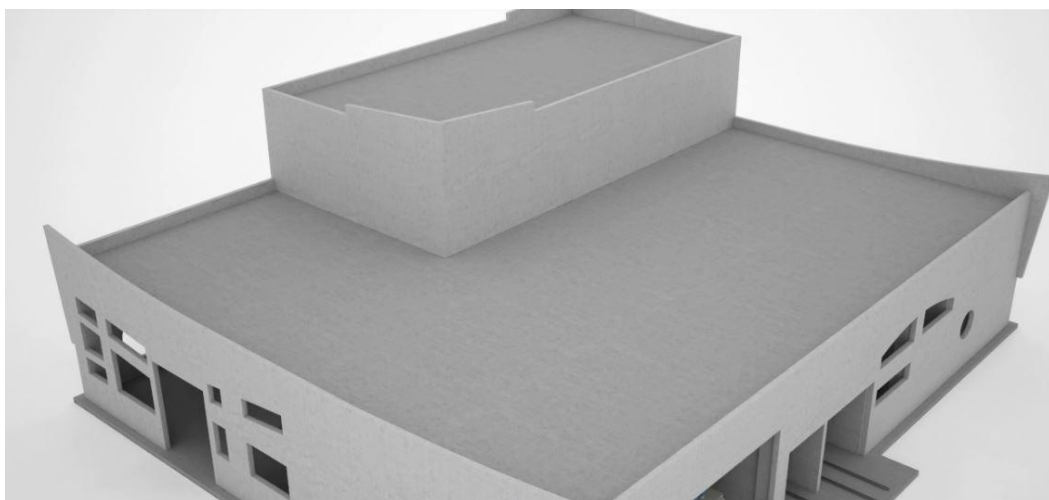


Figure V.9 : Coulage de la Chappe

➤ Menuiserie et finition



Figure V.10 : Menuiserie et finition.

V.5-Conclusion

Vu les conditions du projet nous avons opté pour un bâtiment de longueur de 30,3m et une largeur de 14,25m avec une hauteur de 7m ; à la fin de ce chapitre nous avons vu nouvelles solutions techniques dans le domaine de la construction en béton préfabriqué et son application pour une station de pompage.

VI.1-Introduction

Afin que notre projet soit exécutable dans des meilleures conditions possibles, une organisation de chantier doit être étudiée, afin de déterminer et de coordonner la mise en œuvre des moyens nécessaires pour une réalisation et une exécution des travaux aussi conforme que possible tout en respectant les délais les plus brefs.

VI.2-Différents travaux à entreprendre

VI.2.1-Travaux concernant la station de pompage

Il faut d'abord connaître les dimensions de notre station de pompage qui ont été détaillées dans le chapitre V,

- Longueur de la station : **L**= 30,3m.
- Largeur de la station : **B**=14,25 m.
- Hauteur de la station : **H**=6,63 m.

Les tâches constituant les travaux à faire pour la construction de la station de pompage sont :

1. Décapage

Les travaux de décapage consistent à débarrasser l'assiette de la station de pompage de la couche végétale (abatage des arbres ...etc.). L'épaisseur de la couche à éliminer est de 15cm.

$$V_{cv} = L * B * e \dots\dots\dots(VI.1)$$

Avec :

V_{cv} : volume de la terre décapée en (m³)

L : la longueur de la parcelle = 30.3m

B : la largeur de la parcelle =14,25m

e : épaisseur de la couche = 15cm

$$V_{cv} = L * B * 0,15 = 64.77 m^3$$

2. Exécution des fouilles

L'exécution des fouilles est une opération de terrassement qui consiste à creuser les fondations du bâtiment. Les fouilles à exécuter ont les dimensions suivantes : L*l*h

Avec :

l : largeur de la fouille (m)

L : longueur de la fouille (m)

h : profondeur de la fouille (m)

Soit : $1,5 \times 1,5 \times 1,5 \text{m}^3 \dots\dots\dots(\text{VI.2})$

3. Coulage du béton de propreté

On procède à cette opération pour que les semelles des fondations reposent sur un socle propre et stable. Cette opération consiste à couler 10cm de gros béton au fond des fouilles.

4. Remblayage

Le remblayage des fouilles et des casiers, consiste à combler les vides par un remblai constitué des terres de déblai compacté.

5. Coulage du béton

Cette opération consiste à couler le béton des différentes pièces, ce béton est dosé à 350 kg/m³ Le béton est confectionné par une petite centrale à béton. Pour le coulage des poteaux, Les demis poteaux et les semelles nécessitent une bétonnière à tambour, pour les longrines et la dalle là où les volumes du béton sont importants nécessite est une pompe à béton.

6. Maçonnerie

Elle consiste pour le bâtiment au cloisonnement des différentes pièces, et pour les fondations à la mise en place de cloison sous les longrines.

VI.2.2-Travaux concernant l'adduction

Les taches constituant les travaux à faire pour la mise en place de l'adduction sont :

1. Exécution des tranchées

C'est une opération de terrassement (déblais) qui consiste à faire des excavations suivant un fruit de talus dans notre cas de 1/1. Ces excavations seront faites par une pelle hydraulique et les déblais seront posés à côté de la tranchée, l'autre côté étant réservé au bardage des conduites.

2. Construction des regards

Les regards constituent l'abri de certains accessoires de l'adduction à savoir les ventouses et les vannes de vidange, ils sont conçus en béton armé.

3. Pose du lit de sable

Cette opération consiste à poser un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 10 cm dans notre cas.

4. Pose des conduites

Avant la descente des conduites dans la fouille, on procède à un triage des conduites de façon à écarter celles qui ont subies des chocs et on les descend lentement à l'aide d'un engin de levage, dans le fond de la fouille. Au cours de pose, on vérifie régulièrement l'alignement des tuyaux pour ne pas avoir des difficultés au raccordement des conduites.

5. Epreuve de joint et de la canalisation

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement, on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste au remplissage en eau de la conduite sous une pression de 1,5 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite lors du fonctionnement. Cette épreuve doit durer 30 minutes environ où la variation ne doit pas excéder 0.2 bar.

6. Remblayage des tranchées

C'est une opération de terrassement qui consiste à enterrer la conduite, en utilisant le remblai résultant de l'excavation.

7. Nivellement et compactage

Une fois le remblai fait, on procède au nivellement qui consiste à étaler les terres qui sont en monticule, ensuite au compactage pour augmenter la densité des terres et éviter le tassement par la suite.

VI.2.3-Calcul des volumes des travaux de l'adduction

1. Déblais d'excavation

Le volume des déblais est calculé en fonction des surfaces des coupes en travers sachant que :

$$S_{exc} = b * h \dots \dots \dots (VI.3)$$

Avec :

S_{exc} : surface des déblais de chaque coupe

b : largeur de la tranchée

h : profondeur de la tranchée

$$V_{exc} = L_{exc} * S \dots \dots \dots (VI.4)$$

Avec :

V_{exc} : volume des déblais entre deux coupes consécutives

L : distance entre deux coupes consécutives

2. La profondeur de la tranchée

La profondeur de la tranchée dépend du diamètre de la conduite.

Elle est donnée par la relation suivante :

$$H_{tr} = D + h + h_1 \dots\dots\dots(VI.5)$$

Avec :

H_{tr}: profondeur de la tranchée (m)

D : diamètre de la conduite (m)

h : hauteur de la génératrice supérieur de la conduite à la surface du sol

h₁ : épaisseur du lit de pose h₁ = 0,10 m

3. Largeur de la tranchée

La largeur de la tranchée sera calculée en fonction du diamètre de la conduite toute on laisse 30cm d'espace de chaque côté de la conduite.

$$b = D + 0.6 m \dots\dots\dots(VI.6)$$

Avec :

b : largeur de la tranchée (m)

D : diamètre de la conduite (m)

Tableau VI.1: Calcul du volume des déblais.

tronçon	D (mm)	b (m)	L (m)	V _{exc} (m ³)
refoulement	1 200	1.8	6 300	28803,6

4. Lit de sable

Le long de l'adduction, la conduite doit être posée sur un lit de sable de 10 cm d'épaisseur

$$V_s = b * e * L \dots\dots\dots(VI.7)$$

Avec :

V_s : volume du lit de sable (m³)

e : épaisseur du lit de sable, e = 10 cm

L : longueur de la tranchée (m)

Les résultats de calcul du volume du lit de sable figurent dans le tableau

Tableau VI.2: Calcul du volume du lit de sable.

Tronçon	b (m)	e (m)	L(m)	V (m ³)
refoulement	1.8	0.1	6 300	1134

5. Volume de la conduite

Après l'exécution des déblais de la tranchée et la mise en place du lit de sable, il y a la pose des conduites dont la connaissance de la section est importante pour la détermination du volume des remblais.

$$S_c = \frac{\pi * D^2}{4} \dots\dots\dots(VI.8)$$

Avec :

- S_c : section de la conduite (m²)
- D : diamètre de la conduite (m)

$$V_c = S_c * L \dots\dots\dots(VI.9)$$

Avec :

- V_c : volume de la conduite (m³)

Tableau VI.3 : calcul du volume de la conduite.

Tronçon	D(mm)	SC (m ²)	L (m)	V (m ³)
refoulement	1200	1,13	6 300	7119

6. Remblais compacté

Le volume des remblais sera le volume des déblais réduit du volume occupé par la conduite et du volume du lit de sable :

$$V_r = V_{exc} - V_s - V_c \dots\dots\dots(VI.10)$$

Avec :

- V_r : volume du remblai
- V_{exc} : volume du déblai (volume excavé)
- V_{cond}: volume occupé par la conduite
- V_s : volume du lit de sable

$$V_r = 28803,6 - 7119 - 1134 = 20550,6 \text{ m}^3$$

Tableau VI.4: Volumes des travaux de l'adduction

N°	Désignation	Unité	Quantité
1	Déblais	m ³	28803,6
2	Lit de sable	m ³	1134
3	La conduite	m	7119
4	Remblais	m ³	20550,6

VI.3-Calcul des coûts des travaux

Les coûts des travaux de l'adduction sont mentionnés dans les tableaux suivants :

Tableau IV.5 : coût des travaux de l'adduction

N°	Description des travaux	unité	quantité	Prix unitaire	montant
				DA	DA
1	Déblais	M ³	28803,6	300.00	8641080.00
2	Lit de sable	M ³	1134	800.00	907200.00
3	La conduite	M ³	7119	20 000.00	142380000.00
5	Remblais compacté	M ³	20550,6	400.00	8220000.00
				Montant	1601482280.00

Le cout des travaux de l'adduction est de : 1601482280.00 DA

VI.4-Planification des travaux de l'adduction

Avant d'entamer la réalisation des travaux sur le chantier, il faut faire une planification qui consiste en une étude théorique qui va désigner la meilleure façon d'utilisation de la main d'œuvre et des autres moyens.

L'objectif de la planification est de s'assurer que tout le travail sera fait :

- Dans un ordre correct (bonne succession des opérations du réseau) ;
- Sans retard ;
- Aussi économique que possible.

Les travaux suivant seront ordonnés selon la méthode du réseau (CPM).

La méthode du réseau à chemin critique ou méthode PERT (Program Evaluation Review Technic) est une méthode où les nœuds et les flèches représentent des tâches et ils sont parcourus par un flux qui est le temps, le sommet (nœuds ou flèches) représente une étape ou un événement. Cette méthode à été élaboré en 1958 par les Américains.

VI.4.1-Planification des travaux de la station de pompage

➤ Définitions des tâches et leurs durées

Les tâches de réalisation de la station de pompage et leurs durées sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau VI.6 : Définitions des tâches et leurs durées.

Notation	Opérations	Durée (jours)
A	Décapage de la couche de terre végétale	5
B	Piquetage	3
C	Excavation	15
D	Construction de la chambre des vannes	30
E	La dalle inférieure	35
F	Les poteaux	30
G	La dalle supérieure	35
H	Les murs de surface	20
I	Fixation de l'appareil de levage	12
J	Clôture de sécurité	20
K	Travaux de finition	25

Le réseau à nœud de ces tâches est représenté comme suit :

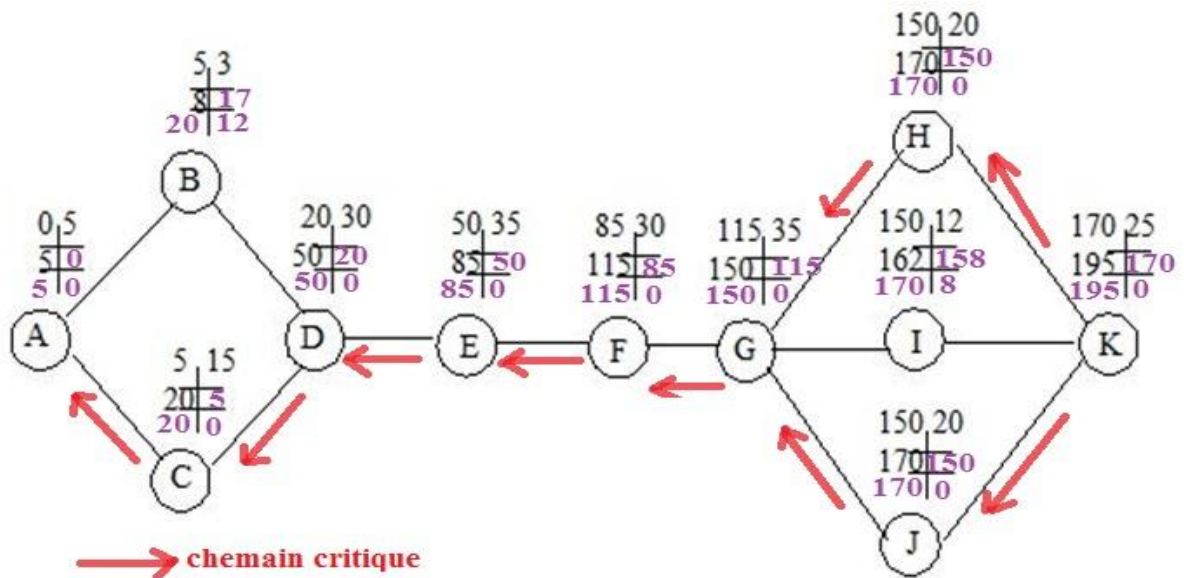


Figure VI.1 : Réseau à nœuds

Remarque :

Le temps de réalisation de la station de pompage est de 195 jours, soit environ 7 mois.

VI.4.2- Planification des travaux de l'adduction

➤ Définitions des tâches et leurs durées

Les tâches de réalisation de l'adduction et leurs durées sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau VI.7 : Temps de réalisation des opérations de l'adduction

Notation	Opération	Durée (jour)
A	Excavation de la tranchée	110
B	Lit de sable	20
C	Pose de conduite	30
D	Epreuve de joint et de la canalisation	20
E	Remblais	90
F	Compactage	30

Le réseau à nœud de ces tâche est représenté comme suit :

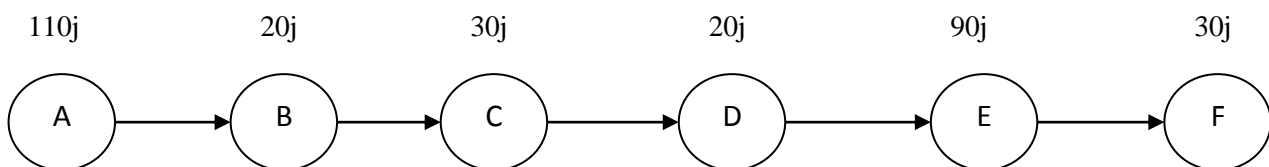


Figure VI.2 : Réseau à nœuds

Remarque :

Le temps de réalisation de l'adduction du projet est de 300 jours, soit environ 10 mois.

VI.5-Choix des engins de terrassement

Le matériel utilisé pour les chantiers est le matériel classique des chantiers de travaux publics.

L'utilisation de gros engins mécaniques a réduit considérablement le prix et le temps des terrassements dont l'incidence, dans la construction des chantiers, se trouve ainsi sensiblement diminuée

Les engins que nous allons utiliser sont :

- Les engins à utiliser qui sont principalement l'angledozer, pelle, rouleau lisse.

VI.5.1-Pelle hydraulique

Les pelles sont des engins de terrassement qui conviennent à tous les terrains, pour le chargement des roches débitées, exploitation des carrières notamment.

La pelle peut porter divers équipement qui en font un engin de travail à plusieurs fins :

- Godet normal pour travail en butée
- Godet rétro pour travail en fouille et en tranché
- Godet niveleur pour travail de décapage ou de nivelage
- Benne preneuse pour terrassement en fouille ou déchargement de matériaux (sable, pierres...)
- Dragline pour travail en fouille
- Pour une pelle équipée en rétro ou pelle hydraulique le godet est porté par un bras simplement articulé et actionner par des vérins hydraulique.

VI.5.2-Dozer

Les tracteurs niveleurs à chenilles (dozer) se sont répandus dans tous les pays du monde depuis les années 1940-45. Leur silhouette est devenue familière sur de très nombreux chantiers et de nombreux conducteurs, se sont exercés à la conduite de ces engins. Ainsi tout terrassement doit commencer par le décapage de la terre végétale ou couche supérieure du sol qui contient des débris végétaux; ce résultat est pratiquement obtenu au cours de la déforestation.

Le bulldozer est une pelle niveleuse montée sur un tracteur à chenille ou à pneus.

L'outil de terrassement est une lame profilée portée par deux bras articulés qu'un mécanisme hydraulique permet d'abaisser ou de lever.

Si la lame est en position basse l'engin fait des terrassements par raclage avec une profondeur de coupe de 20 à 30cm.

En mettant la lame en position intermédiaire, on peut régaler des tas de déblais en couche d'épaisseur de 20 à 30cm également.

La position haute est une position de transport (hauteur de la lame au-dessus du sol de 75cm à 1m).

VI.6-Conclusion

On a conclu à partir de ce travail que l'organisation de chantier est nécessaire avant le commencement de nos travaux car elle nous définit :

- les volumes des travaux nécessaires pour élaborer le chantier.
- La durée du projet qui est de 495 jours.
- Les engins à utiliser qui sont principalement l'angledozer, pelle, rouleau lisse.

Afin de réaliser ce projet dans les plus brefs délais possibles, on doit prévoir un planning permettant la réalisation des deux parties du projet en même temps, c'est-à-dire lancer les travaux de la pose des conduites et en même temps, lancer les travaux de la réalisation de la station de pompage, puis faire les raccordements.

VII.1-Introduction

La réalisation d'une station de pompage reste incomplète sans l'élaboration d'une politique permettant d'effectuer des opérations qui permettent de conserver le potentiel du matériel et d'assurer la continuité et la qualité de la production telle que la maintenance, l'entretien et la bonne exploitation des ouvrages et des équipements, d'où l'objectif de ce projet.

VII.2-Définition de la télégestion [4]

La télégestion est l'ensemble des produits qui mettent en œuvre les technologies de l'informatique, de l'électronique et des télécommunications, afin de permettre un contrôle à distance d'installations techniques géographiquement réparties ou isolées. La télégestion répond aux besoins de nombreux domaines d'applications (gestion des réseaux d'eau, assainissement, éclairage public, génie climatique).

VII.3-But de la gestion

La gestion des stations de pompage a pour objet d'assurer :

- ❖ La pérennité d'alimentation par des options de conservation.
- ❖ L'entretien courant des pompes et des ouvrages mécaniques par des interventions de nettoyage, de dépannage et de maintenance.
- ❖ L'exploitation par la régulation des débits et la synchronisation.

VII.4-Quelques mots sur la télégestion

Un système de télégestion se compose obligatoirement de :

- ↳ capteurs ;
- ↳ postes locaux de télésurveillance, qui combinent les fonctionnalités des automates programmables avec celles de communications locales et à distance et de stockage d'information ;

Et éventuellement :

- ↳ d'automates programmables pour des gestions de sites « trop complexes » pour un poste local de télésurveillance ;
- ↳ d'un poste central de télégestion qui centralise les informations et la gestion d'un ensemble de postes locaux de télésurveillance.

VII.5-La chaine de télégestion

On trouvera ci-après, représenté de façon simplifiée, une chaine de télégestion classique :

Les ouvrages : que l'on ait affaire à un simple poste de relevage ou à une usine de traitement complet, la télégestion va permettre à l'exploitant d'optimiser le fonctionnement des ouvrages concernés à l'aide d'outils de type tableaux de bord.



Figure VII.1: ouvrage hydraulique (château d'eau)

Les équipements de type moteurs, vannes... agissent sur les ouvrages et sont pilotés selon un automatisme prédéfini. Leur dysfonctionnement peut également être détecté par la télégestion.

Les équipements de type mesure, capteurs... donnent des informations sur l'état des ouvrages et des équipements.



Figure VII.2: les équipements hydrauliques.

Les armoires électriques intègrent les automatismes (sous formes de relais, d'automates programmables). Le plus souvent, le poste local de télésurveillance se trouve dans une armoire de commande.



Figure VII.3 : une armoire électrique.

Le poste local de télésurveillance réalise l'acquisition d'informations telles que : la marche, le défaut des pompes, les mesures... Il appelle le poste central lorsqu'une alarme est détectée et les informations qui lui sont raccordées. Il est équipé d'un modem qui lui permet de communiquer via une ligne téléphonique (cas général, plus loin)

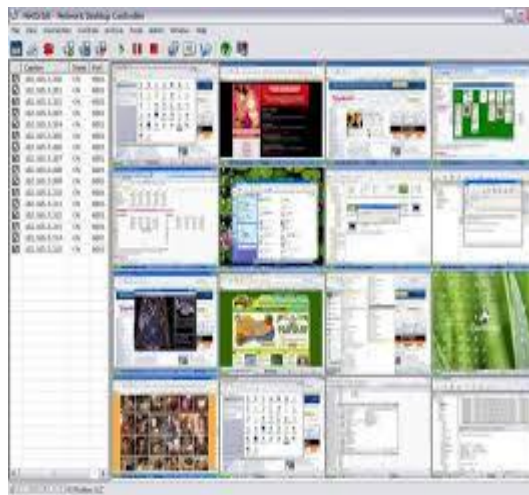


Figure VII.4 : Le poste local de télésurveillance.

Les modems sont raccordés directement au poste central de télégestion par liaisons série. Ils permettent de faire communiquer le poste central avec les postes locaux via les lignes téléphoniques (cas général, cf, plus loin)



Figure VII.5 : un modem.

Le poste central de télégestion collecte les informations des postes locaux, les enregistre dans sa base de données et synthétise les informations dans des tableaux de bord. Il gère également les astreintes et diffuse les informations sous plusieurs formats (intranet, mail, fax, imprimantes locales ou déportées...).

Les tableaux de bord générés par le poste central présente les informations nécessaires au suivi des ouvrages et des équipements.

Les utilisateurs analysent les tableaux de bord et optimisent le fonctionnement des équipements et des ouvrages.

VII.6-Les postes centraux de télégestion [4]

La centralisation répond aujourd'hui au besoin des collectivités et entreprises de distributions d'eau d'avoir une information centralisée et, en particulier dans le domaine de l'eau, une gestion centralisée de l'astreinte technique.

Ces besoins sont nouveaux et correspondent à l'évolution générale de la gestion de l'information, où les interactions entre les différents métiers sont de plus en plus importantes et nécessitent le partage de données issues de diverses sources : « process », données clients.....

La supervision répond à un besoin d'échanges d'informations entre unités fonctionnelles gérant un process plus ou moins complexe. Dans le domaine de l'eau, par exemple, une supervision est adaptée à la gestion centralisée d'une usine de traitement d'eau potable ou avec ses usines (réservoirs pour l'eau potable et postes de relevage pour l'eau usée, par exemple).

La télégestion centralisée est utilisée pour ajouter une centralisation supplémentaire. Elle permet de gérer une grande quantité de sites plus ou moins importants, en particulier les reports d'alarmes en astreinte. En effet, la plupart des stations n'ont pas de personnel sur site en permanence. Elles nécessitent en conséquence une surveillance automatique.

VII.7-Maintenance [4]

La maintenance est un ensemble des mesures servant à préserver l'état initial ainsi qu'à constater et évaluer l'état réel des dispositifs techniques d'une station de pompage, en procédant régulièrement aux opérations d'entretien, d'inspection et de remise en état.

VII.8-La maintenance préventive

La maintenance préventive est une programmation programmée et en se basant sur la définition de la maintenance préventive on peut distinguer trois concepts principaux :

VII.9-L'entretien courant

Cela concerne les opérations qui interfèrent le plus souvent avec le fonctionnement quotidien de l'installation telle que les mesures de surveillance, de contrôle, et de détections des anomalies (bruit, fuites etc....)

VII.10-L'entretien préventif systématique

Il s'agit d'un programme minimum obligatoire dans la mesure où :

- ❖ Son coût inférieur aux dépenses de dépannage ou de renouvellement.

- ❖ Sa mise en œuvre est indispensable pour assurer aux équipements une durée de vie normale.

VII.11-L'entretien préventif exceptionnel

C'est un entretien préventif d'où il n'a pas été programmé longtemps à l'avance (démonter une pompe de forage à la suite d'une baisse significative des performances par exemple).

II.12- La maintenance curative

Elle consiste à la remise en état d'un équipement ou d'une installation à la suite d'une défaillance ou à une mise hors service accidentelle totale ou partielle.

III.13-Gestion technique et suivie générale des installations

La gestion d'un forage ou d'un champ captant nécessite un suivi général des installations de contrôles, et d'inspections :

Les opérations de contrôle et inspection pour les machines tournantes et installations électriques sont :

III.13.1- Contrôle hebdomadaire

- Purges
- Fonctionnement des armoires électriques
- Etanchéité des conduites, vannes, robinetterie...
- Remplissage d'air des réservoirs anti-bélier.

III.13.2- Contrôle mensuel

- Fonctionnement et indication de l'installation de telle commande et télétransmission.
- Essai de fonctionnement des équipements de secours et auxiliaires, fonctionnement des organes ; de robinetterie.

VII.14-Activités de maintenance

➤ Inspection

Contrôle de conformité réalisé en mesurant, observons, testant, ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien.

➤ **Surveillance de fonctionnement**

Activité exécutée manuellement ou automatiquement ayant pour objet d'observer l'état réel d'un bien.

➤ **Essai de conformité**

Essai destiné à montrer si une caractéristique ou une propriété d'un bien est, ou non, conforme aux spécifications nominales.

➤ **Essai de fonctionnement**

Actions menées après une action de maintenance pour vérifier que le bien est capable d'accomplir la fonction requise.

➤ **Maintenance de routine**

Activités élémentaires de maintenance régulières ou répétitives qui ne requièrent généralement pas de qualifications, autorisation ou d'outils spéciaux.

➤ **Stratégie de maintenance**

Méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance

➤ **Plan de maintenance**

Ensemble structuré de tâches comprenant les activités, les procédures, et la durée nécessaire pour les exécuter.

VII.15-Vieillessement et traitement des forages

Le vieillissement est donc un phénomène incurable qui s'accompagne de plusieurs effets :

VII.15.1-Phénomène de corrosion

Le Phénomène de corrosion est un phénomène complexe attribuable à cause de :

1. Présence de l'eau corrosive à l'intérieur ou à l'extérieur d'un forage
2. Existence des bactéries sidérolites ou sulfatés ductiles
3. Effets galvaniques entre les diverses parties de même ensemble métallique au contact d'eau de composition différente.

Généralement il existe deux types de corrosion (électrique et bactérienne), et pour la lutte contre ce phénomène on procède comme suit :

VII.15.2-Protection active

Utilisation des effets électrochimiques (cathodique) qui à pour but de stopper ces phénomènes de corrosion qui sont directement liés à la corrosivité de sols et à l'influence des courants électriques parasites (courants vagabonds).

VII.15.3- Protection passive

Couche de peinture et revêtement au tour du tuyau.

VII.15.4-Protection anti-corrosion

Deux possibilités fondamentales existant pour la protection contre la corrosion intérieure dans les conduites métalliques.

Donc le besoin d'une protection contre la corrosion externe dépend de l'agressivité du sol.

Et le traitement des eaux devront être transportées par les conduites pour qu'elle ne soit pas corrosive, et qu'une couche de protection contre la rouille se forme sur les parois des conduites, empêchant une corrosion ultérieurement.

VII.16-Le colmatage des forages

La baisse progressive du rendement provoque le colmatage des forages, généralement les origines de ce colmatage peuvent être très diverse mais les résultats sont les mêmes, pour les types de colmatage on distingue :

- Colmatage mécanique
- Colmatage chimique
- Colmatage biologique

VII.17-Conclusion

Pour assurer une bonne exploitation de la station de pompage, il faut tenir compte les critères de gestion et respecter les normes mondiale des différentes installations et différents organes.

CONCLUSION GENERALE

A la fin de ce travail et en conclusion générale de notre projet, visant l'étude et dimensionnement de la station de pompage du complexe SP3 de la commune de Mahelma de la wilaya d'Alger vers le complexe Mouaz de la wilaya de Tipaza.

Nous avons pu arriver à faire une adduction par refoulement avec un tracé le plus économique possible sur un linéaire de conduite, en fonte ductile, de six mille trois cent mètres avec un diamètre de mille deux cent millimètres.

La station de pompage projetée comprend cinq pompes de type KSB en plus de deux identiques de secours. Ces pompes sont callées à une cote d'axe 62 NGA pour un fonctionnement sans le moindre risque de cavitation. Pour l'adaptation de la station aux conditions imposées un réglage par modification de la vitesse de rotation, présentant la meilleure solution du point de vu technico-économique doit être fait.

La protection anti-incendie doit être assurée par une pompe de type « bd 250 200 370 », assurant un débit de $54\text{m}^3/\text{h}$, un système d'alimentation en eau potable et d'assainissement doivent être prévus.

La protection antibélier doit être assurée par trois réservoirs d'air de capacité de vingt mille litres pour chacun. Des ventouses sont prévues aux points hauts de l'adduction pour chasser l'air.

Un pont roulant à commande automatique équipera notre station en plus de tableau de commande pour la gestion des équipements.

Tenant compte du débit que doit refouler notre station ($1,66\text{m}^3/\text{s}$) et des machines nous avons opté pour un bâtiment type de surface semi-enterré ayant une longueur de trente mètres, une largeur quinze mètres, et une hauteur de sept mètre, en prévoyant un aménagement extérieur de la chaussée et une verdure au tour.

La durée de réalisation de ce projet est estimée à quatre cent quatre vingt quinze jours, avec un coût pour l'adduction probable de un milliard six cent deux millions de dinars.

En fin pour une meilleure exploitation de notre station de pompage nous recommandons de suivre les consignes de gestion et d'entretien citées dans le dernier chapitre.

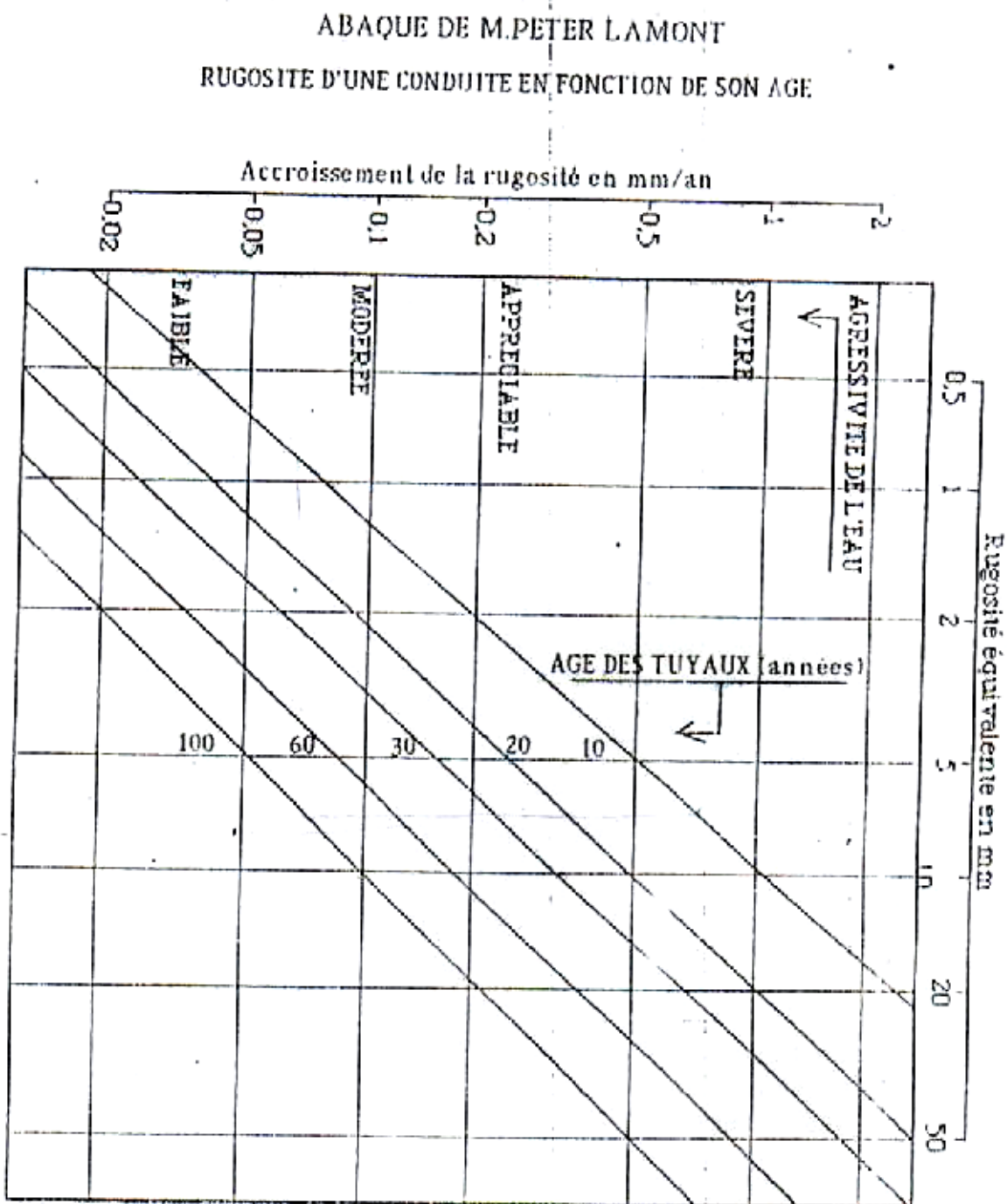
BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Direction de l'hydraulique de la wilaya d'Alger**, « Compte rendu sur la situation géographique et hydraulique de la commune de Mahelma ».
- [2] **Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger « SEAAL »**, « Compte rendu sur la situation géographique et hydraulique de la commune de Mahelma et Koléa, des données sur le complexe Mouaz, séance de travail sur le logiciel CEBELMAIL ».
- [3] **Direction de production SEAAL**, « Résultats d'essais et d'analyses des échantillons d'eaux des forages Mazafran I et II »
- [4] **P.Schulhof** / Les station de pompage d'eau /5^{ème} édition TEC et DOC/Paris/ Juillet 2002.
- [5] **J.Djoukam** / Cours de station de pompage / Juin 1999.
- [6] **Logiciel : KSB.**
- [7] **www.pompe.fr**
- [8] Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement.
- [9] **A. DUPONT** : Hydraulique urbaine, Tome II, édition Eyrolles, Paris **1977**.
- [10]**A. DUPONT** : Hydraulique urbaine, Tome I, édition Eyrolles, Paris **1977**.
- [11]**M. CARLIER** : Hydraulique générale et appliquée, édition Eyrolles, Paris 1972.
- [12]**B.SALAH** : Polycopie d'Alimentation en Eau Potable.
- [13] **www.AMENHYD.com**

Annexe (I): Les Valeurs usuelles indices de rugosité (K) en mm.

N°	Nature de la surface intérieure	Indice rugosité k
1	cuivre, plomb, laiton, inox	0,001 à 0,002
2	Tube PVC	0,0015
3	Acier inox	0,015
4	tube acier du commerce	0,045 à 0,09
5	Acier étiré	0,015
6	Acier soudé	0,045
7	acier galvanisé	0,15
8	Acier rouillé	0,1 à 1
9	fonte neuve	0,25 à 0,8
10	fonte usagée	0,8 à 1,5
11	fonte incrustée	1,5 à 2,5
12	tôle ou fonte asphaltée	0,01 à 0,015
13	ciment bien lissé	0,3
14	Béton ordinaire	1
15	béton grossier	5
16	bois bien raboté	5
17	bois ordinaire	1

Annexe (II): Abaque de M.PETER LAMONT (Rugosité d'une conduite en fonction de son âge).



Annexe (III): Tableau du prix du mètre linéaire des conduites en fonte ductile d'après entreprise chinoise **KOUG.C.**

Diamètre en (mm)	Prix de ml (DA)
800	31719
900	35664
1000	39609
1100	43554
1200	47499
1400	55389
1500	59334
1600	63279
1800	71169
2000	79059

Remarque: les prix mentionnés ci dessus sont les prix de **vente et de pose** des conduites en fonte ductile par mètre linéaire.

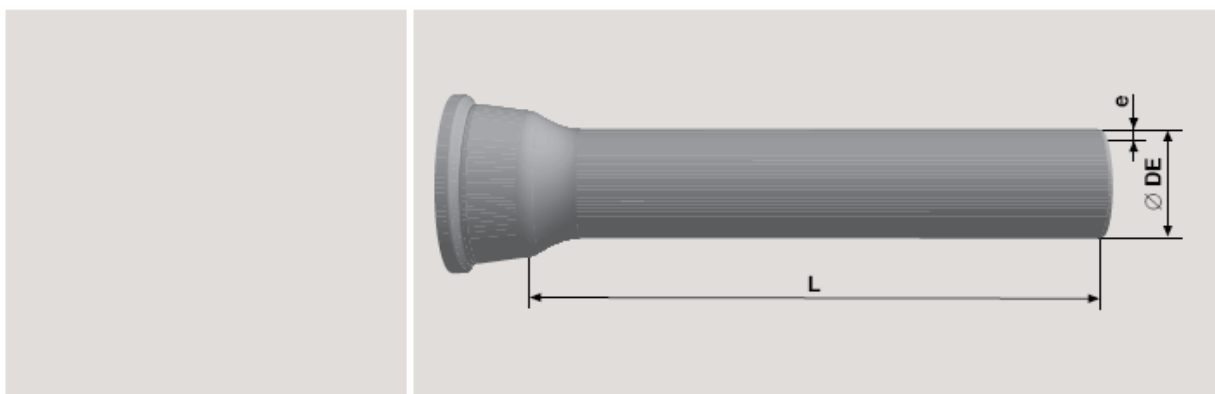
Annexe(IV): Répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants

HEURES	NOMBRE D'HABITANTS				
	Moins de 10000	10 001 à 50 000	50001 à 100000	Plus de 100000	Agglomération de type rurale
0-1	01	1.5	03	3.35	0.75
1-2	01	1.5	3.2	3.25	0.75
2-3	01	1.5	2.5	3.3	01
3-4	01	1.5	2.6	3.2	01
4-5	02	2.5	3.5	3.25	03
5-6	03	3.5	4.1	3.4	5.5
6-7	05	4.5	4.5	3.85	5.5
7-8	6.5	5.5	4.9	4.45	5.5
8-9	6.5	6.25	4.9	5.2	3.5
9-10	5.5	6.25	4.6	5.05	3.5
10-11	4.5	6.25	4.8	4.85	06
11-12	5.5	6.25	4.7	4.6	8.5
12-13	07	05	4.4	4.6	8.5
13-14	07	05	4.1	4.55	06
14-15	5.5	5.5	4.2	4.75	05
15-16	4.5	06	4.4	4.7	05
16-17	05	06	4.3	4.65	3.5
17-18	6.5	5.5	4.1	4.35	3.5
18-19	6.5	05	4.5	4.4	06
19-20	5.0	4.5	4.5	4.3	06
20-21	4.5	04	4.5	4.3	06
21-22	03	03	4.8	3.75	03
22-23	02	02	4.6	3.75	02
23-24	01	1.5	3.3	3.7	01

Source (polycops SALAH.B)

Annexe (V): Les caractéristiques des conduites en fonte ductile.

Tuyau à emboîture



DIMENSIONS ET MASSES***											
DN	Longueur utile moyenne* L	DE	Gamme de base			Gamme STANDARD TT			Gamme ISOPAM		
			e fonte K = 9 **	Masses moyennes d'un tuyau		e fonte K = 9 **	Masses moyennes d'un tuyau		e fonte K = 9 **	Masses moyennes d'un tuyau	
	m	mm	mm	kg	kg	mm	kg	kg	mm	kg	kg
60	6	77	6	67,5	11,5	6	70	12	-	-	-
80	6	98	6	87,5	15	6	90,5	15,5	-	-	-
100	6	118	6,1	109	18,5	6,1	113	19	6,1	133	22
125	6	144	6,2	137	23	6,2	142	24	6,2	165	27,5
150	6	170	6,3	164	27,5	6,3	170	28,5	6,3	198	33
200	6	222	6,4	222	37	6,4	230	38,5	6,4	272	45,5
250	6	274	6,8	290	48	6,8	300	49,5	6,8	367	61
300	6	326	7,2	364	61	7,2	377	63	7,2	453	75,5
350	6*	378	7,7	482	80,5	7,7	512	85	7,7	597	99,5
400	6*	429	8,1	573	95,5	8,1	607	101	8,1	701	117
450	6*	480	8,6	676	113	8,6	720	120	-	-	-
500	6*	532	9	781	131	9	827	138	9	856	143
600	6*	635	9,9	1 018	170	9,9	1 018	170	Nous consulter		
700	7	738	10,8	1 517	218	10,8	1 517	218			
800	7	842	11,7	1 862	267	11,7	1 862	267			
900	7	945	12,6	2 235	320	12,6	2 235	320			
1 000	7	1 048	13,5	2 641	378	13,5	2 641	378			
	8,27	1 048	13,5	3 091	378	13,5	3 091	378			
1 100	8,27	1 151	14,4	3 605	441	14,4	3 605	441			
1 200	8,26	1 255	15,3	4 155	506	15,3	4 155	506			
1 400	8,19*	1 462	17,1	5 643	694	17,1	5 643	694			
1 500	8,18*	1 565	18	6 327	779	18	6 327	779			
1 600	8,18*	1 668	18,9	7 049	868	18,9	7 049	868			
1 800	8,17*	1 875	20,7	8 581	1 058	20,7	8 581	1 058			
2 000	8,13	2 082	22,5	10 189	1 262	22,5	10 189	1 262			

Annexe (VI):Abaque de VIBERT.

ABAQUE

DE M. VIBERT

POUR LE CALCUL SIMPLIFIÉ
DES RÉSERVOIRS D'AIR

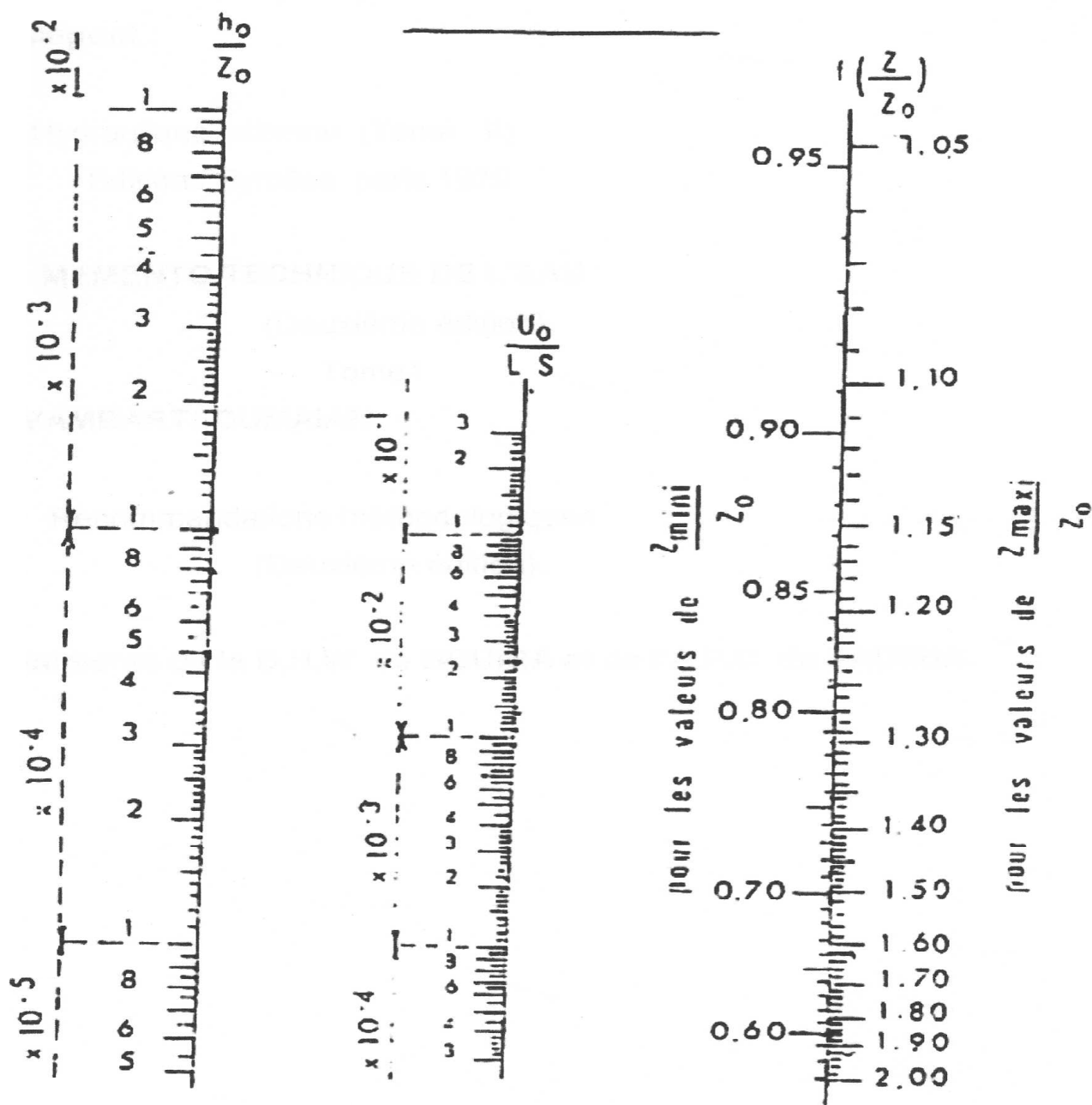


PLANCHE XXVII

