

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 et rénovation de la station de pompage d'alimentation en eau potable de Beni Tamou et de la station de pompage de Meremen (w. Blida).

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 1-0019-08

APA Citation (توثيق APA):

Zoumanigui, Kékoura (2008). Etude et rénovation de la station de pompage d'alimentation en eau potable de Beni Tamou et de la station de pompage de Meremen (w. Blida)[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Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...)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 مديرة 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 DE L'HYDRAULIQUE
« ARBAOUI Abdellah »**

Département des Spécialités

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE**

**Spécialité : Conception des Systèmes d'Alimentation en Eau
Potable**

THEME

**Etude et rénovation de la station de pompage d'alimentation
en eau potable de Beni Tamou et de la station de pompage de
Meremen (W.DE BLIDA)**

**Présenté par :
M^r ZOUMANIGUI Kékoura**

**Promoteur :
M^r KHODJET-KESBA Omar**

Devant le jury composé de :

Président : M^r T. KHETTAL

**Examineurs : M^r A. AYADI
M^r A. HACHEMI
M^{me} M. KAHLERASS
M^r M. RASSOUL**

Octobre 2008

Dédicaces

En signe d'affection et de reconnaissance, je dédie ce mémoire à ...

Mon mère Hélène Bava Koïvogui

Mon Oncle Léonard Koly Koïvogui

Mon cousin Pascal Tamana Dopavogui

Mes frères et sœurs

Mes amis

Je le dédie également à la mémoire de :

Mon père Bartélémy Kaliwa

Mon frère Maxime Dôbô

Mes grands parents

Et tous les amis qui ont quittés ce monde

Que la terre leur soit légère

Que leur âme se repose en paix

Moi-même .P.K.Z

...que j'adore particulièrement....

Remerciements

Au terme de ce travail, il est agréable d'exprimer mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à mon promoteur Mr. KHOUDJET-KESBA OMAR pour m'avoir encadré et pour sa disponibilité.

Je lui exprime ma parfaite reconnaissance pour ces conseils qui m'ont guidés dans l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.

Je remercie sincèrement les ingénieurs de la DFW et de l'ADE de Blida

Mr. FODIL BENLACOUKLI (DFW)

Mme. DRJNA (DFW)

Mme. ZENDAGHI (DFW)

Mr. FLEMSANI (ADE)

Mes sincères remerciements vont aussi à ma famille, l'ensemble du corps enseignant de l'ENSH, particulièrement à Mr. AYADI A., Mme DERNOUNJ FAOUZIA, Mme. MOKRANE, Mlle. BOUAJCHI pour leurs conseils.

Je tiens aussi à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à mes amis JUSTIN, ROBERT, SOURE, PAJRICK, SIDIKI et NAJHAN, à la communauté des étudiants étrangers de Blida, aux élèves-ingénieurs de l'ENSH, à la communauté guinéenne dont leur soutien était capital pour mon séjour en Algérie.

Sans oublier, je tiens à remercier Mr SALAH BOUALEM pour sa disponibilité durant toute l'année pour toutes connaissances et conseils qu'il nous a donnés.

Mes remerciements vont à :

Mr. F. KHEDJAL, qui a accepté de présider mon jury

Aux membres du jury :

Mr. A. AYADI

Mme. M. KALLERASS

Mr. A. HACHEMI

Mr. M. RASSOUL

ملخص

محطات الضخ لمديني بني تامو و مرممان، هي منابع أساسية لتزويد بمياه الصالحة للشرب لولاية البليدة، مزودتا من حقول التجريد.

- محطة ضخ بني تامو تزود أربعة خزانات ذات سعة 5000م³، من بن عاشور نحو مخزان ذات سعة 5000م³.
- بعد دراستنا للمحطتان، أنابيب التزويد و نوع هيئة المضخات، قررنا إبقاء نفس المضخات.
- لقد قمنا بحساب اقل مخزانات التزويد الضخ: حجم مخزانات الكيش الناصح و التدفق و الشركة أيضا أقطار أنابيب التزويد.
- حسب المضخة المختارة و يمكننا ربح وقت الضخ من 20سا إلى 15 سا لليوم ربح الطاقة

Résumé

Les stations de pompage de Béni Tamou et de Meremen sont des principales sources d'alimentation en eau potable de la ville de Blida alimentées par des champs de captage. La station de pompage de Béni Tamou refoule vers les réservoirs quadratiques de 4x5000m³ de Ben Achour et le réservoir de 5000m³ d'Ouled Yaich et la station de pompage de Meremen refoule vers les réservoirs de 2x5000m³ de Bouarfa.

D'après le diagnostic au niveau des deux stations de pompage, les conduites de refoulement, le type d'installation des pompes restent d'après l'étude, nous avons préféré garder les mêmes.

Nous avons calculé les diamètres des réservoirs de distribution et d'aspiration, la capacité des réservoirs anti bélier et en vérifié les débits et les vitesses, ainsi que les diamètres du collecteur de refoulement.

D'après le type de pompe choisi, nous pouvons réduire le temps de pompage de 20h à 15h par jour afin d'économiser de l'énergie.

Abstract

Pumping stations of Beni Tamou and Meremen are major sources of drinking water in the city of Blida fed by fields of abstraction.

Pumping station of Beni Tamou returned to the tanks quadratic 4x5000m³ to Ben Achour and into the tank 5000m³ of Ouled Yaich and the pumping station back to Meremen tanks 2x5000m³.

According to the diagnosis in to two pumping stations discharge pipes, we preferred to keep the same pumps after air study.

We calculated the diameters of reservoirs of distribution and aspiration, the ability of anti ram tanks, a checking the flow and speed, and calculated diameters of the collector back.

According to the type of pump chosen, we can reduce the time pumping 20h to 15hours a day to save energy.

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation des deux stations de pompage d'alimentation en eau potable	
A- Station de pompage de Beni Tamou.....	2
1- Situation géographique et implantation.....	2
2- Présentation du champ de captage	2
3- Situation des champs de captage.....	2
3.1-Champ de captage de Beni Tamou.....	2
3.2-Pompage des eaux souterraines.....	3
• Différents types de forages.....	3
4- Réseau de refoulement du champ de captage de Beni Tamou.....	5
4.1- Caractéristiques des forages (débits et HMT des pompes).....	6
B- Station de pompage de Meremen.....	9
1- Situation géographique et implantation.....	9
2- Présentation du champ de captage	9
3- Situation des champs de captage.....	9
3.1- Pompage des eaux souterraines.....	10
• Différents types de forages.....	10
4- Réseau de refoulement du champ de captage de Meremen.....	10
4.1- Caractéristiques des forages (débits et HMT des pompes).....	12
4.2 - Etat des forages.....	14
4.3- Etat des équipements hydrauliques des forages	14
Conclusion.....	15
Chapitre II: Les réservoirs	
Introduction.....	16
II.1-Fonctions et utilités des réservoirs.....	16
II.2- Prescription sanitaire.....	17
II.3-Classification des réservoirs.....	18
II.4-Principes de construction et de distribution.....	18
II.5-Capacité pratique des réservoirs d'accumulation ou d'aspiration et de distribution.....	22
II.5.1-Bâches d'accumulation ou d'aspiration.....	22
II.5.2- Réservoirs de distribution	22
II.6- Emplacement des réservoirs.....	22
II.7- Equipements des réservoirs	23
II.7.1- Conduite d'arrivée.....	23
II.7.2- Départ de la conduite de distribution.....	23
II.7.3- Conduite du trop plein.....	24
II.7.4- Conduite de vidange.....	25
II.7.5-Robinet-flotteur.....	26
II.7.6- Conduite by- passe et de distribution	26
II.7.7- Matérialisation de la réserve d'incendie.....	26
Conclusion	28

Chapitre III : Les adductions

Introduction	29
III.1- Calcul hydraulique.....	29
III.1.1- Méthode de calcul.....	29
a- Cas gravitaire.....	29
b- Cas de refoulement.....	30
III.1.1a- Hauteur manométrique totale	30
III.1.1.b- Vérification du régime d'écoulement (nombre de Reynolds).....	31
III.1.1.c- Etude de la rugosité ϵ	31
III.1.1.d- Puissance de pompage.....	31
III.1.1.e- Energie consommée par le pompage.....	31
III.1.1.f- Dépense annuelle de l'énergie	32
III.1.1.g- Amortissement annuel.....	32
III.1.2- Dimensionnement de l'adduction par refoulement	32
❖ Station de pompage de Beni Tamou	
III.1.2.a – Calcul des frais d'exploitation.....	33
III.1.2.b – Calcul des frais d'investissement.....	33
III.1.2.c – Bilan des coûts (exploitation –investissement).....	34
❖ Station de pompage de Meremen	
III.1.2.a – Calcul des frais d'exploitation.....	35
III.1.2.b – Calcul des frais d'investissement.....	36
III.1.2.c – Bilan des coûts (exploitation –investissement).....	36
Conclusion	37

Chapitre IV : Etudes des deux stations de pompage

Introduction	38
IV.1- Conditions d'implantation d'une station de pompage.....	38
IV.2- Choix du type du bâtiment.....	39
IV.3- Organisation du plan de la station de pompage de pompage.....	39
IV.3.1- Bâches d'arrivée ou d'aspiration	39
IV.3.2- Salle des machines	41
IV.3.3- Salle de stérilisation.....	43
IV.4- Dispositions générales des stations de pompage de Beni Tamou et de Meremen.....	44
IV.4.1 – Station de pompage de Beni Tamou.....	45
IV.4.2 – Station de pompage de Meremen.....	49
IV.5- Les équipements hydrauliques (équipements en amont et en aval des pompes).....	54
IV.5.1 Equipements en amont : Aspiration.....	54
a- Canalisation à l'aspiration.....	54
b- Réservoirs d'aspiration.....	54
c- Tulipe.....	55
d- Crépine	55
e- Joints	55
f- Vanne d'aspiration.....	55
• Vannes papillons.....	55
• Robinet vanne à coin.....	56

g- Convergent	57
IV.5.2 – Equipements en aval : Refoulement.....	57
a- Conduite de refoulement.....	57
b- Divergent et conduite de refoulement.....	57
c- Vanne d'isolement.....	58
d- Ventouse.....	58
IV.6- Organes de raccordement.....	59
IV.6.1- Coudes.....	59
IV.6.2- Cônes	60
IV.6.3- Tés.....	60
IV.6.4- Joints de démontage.....	60
IV.7- Les organes de protection et de contrôle des installations.....	61
IV.8- Problèmes rencontrés et recommandations.....	62
IV.8.1- Problèmes rencontrés.....	62
IV.8.2- Les recommandations.....	64
IV.9- Comparaison des deux stations de pompage.....	66
Conclusion.....	66
Chapitre V : Protection des conduites de refoulement contre le coup de bélier	
Introduction.....	67
V.1- Interprétation physique du coup de bélier.....	67
V.2- Moyens de protection contre le coup de bélier.....	68
V.3- Etude du coup de bélier.....	68
a- Détermination de la valeur de surpression et de dépression.....	68
b - Détermination de la célérité de l'onde.....	68
c- Détermination de la vitesse d'écoulement en régime permanent.....	69
V.4- Réservoir d'air.....	70
V.5- Dimensionnement du réservoir d'air.....	70
V.5.1- Station de pompage de Béni Tamou.....	71
V.5.2 Station de pompage de Meremen.....	73
Conclusion.....	75
Chapitre VI : Proposition d'une troisième variante	
VI.1- Généralités	76
VI.2- Choix du type de pompe.....	76
VI.3- Couplage des pompes.....	79
VI.4- Choix du nombre de pompes	79
VI.5- Constructions des courbes caractéristiques.....	80
VI.6- Détermination des points de fonctionnement des pompes	84
VI.7 – Adaptation des pompes aux conditions aux conditions de fonctionnement données...88	
A- Débit disponible > Débit appelé.....	89
B- Débit disponible < Débit appelé.....	90
VI.7.1- Station de pompage de Béni Tamou.....	90
a- Vannage	90

b- Diminution du temps de pompage.....	90
VI.7.2- Station de pompage de Meremen.....	91
a- Vannage	91
b- Diminution du temps de pompage.....	91
VI.8- NPSH (Net Position Section Head).....	92
VI.9- Equilibrage du piston	91
VI.10- Nombre d'étage maximal.....	92
VI.11-Choix du moteur électrique.....	94
VI.11.1- Critères de choix du moteur électrique.....	94
VI.11.2- Vitesse de rotation du moteur.....	94
VI.11.3- Puissance fournie par le moteur.....	94
❖ Station de pompage de Béni Tamou	
a- Calcul de la puissance du moteur	94
b- Type et caractéristiques du moteur.....	95
❖ Station de pompage de Meremen	
a- Calcul de la puissance du moteur.....	95
b- Type et caractéristiques du moteur.....	95
VI.11.4- Encombrement des moteurs.....	97
VI.12- Dimensions des bâtiments des deux stations de pompage.....	98
VI.13- Emplacements des groupes motopompes, scellement et alignement, raccordement des canalisation.....	98
VI.14- Essais des pompes centrifuges.....	98
VI.15- Choix d'une pompe centrifuge.....	99
VI.15.1- Conditions hydrauliques.....	99
VI.15.2- Conditions mécaniques.....	99
VI.15.3- Conditions d'installation et d'entretien.....	99
VI.16- Les économies d'énergies.....	99
VI.16.1- Les idées maîtresses pour la recherche des économies d'énergie.....	99
a- Le rendement des machines.....	99
b- Le temps de fonctionnement des équipements	100
c- L'alimentation électrique.....	100
d- Le bilan de l'énergie.....	100
VI.16.2- Conception de stations de pompage.....	101
a- Les pompes	101
b- Variation de vitesses.....	102
VI.18.3- Les automatismes.....	102
Conclusion.....	103

Chapitre VII : Protection et sécurité de travail dans les stations de pompage

VII.1- Hygiène et sécurité dans les stations de pompage.....	104
VII.2- Les risques à considérer lors de la conception des ouvrages.....	104
VII.3- Les risques provenant des matériels et machines.....	104
VII.3.1- Installation électrique.....	104
VII.3.2 –Appareils de levage.....	105
VII.3.3- Appareils à pression.....	105
VII.3.4- Les risques provenant des produits dangereux	106
VII.4- Les travaux dans les stations de pompage	106
Conclusion	107
Les recommandations.....	108
Conclusion générale.....	109

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation des deux stations de pompage

- Tableau I.1 : Les coordonnées **UTM** fuseau 21 des forages du champ de captage de Béni Tamou
- Tableau I.2 : Les caractéristiques de réalisation des forages
- Tableau I.3 : Les débits de production en eau des forages
- Tableau I.4 : Production actuelle en eau des forages
- Tableau I.5 : Type de pompes anciennes du champ de captage de Béni Tamou
- Tableau I.6 : Caractéristiques des forages du champ de captage de Béni Tamou (Proposition et rénovation)
- Tableau I.7 : Les coordonnées **UTM** fuseau 21 des forages du champ de captage de Meremen
- Tableau I.8 : Les caractéristiques de réalisation des forages
- Tableau I.9 : Les débits de production en eau des forages
- Tableau I.10 : Production actuelle en eau des forages
- Tableau I.11 : Type de pompes anciennes du champ de captage de Meremen
- Tableau I.12 : Caractéristiques des forages du champ de captage de Meremen (Proposition et rénovation)
- Tableau I.13 : Récapitulatif en eau des deux champs de captage de Béni Tamou et de Meremen

Chapitre II : Les réservoirs

- Tableau II.1 : Les valeurs de μ

Chapitre III : Les adductions

- Tableau III.1 : coefficient K' , m , β pour les différents types de tuyau
- Tableau III.2 : Variation journalière des tarifs de l'énergie
- Tableau III.3.a : Variation des HMT en fonction du diamètre (Béni Tamou)
- Tableau III.3.b : Variation des dépenses annuelles d'exploitation en fonction du diamètre
- Tableau III.3.c : Variation des frais d'investissement et d'exploitation
- Tableau III.3.d : Bilan des frais d'investissement et d'exploitation
- Tableau III.3.e : Détermination de la hauteur manométrique totale
- Tableau III.4.a : Variation des HMT en fonction du diamètre (Meremen)
- Tableau III.4.b : Variation des dépenses annuelles d'exploitation en fonction du diamètre
- Tableau III.4.c : Variation des frais d'investissement et d'exploitation
- Tableau III.4.d : Bilan des frais d'investissement et d'exploitation
- Tableau III.4.e : Détermination de la hauteur manométrique totale

Chapitre IV : Etudes des deux stations de pompage

Tableau IV.1 : Les caractéristiques de la station de pompage de Béni Tamou (anciennes)

Tableau IV.2 : Les caractéristiques de la station de pompage de Meremen

Tableau IV.3 : Vitesses admissibles (aspiration)

Tableau IV.4 : Vitesses admissibles (refoulement)

Tableau IV.5 : Comparaison des deux stations de pompage

Chapitre V : Protection des conduites contre le coup de Bélier

Chapitre VI : Proposition d'une troisième variante

Tableau VI.1a : Caractéristiques des pompes de la station de pompage de Béni Tamou

Tableau VI.1.b : Caractéristiques des pompes de la station de pompage de Meremen

Tableau VI.2 : Les hydrauliques des types de pompes 125 et 150

Tableau VI.3 : Coefficient de résistance du type de matériau de la conduite (Acier)

Tableau VI.4.a : Courbes caractéristiques de la station de pompage de Béni Tamou

Tableau VI.4.b: Courbes caractéristiques de la station de pompage de Meremen

Tableau VI.5: Tableau des valeurs de f pour les variantes A, B, C, D

Tableau VI.7 : Variante de construction A, B, C, D

Tableau VI.7a: Coefficient de correction K en fonction de la puissance

Tableau VI.7.a : Type et caractéristiques des moteurs de la station de pompage de Béni Tamou

Tableau VI.7.b : Type et caractéristiques des moteurs de la station de pompage de Meremen

Tableau VI.8.a : Dimensions du bout d'arbre principal

Tableau VI.8.b : Dimensions principales du moteur

Listes des figures

Chapitre I : Présentation des deux stations de pompage

Figure I.1 : Forage F1 dans la station de pompage de Béni Tamou

Figure I.2 : Forage F14 dans la station de pompage de Meremen

Figure I.3 : Histogramme de production actuelle en eau des forages des deux stations de pompage

Chapitre II : Les réservoirs

Figure II.1 : Conduite d'arrivée de la bêche d'aspiration

Figure II.2 : conduite de départ des réservoirs d'accumulation vers la station de pompage

Figure II.3 : Conduite de vidange et robinet vanne à fermeture lente

Figure II.4 : Equipements des réservoirs de distribution

Chapitre III : Les adductions

Figure III.1 : Bilan des frais d'investissement et d'exploitation
(Station de pompage de Béni Tamou)

Figure III.2 : Bilan des frais d'investissement et d'exploitation
(Station de pompage de Meremen)

Chapitre IV : Etudes des deux stations de pompage

Figure IV.1a : Les bêches d'aspiration ou d'accumulation de la station de pompage de Béni Tamou

Figure IV.1b : Les bêches d'aspiration ou d'accumulation de la station de pompage de Meremen

Figure IV.2 : station de pompage de Béni Tamou (Anciennes pompes)

Figure IV.3: Bêches de chloration

Figure IV.4 : Pompe doseuse

Figure IV.5 : Stations de pompage de Béni Tamou avec deux pompes rénovées

Figure IV.6 : Courbes caractéristiques des pompes KSB (rénovées)

Figure IV.7: Salle des machines de la station de pompage de Meremen

Figure IV.8: Pompe BOMBAS

Figure IV.9 : Pompe FLOWSERVE

Figure IV.10 : Courbes caractéristiques des pompes FLOWSERVE

Figure IV.11 : Joint, coude, clapet anti-retour

Figure IV.12 : Robinet vanne papillon

Figure IV.13 : Robinet vanne à opercule

Figure IV.14 : Vanne d'aspiration, conduites d'aspiration individuelle et collective, convergent, coude et manomètre

Figure IV.15 : Pompe-moteur, divergent, coude, manomètre, conduites de refoulement individuel et collectif, clapet anti-retour

Figure IV.16 : Conduite de refoulement, la ventouse

Figure IV.17 : Coude, vanne à opercule et convergent
Figure IV.18 : Manchon, vanne type papillon, joint de démontage
Figure IV.19 : Erosion par cavitation de la roue
Figure IV.20 : Système de mesure du niveau d'eau dans les bâches d'aspiration
Figure IV.21 : Le façonnage du cône convergent
Figure IV.22 : Régulation avec ligne de pilote.

Chapitre V : Protection des conduites contre le coup de Bélier

Figure V.1 : Réservoir d'air
Figure V.2: Réservoirs d'air de la station de pompage de Beni Tamou
Figure V.3 : réservoir d'air de la station de pompage de Meremen
Figure V.4 : Compresseur

Chapitre VI : Proposition d'une troisième variante

Figure VI.1 : Réseau des types de pompes Multitec
Figure VI.2 : Aperçu des avantages des pompes KSB
Figure VI.3.a: Courbe d'étages de la pompe **Multitec 150 11.2**
Figure VI.3.b : Courbe individuelle de la pompe Multitec **150 11.2**
Figure VI.4.a : Courbes caractéristiques de la pompe de type Multitec 150 11.2 (Béni Tamou)
Figure VI.4.b : Courbes caractéristiques de la pompe de type Multitec 150 11.2 (Meremen)
Figure VI.5.a : Point de fonctionnement des pompes de la station de pompage de Béni Tamou
Figure VI.5.b : Point de fonctionnement des pompes de la station de pompage de Meremen
Figure VI.6 : Encombrement des pompes Multitec de la variante A
Figure VI.7 : Caractéristiques des moteurs asynchrones triphasés à deux pôles
Figure VI.8 : Fiche d'encombrement des moteurs asynchrones triphasés

LISTE DES PLANCHES

Planche N°1 : Plan de situation du champ de captage de Béni Tamou

Planche N°2 : Plan de situation du champ de captage de Meremen

Planche N°3 : Schémas verticaux des deux champs de captage de Béni Tamou et de Meremen

Planche N°4 : Système de production actuel en eau potable de la ville de Blida

Planche N°5 : Bâtiment d'exploitation de la station de pompage de Beni Tamou

Planche N°6 : Bâtiment d'exploitation de la station de pompage de Meremen

Planche N°7 : Courbes caractéristiques des pompes

Introduction générale

L'eau source de la vie et de développement compte parmi les ressources naturelles les plus précieuses, ayant une importance considérable pour le développement social et économique d'un pays.

En étant aussi matière de base indispensable à la vie, l'eau demeure dans son devenir et ses effets, un sujet de questionnement de première importance.

La potabilité de cette ressource vitale dévient de plus en plus rare dans le monde entier plus particulièrement dans le tiers -monde .En effet, son inégale répartition, la croissance démographique, auxquelles s'ajoutent les effets de pollution des ressources en eau et de graves sécheresses on rendu le problème d'eau primordial durant ces dernières décennies.

Plusieurs pays se sont lancés depuis dans les vastes programmes de recherche de nouvelles sources innovatrices pour palier à ces menaces.

En Algérie, les principales ressources d'alimentation en eau potable sont des eaux souterraines (forages) et des eaux de surface (barrages).Mais en tant que pays déficitaire, s'est engagée dans un vaste programme de valorisation et de mobilisation des eaux non conventionnelles depuis quelques années. En effet, l'Algérie a fait des investissements énormes dans le cadre de réalisation des barrages (barrage de Beni Haroun) , des station de dessalement de l'eau de mer (El- Ghazaouet), des stations de traitement et des stations de pompage pour élever ces eaux vers les réservoirs de stockage ou de distribution.

Elle poursuit ces efforts, dans la mobilisation des eaux souterraines et le traitement des eaux de surface afin de promouvoir à la consommation domestique, agricole et industrielle.

La station de pompage de Beni Tamou est destinée à alimenter la partie centre de Blida et l'étage D puis la partie du Nord-est et celle de Meremen alimente la partie ouest de la ville de Blida.

En plus de ces deux stations qui sont les sources principales d'alimentation en eau potable de la ville, nous pouvons aussi ajouter la station de pompage de Chiffa qui est la plus ancienne et la source Sidi El Kébir qui alimente la partie sud.

La rénovation des pompes nous pousse d'abord à réfléchir, à la disponibilité sur le marché national pour réduire les coûts de maintenance ou d'entretiens et afin de choisir le type de pompe qui satisfait à la demande (la charge et le débit).

Dans notre projet, pour la rénovation des pompes nous opterons pour des pompes multicellulaires à haute pression (KSB).

Chapitre I :

Présentation des deux stations de pompage d'alimentation en eau potable

A. Station de pompage de Beni Tamou

1. Situation géographique et Implantation

La station de pompage de Beni Tamou est située environ à 7Km au Nord de la ville de Blida dans la commune de Beni Tamou .Elle est éloignée de 500m environ, au Nord de la route CW60 reliant Beni Mered à Ouled EL Alleug.

- A l'Est constituant sa limite avec la commune de Beni Mered.
- Au Sud par la commune de Blida (chef lieu de la wilaya de Blida).
- A l'Ouest par la commune d'Ouled EL Alleug.
- Au Nord par la commune d'Ouled EL Alleug et la commune de Ben Khelil.

Le but principal de la station est d'assurer l'alimentation en eau potable de la partie Est de la ville de Blida et la commune d'Ouled Yaich.

La station est implantée à la cote de 86,50m NGA

La station de pompage de Beni Tamou comprend deux réservoirs de stockage semi – enterrés de capacité $2 \times 2000 \text{ m}^3$, une salle de pompes et de machines, un atelier d'entretien, et un poste de transformateur. Aussi, des accessoires tels que deux réservoirs anti bélier, des regards de vidange, des appareils de mesure de débits et de pression.

2. Présentation du champ de captage

Le champ de captage de Beni Tamou est situé au nord dans la commune de Beni Tamou.

Il est limité au Nord par la route de Boufarik –Ouled Alleug, au sud par la route CW60 reliant Beni Mered à Ouled Alleug, à l'Est par l'Oued Beni Aza.

3. Situation des champs de captage

Les deux champs de captage sont situés au Nord de Blida

3 .1.Champ de captage de Beni Tamou

Le champ de captage de la station de pompage de Beni Tamou est composé de dix sept (17) forages, treize (13) forages en fonctionnement, 3 forages F15 , F16 et F17 en cours d'équipement et le huitième forage (8) est abandonné à cause du rabattement important de la nappe (déboîtement des chemises du forage) et le colmatage de la crépine et aussi la surexploitation de la nappe dans la zone.

Les coordonnées selon la projection **UTM fuseau 31** des forages sont regroupées dans le tableau I.1.

Tableau I.1 : Les coordonnées UTM fuseau 31 des forages

Forages existants	Carte d'Etat Major Projection fuseau 31		
	X	Y	Z
F1	484 328	4 044 283	87,49
F2	484 048	4 043 576	73,01
F3	483 716	4 045 773	60,18
F4	484 739	4 045 708	65,22
F5 Bis	484 857	4 045 058	75,98
F6 Bis	484 620	4 043 576	99,97
F7	485 069	4 044 566	85,33
F8	abandonné		
F9	483 174	4 044 603	75,01
F10 Bis	482 976	4 045 556	60,29
F11 Bis	485 279	4 045 840	66,81
F12	485 324	4 044 987	77,83
F13 Ter	485 828	4 045 805	68,65
F14	485 554	4 046 647	55,05
F15	483 843	4 045 443	65,93
F16	483 021	4 045 025	63,2
F17	484 834	4 045 324	72,06

Ces données sont fournies par la DHW de Blida

3.2. Pompage des eaux souterraines

- **Différents types de forage**

D'après les informations recueillies auprès de l'ADE et de la DHW de Blida, les productions en eau des forages du champ de captage de Beni Tamou et de la station de pompage sont données dans le tableau I.2

Chaque forage est doté d'un débitmètre qui permet de relever la quantité d'eau produite en fin de journée (sur 24 heures).

Tableau I.2 : Les caractéristiques de réalisation des forages

Nom du forage	Commune	Profondeur (m)	Débit (l/s)	NS (m)	ND (m)	Année	
F1	BENI TAMOU	138	24	66	89	2002	
F2		150	32	50	64	2001	
F3		200	20	11,79	30,19	1977	
F4		150	18	57,7	95	2002	
F5 Bis		140	16	52,10	86	2000	
F6 Bis		150	11	77	112,34	2003	
F7		150	27,5	67,10	79,50	2003	
F8		Abandonné					
F9		162	20	22,40	28,07	1977	
F10 Bis		140	25	35	66	1996	
F11 Bis		150	15	50	115	2003	
F12		170	25	42,49	58,86	1988	
F13 Ter		150	31	58	91	2002	
F14		125	33	36,40	49,75	1992	
F15		146	21	61	76,80	2005	
F16		158	33	53	67	2005	
F17		151	15	63	77	2005	

Tableau I.3 : Les débits de production en eau des forages

N° de forage	Production journalière 24H/24H		
	m ³ /j	m ³ /h	l/s
F1	953	39,71	11,03
F2	1673	69,71	19,36
F3	1266	52,75	14,65
F4	1011	42,13	11,70
F5 Bis	828	34,50	9,50
F6 Bis	483	20,13	5,59
F7	2062	85,92	23,87
F8	-	-	Abandonné
F9	1080	45,00	12,50
F10 Bis	1480	61,67	17,13
F11 Bis	1245	51,88	14,41
F12	1744	72,67	20,19
F13 Ter	544	22,67	6,30
F14	2269	94,54	26,26
F15			En cours d'équipement
F16			En cours d'équipement
F17			En cours d'équipement
Total	16 638	693,25	192,57

Le 02/04/2006, date de production en eau des forages du champ de captage de Beni Tamou
 Les relevés effectués à l'entrée des réservoirs 2×2000m³ de la station de Beni Tamou

Tableau I. 4 : Production actuelle en eau des forages.

N° de forage	Production journalière 24h/24h		
	m ³ /j	m ³ /h	l/s
F1-F2-F3-F4-F5-F6-F7-F9-F10	10 836	451,5	125,42
F11-F12- F13-F14	5802	241,75	67,15
Total	16 638	693,25	192,57

4. Réseau de refoulement du champ de captage de Beni Tamou

D'une manière simple, cinq conduites du réseau de captage véhiculent l'eau des forages vers la station de pompage de Beni Tamou.

La configuration de réseau est la suivante :

- a- Réseau composé des forages F2, F3, F10bis et conduite de Ø300mm- Acier
- b- Réseau composé du forage F9, F16 et conduite Ø300mm- Acier
- c- Réseau composé des forages F4, F5bis, F7 et F17 et conduite Ø300mm- Acier
- d- Réseau composé des forages F11bis, F12, F13, F14 et conduite Ø300mm- Acier
- e- Réseau composé des forages F1, F6bis et conduite Ø250mm- Acier

4.1 .Caractéristiques des forages (Débit et HMT des pompes)

D'après les résultats obtenus, les caractéristiques des pompes des forages (Débit, HMT).C'est le point de fonctionnement des pompes qui devra être choisi auprès des différents fournisseurs de pompes tel que **BERROUAGHIA**, pour avoir le débit demandé et les dimensions données par le réseau c'est -à -dire diamètres, longueurs et matériaux des canalisations, côte des ouvrages , profondeur de la nappe et point de calage des pompes.

Tableau I.5 : Types de pompes anciennes du champ de captage de Beni Tamou

Situation	Forage	Marque de la pompe	Type de la pompe
BENI TAMOU	F1	POVAL	XN8G7A
	F2	ATURIA	XN8H6F
	F3	PLEUGER	PN83/5
	F4	POVAL	XNC14B13
	F5 Bis	POVAL	XNC14A13
	F6 Bis	JET	SN6D/11
	F7	POVAL	XN8G8
	F8	Abandonné	-
	F9	POVAL	XNC14B9
	F10 Bis	POVAL	XNC14B12
	F11 Bis	ATURIA	XNC14B15
	F12	PLEUGER	PN82/8
	F13 Ter	POVAL	XNC14A14
	F14	POVAL	XN8H7A

Tableau I.6 : Caractéristiques des forages du champ de captage de Beni Tamou
Pompes (Proposition et rénovation)

Désignation des forages	Cote T.N(m)	ND (m)	Calage Pompe(m)	Débit (l/s)	HMT (m)	Pompe existante	Pompe choisie	Observation
F1	86,49	80	110	15,47	92,54	XN8G7A	BGN18B8	à rénover
F2	73,01	60	105	20,73	93,55	XN8H6F	XN8H5A	à rénover
F3	60,18	20	90	18,67	36,33	PLEUGER PN83-5	XN8G2A	à rénover
F4	65,22	60	122	16,04	87,06	XNC14B13	XNC14B13	à garder
F5 Bis	75,98	70	120	10,8	93,19	XNC14A13	XNC14B9	à rénover
F6 Bis	99,97	100	130	7,36	95,17	Jet SN6D /11	BGN18B8 BGN18B5	à rénover
F7	85,33	70	123	26,55	100,79	XN8H6A	XN8G8	à rénover
F8	Abandonné							
F9	75,01	25	120	18,76	54,06	XNC14B9	XN18A3A	à rénover
F10 Bis	60,29	50	82	20,18	69,64	XNC14B12	XN8G4A	à rénover
F11 Bis	66,81	70	120	20,87	101,4	XNC14B15	XN8G6A	à rénover
F12	77,83	50	120	26,34	73,31	PLEUGER QN82-8	XN8G5A	à rénover
F13 Ter	68,65	90	130	11,41	111,25	XNC14A14	XNC14A14	à garder
F14	55,05	70	90	33,7	97,89	XN8H7A	XN8H7A	à garder
F15	65,93	70	120	14,9	79,15	-	XN8G4A	Nouveau
F16	63,2	60	120	19,88	104,39	-	XN18A6A	Nouveau
F17	72,06	70	120	11,85	86,04	-	XNC14B9	Nouveau

Le type de pompes utilisées en majorité au niveau des forages, sont des pompes immergées multicellulaires (pompes de **POVAL-BERROUAGHIA**). Le débit de pompage ou d'exploitation varie entre ($Q = (7 \div 27 \text{ l/s})$), selon le forage, on remarque que leurs débits baissent à cause de :

- Rabattement de la nappe,
- Déboîtement des chemises,
- Le calcaire dans les orifices de captage (obturation de la crépine du tubage)

Dans les années dix neuf cent quatre-vingt (1980), la hauteur de la nappe était à 25m, et à partir des années 2000 elle est à 62m de profondeur par rapport au sol.

Au dessus de chaque puits constitue une petite station de pompage (abri de puits uniques (P1, P2, P3,....., P14) qui refoulent un débit vers les collecteurs principaux jusqu'aux deux (2) réservoirs jumelés d'aspiration de capacité $2 \times 2000 \text{ m}^3$.

Les accessoires des forages :

- Coude ;
- Partie électrique ;
- Protection de niveau ;
- Protection de phase ;

- Manomètre (sortie de forages) ;
- Clapet (plusieurs types : clapet sandwiche, clapet type anti retour) ;
- Manchettes de stabilisation (entre le coude et le compteur, pour la stabilité de turbulence d'eau avant le compteur);
- Débitmètre ;
- Les vannes (vanne à opercule) ;
- Ventouse (au niveau des points plus hauts) ;
- Armoire électrique composé de tous les accessoires de protection (structure minimum) exige comme suite :
- Un disjoncteur selon la puissance de la pompe ;
- Un contacteur selon la puissance de la pompe ;
- Le relai thermique ;

Autre équipement de protection :

- Relai de niveau de forages (niveau de la nappe, contre la marche à sec), (système automatique)



Figure I.1 : Forage F1 dans la station de pompage de Beni Tamou

B .Station de pompage de Meremen

La station de pompage de Meremen est identique à celle de Beni Tamou. Elle diffère seulement, au niveau des entrées et de sortie de la canalisation

1. Situation géographique et Implantation

La station de pompage de Meremen est implantée au Nord-Ouest de Blida dans la commune de Blida. Elle est située environ à 1Km au Sud par rapport à la route RN4, reliant Blida à Ouled El Alleug.

2. Présentation du champ de captage de Meremen

Le champ de captage de Meremen est situé dans la commune de Blida. Il est limité au Nord par la route RN4 reliant Boufarik à l'Ouled El Alleug, à l'Ouest par l'Oued Chiffa.

3. Situation du champ de captage de Meremen

Le champ de captage de la station de pompage de Meremen est composé de dix-huit (18) forages, seize (16) forages en fonctionnement, 2 forages en cours d'équipement.

Contrairement au champ de captage de Beni Tamou 13 forages sont raccordés à la conduite principale Ø600 –Acier à son extrémité amont. Trois forages (F2, F3, F7) sont raccordés à une conduite Ø400- Acier .Ces deux conduites principales arrivent ensemble dans les deux baches d'aspiration 2× 2000 m³ de la station de Meremen et empreinte le même tracé

Les coordonnées selon la projection **UTM fuseau 31** des forages sont regroupées dans le tableau I.7

Tableau I.7 : Les coordonnées UTM du fuseau 31 des forages

Forages existants	Carte d'Etat Major Projection fuseau 31		
	X	Y	Z
F1	477 230	4 038 494	75,78
F2	477 962	4 038 445	77,96
F3	478 006	4 038 874	75,51
F4	477 041	4 039 755	67,97
F5	476 567	4 039 640	66,95
F6	477 654	4 037 512	83,66
F7	477 516	4 038 454	76,78
F8	476 600	4 039 134	69,82
F9	476 383	4 039 266	68,38
F10	476 636	4 038 385	75,57
F11	477 355	4 037 956	80,13
F12	476 342	4 039 480	65,3
F13	476 663	4 038 130	77,4
F14	478 018	4 039 178	101,66
F15	476 871	4 039 923	72,07
F16	477 673	4 037 854	81,17
F17	477 497	4 038 094	79,6
F18	476 432	4 038 972	72,53

Les données fournies par la DHW de Blida

3.1. Pompage des eaux souterraines

- **Différents types de forage**

D'après les informations recueillies auprès de l'ADE et la DHW de Blida, les productions en eau des forages du champ de captage de Meremen et de la station de pompage sont données ci-après.

Chaque forage est doté d'un débitmètre qui permet de relever la quantité d'eau produite en fin de journée (sur 24 heures).

Tableau I.8 : Les caractéristiques de réalisation des forages

Nom du forage	Commune	Profondeur (m)	Débit (l/s)	NS (m)	ND (m)	Année
F1	MEREMEN	165	8 8,50	25	33,70	1978
F2		181	8,40	20	44,31	1978
F3		165	16,70	15	50,91	1988
sF4		150	25	44,92	94,20	2003
F5		156	10,15	20	43,95	1988
F6		150	10	50	126	2003
F7		156	12	43	124	2003
F8		150	35	40	79	2003
F9		165	15,85	25	58,66	1988
F10		140	15,64	14,5	58,66	1988
F11		170	21,96	20	53,27	1988
F12		170	21,90	20	53,08	1988
F13		170	21,96	15	53,27	1993
F14		180	18	58	94	2001
F15		160	24	42	83,72	2003
F16		150	17	43	120,81	2003
F17		170	25	41	66	2005
F18		165	21	39 ,60	48,60	2005

Tableau I.9 : Les débits de production en eau des forages

N° de forage	Production journalière 24H/24H		
	m ³ /j	m ³ /h	l/s
F1	2080	86,67	24,07
F2	1515	63,13	17,53
F3	923	38,46	10,68
F4	1699	70,79	19,66
F5	1093	45,54	12,65
F6	732	30,50	8,47
F7	721	30,04	8,34
F8	1514	63,08	17,52
F9	794	33,08	9,19
F10	1554	64,75	17,99
F11	859	35,75	9,94
F12	796	33,17	9,21
F13	1826	76,08	21,13
F14	1115	46,46	12,91
F15	1100	45,83	12,73
F16	1048	43,67	12,13
F17			En cours d'équipement
F18			En cours d'équipement
Total	19 369	807,04	224,18

Le 06/04/06, date de production en eau des forages du champ de captage de Meremen (DHW de Blida)

Tableau I.10 : Production actuelle en eau des forages

N° de forage	Production journalière 24H/24h		
	m ³ /j	m ³ /h	l/s
Total	19 369	807,04	224,18

Les relevés effectués à l'entrée des réservoirs 2×2000m³ de la station de Meremen.

4. Réseaux de refoulement du champ de captage de Meremen

La configuration du réseau de refoulement est la suivante :

- a- Réseau composé des forages F4, F5 et conduite Ø300mm- Acier reliée à la conduite Ø600mm- Acier
- b- Réseau composé des forages F8, F9, F12 et conduite Ø300mm- Acier reliée à la conduite Ø600mm- Acier
- c- Réseau composé des forages F10, F13, et conduite Ø250mm- Acier reliée à la conduite Ø600mm- Acier
- d- Réseau composé des forages F6, F16, F11, F1, F17, et conduite Ø300mm- Acier reliée à la conduite Ø600mm- Acier

- e- Réseau composé des forages F2, F7, F3 et conduite Ø300mm Acier reliée à la conduite Ø600mm-Acier.

4.1. Caractéristiques des forages du champ de captage de Meremen

D'après les résultats obtenus, les caractéristiques des pompes des forages (Débit, HMT).C'est le point de fonctionnement des pompes qui devra être choisi auprès des différents fournisseurs de pompes tel que **BERROUAGHIA** pour avoir le débit demandé et les dimensions données par le réseau c'est -à -dire diamètres, longueurs et matériaux des canalisations, côte des ouvrages , profondeur de la nappe et point de calage des pompes.

Tableau I.11 : Type de pompes anciennes du champ de captage de Meremen

Situation	Forage	Marque de la pompe	Type de la pompe
MEREMEN	F1	POVAL	XN8G6F
	F2	ODDESSE	Poso63/8-1
	F3	ROVATTI	GE2/10
	F4	POVAL	XN8G8F
	F5	POVAL	XNC14B12
	F6	POVAL	XNC14B16
	F7	POVAL	XNC14A15F
	F8	POVAL	XN8H8
	F9	POVAL	XNC14B12
	F10	POVAL	XN8G7A
	F11	POVAL	XNC14A13
	F12	POVAL	XNC14B14
	F13	POVAL	XN8H8
	F14	POVAL	BGN18B8
	F15		En cours de rénovation
	F16	SUBTECK	688-70/18

Tableau I.12 : Caractéristiques des forages du champ de captage de Meremen
Pompes (proposition et rénovation)

Désignation des forages	Cote T.N(m)	ND (m)	Calage Pompe(m)	Débit (l/s)	HMT	Pompe existante	Pompe choisie	Observation
F1	78,78	30	49	23,75	140,58	XN8G6F	XN8G9A	à rénover
F2	77,96	40	85	22,37	81,47	ODDESSE Poso63/8-1	XN8G5A	à rénover
F3	75,51	45	85	15,07	82,33	ROVATTI GE2/10	XNC14B11	à rénover
F4	67,97	80	122	15,24	98,52	XN8G8F	XN8G5A	à rénover
F5	66,95	30	120	14,70	49,34	XNC14B12	BGN18B4	à rénover
F6	83,66	30	141	15,52	39,48	XNC14B16	XN8G2A	à rénover
F7	76,78	110	140	9,86	145,43	XNC14A15F	XNC14A16	à rénover
F8	69,82	65	110	20,24	86,44	XN8H8	XN8G5A	à rénover
F9	68,38	40	90	15,89	58,11	XNC14B12	XN8G4A	à rénover
F10	75,57	70	120	26,24	101,33	XN8G7A	XN8H6A	à rénover
F11	80,13	40	90	20,41	69,17	XNC14A13	XN8G4A	à rénover
F12	65,3	45	90	20,28	69,43	XNC14B14	XN8G4A	à rénover
F13	77,4	45	120	22,89	71,19	XN8H8	XN8H4A	à rénover
F14	100,66	80	120	15,49	92,36	BGN18B8	BGN18B8	à garder
F15	72,02	70	120	18,44	91,16	Nouveau	XN8G5A	à proposer
F16	81,17	100	130	14,38	109,67	Nouveau	XNC14B14	à proposer
F17	79,6	59	90	19,23	71,54	Nouveau	XN8G4A	à proposer
F18	75,53	45	120	21,36	67,29	Nouveau	XN8G4A	à proposer



Figure I. 2 : Forage F14 dans la station de pompage de Meremen

4.2 .Etat des forages

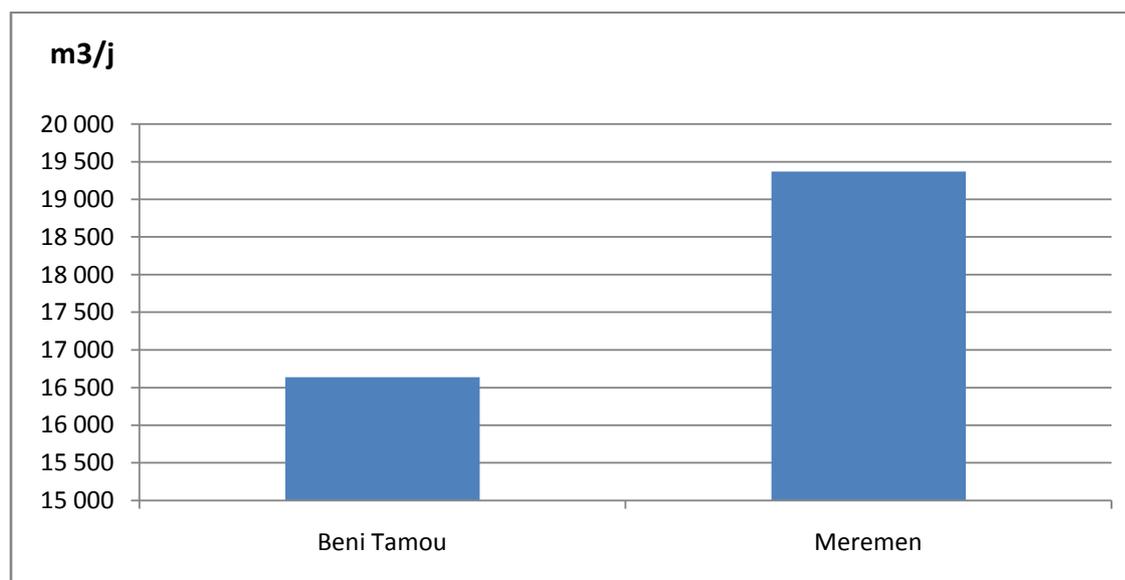
La production en eau est différente d'un forage à l'autre. Cette situation est due selon les constatations et informations recueillies, propre au forage. Certain forage débite jusqu'à 20l/s et d'autre ne donne que 7l/s .Cet écart reste propre à la configuration du forage, son développement et le choix du site. La profondeur des forages est de 150m, généralement, avec 12" (300mm) de diamètre. Le niveau statique de la nappe est de 150m.

4.3. Etat des équipements hydrauliques des forages

Généralement, tous les forages sont équipés de vanne de sectionnement, d'un clapet anti – retour, d'un stabilisateur et d'un débitmètre. En plus , certains forages sont équipés de vanne supplémentaire d'ajustement de débit pour rester dans la plage de fonctionnement des pompes .Cette dernière mesure opérée par l'ADE de Blida reste tributaire de l'état actuel des forages et du réseau de couplage.

Tableau I.13 : Récapitulatif en eau des champs de captage de Beni Tamou et de Meremen

Champ de captage	Production journalière 24H/24h		
	m ³ /j	m ³ /h	l/s
BENI TAMOU	16 638	693,25	192,57
MEREMEN	19 369	807,04	224,18
Total	36 007	1500,29	416,75

**Figure 1.3** : Histogramme de production actuelle en eau des deux stations de pompage.

La station principale de Beni Tamou alimente, en refoulement vers les réservoirs existant de 4 ×5000 m³ de Ben Achour et le réservoir de 5000 m³ d'Ouled Yaich.

La station principale de Meremen alimente, en refoulement vers les réservoirs 2 ×5000 m³ de Bouarfa.

Chaque forage est doté d'un débitmètre qui permet le relevé la quantité d'eau produite en fin de journée.

Conclusion : La réalisation de nouveaux forages a été faite dans le but d'augmenter la production en eau des forages des deux champs de captage.

- En éliminant d'une part l'influence des forages entre eux par le raccordement sur une seule conduite de deux forages au maximum et trois dans le cas exceptionnel.
- Et d'autre part choisir des pompes qui correspondent aux caractéristiques des forages (débit, niveau dynamique et HMT)
- Les caractéristiques des forages (débit et HMT) des pompes et le choix des pompes selon les propositions faites en tenant compte des niveaux statique et dynamique de la nappe et du débit d'exploitation actuel ainsi, le comportement des réseaux (vitesse, débit dans les conduites et les pressions aux nœuds).

Chapitre II :

Les réservoirs

Introduction

Si l'on excepte le cas des adductions par refoulement ou gravitaire, qui transitent quotidiennement un débit sensiblement constant, et où le réservoir est absolument indispensable pour pouvoir restituer l'eau au moment des heures de pointe, l'utilité des réservoirs. Dans le cas d'adduction par refoulement, il est contesté par certains ingénieurs ou techniciens. Ceux-ci estiment qu'en raison de la régularité de fourniture du courant électrique, de la qualité du matériel électromécanique, du maillage du réseau avec les débits variables selon les besoins.

Les arguments ci-dessus sont, certes, valables, surtout si la ville a des possibilités d'alimentation différentes ou si les servitudes d'esthétique ou autres sont imposées.

Une injection dans le réseau peut également apporter un appoint de pression à des heures où le réservoir se révèle insuffisant.

En dehors de ces cas particuliers, et étant donné les répercussions susceptibles d'être provoquées par un arrêt dans la distribution de l'eau, nous préconiserons par mesure de sécurité la construction d'un réservoir d'accumulation ou de stockage.

II.1. Fonctions et utilités des réservoirs

La présence d'un éventuel réservoir entre les ouvrages de captage, d'adduction d'eau et du réseau de distribution à une consommation variable à une double fonction.

A cet effet, exceptons la panne de courant électrique et examinons les cas dans lesquels le refoulement peut être arrêté :

- Accident sur la conduite de refoulement ; un simple changement de tuyau (Tuyau fêlé, ou éclaté, nécessitant, en tout état de cause, une dépose), y compris les opérations de nettoyage et de désinfection demande plusieurs heures de travail, voir une journée, s'il s'agit d'une conduite de gros diamètre.
- Accident sur un forage ou un puits, nécessitant une dépose de pompe et une repose de la pompe de secours. On sait que les pompes de secours ne sont pas installées à demeure sur ces ouvrages et le travail sera d'autant plus long que l'ouvrage de captage sera profond.
- Manque de qualification de la main d'œuvre

Si l'on pense, enfin, que l'un des incidents signalés ci-dessus peut survenir en même temps qu'il est indispensable de donner suite à une demande impérieuse, tel qu'un incendie exceptionnel à combattre, on voit les conséquences qu'une installation sans réservoir et sans autre possibilité d'alimentation serait de nature à entraîner.

Aussi le réservoir est-il, à notre sens, à préconiser dans la majeure partie des cas et il offre notamment, les avantages suivants :

- Régularité dans le fonctionnement du pompage. Les pompes refoulent à une hauteur constante donc à un débit constant, et non sujets à la variation, comme dans l'hypothèse d'un refoulement direct dans le réseau.
- Simplification de l'exploitation, conséquence de l'avantage précédente.
- Sollicitation régulière des points d'eau, qui ne sont pas l'objet des à-coups journaliers au moment de la pointe et qui se produiraient dans une installation sans

réservoir, d'où, dans le cas de captage d'eaux souterraines, préservation des ouvrages et, aussi, des nappes ou gisements aquifères, ce qui est d'intérêt primordial.

- Régularité de la pression dans le réseau de distribution
- Un réservoir permet de rendre optimal le débit d'équipement pour tous les ouvrages situés en amont.
- Un réservoir constitue une assurance contre les indispensabilités de courtes durées des ouvrages amont, il permet en particulier l'alimentation des consommateurs pendant une panne de courant électrique, une panne pour la réparation de la conduite d'adduction.

Les réservoirs jouent un rôle qui peut être comme suit :

- Lutter contre les incendies ou assurer la réserve d'incendie
- Maintenir l'eau à l'abri de toute contamination et de préserver contre les variations de température au cours de la journée.
- Assurer la continuité de la distribution pendant l'arrêt de la station (pompe)
- Les réservoirs peuvent également jouer le rôle de brise charge dans le cas d'une distribution étagée.
- Les réservoirs peuvent aussi jouer le rôle de relais ils sont appelés dans ce cas réservoirs tampons.

II.2. Prescriptions sanitaires

Hormis leurs rôles précédemment cités, les réservoirs doivent répondre aux prescriptions sanitaires ci-après :

- Les ouvrages de stockage doivent être conçus et exploités de manière à éviter une stagnation prolongée de l'eau d'alimentation.
- Les réservoirs doivent être protégés contre toute pollution externe et contre les élévations importantes de température.
- Ils doivent être faciles d'accès et leur installation doit permettre de vérifier en tout temps leur étanchéité.
- Ils doivent être munis d'un dispositif permettant une prise d'échantillon d'eau à l'amont et à l'aval immédiat du réservoir.
- L'ensemble des matériaux constituant les réservoirs ne doit ni se désagréger ni communiquer à l'eau des saveurs ou des odeurs désagréables.
- Après chaque intervention susceptible de contaminer l'eau contenue dans les réservoirs et, de toute façon au moins une fois par an, les réservoirs sont vidés, nettoyés et désinfectés.
- En plus des prescriptions citées ci-avant, les réservoirs à surface libre doivent être fermés par un dispositif amovible à joints étanches.
- Les orifices de ventilation sont protégés contre l'entrée des insectes et des petits animaux par un dispositif approprié (treillage métallique inoxydable à mailles d'un millimètre au maximum).

II.3. Classification des réservoirs

- Les réservoirs, pour accomplir convenablement les fonctions auxquelles ils sont conçus, peuvent occuper les différentes dispositions suivantes :
 - Enterrés;
 - Semi-enterrés;
 - Sur sol;
 - Sur tour (château d'eau).
- D'après la nature des matériaux, on distingue :
 - Les réservoirs métalliques
 - Les réservoirs en maçonnerie
 - Les réservoirs en béton armé, ordinaire ou précontraint

- Selon leur capacité, les réservoirs peuvent prendre la forme :

➤ **Rectangulaire ou carrée:** elles sont utilisées surtout pour les capacités importantes.

Dans ce cas, le compartimentage sera facilement réalisé pour assurer la continuité de la distribution. Ils seront exécutés en béton armé ou précontraint, chaque compartiment doit avoir la même tuyauterie que pour un réservoir unique.

➤ **Circulaire:** elle est préférée pour les réservoirs de faibles capacités.

La position de la tuyauterie est la même que pour les réservoirs rectangulaire. Ils sont faits soit en béton armé ou en précontraint.

Dans le cas de deux réservoirs jumelés, la chambre de manœuvre est prévue entre eux.

Les réservoirs doivent répondre aux conditions suivantes :

- Résistance
- Durabilité
- Étanchéité

Enfin d'après les considérations esthétiques, ils peuvent :

- Soit affirmer les fonctions de l'ouvrage,
- Soit s'intégrer au paysage.

NB : La répartition des débits dans le réseau de distribution varie considérablement pendant toute la journée cela se représente par un graphique de consommation journalière d'eau pendant les heures de pointe.

Les différences de débits d'apport et de distribution se versent dans le réservoir de stockage alors que pendant les heures de pointe, où la consommation d'eau est maximale.

Ainsi, le déficit de débit éventuel du réseau de distribution sera alimenté par les réservoirs de stockage

II.4. Principes de construction et de distribution

Les réservoirs doivent être construits en matériaux durables. Ils doivent être couverts, à l'abri des contaminations, l'infiltration des eaux souterraines, des pluies et des poussières.

Ils doivent être aérés tout en restant à l'abri du froid et de la chaleur et, ils doivent être visitables. Il sera de prévoir un compartiment pour faciliter les nettoyages.

Dans les réservoirs enterrés, ce compartimentage conduit à prévoir deux cuves identiques dont l'ensemble fait la capacité totale.

Les réservoirs de $4 \times 5000 \text{ m}^3$ de Ben Achour, de 5000 m^3 de Ouled Yaich sont destinés à l'alimentation en eau potable de la partie Est de la ville Blida et les réservoirs $2 \times 5000 \text{ m}^3$ de Bouarfa sont destinés à l'alimentation en eau potable d'une partie de la partie Ouest de la ville de Blida. Ils sont de type semi-enterrés, tout au plus avec un radier au niveau du sol. Leur section est circulaire. Ils sont construits en béton armé ou précontraint.

Le sol de fondation doit faire l'objet d'examens approfondis, tant du point de vue de la capacité portante que du drainage des eaux il est normal d'effectuer des fouilles.

A cet effet, il sera prudent d'établir, sous les radiers, un drainage permanent vers les puisards extérieurs où les venues d'eau provenant, soit du terrain, soit d'une mauvaise étanchéité des maçonneries, pourront être surveillées. On peut également prévoir que toutes les faces des réservoirs seront visitables, en réservant des galeries de visite au pourtour ainsi que sous le radier.

Si la couverture doit être supportée par des poteaux, ceux-ci pourront prendre appui directement sur le radier ou, dans certains cas sur fondations établies sous celui-ci : le radier pourra ainsi jouer le rôle, à la suite d'une mise en eau ou d'une vidange, indépendamment de la couverture.

Une étanchéité devra alors être réalisée au droit de la pénétration du poteau dans le radier.

Le radier lui-même, sera constitué par des dalles en béton armé coulées de telle façon que les côtés n'excèdent guère une dizaine de mètre.

Une étanchéité sera appliquée dans les joints et les dalles ainsi constituées.

De cette manière, on évitera les fissures dues au retrait du béton et les petits tassements pourront être permis pour l'étanchéité.

L'étanchéité pourra être réalisée par l'utilisation des produits plastiques ne donnant pas de goût à l'eau et de bandes de caoutchouc incorporées au béton. IL n'est pas nécessaire que le mastic d'étanchéité règne sur toute l'épaisseur de la dalle. Le fond du joint est constitué à l'aide d'un matériau imputrescible et élastique, le mastic n'étant appliqué que sur 0,03 à 0,04m de profondeur à partir de la surface.

Cette étanchéité sera particulièrement soignée à la jonction avec les murs de pourtour et au droit des joints de dilatation, qu'en tout état de cause on devra ménager, à moins d'utiliser le béton précontraint.

II.5. Capacité pratique des réservoirs d'aspiration ou d'accumulation et de distribution

La capacité théorique repose sur une répartition des débits de distribution qui peut différer d'une agglomération à une autre. Comme il est très difficile, à moins d'être à mesure d'avoir à sa disposition une statistique bien complète, de connaître avec précision les modalités de la distribution, il est conseillé, en alimentation urbaine et pour réserver l'avenir sans, pour autant exagérer le temps de séjour de l'eau dans la cuve, de se rapprocher d'une capacité correspondant à une journée de consommation, augmentée éventuellement de la réserve d'incendie.

La hauteur de l'eau dans la cuve est comprise en moyenne entre 5 et 6m.

Toutefois, les réservoirs de grande capacité des agglomérations importantes peuvent présenter des hauteurs d'eau atteignant 10m à 12m

Remarque : La capacité théorique des réservoirs ou bâches d'aspiration est de $2 \times 2000 \text{ m}^3$ et la station pompage de Beni Tamou refoule vers des réservoirs quadratiques de

4x5000 m³ de Ben Achour situés à une cote 223,94 m NGA et vers un autre réservoir de 5000 m³ d'Ouled Yaich à une cote de 230,61 m NGA et celle de Meremen refoule vers les réservoirs jumelés de 2x5000 m³ de Bouarfa situés à une cote 276,65m NGA

A partir de ces capacités, nous pouvons déterminer ainsi la section des deux réservoirs d'aspiration et des réservoirs de distribution.

II.5.1 .Bâches d'accumulation ou d'aspiration

Elles servent à accumuler les eaux provenant par refoulement des treize (13) forages en fonctionnement actuel du champ de captage de Beni Tamou et celles provenant par refoulement des seize forages du champ de Meremen, puis desservent par la suite gravitairement vers la station de pompage et le refoulement vers les réservoirs quadratiques de 4x5000 m³ de Ben Achour et 5000m³ de Ouled Yaich pour la station de pompage de Beni Tamou et vers les réservoirs 2x 5000 m³ de Bouarfa pour la station de pompage de Meremen.

- **Dimensionnement de la bache d'accumulation**

Il y a deux (2) réservoirs jumelés permettant une marche uniforme des pompes, c'est-à-dire le fonctionnement de la station de pompage d'où une simplification de l'exploitation, ce sont deux réservoirs en béton armé, semi enterrés circulaires caractérisés par :

- Hauteur totale de chaque réservoir de $H_t = 7,60$ m,
 - Capacité totale des deux réservoirs d'aspiration de $V = (2 \times 2000 \text{ m}^3)$ avec :
 - $h_{\text{enterrée}} = 1,60 \text{ m}$; h à l'air libre $h_{\text{libre}} = 6 \text{ m}$;
 - $h_{r-t_p} = 5,60 \text{ m}$ (du radier au trop plein) ;
 - $h_{\text{autorisée}} = 5,40 \text{ m}$;
 - Hauteur entre les pompes et la crépine = 2 m ;
 - Hauteur entre crépine et radier = 1 m ;
- Pour les équipements de réservoir (chambre de manœuvre entre les deux réservoirs)
 - Conduite d'arrivée (ou de remplissage) : arrivée par sur verse (entonnoir) avec vanne type papillon;
 - Conduite de départ avec vanne type papillon;
 - Conduite de trop-plein (entonnoir) ;
 - Conduite de vidange raccordée sur la canalisation de trop plein et comporte un robinet vanne à fermeture lente.
- Débit journalier
 - En hiver : $Q_j = 16\,000 \div 16\,500 \text{ m}^3/\text{j}$
 - En été : $Q_j = 13\,500 \div 14\,000 \text{ m}^3/\text{j}$; avec les treize forges en service pour la station de pompage de Beni Tamou.
 - En hiver $Q_j = 18\,500 \div 19\,200 \text{ m}^3/\text{j}$
 - En été $Q_j = 16\,500 \div 18\,500 \text{ m}^3/\text{j}$ pour la station de pompage de Meremen.
 - Un système de javellisation dans la chambre de manœuvre de capacité (2x700 L) soit un débit ($Q_j = 120 \text{ L}/\text{j}$ pour 16000 m³/j).

Les accessoires des deux réservoirs sont : deux (2) vannes à type papillon, et de vannes de sectionnement pour séparer les deux bâches d'eau en cas de nettoyage et de réparation.

- **Le diamètre D de la cuve**

$$S = \frac{V_n}{h} \Rightarrow \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{V_n}{h} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 * V_n}{\pi * h}} \quad (\text{II.1})$$

V_n : capacité totale du réservoir (m^3) ;

S : section du réservoir (m^2) ;

D : diamètre de la cuve (m) ;

h : hauteur utile optimale d'eau (m),

On pose: $h = 6$ m.

On calcule le diamètre de la cuve moyennant de la formule (II.1)

$$\text{AN : } D = \sqrt{\frac{4 * 2000}{3,14 * 6}} \rightarrow D = 20,61 \text{ m, on prend: } \mathbf{D = 21 \text{ m}}$$

- **Réévaluation de la hauteur d'eau h :**

On calcule le diamètre de la cuve moyennant de la formule (II.2)

$$h = \frac{4 * V_n}{\pi * D^2} \quad (\text{II.2})$$

$$\text{AN: } h = \frac{4 * 2000}{3,14 * 21^2} \Rightarrow h = 5,78 \text{ m}$$

$$\mathbf{h = 5,80 \text{ m}}$$

- **La section de la cuve**

On calcule la section de la cuve moyennant la formule (II.3)

$$S = \frac{V_n}{h} \quad (\text{II.3})$$

$$\text{AN: } S = \frac{2000}{6} \Rightarrow \mathbf{S = 333,33 \text{ m}^2}$$

- **La hauteur totale H du réservoir**

En plus de la hauteur utile optimale d'eau dans la cuve, il faut prévoir un espace appelé revanche ou matelas d'air d'une épaisseur variant de 0,25 à 1m, au dessus du plan d'eau.

$$H = h + R + h_{\text{enterrée}} \quad (\text{II.4})$$

H : hauteur totale du réservoir (m) ;

R : revanche (m),

On prend: $R = 0,30$ m

$$\text{AN: } H = 5,80 + 1,5 + 0,30 \Rightarrow \mathbf{H = 7,60 \text{ m}}$$

II.5.2 .Réservoirs de distribution

- **Le diamètre D de la cuve**

On pose: $h = 9\text{m}$.

On calcule le diamètre de la cuve moyennant de la formule (II.1)

$$\text{AN: } D = \sqrt{\frac{4 * 5000}{3,14 * 9}} \Rightarrow D = 26,60 \text{ m, on prend: } \mathbf{D = 27 \text{ m}}$$

- **Réévaluation de la hauteur d'eau h :**

On calcule le diamètre de la cuve moyennant de la formule (II.2)

$$\text{AN: } h = \frac{4 * 5000}{3,14 * 27^2} = 8,737\text{m} \Rightarrow \mathbf{h = 8,74\text{m}}$$

- **La section de la cuve**

On calcule la section de la cuve moyennant la formule

$$\text{AN: } S = \frac{5000}{9} \rightarrow \mathbf{S = 555,56\text{m}^2}$$

- **La hauteur totale H du réservoir**

En plus de la hauteur utile optimale d'eau dans la cuve, il faut prévoir un espace appelé revanche ou matelas d'air d'une épaisseur variant de 0,25 à 1m, au dessus du plan d'eau.

$$H = h + R + h_{\text{enterrée}} \quad (\text{II.4})$$

H : hauteur totale du réservoir (m) ;

R : revanche (m),

On prend: $R = 0,5 \text{ m}$

$$\text{AN: } H = 8,74 + 1,5 + 0,5 \Rightarrow \mathbf{H = 10,74 \text{ m}}$$

- **La hauteur de la réserve d'incendie :**

Les réservoirs étant jumelés pour la commune de Bouarfa, quadratiques et simple pour la commune d'Ouled Yaich.

Nous considérons que la réserve d'incendie dans chaque réservoir est de : $V_{\text{inc}} = 120\text{m}^3$

On calcule la hauteur de la réserve d'incendie par la formule :

$$h_{\text{inc}} = \frac{V_{\text{inc}}}{S} \quad (\text{II.5})$$

h_{inc} : hauteur de la réserve d'incendie (m) ;

$$\text{AN: } h_{\text{inc}} = \frac{120}{555,56} \Rightarrow \mathbf{h_{\text{inc}} = 0,22\text{m}}$$

Remarque : Nous remarquons que la hauteur d'incendie calculée est très faible.

II.6. Emplacement des réservoirs

L'emplacement choisi pour édifier les réservoirs doit être compatible avec les rôles qu'ils doivent exercer, à savoir :

Donner aux abonnés une pression suffisante au moment de la pointe.

La côte du radier doit être inférieure à la plus haute côte piézométrique exigée dans le réservoir.

II.7. Equipements des réservoirs

II.7.1. Conduite d'arrivée

C'est la conduite provenant de la source gravitaire ment ou par refoulement qui tend à remplir les réservoirs.

Selon la qualité de l'eau cette arrivée peut avoir différents endroits au niveau de la cuve. Ceci pour permettre un bon brassage et une circulation de l'eau au niveau de la cuve tout en conservant la réserve d'incendie pour les réservoirs de distribution et renouvelle pour éviter la contamination de l'eau.



Figure II.1 Conduites d'arrivée de la bêche d'aspiration

II.7.2. Départ de la conduite de distribution

Le départ de la conduite de distribution s'effectue 0,15 à 0,20m au-dessus du radier, afin d'éviter l'introduction dans la canalisation des boues ou des sables, qui pourraient éventuellement se décanter dans la cuve.

Cependant, comme il y a lieu de réserver un minimum d'eau de 0,50m au dessus de la génératrice supérieure de la conduite en cas d'abaissement maximal du plan d'eau, on peut envisager un départ à partir du point bas pour réduire l'importance du volume supplémentaire de la cuve qu'entraîne cette condition.

Pour faciliter le brassage de l'eau, le départ sera prévu à l'opposé de l'arrivée. Un robinet sera ménagé sur la conduite de départ.

En cas de rupture de la conduite maitresse de distribution et dans l'hypothèse du réservoir de grande capacité, il faut avoir une possibilité d'isoler rapidement le réservoir pour éviter des inondations dans les villes .Il pourra être envisagé de rendre automatique le fermeture du robinet en utilisant une vanne papillon à commande hydraulique qui se mettra en marche dès qu'une survitesse se manifestera dans la conduite.



Figure II.2 : Conduite de départ des réservoirs d'accumulation vers la station de pompage

II.7.3. Conduite du trop plein

La conduite du trop-plein est destinée à évacuer le surplus d'eau arrivant au réservoir au cas où la pompe ne s'arrête pas ou quand le robinet flotteur ne fonctionne pas, elle maintient le niveau maximal susceptible d'être atteint dans le réservoir.

Elle ne comportera pas de robinet vanne sur son parcours.

Sa section transversale sera disposée selon un plan horizontal situé à une distance **h** au-dessous du niveau maximal susceptible d'être atteint dans la cuve.

Elle comportera, au départ, un évasement en forme de tronc de cône dont la grande circonférence de rayon **R** formera un déversoir à seuil circulaire pour le passage du débit **Q** sous une hauteur de lame **h**.

Le débit évacué dans ces conditions est donné par la formule (d'après ARMANDO LENCASTRE)

$$Q=27,828\mu Rh^{3/2}$$

Tableau II.1 ; Les valeurs de μ

Valeurs de $\frac{h}{R}$	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
Valeurs de μ	0,415	0,414	0,410	0,404	0,393

Pratiquement, les valeurs de μ diffèrent peu, on peut prendre :

$$Q=11,15Rh^{3/2}$$

La conduite de trop plein débouchera à un exutoire voisin.

Mais on peut craindre, par cet exutoire, une éventuelle pollution ou une introduction d'animaux rongeurs ou insectes qui pourraient ainsi pénétrer dans le réservoir.

Aussi on aménage un joint hydraulique en forme de U constitué par un siphon qui maintient en eau le tronçon du trop plein.

II.7.4 .Conduite de vidange

La conduite de vidange part du point bas du réservoir et se raccorde sur la canalisation de trop-plein.

Les conduites d'adduction, de distribution, de trop plein et de vidange doivent être prévues dans les réservoirs. Elle comporte un robinet vanne.



Figure II.3 : Conduite de vidange et robinet-vanne à fermeture lente

II.7.5. Robinet – flotteur

Le réservoir équipé d'un robinet-flotteur qui obture la conduite d'arrivée lorsque le niveau maximum est atteint, et s'ouvre quand ce niveau est bas.

II.7.6 .Conduite by-pass et de distribution.

En cas d'indisponibilité (nettoyage, si le réservoir n'est pas compartimenté), ou de réparation du réservoir, il est d'avoir une communication entre ces deux réservoirs.

Elle permet aussi le remplissage de la conduite d'adduction

II.7.7 .Matérialisation de la réserve d'incendie

Quand la surveillance du plan d'eau dans le réservoir ne peut être assurée par du personnel à demeure, ce qui est le cas pour les installations moyennes, automatiques, il importe que des dispositions soient prises en vue d'éviter, dans le cas d'un soutirage intensif, que la réserve d'incendie ne puisse passer dans la distribution.

Une première disposition est celle indiquée sur la figure II.5 où, en temps normal, 1 est ouvert et 2 est fermé. En cas de sinistre, il suffit d'ouvrir 3. Mais il existe ainsi une tranche d'eau morte, ce qui faut éviter.

Aussi, le dispositif le plus souvent adopté est constitué par un siphon qui se désamorce quand le niveau de la réserve est atteint : en service normal ,1 est ouvert et 2 fermé. Si le niveau dans le réservoir devait descendre jusqu'au niveau d'incendie, le siphon se désamorcerait grâce à l'évent ouvert à l'air libre et la réserve ne serait pas entamée. En cas de sinistre, il suffit d'ouvrir 3.

Tout en restant imprenable, la tranche d'eau constituant la réserve se trouve ainsi constamment renouvelée. Il est bon de prévoir un troisième robinet vanne 3 normalement ouvert qui permet de réparer 1 ou 2 en cas de besoin.

La vanne 1 sera de préférence, une vanne papillon, à ouverture rapide et commandée électriquement. Voir figure II.5

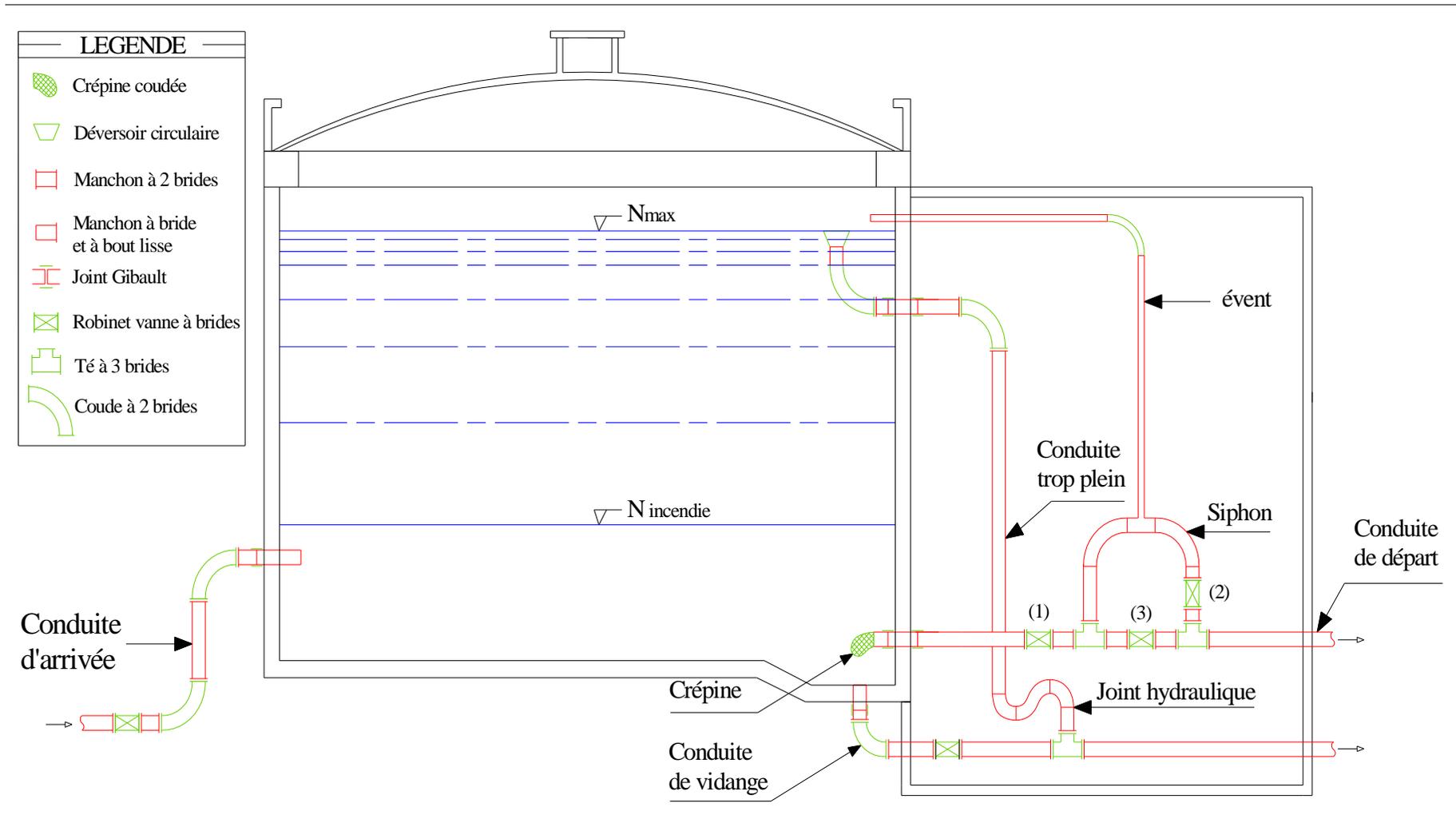


Figure II.5 : Equipements d'un réservoir de distribution

Conclusion : Nous ne constatons que les réservoirs d'accumulation des deux stations de pompages sont en dégradation par manque d'entretien, des fuites et la rouille qui attaque certains équipements des chambres de manœuvre et aussi la hauteur d'incendie étant trop faible. Il est impératif de prendre des précautions nécessaires pour remédier à ces fuites et corrosion.

Chapitre III :

Les adductions

Introduction

Les adductions sont nécessaires pour assurer le transport de l'eau entre le point de captage et le point d'accumulation ou de stockage. Dans la pratique ces points sont relativement éloignés l'un de l'autre, quelque fois ils peuvent se trouver à des distances considérables.

Les ouvrages d'adduction sont généralement de grandes dimensions. Les écoulements y sont le plus souvent unidirectionnels et s'opèrent en régime turbulent.

III.1. Calcul hydraulique

III.1.1. Méthode de calcul

a) Cas gravitaire

La formule la plus utilisée pour le calcul des pertes de charge pour un écoulement dans une conduite est celle de Darcy-Weisbach :

$$\Delta H_t = \frac{K' * L_e * Q^\beta}{D_{av}^m} \quad (\text{III.1})$$

ΔH_t : Perte de charge totale (m);

K' : Coefficient de frottement ;

L_e : Longueur équivalente de la conduite (m) ;

$L = L_g + L_e$

L_g : Longueur géométrique de la conduite (m) ;

L_e : Longueur équivalente des pertes de charge singulière (m) ;

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à **15%** des pertes de charge linéaires.

$$\Delta H_t = 1,15 * \Delta H_p^{lin} \Rightarrow L_e = 1,15 * L_g$$

ΔH_t : Pertes de charge totale (m) ;

ΔH_l : Pertes de charge linéaire (m).

Q : Débit véhiculé par la conduite (m^3/s) ;

D_{av} : Diamètre avantageux calculé de la conduite (m) ;

β : Exposant tenant compte du régime d'écoulement ;

m : Exposant tenant compte du type du matériau.

Selon le type de matériau les coefficients K' , m et β sont donnés dans le tableau III.1

Tableau III.1: Coefficients K' , m , β pour différents types de tuyau :

Tuyau	K'	m	β
Acier et fonte	0,00179 - 0,001735	5,0 - 5,3	1,9 - 2
Amiante-ciment	0,00118	4,89	1,85
PVC et PEHD	0,001052	4,772	2

On déduit alors le diamètre calculé de la conduite gravitaire :

$$D_{av} = \sqrt[m]{\frac{K' * L_e * Q^\beta}{\Delta H_t}} \quad (\text{III.2})$$

Dans notre cas, on prend : $K' = 0,00179$; $\beta = 2$; $m = 5$

b) Cas de refoulement

Le choix de la gamme des diamètres sur laquelle portera notre étude sera donnée par les relations :

$$D_{ec} = \sqrt{Q} \quad (\text{Relation de Bonin}) \quad (\text{III.3})$$

$$D_{ec} = 1,5 * \sqrt{Q} \quad (\text{Relation de Bress}) \quad (\text{III.4})$$

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

Q : débit véhiculé par la conduite (m³/s).

Remarque : La formule de Bress n'est valable que pour les petits projets (longueur de conduite ≤ 1 Km)

III.1.1.a. Hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique totale sera calculée de la manière suivante :

$$H_{mt} = H_g + \sum \Delta h \quad (\text{III.5})$$

H_g : Différence de niveau entre le plan d'aspiration et le plan de refoulement (m) ;

$\sum \Delta h$: Somme des pertes de charge linéaires et singulières (m).

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à **15%** des pertes de charge linéaires.

$$\sum \Delta h = 1,15 * \Delta h_p^{lin} \quad (\text{III.6})$$

Δh_p^{lin} : Pertes de charge linéaires (m).

$$\Delta h_p^{lin} = \frac{8 * \lambda * L * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} \quad (\text{Formule de Darcy-Weisbach}) \quad (\text{III.7})$$

g : Accélération de la pesanteur (m/s²) ;

Q : Débit à refouler (m³/s) ;

L : longueur géométrique de la conduite (m) ;

λ : Coefficient de frottement qui est en fonction de la rugosité de la paroi interne de la conduite et du régime d'écoulement,

$$\text{Avec : } \lambda = (1,14 - 0,86Ln \frac{\varepsilon}{D})^{-2} \quad (\text{Formule de Nikuradzé}) \quad (\text{III.8})$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * Log(\frac{\varepsilon}{3,7 * D} + \frac{2,51}{R_e * \sqrt{\lambda}}) \quad (\text{Formule Colebrook}) \quad (\text{III.9})$$

Remarque :

Dans les calculs introduisant le coefficient λ , ce dernier est estimé par la formule (III.8)

R_e : Nombre de Reynolds ;

$$Re = \frac{V * D}{\nu} \quad (\text{III.10})$$

V : vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s) ;

D : diamètre de la conduite (m) ;

ν : viscosité cinématique de l'eau (m²/s).

ε : Rugosité absolue de la conduite ;

III.1.1. b. Vérification du régime (Nombre de Reynolds)

Pour chaque calcul, on vérifie le régime d'écoulement à l'aide de la formule suivante:

$$Re = \frac{V * D}{\nu} \quad \text{Où :}$$

Re : Nombre de **Reynolds** ;

$$V = \frac{4 * Q}{\pi D^2} \quad \text{: Vitesse moyenne d'écoulement (m/s) ;}$$

ν : Viscosité cinématique de l'eau = $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ à une température de 20°C.

Remarque : Nos calculs seront effectués avec le débit d'exploitation actuel des deux stations de pompage ($Q=0.387 \text{ m}^3/\text{s}$)

▪ Calcul du nombre de Reynolds

Pour $D=600 \text{ mm}$; $v=1,37 \text{ m/s} \Rightarrow R=821.239,51=8,2 \times 10^5 > 2000 \rightarrow$ régime turbulent.

Pour $D=500 \text{ mm}$; $v=1,97 \text{ m/s} \Rightarrow R=985.487,41=9,85 \times 10^6 > 2000 \rightarrow$ régime turbulent

Pour $D=800 \text{ mm}$; $v=0,77 \text{ m/s} \Rightarrow R=615.929,63=6,2 \times 10^5 > 2000 \rightarrow$ régime turbulent.

Donc, nous pouvons appliquer la formule de NIKURADZE pour déterminer λ .

III.1.1. c. Etude de la rugosité ε

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \alpha \cdot t \quad (\text{III.11})$$

ε_0 : rugosité absolue à l'état neuf (10^{-4} pour l'acier) ;

α : coefficient de vieillissement qui dépend de trois paramètres

- Physique : matière de la canalisation et la nature du revêtement
- Hydraulique
- Chimique

$\alpha = 0,03 \text{ mm/an}$ ce qui correspond à la zone de faible agressivité de l'eau dans l'abaque de

PETER LAMONT

t : Temps de service de la conduite en années (30 ans).

$$AN : \varepsilon = 10^{-4} + 0,03 \cdot 10^{-3} \cdot 30 = 10 \cdot 10^{-4} = 1 \text{ mm}$$

III.1.1. d. Puissance de pompage

$$P = \frac{g * Hmt * Q}{\eta} \quad (\text{III.11})$$

P : puissance absorbée par la pompe (KW) ;

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

Hmt : Hauteur manométrique totale (m) ;

Q : Débit à refouler (m^3/s) ;

η : rendement de la station de pompage (65÷90)%

$\eta = 74,09 \%$ pour la station de pompage de Beni Tamou et pour Meremen

III.1.1. e. Energie consommée par le pompage

L'énergie consommée par la station de pompage le long d'une année est le produit de la puissance de pompage et du temps (heures) de pompage par année.

$$E = P * t * 365 \quad (\text{III.12})$$

E : énergie consommée pendant une année (KWh) ;

P : puissance de pompage (KW) ;

t : temps de pompage par jour (h).

III.1.1. f. Dépense annuelle de l'énergie

Les dépenses annuelles de l'énergie sont le produit du prix unitaire du KWh et de l'énergie consommée par année.

$$K = \delta * E \quad (\text{III.13})$$

K : Dépenses annuelles d'énergie (DA) ;

E : Energie consommée par année (KW) ;

δ : Prix du KWh, varie trois fois par jour (voir le tableau III.5)

Tableau III.2: Variation journalière des tarifs de l'énergie

Périodes	Horaires	Nombre d'heure	Prix du KWh d'énergie
		(H)	(DA)
Heures pleines	06h-17h	11	4,98
Heures de pointes	17h-21h	4	8,35
Heures creuses	21h-06h	9	0,68

D'après l'ADE de Blida

Vu la variation journalière des tarifs du KWh d'énergie, on recommande un régime de fonctionnement des stations de 20h/24 heures avec arrêt lors des heures de pointes pendant lesquelles l'énergie électrique est plus chère.

Le prix moyen du KWh pendant les 20 heures de pompage est tel que :

$$\delta = \frac{4,98 * 11 + 0,68 * 9}{20} \Rightarrow \delta = 3,05 \text{ DA}$$

III.1.1. g. Amortissement annuel

Les frais d'amortissement sont en fonction de la durée d'amortissement de la conduite et du taux d'annuité. Il est déterminé par la relation suivante :

$$A = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i \quad (\text{III.14})$$

A : Frais d'amortissement (DA) ;

i : Taux d'annuité ; i = 8 % ;

n : Durée de l'amortissement de la conduite, n = 30 ans.

$$\text{A.N : } A = \frac{0,08}{(1+0,08)^{30} - 1} + 0,08 \Rightarrow \mathbf{A = 0,0888}$$

III.1.2. Dimensionnement de l'adduction par refoulement

Le choix du diamètre économique d'une tuyauterie résulte d'un compromis entre les dépenses d'investissement et les dépenses de fonctionnement. En effet, en augmentant le diamètre, on augmente les premières et on diminue très vite les pertes de charge, et par la suite les dépenses de l'énergie pour faire circuler l'eau.

Les stations de pompage sont appelées à refouler le débit d'exploitation vers les réservoirs d'accumulation. Le régime de fonctionnement des stations est de 20h/24 heures avec arrêt lors des heures de pointes pendant lesquelles l'énergie électrique est plus chère. Le diamètre économique moyennant la relation (III.4) est tel que :

$$\text{A.N : } D_{ec} = \sqrt{0,387} \Rightarrow D_{ec} = 0,622 \text{ m donc } \mathbf{D_{ec} = 622 \text{ mm}}$$

❖ Station de pompage de Beni Tamou

III.1.2. a. Calcul des frais d'exploitation

Les frais d'exploitation sont calculés sur la base de l'énergie électrique consommée lors du pompage et ce pour la gamme de diamètres obtenue. Il est entendu que la hauteur manométrique totale varie selon le diamètre.

Moyennant les formules (III.5), (III.6) et (III.7), (III.8), on calcule les hauteurs manométriques totales correspondant aux différents diamètres et sont présentées dans le tableau III.3.a.

Tableau III.3.a: Variation des HMT en fonction du diamètre

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Débit (m ³ /s)	Vitesse (m/s)	λ	ΔH_{lin} (m)	ΔH_{totale} (m)	Hg (m)	HMT (m)
350	8488	0,387	4,02	0,0262	524,51	603,18	137,44	740,62
400	8488	0,387	3,08	0,0252	258,76	297,57	137,44	435,01
450	8488	0,387	2,43	0,0245	139,60	160,54	137,44	297,98
500	8488	0,387	1,97	0,0238	80,08	92,09	137,44	229,53
600	8488	0,387	1,37	0,0227	30,69	35,30	137,44	172,74
700	8488	0,387	1,01	0,0218	13,64	15,68	137,44	153,12

Les dépenses d'exploitation correspondant aux différents diamètres sont présentées dans le tableau III.3.b.

Tableau III.3.b: Variation des dépenses annuelles d'exploitation en fonction du diamètre

Diamètre (mm)	Débit (m ³ /s)	HMT (m)	Puissance (KW)	Prix unitaire moyen (DA)	Consommation Annuelle (KWh)	Dépenses annuelles (DA)
350	0,387	740,62	4016,78	3,05	29322501,1	89433628,3
400	0,387	435,01	2359,28	3,05	17222763,8	52529429,6
450	0,387	297,98	1616,12	3,05	11797655,9	35982850,4
500	0,387	229,53	1244,86	3,05	9087507,15	27716896,8
600	0,387	172,74	936,85	3,05	6839021,57	20859015,8
700	0,387	153,12	830,47	3,05	6062443,13	18490451,5

III.1.2. b. Calcul des frais d'investissement

Les dépenses d'investissement correspondant aux différents diamètres sont présentées dans le tableau III.3.c.

Tableau III.3.c: Variation des frais d'investissement en fonction du diamètre

Diamètre (mm)	Prix du ml (DA)	Longueur (m)	Prix total (DA)	Annuité	Investissement (DA)
350	6000	8488	50928000	0,0888	4522406,4
400	8000	8488	67904000	0,0888	6029875,2
450	8500	8488	72148000	0,0888	6406742,4
500	10000	8488	84880000	0,0888	7537344
600	11500	8488	97612000	0,0888	8667945,6
700	15000	8488	127320000	0,0888	11306016

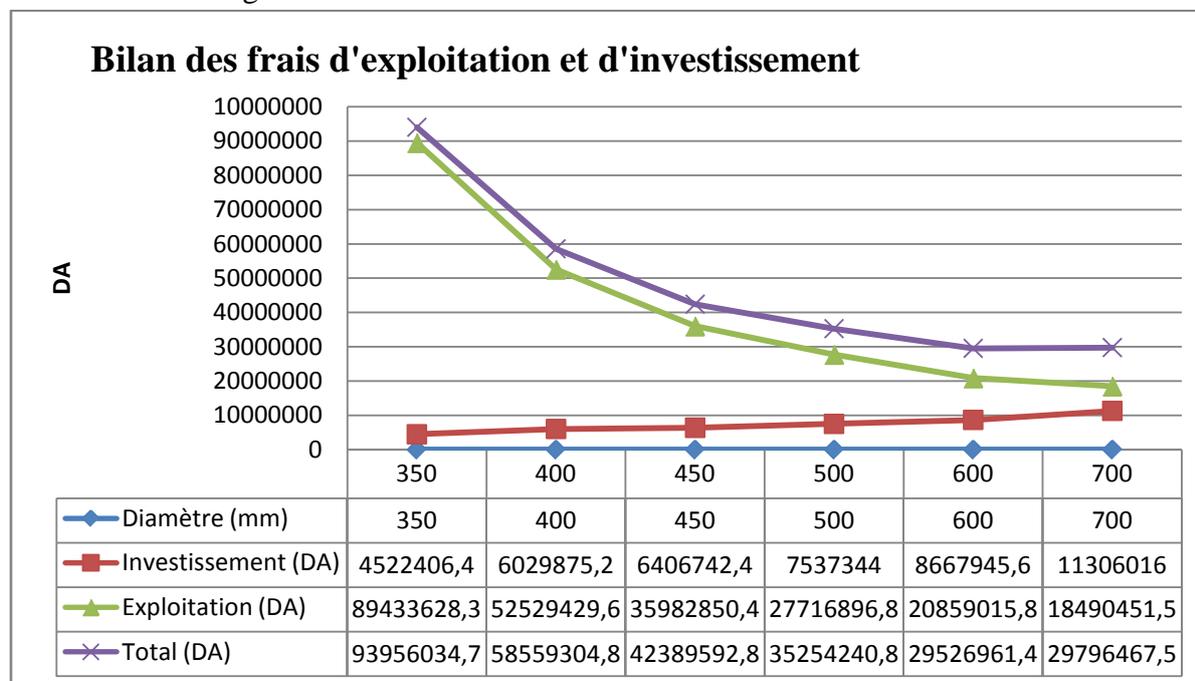
III.1.2. c. Bilan des coûts (Exploitation - Investissement)

Le bilan des coûts de l'exploitation et de l'investissement figure dans le tableau III.3.d

Tableau III.3.d: Bilan des frais d'investissement et d'exploitation

Diamètre (mm)	Investissement (DA)	Exploitation (DA)	Total (DA)
350	4522406,4	89433628,3	93956034,7
400	6029875,2	52529429,6	58559304,8
450	6406742,4	35982850,4	42389592,8
500	7537344	27716896,8	35254240,8
600	8667945,6	20859015,8	29526961,4
700	11306016	18490451,5	29796467,5

L'interprétation graphique des résultats du bilan (exploitation – investissement) est montrée dans la figure III.1

**Figure III.1:** Bilan des frais d'investissement et d'exploitation

La station de pompage de Beni Tamou refoule vers des réservoirs quadratiques de $4 \times 5000 \text{m}^3$ de Ben Achour et vers un réservoir de 5000m^3 d'Ouled Yaich.

La conduite de refoulement débute avec un diamètre de Ø600mm sur une longueur de 7396m et se termine par un diamètre de Ø500mm sur une longueur de 1092m, soit une longueur totale de $L_r=8488m$

$$H_g=223,940-86,50=137,44m$$

Tableau III.3.e : Détermination de la hauteur manométrique totale

Ø (mm)	V(m/s)	λ	L(m)	ΔH_L (m)	ΔH_S (m)	ΔH (m)	H_g (m)	HMT(m)
600	1,37	0,0227	7396	26,73	4,01	42,58	137,44	180
500	1,97	0,0238	1092	10,30	1,55			

❖ Station de pompage de Meremen

III.1.2. a. Calcul des frais d'exploitation

Les résultats du calcul de la hauteur manométrique totale en fonction du diamètre figurent dans le tableau III.4.a.

Tableau III.4.a : Variation des HMT en fonction du diamètre

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Débit m^3/s	Vitesse (m/s)	λ	ΔH_{lin} (m)	ΔH_{totale} (m)	H_g (m)	HMT (m)
350	7392	0,387	4,02	0,0262	456,78	525,30	174,65	699,95
400	7392	0,387	3,08	0,0252	225,34	259,15	174,65	433,80
450	7392	0,387	2,43	0,0245	121,58	139,81	174,65	314,46
500	7392	0,387	1,97	0,0238	69,74	80,20	174,65	254,85
600	7392	0,387	1,37	0,0227	26,73	30,74	174,65	205,39
700	7392	0,387	1,01	0,0218	11,88	13,66	174,65	188,31
800	7392	0,387	0,77	0,0211	5,90	6,78	174,65	181,43
900	7392	0,387	0,61	0,0205	3,18	3,66	174,65	178,31

Les dépenses d'exploitation correspondant aux différents diamètres sont présentées dans le tableau III.4.b

Tableau III.4.b : Variation des dépenses annuelles d'exploitation en fonction du diamètre

Diamètre (mm)	Débit (m^3/s)	HMT (m)	Puissance (KW)	Prix unitaire moyen (DA)	Consommation Annuelle (KWh)	Dépenses annuelles (DA)
350	0,387	699,95	3796,18	3,05	27712112	84521940
400	0,387	433,80	2352,70	3,05	17174734	52382940
450	0,387	314,46	1705,50	3,05	12450135	37972912
500	0,387	254,85	1382,18	3,05	10089930	30774287
600	0,387	205,39	1113,94	3,05	8131776,9	24801920
700	0,387	188,31	1021,30	3,05	7455473	22739193
800	0,387	181,43	983,99	3,05	7183161,3	21908642
900	0,387	178,31	967,05	3,05	7059441	21531295

III.1.2. b. Calcul des frais d'investissement

Les dépenses d'investissement correspondant aux différents diamètres sont présentées dans le tableau III.4.c.

Tableau III.4.c : Variation des frais d'investissement en fonction du diamètre

Diamètre	Prix du ml	Longueur	Prix total	Annuité	Investissement
(mm)	(DA)	(m)	(DA)		(DA)
350	6000	7392	44352000	0,0888	3938457,6
400	8000	7392	59136000	0,0888	5251276,8
450	8500	7392	62832000	0,0888	5579481,6
500	10000	7392	73920000	0,0888	6564096
600	11500	7392	85008000	0,0888	7548710,4
700	15000	7392	110880000	0,0888	9846144
800	17000	7392	125664000	0,0888	11158963
900	18500	7392	136752000	0,0888	12143578

III.1.2.c. Bilan des coûts (Exploitation - Investissement)

Le bilan des coûts de l'exploitation et de l'investissement figure dans le tableau III.4.d.

Tableau III.4.d : Bilan des frais d'investissement et d'exploitation

Diamètre (mm)	Investissement (DA)	Exploitation (DA)	Total (DA)
350	3938457,6	84521940	88460398
400	5251276,8	52382940	57634217
450	5579481,6	37972912	43552394
500	6564096	30774287	37338383
600	7548710,4	24801920	32350630
700	9846144	22739193	32585337
800	11158963	21908642	33067605
900	12143578	21531295	33674873

L'interprétation graphique des résultats du bilan (exploitation – investissement) est montrée dans la figure III.2.

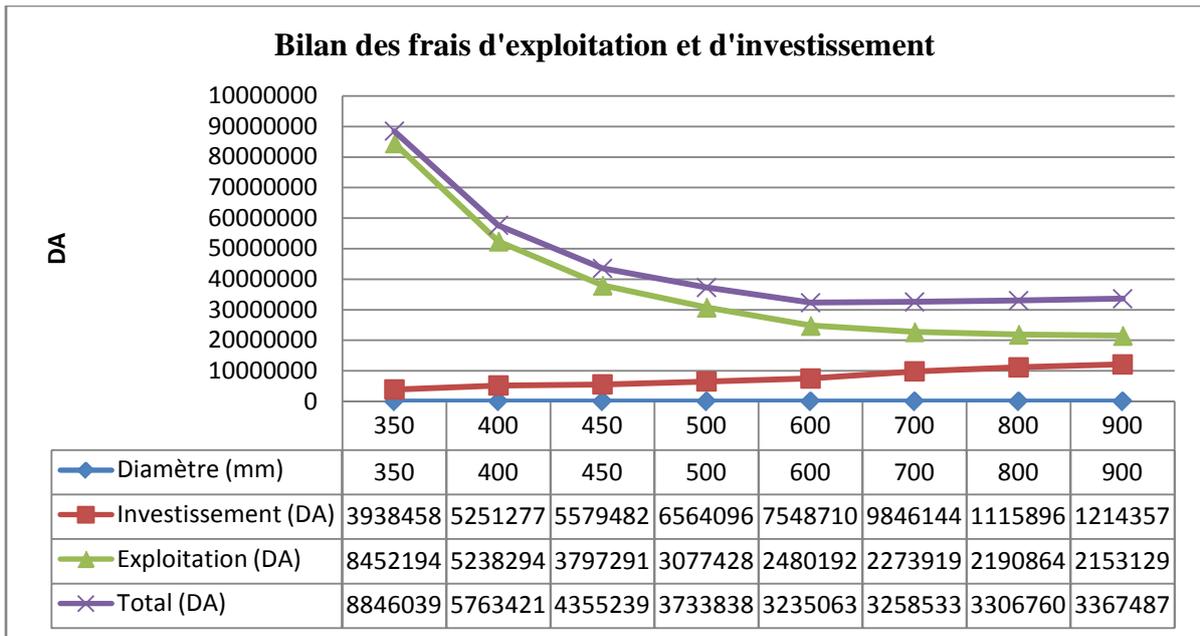


Figure III.2: Bilan des frais d'investissement et d'exploitation

La station de pompage de Meremen refoule vers deux réservoirs jumelés de $2 \times 5000\text{m}^3$ de Bouarfa.

La conduite de refoulement débute avec un diamètre de $\text{Ø}800\text{mm}$ sur une longueur de 4747m, puis un diamètre de $\text{Ø}600\text{mm}$ sur une longueur de 2645m, soit avec une longueur totale de refoulement $L_r=7392\text{m}$

$$H_g = 276,65 - 102 = 174,65\text{m}$$

Tableau III.4.e: Détermination de la hauteur manométrique totale

Ø(mm)	V(m/s)	λ	L(m)	ΔH _L (m)	ΔH _S (m)	ΔH(m)	H _g (m)	HMT(m)
800	0,77	0,0211	4747	3,79	0,57	15,35	174,65	190
600	1,37	0,0227	2645	9,56	1,43			

Conclusion

L'étude technico-économique nous donne des diamètres différents, de préférence nous gardons les diamètres économiques actuels.

Pour la station de pompage de Beni Tamou nous avons deux diamètres économiques $\text{Ø}600\text{mm}$ et $\text{Ø}500\text{mm}$;

Pour la station de pompage de Meremen on a un diamètre économique de $\text{Ø}800\text{mm}$ et $\text{Ø}600\text{mm}$.

Chapitre IV :

Etude des stations de pompage

Introduction

L'ingénierie de l'homme, la difficulté de transfert de l'eau d'un niveau bas à un niveau haut l'ont poussé à créer une machine qui transforme de l'énergie électrique en énergie hydraulique qui est la pompe or, le transfert de volume important d'eau implique la réalisation de la station de pompage d'eau qui peut abriter plus d'une pompe.

Toutes les stations de pompage peuvent être divisées en deux groupes :

- Station de pompage flottante.
- Station de pompage stationnaire.

Le bâtiment de la station de pompage se construira pour abriter l'ensemble des installations suivantes :

- équipements hydrauliques, hydromécaniques principaux et auxiliaires.
- appareillage électrique.
- locaux de personnel,

La détermination des dimensions principales de la station se fait généralement sur la base de l'encombrement des équipements qu'elle abrite, à cela s'ajoute une surface de réparation (atelier) qui se calcule par la considération de l'équipement le plus encombrant.

Dans notre cas c'est le moteur et la pompe. Néanmoins, il y a lieu de tenir compte des aspects suivants :

- Normalisation des dimensions
- Espacement standard entre les pompes.

IV.1. Conditions d'implantation d'une station de pompage

Le choix de l'emplacement et du type de la station de pompage est établi en portant des considérations économiques et surtout des possibilités de réalisation technique.

Pour implanter une station de pompage, il faut tenir compte des facteurs suivants :

1-Il est souhaitable de situer la prise d'eau la plus proche possible de la station de pompage et du réseau pour que la conduite d'aspiration soit la plus courte que possible afin de diminuer le coût des travaux

2-Ne pas construire la station de pompage dans les zones instables (sismique, glissement de terre)

3-Eviter les stations balnéaires et les routes de grande importance (nationales et autoroutes)

4- La distance minimale entre une station de pompage et un aéroport doit être supérieure à 30 Km

5- les sites des prises d'eau doivent être approuvés par les services de santé et de l'environnement

6- les différents ouvrages de la station de pompage ne doivent pas se trouver dans les zones inondables

7- assurer l'accès à tous les ouvrages

8- situer les ouvrages de sorte que la prise soit réparée sans interruption de l'adduction d'eau

9-pour le terrassement et l'implantation de la station de pompage, il est nécessaire de prévoir :

- Une plate- forme avec un revêtement routier
- Utiliser les moyens de dérivation des eaux pluviales et de drainage

- Prévoir que la cote du plancher du Rez de chaussée (RDC) dépasse celle de la plateforme de 0,15 à 0,50m
- Prévoir la verdure autour de la station de pompage

IV.2. Choix du type de bâtiment

Le type du bâtiment de la station de pompage dépend des conditions suivantes :

- 1- De la façon du raccordement du bâtiment à la prise d'eau (séparé ou assemblé)
- 2- Du type de pompe et moteur électrique
- 3- De la variation du plan d'eau d'aspiration
- 4- Des conditions hydrologiques et géologiques
- 5- Du matériau utilisé pour la construction du bâtiment et sa disponibilité

L'usine élévatoire ou station de pompage réunit, en principe, groupées dans un même bâtiment :

- La salle d'arrivée d'eau, encore appelée bache d'arrivée ou bache d'aspiration
- La salle des machines
- La salle réservée aux installations électriques
- Salle de stérilisation et comptage
- Les annexes (magasin, atelier, installations sociales, bureau, etc....).

Ces différentes parties du bâtiment de la station de pompage revêtent des importances diverses selon la puissance installée. Chaque cas nécessite une étude spéciale.

Le bâtiment lui-même doit être de construction durable, à murs épais. Il est recommandé de prévoir une sous-toiture ou une isolation thermique équivalente.

IV.3. Organisation du plan de la station de pompage

IV.3.1. Bâches d'arrivée ou d'aspiration

Les bâches reçoivent des eaux provenant des champs de captage de Beni Tamou ou Meremen.

Elles ne devront avoir en principe, aucune communication avec la salle des machines en raison des condensations qui se produisent toujours par suite de la différence de température entre l'extérieur et l'eau.

L'accès à ces bâches se fait donc de l'extérieur. La salle sera ventilée, en prenant toutefois des précautions pour éviter l'introduction de poussières ou de petits animaux.

Elle ne comportera pas de fenêtres, à moins de pouvoir condamner de l'intérieur par une plaque mobile en tôle que l'on ouvrira à l'occasion des visites : il a été constaté, en effet, que la lumière du jour favoriserait la formation d'algues sur les parois en maçonnerie des bâches.

Du point de vue équipements hydrauliques, les bâches d'arrivée devront comporter, outre le raccordement de l'aspiration des pompes, une conduite de vidange, une conduite de trop plein et des bâches de chloration.

Sa capacité sera déterminée en fonction des différences éventuelles entre son débit d'alimentation et le débit des pompes. Dans certains cas, les bâches sont constituées par les réservoirs de reprise ou par la citerne d'eau traitée de la station.

La capacité des bâches d'aspiration de Beni Tamou et de Meremen est de $2 \times 2000 \text{ m}^3$



Figure IV.1.a : Les deux bâches d'aspiration ou d'accumulation de Beni Tamou



Figure IV.1.b : Les deux bâches d'aspiration ou d'accumulation de Meremen

IV.3.2 Salle des machines

Pour éviter toute pollution de l'eau, cette salle ne devra pas autant que possible, être installée au-dessus de la bache d'arrivée, mais à proximité. Cependant, si les précautions nécessaires en vue de réaliser la protection de l'eau sont prises, on pourra, néanmoins, adopter cette disposition superposée qui permettra de réduire l'encombrement des installations.

Cette salle commandera toute l'organisation. Son dimensionnement est donné par l'encombrement des Groupes Électropompes (GEP) ainsi que par celui des canalisations et de leurs pièces de raccord normalisés.

L'étude de la salle doit donc commencer obligatoirement par le tracé des conduites et la mise en place des groupes suivant les plans des constructeurs

Nous avons dans la station de pompage de Beni Tamou ou de Meremen quatre GEP et trois en fonctionnement et un GEP de secours

Salle réservée aux installations électriques c'est à côté de la salle des machines, mais restera distincte de celle-ci .Elle comporte, ordinairement, un compartiment de moyenne tension(MT) et un compartiment de basse tension(BT).

Le compartiment de MT, renforce le transformateur, dont la puissance sera fonction de la puissance absorbée par les moteurs en marche normale, et non de la puissance totale installée, qui comprend le secours.



Figure IV.2 : Station de pompage de Beni Tamou (Anciennes pompes)

IV.3.3 Salle de stérilisation

La salle de stérilisation n'a aucune communication avec la salle des machines en raison des corrosions possibles par les agents stérilisants qui, nous l'avons vu lors de notre visite du 05/05/2008, sont des puissants oxydants. La chloration s'effectue donc au niveau des bâches d'aspiration.

Toutefois, il devra être possible de suivre, de la salle des machines, la marche de la chloration grâce à une cloison vitrée bien étanche devant laquelle se trouve une pompe doseuse supportant la bouteille de chlore gazeux, si l'on utilise ce procédé de stérilisation.



Figure IV.3 : Bâches de chloration



Figure IV.4 : Pompe doseuse

IV.4. Dispositions générales des stations de pompage de Beni Tamou et de Meremen

Une salle spéciale doit être réservée dans la station de pompage aux installations électriques. Dans le cas de puissance importantes, cette station sera alimentée en Haute Tension (HT), et un transformateur alimentera en Basse Tension une salle spéciale séparée de la première, et parfois seule accessible au personnel de la station.

Dans certains cas l'injection de stérilisants (chlore, dérivés chlorés, etc.) se fera elle aussi dans la station de pompage.

Dans le cas de nos deux stations de pompage l'injection des stérilisants se fait à partir de la pompe doseuse située au niveau des bâches d'aspiration.

Elle devra alors être séparée des autres fonctions mais pouvoir être contrôlée depuis la salle des machines.

IV.4. 1. Station de pompage de Beni Tamou

La station de pompage Beni Tamou est de type bache sèche, composée de quatre (4) pompes de surface de marque **KSB** multicellulaires à (2 étages) de type **WL150/2N**. Les pompes sont installées en charge avec un couplage en parallèle, chaque pompe est caractérisée par $(Q, H) = (464,4\text{m}^3/\text{h}, 180\text{m})$ et avec une vitesse de rotation $N=2970$ tr/mn pour les deux anciennes et $N=2981$ tr/mn pour les nouvelles pompes rénovées et deux réservoirs anti-bélier de capacité $2 \times 2000\text{L}$ et fonctionnement de la station se fait pendant 20h/24h comme suit :

- De 00h-17h, trois groupes électropompes fonctionnent ;
- De 17h-21h, la station est à l'arrêt) ;
- De 21h -00h, deux groupes électropompes fonctionnement
- Le quatrième groupe électropompe sert de secours ;
- Ils y a deux pompes anciennes de marque **KSB** et deux nouvelles pompes rénovées sont aussi de marque **KSB**;
- La longueur de la conduite d'aspiration collective $L_{asp} = 45$ m, diamètre d'aspiration \varnothing_{asp} . 800 ;

La longueur des conduites d'aspiration individuelle est de $L_{asp}=10\text{m}$, de diamètre $\varnothing 400$

- La longueur de refoulement $L_{ref} = 8488\text{m}$ avec un diamètre $\varnothing 600$ sur une longueur de 7396m et un diamètre de $\varnothing 500$ sur une longueur de 1092m, la conduite de refoulement individuelle $L_{ref.ind}=5\text{m}$ et $\varnothing 300$
- Manomètre, manomètre pour mesurer les pressions à l'aspiration et au refoulement ;
- Vanne de sectionnement à l'aspiration (type papillon pour les deux pompes nouvelles, opercule pour les deux pompes anciennes) ;
- Clapet, divergent, vanne de sectionnement (type opercule) à l'aval de chaque pompe ;
- Groupe (partie électrique
- Locaux des personnels, bureau du chef d'exploitation, magasin des pièces détachées ;
- Qualité de l'eau → chloration.
- Longueur du bâtiment $L = 33,25\text{m}$
- Largeur du bâtiment $l = 20,25\text{m}$
- Hauteur du bâtiment $H = 6,35\text{m}$
- Type d'aspiration : Deux aspirations radiales et deux aspirations axiales



Figure IV.5 : Station de pompage de Beni Tamou avec deux pompes rénovées.

Tableau IV.1 : Caractéristiques de la station de pompage de Beni Tamou

Capacité théorique (m ³ /jour)	26 000
Capacité théorique (m ³ /h)	1 083,33
Capacité actuelle (m ³ /jour)	16 638
Capacité actuelle (m ³ /h)	693,25
Heures de pompage (h)	20
Nombre de pompes	04 (03 en fonctionnement et 01 de secours)
Type de pompe	KSB/WL150/2
Débit de la pompe (l/s)	129
HMT de la pompe (m)	180
Type de moteur	02 LEROY SOMER LSP 355 M 02 LEROY SOMER 355 LB/2
Puissance (KW)	375/355
Tension (volts)	380/380
Vitesse (tr/mn)	2970/2975
Type de transformateur	02postes/ MINEL 8503-100-1000-1000KVA
Tension primaire	30
Tension secondaire	400
Puissance (KW)	1000
Type Anti bélier	WABAG/SLWINSKI
Volume (l)	2×2000
Pression de service (bars)	24 ,50
Année de pose	1981

Beurteile-Größe Type-Size Modèle	Typo Serie Tipo	Nenn-drehzahl Nom speed Vitesse nom.	Velocità di rotazione nom. Nominal speed Revoluciones nom.	Laufrad-Ø Impeller Dia. Diamètre de roue	Grants Wasser Rodete	 KSB Aktiengesellschaft 67225 Frankenthal Johann-Joeh-Strasse 9 67227 Frankenthal
Multitec 150 11.2 JL1040/CC480K-GS		2900 1/min		308 mm		
Projekt Project Projet	Progetto Projecto	Angebots-Nr. Project No. No. de offre	Offerta-No. Offera-No	Pos.-Nr. Item No. No. de pos.	Pos.-Nr. Postent. Pos.-Nr.	
		4000160450		9		

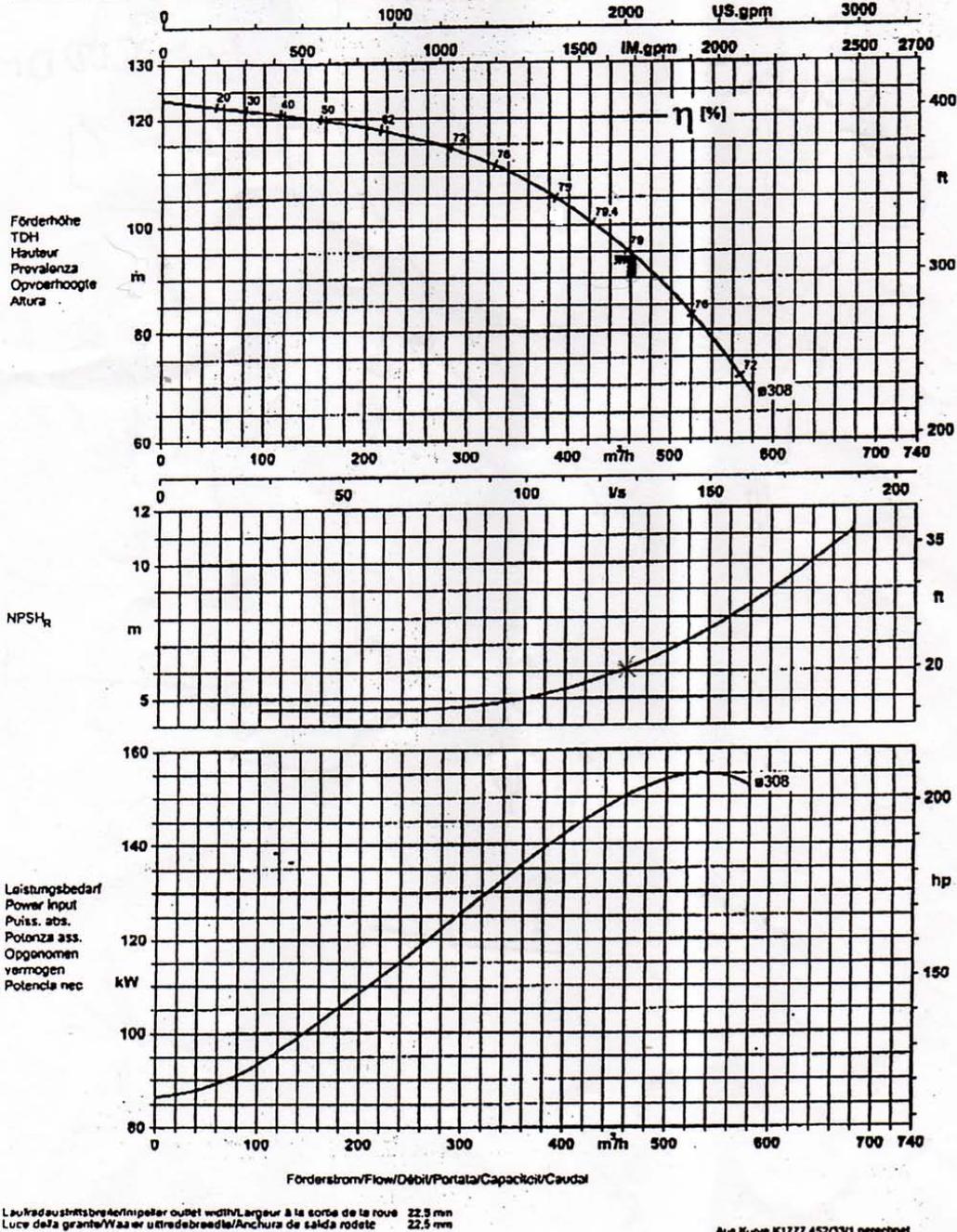


Figure IV.6 : Courbes caractéristiques des pompes KSB (anciennes et rénovées)

IV.4.2. Station de pompage de Meremen

La station de pompage de Meremen est de type bête sèche, composée de quatre (4) pompes de surface : les deux pompes rénovées sont de la marque **FLOWSERVE** multicellulaires de type **202NM4E** à quatre étages avec une vitesse de rotation $N=1481\text{tr/mn}$, et les deux autres sont anciennes de marque **BOMBAS** multicellulaires et de type **APM 200/3** à trois étages avec une vitesse de rotation $N=1450\text{tr/mn}$, les pompes sont installées en charge avec un couplage en parallèle, chaque pompe est caractérisée par : $(H, Q) = (464,4\text{m}^3/\text{h}, 190\text{m})$, d'un réservoir d'air anti-bélier de capacité de 5000L

- La longueur de la conduite d'aspiration collective $L_{asp} = 45\text{ m}$, diamètre d'aspiration $\varnothing_{asp} 1000$;
La longueur des conduites d'aspiration individuelle est de $L_{asp} = 10\text{m}$, de diamètre $\varnothing 400$
- La longueur de la conduite de refoulement $L_{ref} = 7392\text{ m}$, avec un diamètre de refoulement de $\varnothing 800$ sur une longueur de 4747m et un diamètre de $\varnothing 600$ sur une longueur de 2645m ; et la conduites de refoulement Individuelle $L_{ref.ind.} = 5\text{m}$ et $\varnothing 300$
- Manomètre, manomètre pour mesurer les pressions à l'aspiration et au refoulement ;
- Vanne de sectionnement à l'aspiration (type papillon pour les deux pompes nouvelles, opercule pour les deux pompes anciennes) ;
- Clapet, divergent, vanne de sectionnement (type papillon) à l'aval de chaque pompe ;
- Groupe (partie électrique)
- Locaux des personnels, bureau du chef d'exploitation, magasin des pièces détachées ;
- Qualité de l'eau → chloration.
- Longueur du bâtiment $L = 33,24\text{m}$
- Largeur du bâtiment $l = 24,25\text{m}$
- Hauteur du bâtiment $H = 6,35\text{m}$
- Type d'aspiration : Aspiration radiale à droite



Figure IV.7 : Salle des machines de la station de pompage de Meremen



Figure IV.8 : Pompe BOMBAS



Figure IV.9 : Pompe FLOWSERVE

Tableau IV.2 : Caractéristiques de la station de pompage de Meremen

Capacité théorique (m ³ /jour)	46 000
Capacité théorique (m ³ /h)	1 916 ,67
Capacité actuelle (m ³ /jour)	19 369
Capacité actuelle (m ³ /h)	807
Heures de pompage (h)	20
Nombre de pompes	04 (03 en fonctionnement et 01 de secours)
Type de pompe	202NM4E ; APM200/3
Débit de la pompe (l/s)	129
HMT de la pompe (m)	190
Type de moteur	04 Leroy Somer LSPC 355 L4B3
Puissance (KW)	500
Tension (volts)	380
Vitesse (tr/mn)	1481
Type de transformateur	04 postes/ Minel
Tension primaire	30
Tension secondaire	400
Puissance (KW)	800
Type Anti bélier	CHATLATT (à vessie)
Volume (l)	2000-3000-5000
Pression de service (bars)	27-27-34
Année de pose	1981

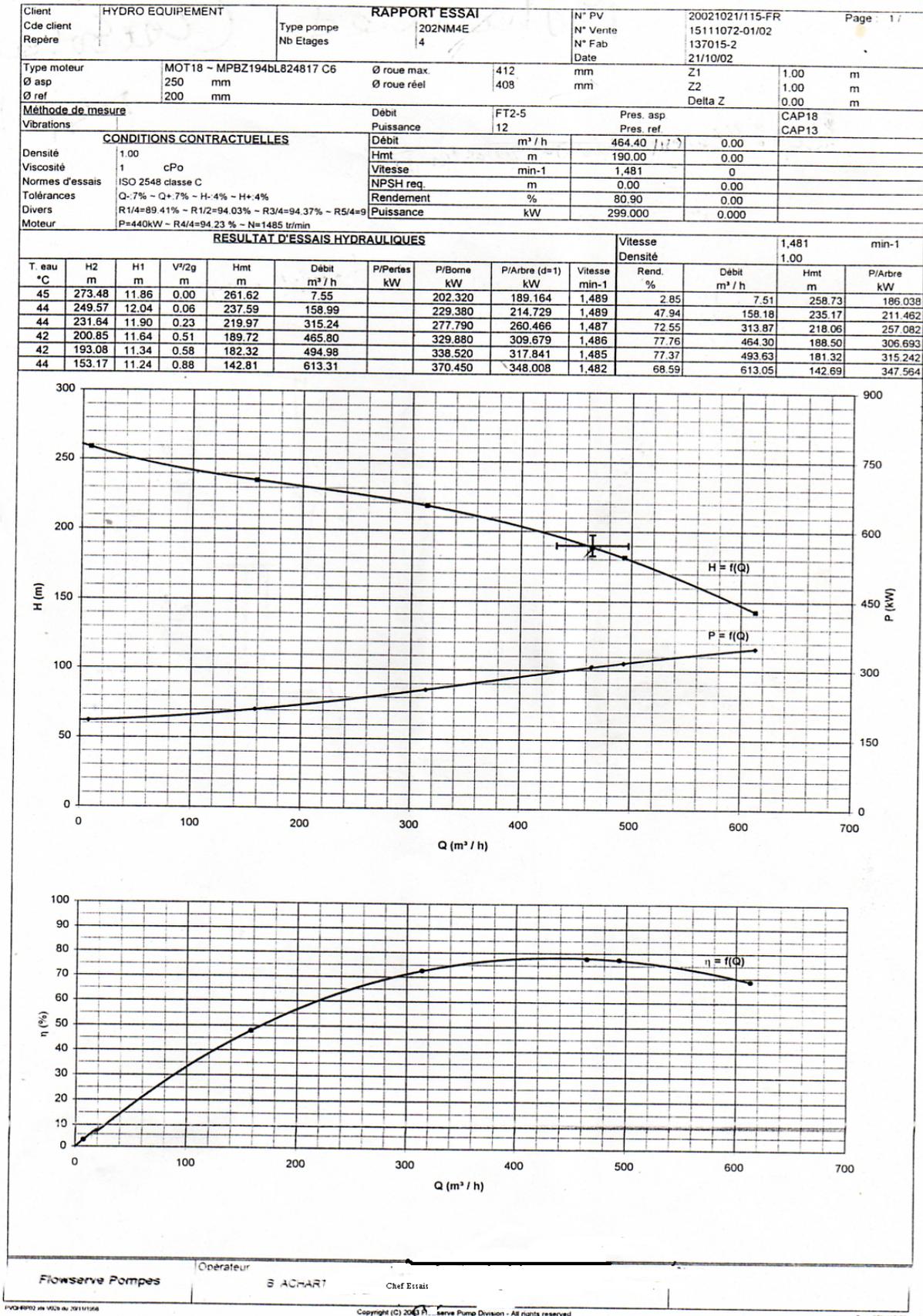


Figure IV.10 : Courbes caractéristiques des pompes FLOWSERVE

IV.5. Les équipements hydrauliques (équipements en amont et en aval des pompes)

Les équipements hydrauliques d'une station de pompage comprennent en dehors des pompes elles-mêmes :

- Les équipements d'aspiration : grille, tulipe d'aspiration, crépine, clapet, joint, vanne, convergent, dispositif anti-vortex, appareils de protection anti-bélier, circuit d'amorçage de la conduite et de la pompe.
- Les équipements de refoulement : joint, divergent, clapet anti-retour, vanne, appareils divers.

IV.5.1. Équipements en amont : Aspiration

L'aspiration des pompes d'une station peut se faire soit dans une bêche d'aspiration, soit d'une conduite

Dans notre cas, l'aspiration se fait à partir de deux baches $2 \times 2000\text{m}^3$ par une conduite (aspiration collective).

a) Canalisation à l'aspiration

Il est conseillé de projeter la conduite d'aspiration en acier pour des considérations tant technique qu'économique :

- Nombre de conduites d'aspiration doit être logiquement égal à celui des pompes ;
- La longueur de la conduite d'aspiration doit être la plus courte que possible (<50m), elle doit être conçue de façon à éviter les coudes, et elle doit relier le plan d'aspiration à l'entrée de la pompe en présentant une pente minimale de 5%.

La détermination du diamètre de la canalisation se fait en considérant les vitesses admissibles dans la conduite.

Les vitesses sont tabulées en fonction des débits et diamètres.

Tableau IV.3 : Vitesses admissibles (Aspiration)

Diamètre D_a (mm)	Vitesse admissible (m/s)
$D_a < 250$	0,70 ÷ 1,0
$250 < D_a < 800$	1,0 ÷ 1,50
$D_a > 800$	1,5 ÷ 1,8

Au niveau des deux stations, nous avons :

- Station de pompage de Beni Tamou

Aspiration collective Ø800mm

Aspiration individuelle Ø400mm $V_a = 1,03\text{m/s}$

- Station de pompage de Meremen

Aspiration collective Ø800mm

Aspiration individuelle Ø400mm $V_a = 1,03\text{m/s}$

La conduite d'aspiration est toujours en charge.

Après vérification, les vitesses d'aspiration sont admissibles

b) Réservoirs d'aspiration

Les réservoirs sont des réservoirs où l'on accumule des ressources venant des forages et à partir de ces réservoirs munis des conduites d'aspiration où les pompes aspirent.

c) Tulipe

La nécessité de la tulipe dépend essentiellement de la vitesse d'entrée de l'eau dans la conduite d'aspiration. Pour des valeurs ne dépassant pas 0,8m/s, il est possible de ne pas prévoir de tulipe, cependant son utilisation permet de diminuer les pertes de charge. Aussi est-il recommandé d'en prévoir dès que la vitesse atteint 0,5m/s.

d) Crépine

La crépine évite l'entrée accidentelle des corps solides, dans les pompes ; il est à noter qu'une crépine doit être toujours immergée pour éviter l'air (une marge suffisante doit être prévue pour le vortex) et éloignée d'environ 0,5m du fond du puisard.

e) Joints

Une attention particulière sera donnée aux joints afin de supprimer toutes possibilités d'entrée d'air et éventuellement d'agents polluants, en général on préfère les joints soudés. Pour les raccordements sur des appareillages (vannes, pompes, etc....) on utilisera les joints à brides pour l'entretien ou réparation des appareillages.



Figure IV.11 : Joint, Coude et clapet anti-retour

f) Vanne d'aspiration

La vanne montée à l'aspiration de la pompe permet d'isoler la pompe pour les travaux d'entretien ou de démontage sans arrêter les autres pompes. Elle sert aussi au réglage des débits.

▪ Vannes papillons

Les vannes papillon peuvent aussi bien servir pour le sectionnement que pour le réglage des débits. Ils sont d'un encombrement réduit, légers, le couple de manœuvre est faible. Elle occasionne une faible perte de charge.



Robinet vanne papillon

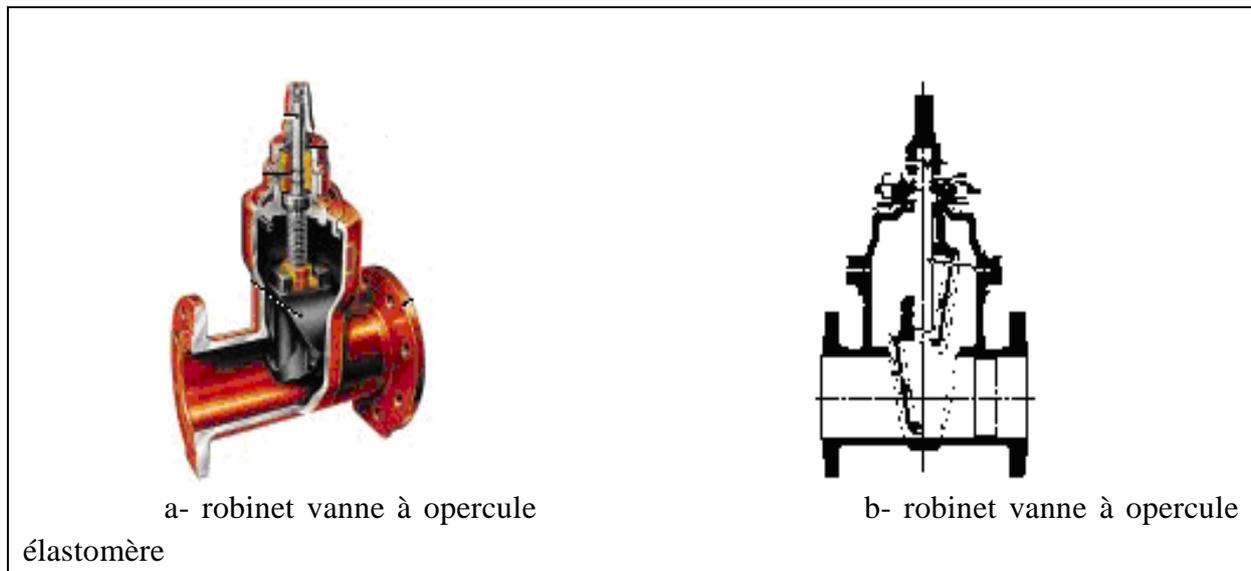


Robinet à papillon de survitesse

Figure IV.12 : Robinets vanne papillon (D'après document Pont-à-Mousson)

- **Robinet vanne à coin (à opercule)**

Les robinets vannes à opercule sont des appareils de sectionnement qui doivent être complètement ouverts ou fermés. Leur encombrement considérable est comparé à celui des vannes papillon. L'arrêt est fait par un obturateur en forme de coin.



a- robinet vanne à opercule

b- robinet vanne à opercule

élastomère

Figure IV.13 : Robinets vanne à opercule (D'après document Pont-à-Mousson)

g) Convergent

Le convergent permet d'avoir une accélération progressive de l'écoulement favorisant ainsi la bonne répartition des vitesses à l'entrée de la pompe au lieu d'une variation brusque du diamètre qui engendre une perte de charge singulière ; donc le convergent est l'organe destiné à servir de liaison entre deux conduites de diamètres différents.

Sa longueur est déterminée par la formule suivante :

$$L_c = (3,5 \div 4) \times (D_a - d_a)$$

Où D_a : Diamètre de la conduite d'aspiration

d_a : diamètre de la tubulure d'aspiration (entrée)



Figure IV.14 : Vanne d'aspiration, conduites d'aspiration collective et individuelle convergent, coude et manomètre.

IV.5.2. Equipements en aval : Refoulement**a) Conduite de refoulement :**

- Station de pompage de Beni Tamou
Refoulement collectif $\varnothing 600\text{mm}$ $V_r = 1,37\text{m/s}$
Refoulement individuel $\varnothing 300\text{mm}$ $V_r = 1,82\text{m/s}$

- Station de pompage de Meremen
Refoulement collectif $\varnothing 800\text{mm}$ $V_r = 0,77\text{m/s}$
Refoulement individuel $\varnothing 300\text{mm}$ $V_r = 1,82\text{m/s}$

La conduite d'aspiration est toujours en charge.

Après vérification, les vitesses de refoulement sont admissibles

b) Divergent et conduite de refoulement

Contrairement à ce qui se passe à l'aspiration, la vitesse de l'eau à la sortie de la pompe peut être $(3 \div 7)$ m/s, par conséquent il faut ralentir l'écoulement afin de garder une vitesse dans la plage des vitesses admissibles en plaçant un divergent.

La longueur du divergent est déterminée par la formule suivante :

$$L_d = (3,5 \div 5) \times (D_r - d_r) \text{ (m)}$$

D_r : diamètre de la conduite de refoulement (du convergent)

d_r : diamètre de la tubulure d'aspiration

Tableau IV.4 : vitesses admissibles (Refoulement)

Diamètre D_a (mm)	Vitesse admissible (m/s)
$D_r < 250$	$1 \div 1,5$
$250 < D_r < 800$	$1,2 \div 2,0$
$D_r > 800$	$1,8 \div 3$

c) Vanne d'isolement

Les vannes d'isolement à l'intérieur du bâtiment permettent le démontage de la pompe où du clapet sans arrêter les autres pompes.



Figure IV.15 : Pompe et moteur, divergent, coude, manomètre, conduites de refoulement individuel et collectif, clapet anti-retour

d) Ventouse

Le rôle d'une ventouse est tout d'abord d'évacuer l'air contenu dans les conduites.

Le cas se présente lorsque la conduite étant vide, on procède à son remplissage, l'air sera chassé.

Quand la conduite est en service, il est nécessaire, également, de pouvoir évacuer l'air abandonné par l'eau. Cet air se cantonne aux points hauts des canalisations

Les ventouses seront donc prévues aux points hauts. il est souhaitable d'en prévoir aussi aux changements de pentes. Ces appareils doivent permettre, en outre, l'admission de l'air dans la conduite lorsque l'on procède à sa vidange.



Figure IV.16 : Conduite de refoulement et ventouse

IV.6. Organes de raccordement

Les organes de raccordement sont nécessaires pour :

- La déviation d'une partie d'écoulement ;
- L'introduction dans la conduite d'un débit supplémentaire ou son soutirage ;
- Le changement de diamètre de la conduite ;
- Le montage et le démontage des accessoires ;
- Le changement de direction de la conduite

IV.6.1. Coudes

Les coudes sont des accessoires utiles surtout pour les réseaux maillé et ramifié, lorsque la conduite change de direction. Généralement, les coudes sont maintenus par des massifs de butées, convenablement dimensionnés.

On y distingue des coudes à deux emboîtements ou bien à emboîtements et à bout lisse ; les deux types de coude se présentent avec un angle α de : $\frac{1}{4}$ (90°), $\frac{1}{8}$ (45°), $\frac{1}{16}$ ($22^\circ 30'$), $\frac{1}{32}$ ($11^\circ 15'$).



Figure IV.17 : Coude, vanne à opercule et convergent

IV.6.2. Cônes

Les cônes sont utilisés pour relier deux conduites de diamètres différents comme on les rencontre aussi à l'entrée et à la sortie des pompes. On distingue :

- Les cônes à deux emboîtements ;
- Les cônes à deux brides ;
- Les cônes à emboîtement et bride.

IV.6.3. Tés

Les tés sont utilisés dans le but de soutirer un débit d'une canalisation ou d'ajouter un débit complémentaire. Ils sont rencontrés au niveau des réseaux maillés, ramifiés et des canalisations d'adduction en cas de piquage.

Les tés se présentent soit à trois emboîtements, soit à deux emboîtements et brides.

IV.6.4. Joints de démontage

En pratique, on rencontre des manchons à bouts lisses des deux extrémités, à deux emboîtements, à emboîtement et bout lisse, à deux brides, à bride et bout lisse, à emboîtement et bride, on les rencontre surtout au niveau des montages des appareils accessoires (vannes, clapet...) et au niveau de certains joints.



Figure IV.18 : Manchon et vanne type papillon, joint de démontage

IV.7. Les organes de protection et de contrôle des installations

La production des groupes électropompes s'effectuera par des relais magnétothermiques qui déclencheront s'il se produit des surcharges trop élevées. D'autres relais protégeront le moteur contre l'inversion de phase, la coupure d'une phase, une tension trop faible, le désamorçage de la pompe, etc....

Des systèmes de verrouillage particuliers pourront être envisagés selon les cas d'espèce, variables selon le mode d'exploitation.

Le contrôle de la bonne marche du groupe s'effectuera en consultant notamment l'ampèremètre qui donne la valeur de l'intensité absorbée, à laquelle elle doit rester constante.

On consultera également :

- Le manomètre à vide ou vacuomètre qui peut être monté en amont de la pompe sur un bossage réservé à cet effet.
- Le monomètre sur le refoulement, monté en aval de la pompe
- Le débitmètre pour mesurer le débit.

Nous avons plusieurs types de débitmètres (tube de venturi, électromagnétique, ultrason infrarouge, à flotteur, etc.

NB : La protection cathodique (la protection contre l'usure des conduites en acier) de l'aspiration et de refoulement, et dans les forages.

IV.8. Problèmes rencontrés et recommandations

IV.8.1. Problèmes rencontrés :

Nous avons observé dans la station de pompage de Béni Tamou l'usure d'une pompe (érosion par cavitation de la roue fermée), comme on la représente sur la figure IV.19

Cela est du essentiellement à cause de :

- La variation énorme de la hauteur d'aspiration (h_{asp}) dans les réservoirs semi enterrés ;
- Le plan d'eau diminue trop, tandis que les pompes fonctionnent, dans ce cas là, le phénomène de vortex (pénétration de l'air à l'intérieur des pompes) fait son apparition, c'est pour cette raison qu'il y a eu le phénomène d'usure par cavitation, par un martelage intensif sur la roue présentée sur la figure IV.19

C'est pour cette raison qu'il y a un système de démonstration de nivellement à l'extérieur des réservoirs (système de flotteur) pour que l'exploitant prête attention : si le niveau diminue au-delà de la hauteur d'aspiration admissible, arrêt brutal des pompes.



Figure IV.19 : L'érosion par cavitation de la roue.

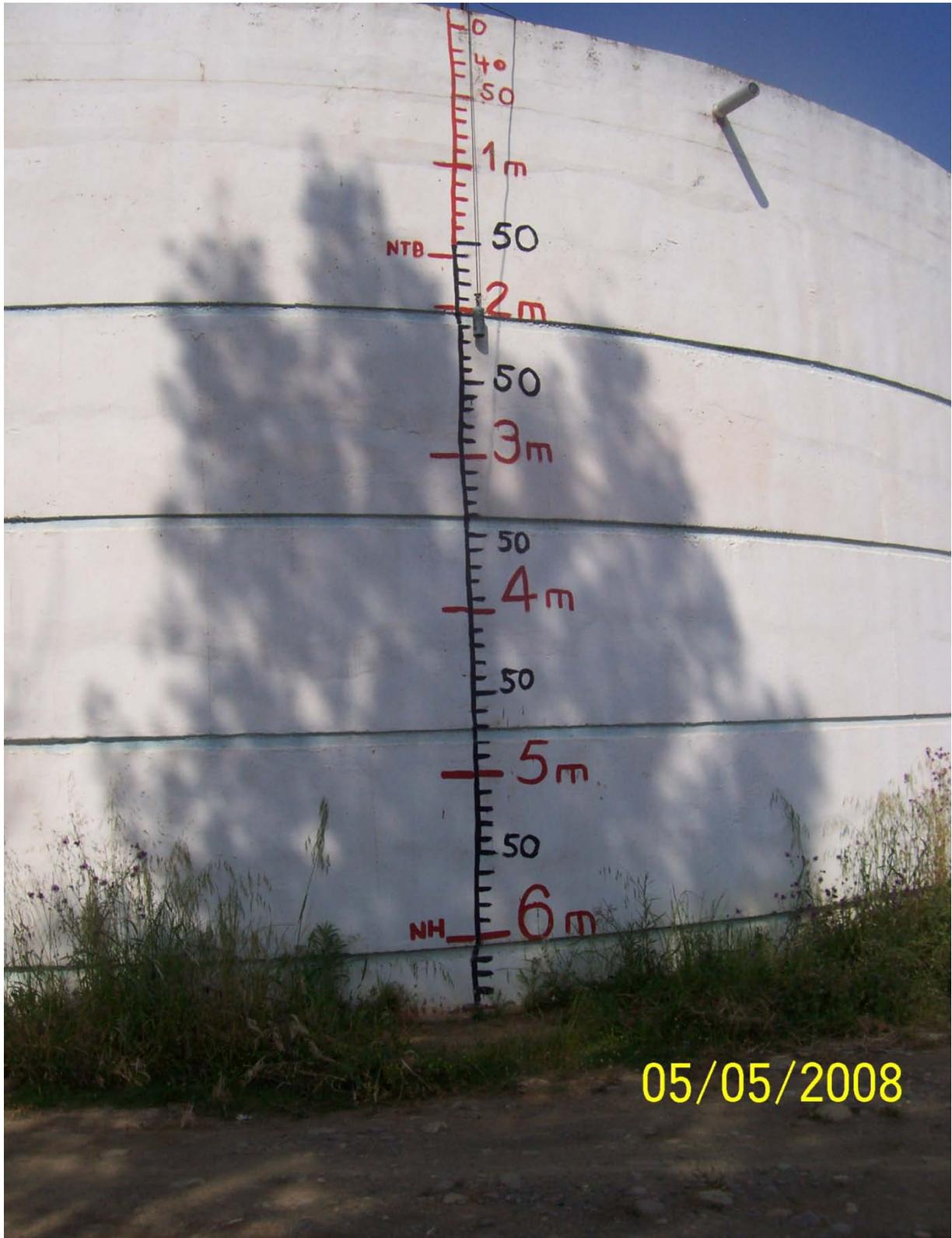


Figure IV.20 : Système de mesure du niveau d'eau dans les baches d'aspiration

Il y a aussi certaines causes de l'usure des pompes tel que :

- Les équipements hydrauliques à l'amont des anciennes pompes tel que le coude mal placé juste à l'entrée de la pompe (pente n'étant pas respectée), soudure avec le cône convergent, et la longueur du coude est inférieure à ($< 4.D_{asp}$), c'est-à-dire n'est pas à grand rayon de courbure ; ainsi que la vanne de sectionnement de type à opercule à l'aspiration a de plus de pertes de charge que la vanne de type papillon qui est installée sur les nouvelles pompes ;
- La longueur du manchon dans les nouvelles pompes est inférieure à ($< 4.D_{asp}$)
- Le rabattement de la nappe, et les problèmes posés dans le champ de captage par exemple le calcaire dans les orifices de captage est une cause de réduction du débit des pompes immergées dans les forages, est par conséquent la vidange rapide des réservoirs jumelés d'aspiration (moins des apports d'eau).
- Le dédit de consommation est supérieur au débit d'apport.
- La fissure très visible au niveau des deux bâches d'aspiration de la station de pompage de Meremen.
- Des fuites d'eau au niveau des réservoirs ou bâches d'aspiration

IV.8.2. Les solutions proposées

Pour minimiser les effets d'usure sur les pompes, on propose les recommandations suivantes :

Respecter la hauteur d'aspiration admissible (h_{asp}^{adm}) ;

- Changer les coudes d'aspiration des anciennes pompes par des manchons comme ceux qui sont installés dans les nouvelles pompes, avec La longueur du manche supérieure à ($> 4.D_{asp}$) ;
- Mettre un cône convergent juste à l'entrée de la pompe, ce cône ne doit pas créer des poches d'air. A cet effet, sa génératrice supérieure sera au maximum horizontale, le meilleur façonnage faisant que cette génératrice suit la pente de la conduite (comme le cône convergent dans les nouvelles pompes), ainsi que la vanne à type opercule ou par la vanne à type papillon ;

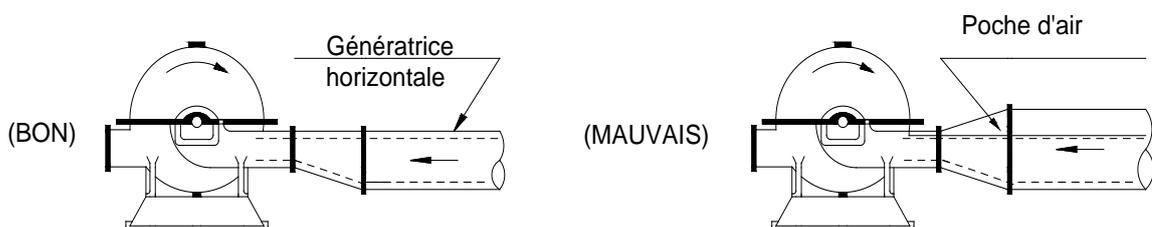


Figure IV.21 : Le façonnage du cône convergent.

- La conduite d'aspiration doit toujours rester plus basse que l'orifice d'aspiration de la pompe pour éviter la formation des poches d'air ;
- Diminuer l'intervalle de travail des pompes, pour garantir certain volume d'eau dans les réservoirs jumelés, afin d'éviter le phénomène de vortex, c'est-à-dire diminution fatal du plan d'eau d'aspiration ;

- Pour la réparation des fissures au niveau des réservoirs, on injecte du bitume ou de la résine dans les fissures.
- **Régulation avec ligne pilote** : Le remplissage du réservoir est contrôlé par un interrupteur à flotteur asservi au niveau de l'eau. Ce dernier ouvre ou ferme un circuit électrique appelé ligne pilote, relie au moteur d'entraînement du groupe de pompage. Le circuit se ferme quand le niveau de l'eau dans le réservoir atteint une certaine cote, et déclenche le groupe de pompage. Ce dernier déclenche ensuite quand le niveau de l'eau dans le réservoir est prêt à atteindre le niveau du trop plein.

Le circuit électrique est une ligne basse tension de 12, 25, et 48 volts. Pour des raisons économiques, il est souvent le long de la conduite de refoulement. Cependant si on peut profiter d'une ligne électrique ou téléphonique existante, elle peut aussi être aérienne.

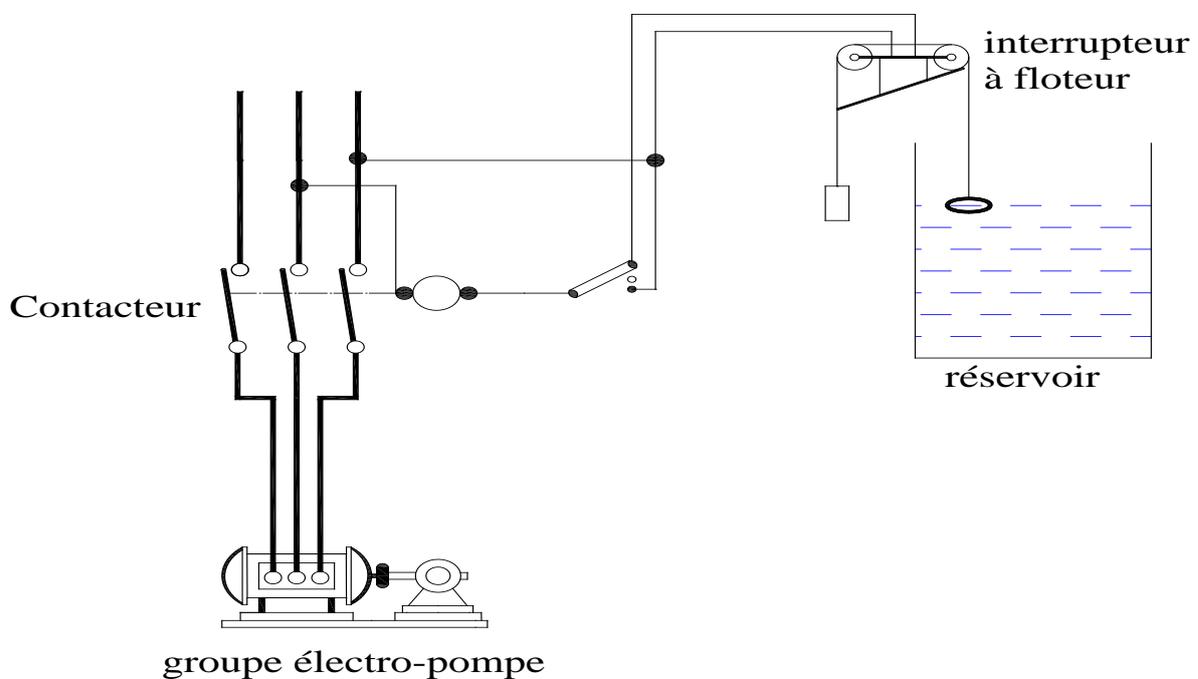


Figure IV.22 : Régulation avec ligne pilote.

IV.9. Comparaison des deux stations de pompage

Pour comparer les deux stations de pompage, nous pouvons résumer les différences dans le tableau IV.5

Tableau IV .5 : Comparaison des deux stations de pompage

Eléments de comparaison	Station de pompage de Beni Tamou	Station de pompage de Meremen
HMT (m)	180	190
Nombre de forages opérationnels	13	16
Marque de pompes	04 KSB	02 Flowserve, 02 Bombas
Type de pompes	Multitec 150 11.2	202NM4E ; APM200/3
Vitesse de rotation (tr/mn)	2900	1481
Production théorique (m ³ /j)	26 000	46 000
Production actuelle (m ³ /j)	16 500	19 200
Type d'aspiration	Axiale et radiale	Radiale
Capacité du réservoir d'air(l)	2*2000	2000-3000-5000

Conclusion :

A partir de ces stations de pompage, on peut conclure que la variation de la hauteur d'aspiration a un effet très néfaste sur les pompes centrifuges surtout pour l'érosion par cavitation, aussi les résultats expérimentaux démontre que la variation de la hauteur d'aspiration a un effet sur la chute des performances des pompes centrifuges.

Pour cette raison on prend des précautions (par un système automatique), ainsi des précautions pour les équipements hydrauliques afin d'éviter les conséquences de détérioration sur les pompes centrifuges.

Chapitre V :

Protection des conduites de refoulement contre le coup de bélier

Introduction

Le coup de bélier est un phénomène transitoire, oscillatoire qui se manifeste dans des conduites en charge à écoulement gravitaire ou en refoulement. Ce phénomène peut être provoqué par diverses causes à savoir :

- Arrêt brutal d'un ou de plusieurs groupes électropompes alimentant une conduite de refoulement.
- démarrage d'une pompe.
- Fermeture instantanée ou brusque d'une vanne placée au bout d'une conduite.

Le coup de bélier est caractérisé par des surpressions et des dépressions dont leurs variations peuvent provoquer des dommages pour la conduite.

Compte tenu de ces facteurs il faut prévoir des appareils qui nous permettent d'atténuer la variation de ces pressions.

Les appareils les plus utilisés sont les suivants :

- Les réservoirs d'air et la cheminée d'équilibre ;
- les soupapes de décharge ;
- les volants d'inertie.

V.1. Interprétation physique du coup de bélier :

Nous considérons dans un système analogue à notre système, c'est-à-dire une adduction par refoulement de la pompe jusqu'au réservoir avec une vitesse donnée.

Supposons qu'il se produit un arrêt brusque de la pompe ; cet arrêt provoque un phénomène oscillatoire qui peut être décrit en quatre phases :

Première phase :

Après l'arrêt de la pompe, l'eau va suivre son chemin ascendant, il en résulte derrière la tranche d'eau considérée une dépression.

Une onde de dépression prend naissance au départ de la pompe et se propage jusqu'au réservoir suivant une distance (L) avec une célérité (C).

Au bout de ce temps la conduite est en dépression et le temps mis par l'onde est (l/a) .

Deuxième phase

La conduite reprend alors son diamètre primitif vu qu'elle a une certaine élasticité. Au bout d'une certaine période (l/c) ce qui fait au total $(2l/c)$ depuis l'origine du phénomène, toute l'eau est redescendue mais va se trouver arrêter par le clapet de la pompe qui s'est fermé entre temps.

Troisième phase :

En raison de cet arrêt la première tranche en contact avec le clapet va se trouver comprimer, entraînant une dilatation de la conduite.

Au bout d'une nouvelle période (l/c) ce qui fait $(3l/c)$ depuis l'origine, toute la conduite sera dilatée avec une eau surpressée immobile.

Quatrième phase :

Grâce à l'élasticité de la conduite, cette dernière reprend de proche en proche sa forme initiale allant du réservoir vers la pompe. au bout d'un nouveau temps (l/c) ce qui fait $(4l/c)$ depuis l'origine, nous retrouvons dans la même situation qu'au début de l'étude du phénomène. Ce phénomène se produirait indéfiniment s'il n'est pas freiné par les pertes de charge.

V.2. Moyens de protection contre le coup de bélier

Nous disons qu'il n'est pas possible de supprimer totalement l'effet du coup de bélier mais on peut arriver à limiter ceci à une valeur compatible à la résistance des installations que pour la conduite de refoulement ou autres.

Les appareils les plus utilisés sont les suivants :

- Les volants d'inertie qui interviennent dans la protection contre les dépressions.
- Les soupapes de décharge qui interviennent dans la protection les surpressions.
- Les réservoirs d'air et les cheminées d'équilibre qui interviennent à la fois dans la protection contre les dépressions et les surpressions.

Mais pour notre étude, nous avons choisi comme moyen de protection un réservoir d'air grâce à quelques avantages qu'il présente :

- Intervient dans la protection contre la dépression et la surpression.
- Simple à l'installer et facilement contrôler.
- Choisi, pour les moyennes et grandes hauteurs de refoulement.

V.3. Etude du coup de bélier :

a) Détermination de la valeur de surpression et de dépression

La valeur maximale de la surpression et de la dépression est donnée par les relations suivantes :

$$\Delta H_{\max} = \pm \frac{CV_0}{g}$$

- La surpression : $H_s = H_g + H_{\max}$
- La dépression: $H_d = H_g - H_{\max}$

V_0 : vitesse d'écoulement en régime normal (m/s) ;

g : accélération de la pesanteur (9,81 m²/s)

C : célérité de l'onde en (m/s).

H_g : la hauteur géométrique (m)

b) Détermination de la célérité de l'onde

Elle est donnée par la relation suivante :

$$C = \frac{\left(\frac{K}{\rho}\right)^{1/2}}{\left(1 + \frac{K D}{E e}\right)^{1/2}}$$

Avec :

K : coefficient de compressibilité de l'eau ; $K = 2 \times 10^9$ à 20°C.

ρ : masse volumique de l'eau ; $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$

E : module d'élasticité de la conduite ; $E = 2 \times 10^{11}$

D : diamètre de la conduite de refoulement (mm)

e : épaisseur de la conduite (mm), on prend dans notre cas $e = 6 \text{ mm}$

$(K/\rho)^{1/2}$: célérité de l'onde de pression des conduites très rigides.

$$\left(1 + \frac{KD}{Ee}\right)^{1/2} : \text{Contribution de l'élasticité de la conduite.}$$

c) Détermination de la vitesse d'écoulement en régime permanent :

Elle est donnée par la relation suivante :

$$V_0 = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Avec :

Q: le débit à refouler

D : diamètre de la conduite de refoulement

❖ Station de pompage de Beni Tamou

Voici les caractéristiques de la conduite de refoulement

- Longueur : L = 8488 m
- Grand diamètre : D = 600 mm
- Petit diamètre S: D=500mm
- Hauteur géométrique : H = 137,44 m
- Débit refoulé : Q = 0,387 m³/s

Application numérique :

- Grand diamètre D=600mm: C=1000m/s ; V₀=1,37m/s

Petit diamètre D= 500mm: C=1044, 5m/s; V₀= 1.97m/s

$$H_{\max} = \pm \frac{C * V_0}{g} = \frac{1044,5 * 1,97}{9,81} = \pm 209,75m$$

- La surpression :

$$H_s = H_g + H_{\max} = 137,44 + 209,75 = 347,19m \quad \rightarrow H_s = 347,19m$$

- La dépression:

$$H_d = H_g - H_{\max} = 137,44 - 209,75 = -77,75 m \quad \rightarrow H_d = -72,31m$$

❖ Station de pompage de Meremen

- Grand diamètre D=800mm: C=738,55m/s ; V₀= 0,77m/s
- Petit diamètre D= 600mm: C=1000m/s; V₀= 1.37m/s

$$H_{\max} = \pm \frac{C * V_0}{g} = \frac{1000 * 1,37}{9,81} = \pm 139,65m$$

La surpression :

$$H_s = H_g + H_{\max} = 174,65 + 139,65 = 314,30m \quad \rightarrow H_s = 314,30m$$

La dépression:

$$H_d = H_g - H_{\max} = 174,65 - 139,65 = 35 m \quad \rightarrow H_d = 35m$$

Remarque :

Si la valeur de la dépression est inférieure à 1 bar il y aura un risque de cavitation, c'est à dire la formation d'une poche d'air, qui peut engendrer des conséquences fatales.

Dans notre cas, la valeur de la dépression est bien inférieure à 1bar dans l'installation de la station de pompage de Beni Tamou et supérieure à 1bar dans l'installation de celle de Meremen.

V.4 Réservoir d'air :

Comme étranglement à la base de la cloche, on a choisi la tuyère qui fonctionne au retour de l'eau comme un ajutage rentrant de BORDA et permet théoriquement d'avoir une perte de charge quatre (4) fois plus grande au retour qu'à l'aller.

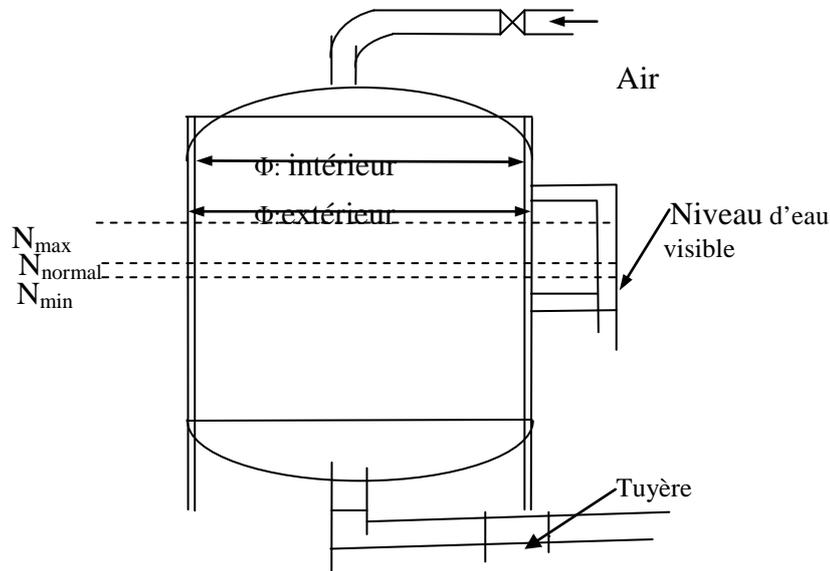


Figure V.1 : Réservoir d'air

V.5..Dimensionnement du réservoir d'air :

Pour la détermination du volume d'air anti-bélier il y a plusieurs méthodes mais nous choisissons la méthode de VIBERT car :

- C'est une méthode graphique simplifiée de détermination du volume d'air.
- Abstraction des pertes de charges dans la conduite.
- Non prise en compte de l'organe d'étranglement.

Comme nous avons calculé la vitesse de la célérité : $C=1044,5$ m/s pour la station de pompage de Beni Tamou et $C=1000$ m/s pour la station de pompage de Meremen, nous devons l'augmenté de $(5\div 6)$ % car ce sont des conduites en acier enterrées donc la nouvelle célérité sera donc :

$$C'=1,05 \times C = 1096,73 \text{ m/s}$$

$$C'=1,05 \times C = 1050 \text{ m/s}$$

Et la charge en tenant compte du coup de bélier

$$\text{Station de pompage de Beni Tamou : } H_g + C \cdot V_0 / g = 137,44 + 220,24 = 357,68 \text{ m}$$

$$\text{Station de pompage de Meremen : } H_g + C \cdot V_0 / g = 174,5 + 146,64 = 321,29 \text{ m}$$

V.5.1. Station de pompage de Beni Tamou

- La charge maximale absolue :

$$Z_{\max} = 357,68 + 10 = 367,68 \text{ m}$$

- La charge statique absolue :

$$Z_0 = H_g + 10 = 147,44 \text{ m}$$

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{1,97^2}{9.81 * 2} = 0,1978 \text{ m}$$

$$\text{D'où : } h_0/Z_0 = 0,1978/147,44 = 1,34 \times 10^{-3}$$

$$Z_{\max}/Z_0 = 367,68/147,44 = 2,50$$

Si on impose une pression de 29,5 bars = 295 m

$$Z_{\max}/Z_0 = 295/147,44 = 2$$

On a les valeurs de (h_0/Z_0) et (Z_{\max}/Z_0) on peut tirer la valeur de $(U_0/L.S)$ à partir de l'abaque de VIBERT (Annexe

$$\text{Donc } U_0/L.S = 7,5 * 10^{-3}$$

$$Z_{\min}/Z_0 = 0,57 \rightarrow Z_{\min} = 84,04 \text{ m}$$

Application numérique :

$$U_0 = 7,5 * 10^{-3} * L * S = 7,5 * 10^{-3} * 1092 * 0,196 = 1,61 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow U_0 = 1610 \text{ litres d'air.}$$

$$U_0 . Z_0 = U_{\max} . Z_{\min}$$

$$\rightarrow U_{\max} = U_0 * (Z_0/Z_{\min}) = 1610 * (147,44/84,04) = 2824,6 \text{ litres}$$

$$\rightarrow U_{\max} = 2825 \text{ litres}$$

En tenant compte de la sécurité nous prenons la valeur majorante

$$U_{\max} = 3000 \text{ à } 4000 \text{ litres d'air ou } U_{\max} = 4 \text{ m}^3 \text{ d'air}$$



Figure V.2 : Réservoirs d'air de la station de pompage de Beni Tamou

V.5.2. Station de pompage de Meremen

- La charge maximale absolue :

$$Z_{\max} = 321,29 + 10 = 331,29 \text{ m}$$

- La charge statique absolue :

$$Z_0 = H_g + 10 = 184,65 \text{ m}$$

$$h_o = \frac{V_o^2}{2g} = \frac{1,37^2}{9.81 * 2} = 0,0957 \text{ m}$$

$$\text{D'où : } h_o/Z_0 = 0,0957/184,65 = 5,2 \times 10^{-4}$$

$$Z_{\max}/Z_0 = 331,29/184,65 = 1,8$$

On a les valeurs de (h_o/Z_0) et (Z_{\max}/Z_0) on peut tirer la valeur de $(U_0/L.S)$ à partir de l'abaque de VIBERT (Annexe 1)

$$\text{Donc } U_0/L.S = 3,8 * 10^{-3}$$

$$Z_{\min}/Z_0 = 0,615 \rightarrow Z_{\min} = 113,56 \text{ m}$$

Application :

$$U_0 = 3,8 * 10^{-3} * L * S = 3,8 * 10^{-3} * 2645 * 0,2826 = 2,84 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow U_0 = 2840 \text{ litres d'air.}$$

$$U_0 * Z_0 = U_{\max} * Z_{\min}$$

$$\rightarrow U_{\max} = U_0 * (Z_0/Z_{\min}) = 2840 * (184,65/113,56) = 4617,876 \text{ litres}$$

$$\rightarrow U_{\max} = 4617,88 \text{ litres}$$

En tenant compte de la sécurité nous prenons prendre un volume du réservoir d'air

$$U_{\max} = 5000 \text{ litres d'air ou } U_{\max} = 5 \text{ m}^3 \text{ d'air}$$



Figure V.3 : Réservoir d'air de la station de pompage de Meremen



Figure V.4 : Compresseur

Conclusion:

A travers ce chapitre nous avons vu comment évaluer un régime transitoire après l'arrêt d'une pompe ainsi que la description physique du phénomène du coup de bélier et en fin nous avons calculé les capacités des réservoirs d'air comprimé pour l'amortissement de l'eau en cas de coup de bélier et cela pour les deux stations de pompage.

Chapitre VI :

Proposition d'une troisième variante

VI.1. Généralités :

Les courbes caractéristiques s'appliquent à des pompes neuves et tiennent compte du débit nécessaire à l'équilibrage hydraulique et à la circulation au niveau de la garniture en exécution standard.

Garanties des valeurs des courbes suivant DIN 1944/III.

Il peut être cependant nécessaire selon le choix de l'exécution d'appliquer un facteur de correction tout en respectant les valeurs limites.

La hauteur manométrique à débit nul ne peut être garantie qu'avec une tolérance de $\pm 5\%$.

Hauteur et puissance absorbée totales = Hauteur et puissance absorbée par étage multipliée par le nombre d'étages.

VI.2. Choix du type de pompe

Les critères de choix du type de pompe sont :

- Assurer le débit appelé Q_{app} et la hauteur HMT ;
- Meilleur rendement ;
- Vérifier la condition de non cavitation ;
- Encombrement et poids les plus faibles ;
- Vitesse de rotation la plus élevée ;
- Puissance absorbée minimale ;
- Être fabriquée en parallèle.

En plus de ses avantages technique et mécanique (figure VI.2), ce type de pompe nous assure le débit et la hauteur manométrique totale appelés avec une vitesse de rotation élevée de $N= 2900$ tr/min (figure VI.1).



Multitec

Kennfelder / Selection charts / Réseau / Conjunto de curvas / Grafieken / Campi caratteristici

n = 2900 1/min

Jl 1040 (GG) / CC480K-GS (R7)

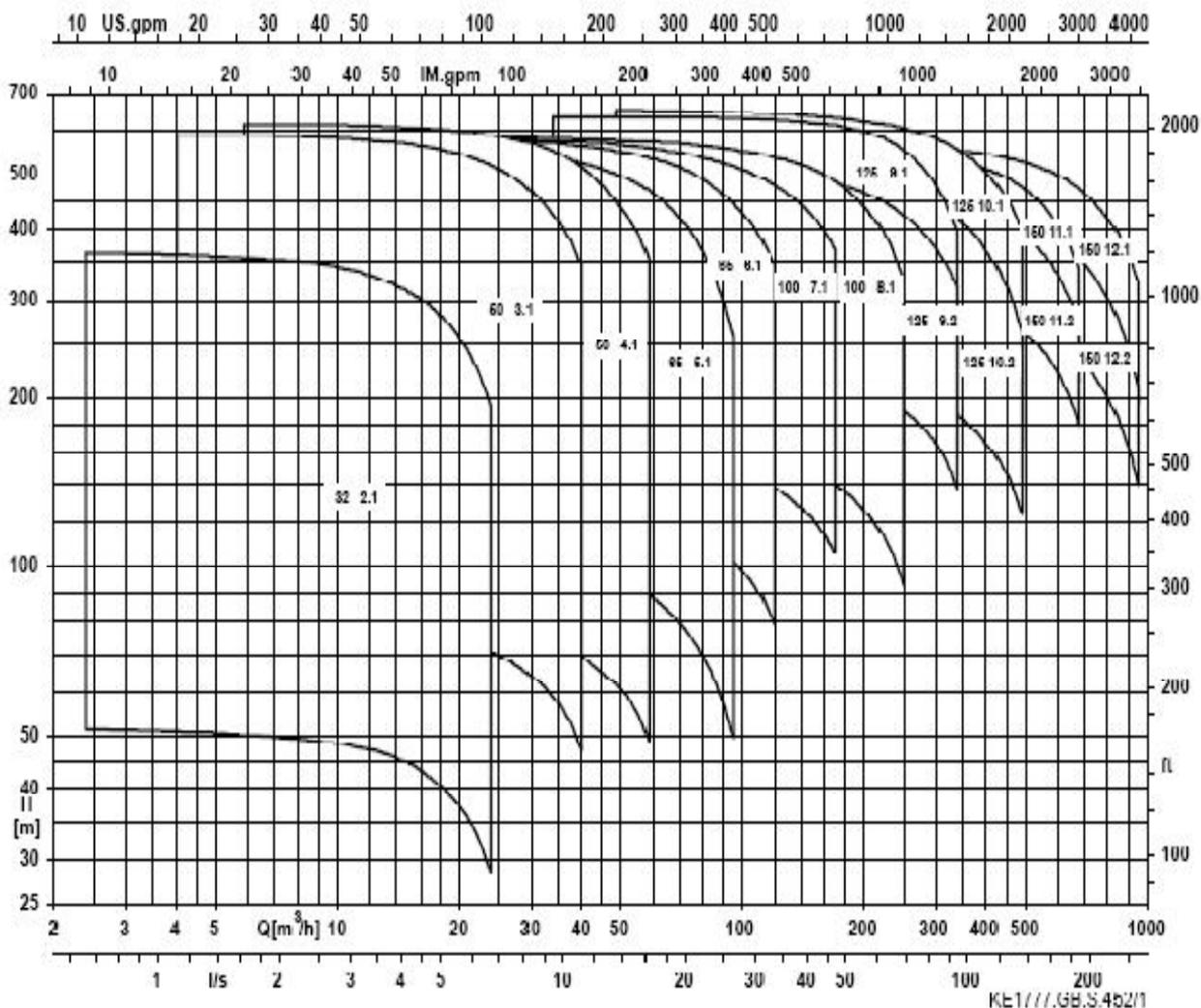


Figure VI.1 : Réseau des types de pompes Multitec

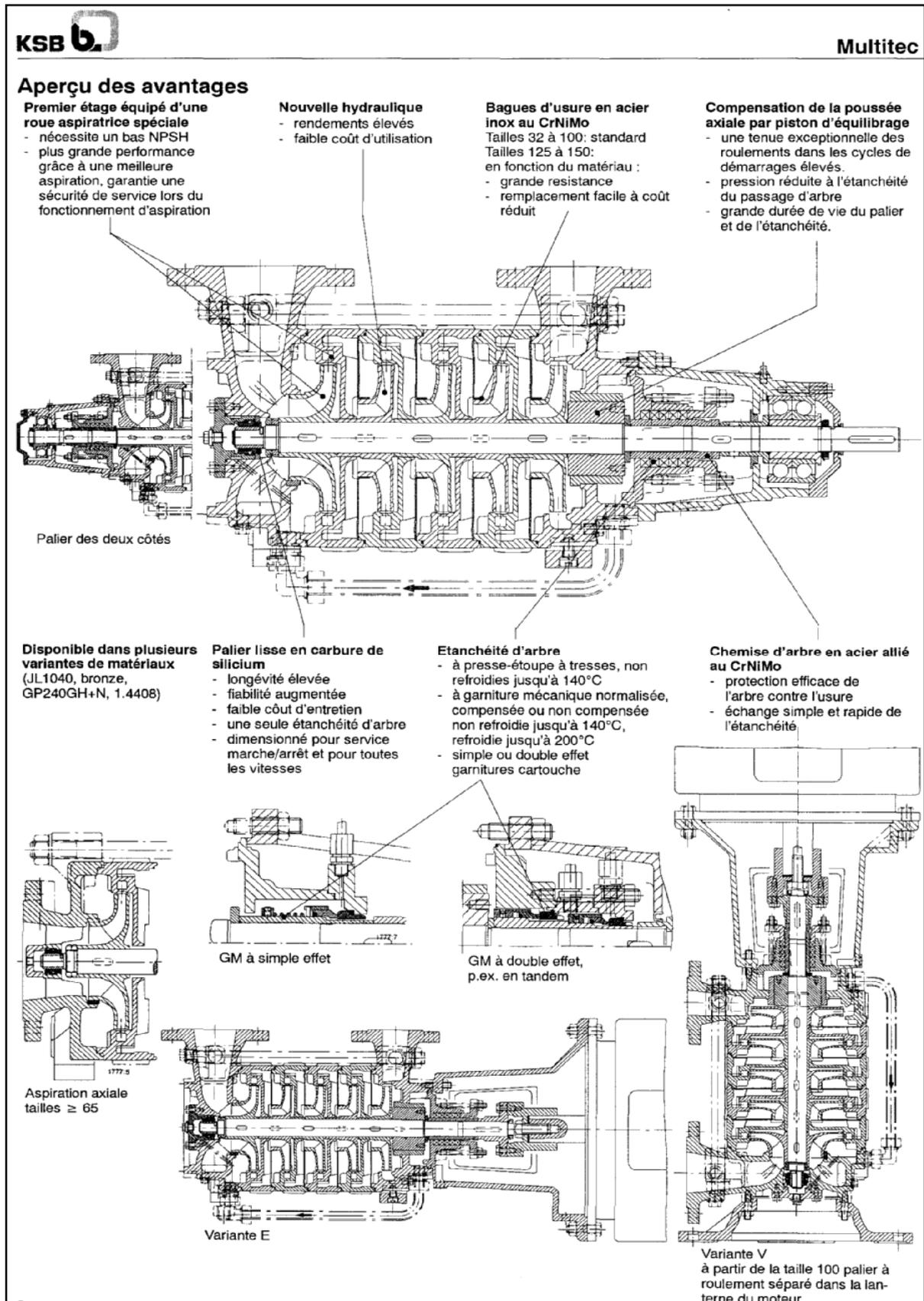


Figure VI.2 : Aperçu des avantages des pompes KSB (Catalogue KSB)

VI.3. Couplage des pompes

On distingue deux types de couplage des pompes :

- Le couplage en série : ce type de couplage est utilisé en vue de l'augmentation de la hauteur d'élévation des pompes.
- Le couplage en parallèle : ce type de couplage est utilisé en vue de l'augmentation du débit refoulé par les pompes.

VI.4. Choix du nombre de pompes

Les critères de choix du nombre de pompes sont :

- Nombre de pompes n minimal ;
- Meilleur rendement ;
- Charge nette d'aspiration requise $(NPSH)_r$ minimale ;
- Nombre d'étage minimal ;
- Puissance absorbée minimale.

- Elles doivent assurer le débit et HMT demandé
- Condition de non cavitation vérifiée
- Encombrement et poids faible
- Vitesse de rotation élevée
- Répondre à la condition la plus économique du bâtiment

Tableau VI.1.a : Caractéristiques des pompes de la station de pompage de Beni Tamou

Nombre de pompes (n)	3	3	3
Q _{app} (m ³ /h)	464,4	464,4	464,4
HMT (m)	180	180	180
Type de pompe	125	150	150
Hydraulique	10.2	11.2	12.2
N (tr/mn)	2900	2900	1750
Nbre d'étages	4	2	5
Pabs.(KW)	222,2	298,51	306,48
(NPSH) _r (m)	9,63	6,21	4,33
η (%)	70,44	78,94	79,15
$\varnothing_{\text{roue}}$ (mm)	270	308	337
H _{PF} (m)	182,64	211,85	181,33
Q _{PF} (m ³ /h)	1433,61	1863,30	1456,30

Tableau VI.1.b : Caractéristiques des pompes de la station de pompage de Meremen

Nombre de pompes (n)	3	3	3
Q _{app} (m ³ /h)	464,4	464,4	464,4
HMT (m)	190	190	190
Type de pompe	125	150	150
Hydraulique	10.2	11.2	12.2
N (tr/mn)	2900	2900	1750
Nbre d'étages	4	2	5
Pabs.(KW)	222,2	298,51	306,48
(NPSH) _r (m)	9,63	6,21	4,33
η (%)	70,44	78,94	79,15
Ø _{roue} (mm)	270	308	337
H _{PF} (m)	190,5	203,32	189,82
Q _{PF} (m ³ /h)	1415,70	1852,30	1403,49

Remarque : D'après les constatations faites sur les différentes courbes caractéristiques des pompes **KSB** étudiées et vu le nombre de pompes installées et les performances des pompes à long terme, nous choisissons le même type de pompe **150 11.2** qui satisfait à la demande et sans causer des problèmes au bon fonctionnement des deux stations de pompage avec une vitesse de rotation de N= 2900tr/mn.

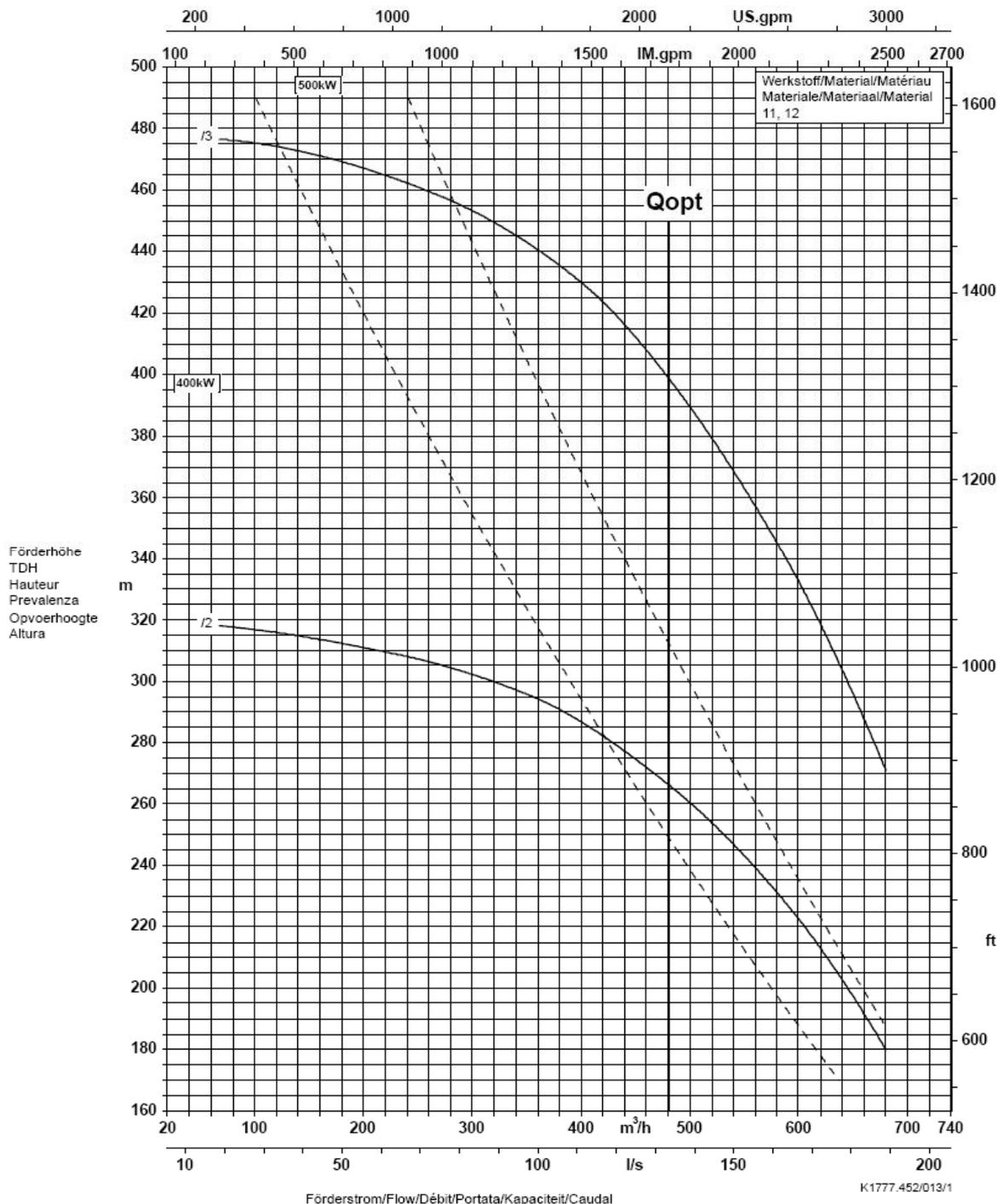
VI.5.Construction des courbes caractéristiques

Les courbes caractéristiques de la pompe sont tirées à partir du catalogue des pompes **KSB**, sachant que les courbes caractéristiques, nous donnent toutes les informations nécessaires pour la bonne installation, le bon calage et le meilleur rendement, ainsi une durée de vie.

Les différentes courbes caractéristiques fournies par la pompe sont :

- Courbe de la hauteur manométrique en fonction du débit (H-Q).
- Le rendement en fonction de débit (η-Q)
- La puissance absorbée en fonction du débit (P-Q).
- La courbe de (NPSH)_r en fonction du débit Q.
- La courbe caractéristique du réseau (Hc-Q)

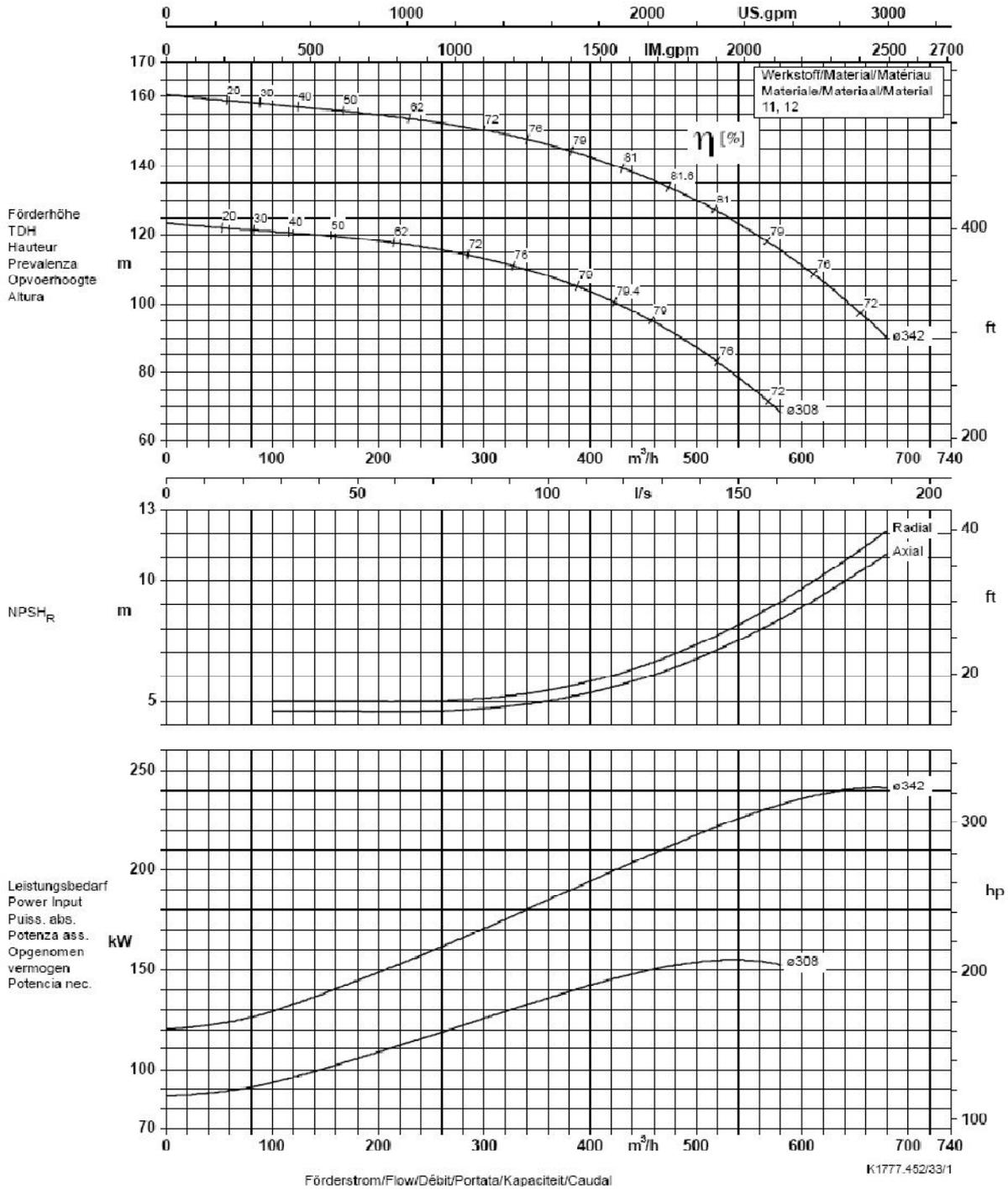
Baureihe-Größe Type-Size Modèle	Tipo Serie Tipo	Nennrehzahl Nom. speed Vitesse nom.	Velocità di rotazione nom. Nominaal toerental Revoluciones nom.	Laufrad-ø Impeller Dia. Diamètre de roue	ø Girante ø Waaler ø Rodete	 Division Pompes Industrie et Eau KSB S. A. Allée de Sagan - B.P. 189 38004 Châteauroux
Multitec 150 11.2 JL1040/CC480K-GS		2900 1/min				
Projekt Project Projet	Progetto Projekt Proyecto	Angebots-Nr. Project No. No. de l'offre	Offerta-No. Offertenr. Offerta-No.	Pos.-Nr. Item No. No. de pos.	Pos.-Nr. Positiën.r. Pos.-Nr.	



Laufradaustrittsbreite/Impeller outlet width/Largeur à la sortie de la roue 22,5 mm
 Luce della girante/Waaler uittredebreedte/Anchura de salida rodete 22,5 mm

Figure VI.3.a : Courbe d'étage de la pompe de type Multitec 150 11.2

Baureihe-Größe Type-Size Modèle Multitec 150 11 2 JL1040/CC480K-GS	Tipo Serie Tipo	Nennzahl Nom. speed Vitesse nom. 2900 1/min	Velocità di rotazione nom. Nominaal toerental Revoluciones nom.	Laufrad-ø Impeller Dia. Diamètre de roue	ø Girante ø Waaler ø Rodete	 Division Pompes Industrie et Eau KSB S. A. Allée de Sagan - B.P. 189 38004 Châteauroux
Projekt Project Projet	Progetto Projekt Proyecto	Angebots-Nr. Project No. No. de l'offre	Offerta-No. Offertenr. Offerta-No.	Pos.-Nr. Item No. No. de pos.	Pos.-Nr. Positiën. Pos.-Nr.	



Laufradaustrittsbreite/Impeller outlet width/Largeur à la sortie de la roue 22,5 mm
 Luze della girante/Waaler uittredbreedte/Anchura de salida rodete 22,5 mm

Figure VI.3.b : Courbe individuelle de la pompe de type Multitec 150 11

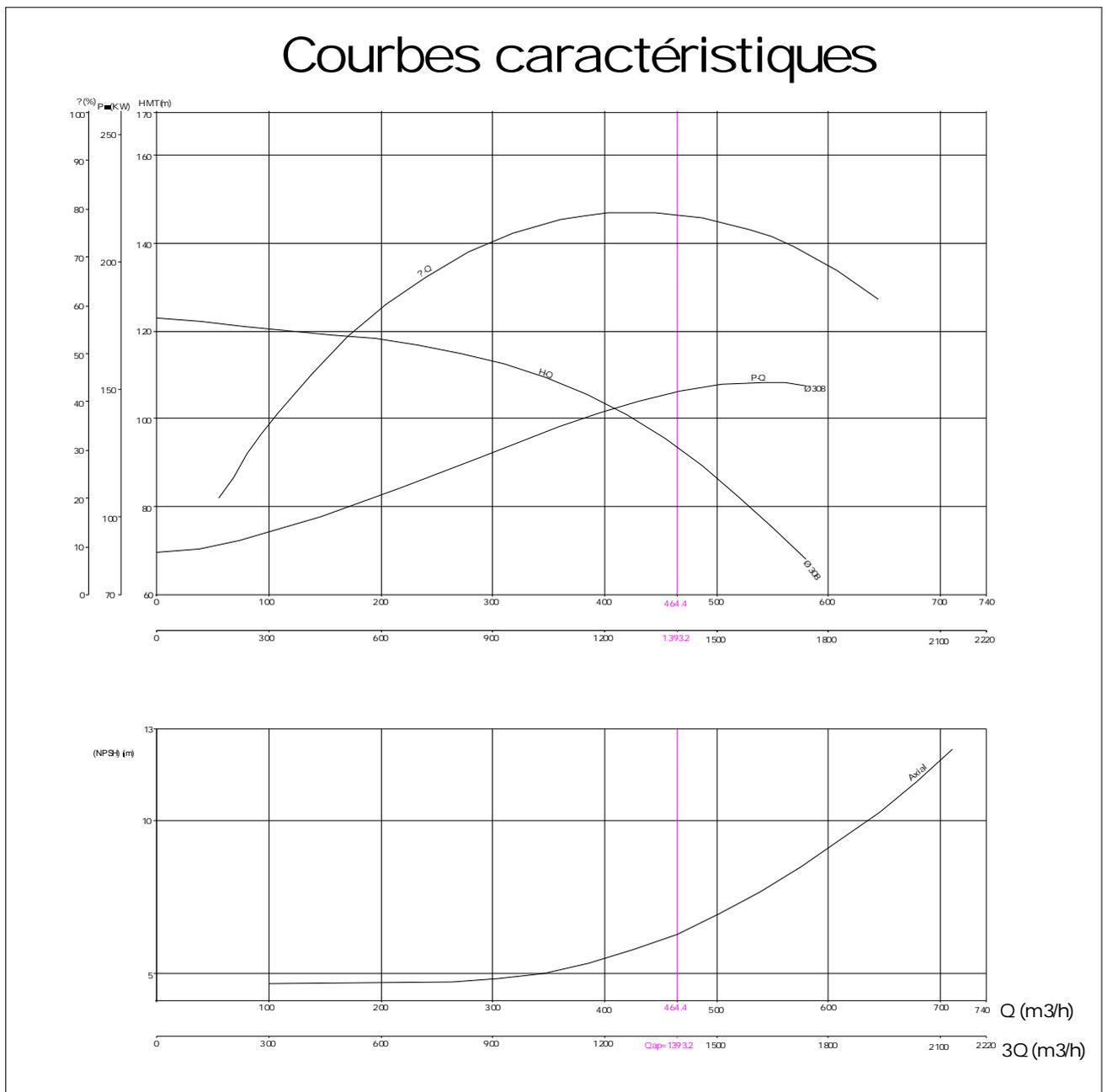


Figure VI.4. : Courbes caractéristiques de la pompe de type Multitec 150 11.

VI.6. Détermination des points de fonctionnement des pompes

Le point de fonctionnement d'une pompe est l'intersection entre la courbe caractéristique de la pompe installée en fonctionnement [H-Q] et la courbe caractéristique de la conduite refoulant 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.

L'adaptation du Ø des roues sera déterminée, à la commande, pour répondre au point de fonctionnement.

Tableau IV.2: Les hydrauliques des types de pompes 125 et 150 sont conçues comme suit :

Type de pompe	Hydraulique étage diffuseur	Hydraulique étage volute
125	9.1	9.1
	9.2	9.1
	10.1	10.1
	10.2	10.1
150	11.1	11.2
	11.2	11.2
	12.1	12.2
	12.2	12.2

▪ Courbe caractéristique de la conduite

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

$$H_c = H_g + A * L_c * Q^2 \quad \text{avec : } L_c = 1,15 * L_{ref}$$

$$H_c = H_g + 1,15 * [A_1 * L_{1ref} + A_2 * L_{2ref}] * Q^2 \quad (VI.1)$$

La valeur de **A** pour les tuyaux en acier est donnée dans le tableau :

H_g : hauteur géométrique

L_c : longueur de la conduite de refoulement

Q : débit à refouler

A : Coefficient de résistance du matériau (Acier)

Tableau VI.3: Coefficient de résistance du matériau (Acier)

Ø(mm)	1000	900	800	700	600	500	400	300
A	0,0017	0,003	0,0055	0,011	0,023	0,058	0,19	0,85

C'est l'équation de la courbe caractéristique du réseau ; et le tableau nous donne les coordonnées des points pour le tracé de la courbe (H_c-Q)

Tableau VI.4.a: Courbe caractéristique (Hc –Q) de la station de pompage de Beni Tamou.

Q		Q		2Q		3Q	
m ³ /h	m ³ /s	ΣΔH (m)	Hc (m)	ΣΔH (m)	Hc (m)	ΣΔH (m)	Hc (m)
0	0,000	0,00	137,44	0,00	137,44	0,00	137,44
50	0,014	0,05	137,49	0,21	137,65	0,47	137,91
100	0,028	0,21	137,65	0,83	138,27	1,86	139,30
150	0,042	0,47	137,91	1,86	139,30	4,19	141,63
200	0,056	0,83	138,27	3,31	140,75	7,46	144,90
250	0,069	1,29	138,73	5,18	142,62	11,65	149,09
300	0,083	1,86	139,30	7,46	144,90	16,78	154,22
350	0,097	2,54	139,98	10,15	147,59	22,84	160,28
400	0,111	3,31	140,75	13,26	150,70	29,83	167,27
450	0,125	4,19	141,63	16,78	154,22	37,75	175,19
500	0,139	5,18	142,62	20,71	158,15	46,61	184,05
550	0,153	6,27	143,71	25,06	162,50	56,40	193,84
600	0,167	7,46	144,90	29,83	167,27	67,12	204,56
650	0,181	8,75	146,19	35,01	172,45	78,77	216,21
700	0,194	10,15	147,59	40,60	178,04	91,35	228,79

$L_r=8488\text{m}$; $L_{1\text{ref}}=7396\text{m}$ pour $\varnothing 600\text{mm}$ et $L_{2\text{ref}}=1092\text{m}$ pour $\varnothing 500\text{mm}$

La courbe caractéristique de la conduite de refoulement et le point de fonctionnement (A) de la pompe sont donnés sur la (figure VI.5.a).

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

$$Q_A = 1863,30 \text{ m}^3/\text{h} > Q_{\text{app}} = 1393,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_A = 211,85 \text{ m} > H_{\text{app}} = 180 \text{ m}$$

Conclusion :

Le débit et la hauteur manométrique correspondant au point de fonctionnement étant respectivement supérieurs au débit et à la hauteur manométrique appelés, une adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement s'impose.

Tableau VI.4.b : Courbe caractéristique (Hc –Q) de la station de pompage de Meremen

Q		Q		2Q		3Q	
m ³ /h	m ³ /s	ΣΔH (m)	Hc (m)	ΣΔH (m)	Hc (m)	ΣΔH (m)	Hc (m)
0	0,000	0,00	174,65	0,00	174,65	0,00	174,65
50	0,014	0,02	174,67	0,08	174,73	0,17	174,82
100	0,028	0,08	174,73	0,31	174,96	0,69	175,34
150	0,042	0,17	174,82	0,69	175,34	1,56	176,21
200	0,056	0,31	174,96	1,23	175,88	2,78	177,43
250	0,069	0,48	175,13	1,93	176,58	4,34	178,99
300	0,083	0,69	175,34	2,78	177,43	6,25	180,90
350	0,097	0,95	175,60	3,78	178,43	8,51	183,16
400	0,111	1,23	175,88	4,94	179,59	11,11	185,76
450	0,125	1,56	176,21	6,25	180,90	14,06	188,71
500	0,139	1,93	176,58	7,71	182,36	17,36	192,01
550	0,153	2,33	176,98	9,34	183,99	21,00	195,65
600	0,167	2,78	177,43	11,11	185,76	25,00	199,65
650	0,181	3,26	177,91	13,04	187,69	29,34	203,99
700	0,194	3,78	178,43	15,12	189,77	34,02	208,67

$L_r=7392\text{m}$; $L_{1\text{ref}}=4747\text{m}$ pour $\varnothing 800\text{mm}$ et $L_{2\text{ref}}=2645\text{m}$ pour $\varnothing 600\text{mm}$

La courbe caractéristique de la conduite de refoulement et le point de fonctionnement (A) de la pompe sont donnés sur la (figure VI.5.b).

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

$$Q_B = 1852,30\text{m}^3/\text{h} > Q_{\text{app}} = 1393,2\text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_B = 203,32\text{ m} > H_{\text{app}} = 190\text{ m}$$

Conclusion :

Le débit et la hauteur manométrique correspondant au point de fonctionnement étant respectivement supérieurs au débit et à la hauteur manométrique appelés, une adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement s'impose.

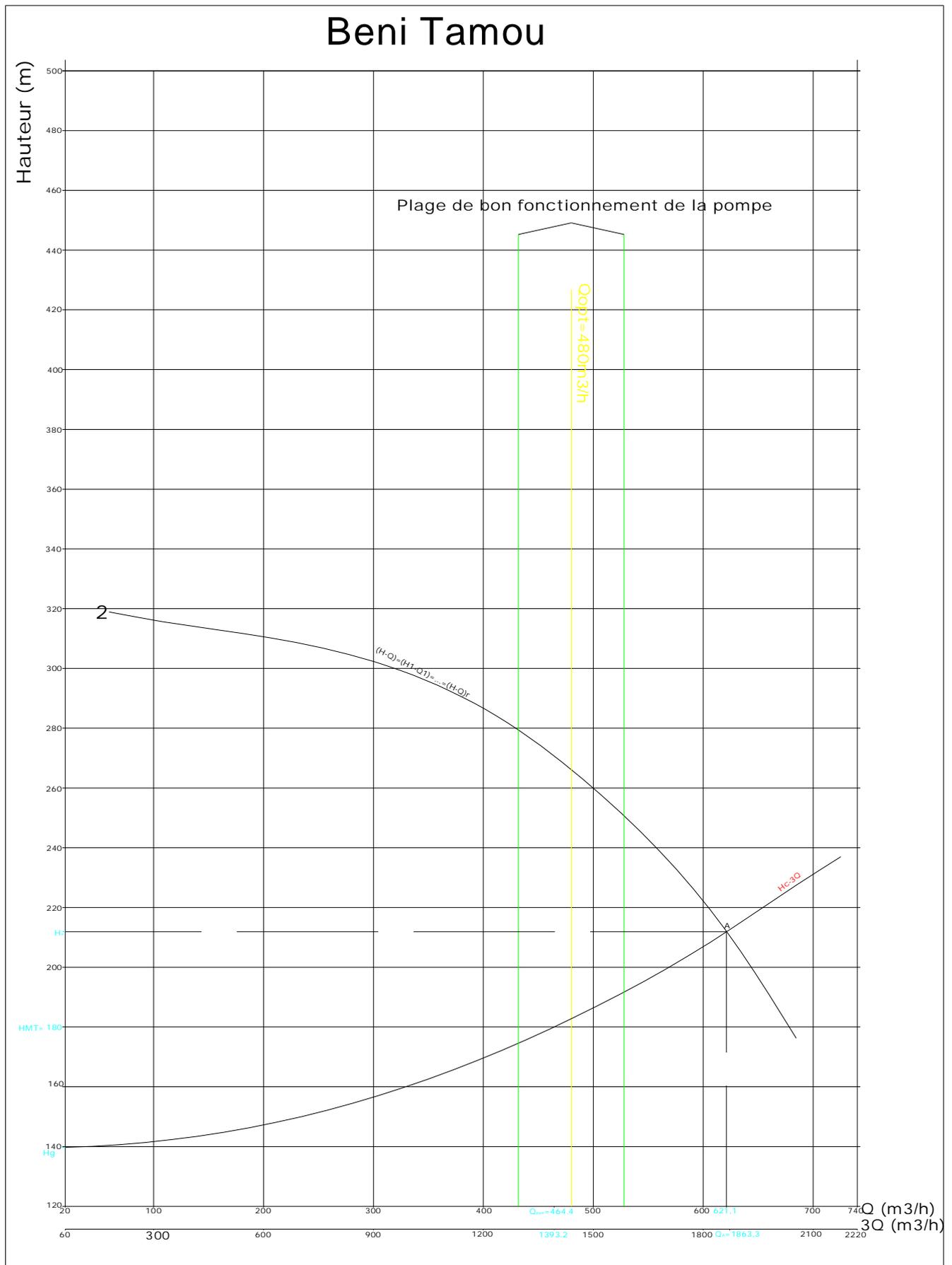


Figure VI.5.a : Point de fonctionnement de la station de pompage de Beni Tamou

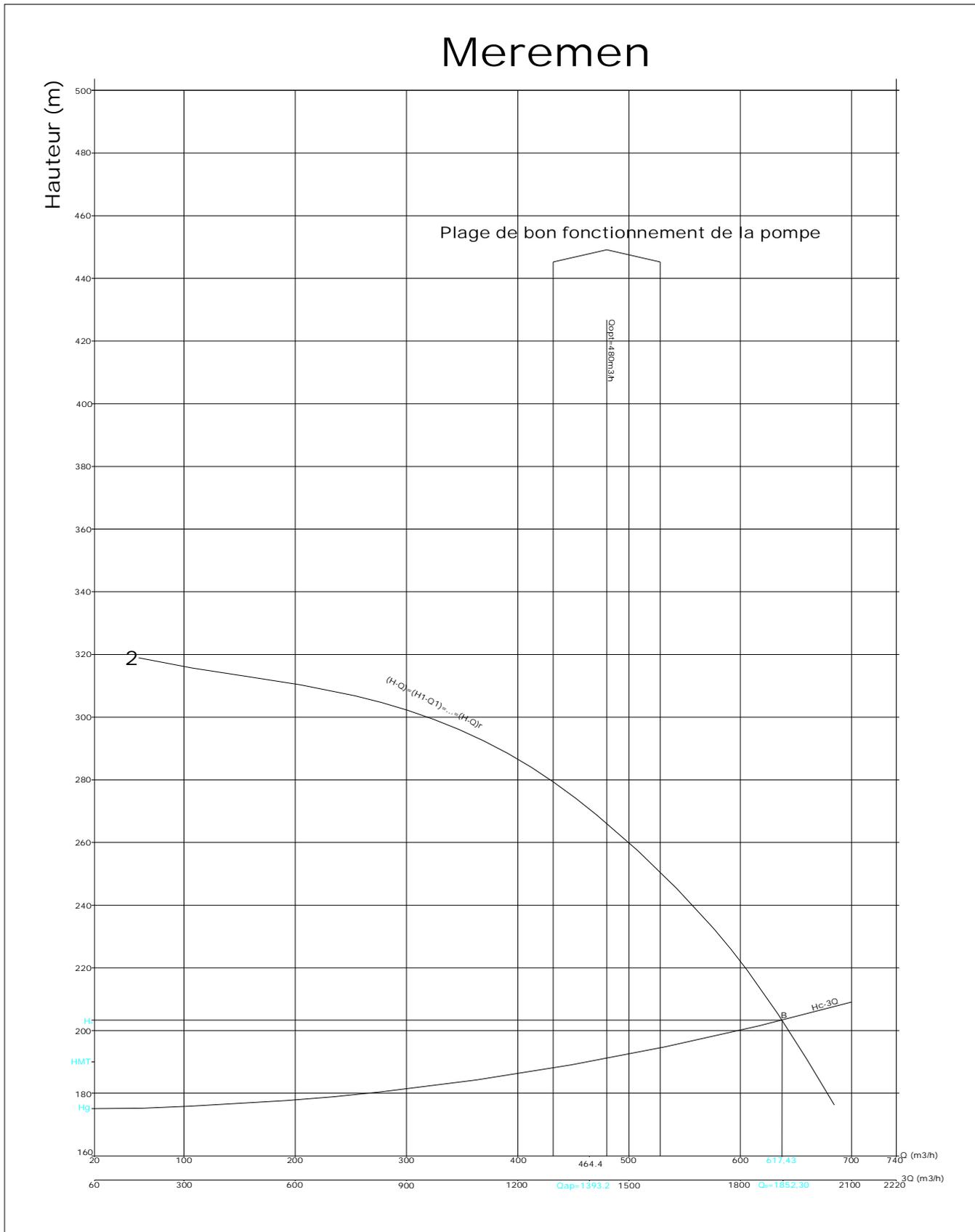


Figure VI.5.b : Point de fonctionnement de la station de pompage de Meremen

V.7. Adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement données

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

A- 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 :

$$\eta_{inst\ ap,van} = \eta_{inst\ av,van} * \frac{H_{app}}{H_{app} + h_v} \quad (VI.2)$$

$\eta_{inst\ ap,van}$: rendement de l'installation après le vannage (%) ;

$\eta_{inst\ av,van}$: 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

$$h_v = H_c' - H_{app} \quad (VI.3)$$

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 :

$$t' = \frac{Q_{app}}{Q_{pf}} * t \quad (VI.4)$$

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.

B- 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.**

Remarque :

On étudie les différents modes de réglage possibles pour opter au mode occasionnant la chute de rendement la plus faible et la puissance absorbée la plus faible.

Dans notre cas, les modes de réglage à étudier sont le vannage, la diminution du temps de pompage et le rognage si le nombre de cellules est inférieur à cinq.

VI.7.1. Station de pompage de Beni Tamou

a) Vannage

- $H_c = 270,75$ m (figure VI.5.a).
- $h_v = 270,75 - 180 \Rightarrow h_v = 90,75$ m.
- $\eta_{inst. av. van} = 78,94\%$ (Tableau VI.1.a).
- $\eta_{inst. ap. van} = 78,94\% \cdot \frac{180}{180 + 90,75} \Rightarrow \eta_{inst. ap. van} = 52,48\%$
- Moyennant la formule III.11 (Chapitre III), on détermine la nouvelle puissance absorbée,

sachant que : $Q = \frac{Q_{app}}{n}$ avec :

n : nombre de pompes en parallèle ;

$$Q = \frac{1393,2}{3} \Rightarrow Q = 464,4 m^3/h. \text{ Ainsi : } P_{abs} = \frac{9,81 \cdot 464,4 \cdot 270,75}{0,5248 \cdot 3600} \Rightarrow P_{abs} = 652,88 \text{ Kw.}$$

b) Diminution du temps de pompage

- Le nouveau temps de pompage sera : $t' = \frac{1393,2}{1863} \cdot 20 \Rightarrow t' = 15$ h
- Le rendement correspondant au débit $Q_A = 1863 m^3/h$ est : **65,35 %** (figure VI.4) ;
 - Moyennant la formule III.11 (Chapitre III), on détermine la nouvelle puissance absorbée, sachant que : $Q = \frac{Q_A}{n}$ avec :

n : nombre de pompes en parallèle ;

$$Q = \frac{1863,30}{3} \Rightarrow Q = 621,1 m^3/h. \text{ Ainsi : } P_{abs} = \frac{9,81 \cdot 621 \cdot 211,85}{0,6535 \cdot 3600} \Rightarrow P_{abs} = 546,77 \text{ KW}$$

Conclusion :

On opte pour le réglage par diminution du temps de pompage car ceci nous donne une puissance absorbée minimale.

VI.7.2. Station de pompage de Meremen

a) Vannage

- $H_c = 270,69$ m (figure VI.5.b).
- $h_v = 270,69 - 190 \Rightarrow h_v = 80,69$ m.
- $\eta_{inst. av. van} = 78,94\%$ (Tableau VI.4).
- $\eta_{inst. ap. van} = 78,94\% \cdot \frac{190}{190 + 80,69} \Rightarrow \eta_{inst. ap. van} = 55,41\%$
- Moyennant la formule III.11 (Chapitre III), on détermine la nouvelle puissance absorbée,

sachant que : $Q = \frac{Q_{app}}{n}$ avec :

n : nombre de pompes en parallèle ;

$$Q = \frac{1393,2}{3} \Rightarrow Q = 464,4 \text{ m}^3 / \text{h}. \text{ Ainsi : } P_{abs} = \frac{9,81 * 464,4 * 270,69}{0,5541 * 3600} \Rightarrow P_{abs} = 618,22 \text{ KW}.$$

b) Diminution du temps de pompage

- Le nouveau temps de pompage sera : $t' = \frac{13932}{185230} * 20 \Rightarrow t' = 15 \text{ h}$
- Le rendement correspondant au débit $Q_B = 1852,30 \text{ m}^3/\text{h}$ est : **62,65 %** (figure VI.4) ;
- Moyennant la formule III.11 (Chapitre III), on détermine la nouvelle puissance absorbée, sachant que : $Q = \frac{Q_B}{n}$ avec :

n : nombre de pompes en parallèle ;

$$Q = \frac{1852,30}{3} \Rightarrow Q = 617,43 \text{ m}^3 / \text{h}. \text{ Ainsi : } P_{abs} = \frac{9,81 * 617,43 * 203,32}{0,6265 * 3600} \Rightarrow P_{abs} = 546,03 \text{ KW}$$

Conclusion

On opte pour le réglage par diminution du temps de pompage car ceci nous donne une puissance absorbée minimale.

VI.8. NPSH (Net Positive Suction Head)

Les pompes Multitec 50 à 150 sont équipées en standard d'une roue d'aspiration (premier étage), tandis que la Multitec est livrée avec une roue normale. Il n'y a pas de dérogations possibles à cette règle.

Les valeurs de $(\text{NPSH})_{3\%}$ indiquées sur les courbes individuelles des caractéristiques sont des valeurs minimales, elles correspondent à la limite de cavitation, elles sont réalisées en pompage d'eau dégazée.

Une marge de sécurité de 10%, mais de 0,5m au moins, est à ajouter pour compenser les tolérances de mesure et dispersions de fabrication.

Cette marge de sécurité est déjà considérée dans le NPSH de la pompe donné par le programme de sélection.

VI.9. Equilibrage du piston

La pompe Multitec est équipée d'un piston d'équilibrage pour la compensation hydraulique de la poussée axiale, la différence de poussée est absorbée par les paliers à roulement. Pour les hauteurs de refoulement inférieures, la poussée axiale est absorbée directement par les paliers à roulement. Dans les versions sans pistons d'équilibrage (donc sans conduite d'équilibrage) nous obtenons une augmentation du rendement.

η = valeur de la courbe caractéristique individuelle x f

Les versions non mentionnées sont toujours fournies avec piston d'équilibrage.

Tableau VI.5 : Tableau des valeurs de f pour les variantes A, B, C, D

	Tr/mn	2900		
Type de pompe	Hydraulique	Nombre d'étage maximal sans piston d'équilibrage	$h_{\max}/Q=0$	f
125	9.1/9.2	-	-	1,009
	10.1/10.2			1,009
150	11.1/11.2	-	-	1,009
	12.1/12.2			1,009

VI.10. Nombre d'étage maximal

Le nombre d'étage maxi est indiqué dans le tableau VI.5. Il tient compte des limites de pression de refoulement maxi, en fonction des variantes de matériaux et des températures de service.

Tableau VI.6 : Variante de construction A, B, C, D

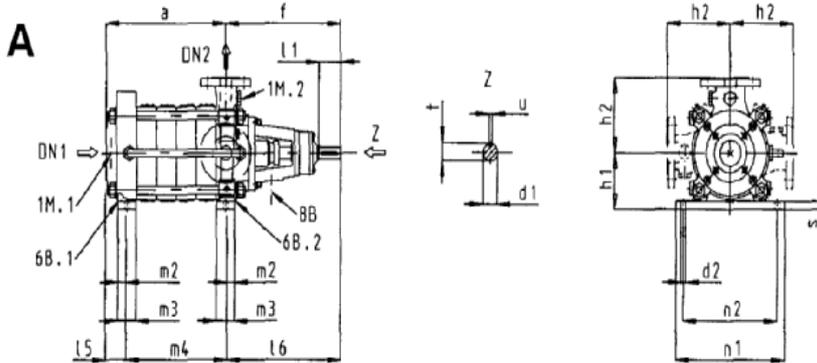
Hydraulique	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1/.2	10.1/.2	11.1/.2	12.1/.2
2900tr/mn	14	15	15	11	10	7	7	5	5	3	3
1450tr/mn	14	15	15	11	11	11	11	8	8	6	6

Encombrement de la pompe



Multitec

Multitec A, B, C, D



Anschlüsse / Connections / Raccords / Attacchi / Aansluitingen / Conexiones

	G = ISO 228/1 Rp = ISO 7/1	Multitec A						Multitec B, C, D					
		32	50	65	100	125	150	32	50	65	100	125	150
1M.1	G	-	-	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
1M.2	G	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
6B.1	G	-	-	1/4	1/2	1/2	1/2	1/4	1/4	1/2	1/2	1/2	1
6B.2	G	1/4	1/4	1/2	1/2	1/2	1/2	1/4	1/4	1/2	1/2	1/2	1/2
8B	Rp	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8

Multitec A,B,C,D	1)	2)	DN ₁		a	d ₁ k7	d ₂	e	f	f ₁	h ₁	h ₂	l	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	m ₂	m ₃	m ₄	n ₁	n ₂	s		
			axial	radial																							
125	2	10	200	150	125	393	50	26	292	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	306	320	250	30	
		11	200	150	125	505	50	26	404	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	418	320	250	30	
		12	200	150	125	617	50	26	516	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	530	320	250	30	
		13	200	150	125	729	50	26	628	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	642	320	250	30	
		3	20	200	150	125	841	50	26	740	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	754	320	250	30
			21	200	150	125	953	50	26	852	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	866	320	250	30
			22	200	150	125	1065	50	26	964	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	978	320	250	30
			23	200	150	125	393	50	30	292	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	255	605	561	50
	24		200	150	125	505	50	30	404	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	367	605	561	50	
	25		200	150	125	617	50	30	516	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	479	605	561	50	
	26		200	150	125	729	50	30	628	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	591	605	561	50	
	27		200	150	125	841	50	30	740	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	703	605	561	50	
	150	28	200	150	125	953	50	30	852	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	815	605	561	50	
		29	200	150	125	1065	50	30	964	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	927	605	561	50	
		2	20	250	200	150	452	60	34	338	594	578	350	400	22	140	426	411	600	137	567	30	104	342	350	265	30
			21	250	200	150	584	60	34	470	594	578	350	400	22	140	426	411	600	137	567	30	104	474	350	265	30
			22	250	200	150	716	60	34	602	594	578	350	400	22	140	426	411	600	137	567	30	104	606	350	265	30
			23	250	200	150	848	60	34	734	594	578	350	400	22	140	426	411	600	137	567	30	104	738	350	265	30
			24	250	200	150	980	60	34	866	594	578	350	400	22	140	426	411	600	137	567	30	104	870	350	265	30
			25	250	200	150	452	60	36	338	594	578	350	400	46	140	426	411	624	161	591	50	100	294	735	679	50
	3	26	250	200	150	584	60	36	470	594	578	350	400	46	140	426	411	624	161	591	50	100	426	735	679	50	
		27	250	200	150	716	60	36	602	594	578	350	400	46	140	426	411	624	161	591	50	100	558	735	679	50	
		28	250	200	150	848	60	36	734	594	578	350	400	46	140	426	411	624	161	591	50	100	690	735	679	50	
		29	250	200	150	980	60	36	866	594	578	350	400	46	140	426	411	624	161	591	50	100	822	735	679	50	

1) Nombre d'étages

2) Code de matériaux

*) Pour exécution avec brides ANSI il faudra toujours ajouter 15 mm aux cotes "a" et "l₅" pour les variantes de matériau 20/21/22/23/25/26/30.

Figure VI.6 : Encombrements des pompes Multitec de variante A

VI.11. Choix du moteur électrique

VI.11.1. Critères de choix du moteur électrique

Les critères de choix du moteur électrique sont :

- Puissance absorbée minimale ;
- Position de l'arbre de transmission horizontale ou verticale ;
- Tension d'alimentation fonction de la puissance du moteur et de l'investissement (220-380-500) Volts

On choisit les moteurs adéquats à partir du catalogue du constructeur "LEROY SOMER" et cela en fonction de la puissance fournie par ce dernier et de sa vitesse de rotation.

VI.11.2. Vitesse de rotation du moteur

La vitesse de rotation du moteur est donnée comme suit :

$$N_m = N_p \pm 200 \text{ tr/mn} \quad (\text{VI.5})$$

Où:

N_m : vitesse de rotation du moteur (tr/mn) ;

N_p : vitesse de rotation de la pompe (tr/mn), $N_{\text{mot}} = 3100 \text{ tr/min}$ ou $N_{\text{mot}} = 2700 \text{ tr/mn}$

VI.11.3. Puissance fournie par le moteur

La puissance qui devra être fournie par le moteur est calculée par la formule suivante :

$$P_m = \frac{\varpi * Q_{\text{app}} * HMT * K}{\eta_p * \eta_{\text{acc}} * \eta_m} \quad (\text{VI.6})$$

Où : P_m : puissance du moteur (watt) ;

ϖ : Poids volumique de l'eau, $\varpi = 9810 \text{ N/m}^3$;

Q_{app} : débit refoulé par une pompe (m^3)

HMT : hauteur manométrique totale (m)

η_p : rendement de la pompe (%)

η_{acc} : rendement de l'accouplement, $\eta_{\text{acc}} = 0,93$;

η_m : rendement du moteur, $\eta_m = (12 \div 95) \%$,

On prend : $\eta_m = 90 \%$.

K : coefficient de correction, il fonction de la puissance de la pompe ;

Tableau VI.7: Coefficient de correction en fonction de la puissance

P_{abs} (Kw)	1-2	2-10	10-50	50-100	100-200	>200
K	2	2 -1,3	1,3 - 1,2	1,2 - 1,1	1,1 - 1,05	1,05

❖ Station de pompage de Beni Tamou

a-) Calcul de la puissance du moteur

$$P = \frac{9810 * 0,129 * 180}{0,7894 * 0,90 * 0,93} = 344753,47 \text{ W}$$

$$P_m = K * P = 1,05 * 344753,47 = 361991,14 \text{ W} = 362 \text{ Kw}$$

$$P_m \approx 360 \text{ Kw}$$

b-) Type et caractéristiques du moteur

Connaissant la vitesse de rotation et la puissance du moteur, on tire le type du moteur et ses caractéristiques à partir du catalogue des moteurs asynchrones triphasés **LEROY SOMER** (figure VI.7).

On note les caractéristiques du moteur électrique dans le tableau VI.7.a.

Tableau VI.7.a : Type et caractéristiques des moteurs de la station de Beni Tamou

Type du moteur	f (Hz)	P _m (KW)	N _m (tr/min)	η _m (%)	Cos φ	Masse (Kg)
LSPCB315L2	50	360	2961	94,3	0,88	1253

❖ **Station de pompage de Meremen**

a-) Calcul de la puissance du moteur

$$P = \frac{9810 \cdot 0,129 \cdot 190}{0,7894 \cdot 0,90 \cdot 0,93} = 363906,44 \text{ W}$$

$$P_m = K \cdot P = 1,05 \cdot 363906,44 = 382101,76 \text{ W} = 382 \text{ Kw}$$

$$P_m \approx 400 \text{ KW}$$

b-) Type et caractéristiques du moteur

Connaissant la vitesse de rotation et la puissance du moteur, on tire le type du moteur et ses caractéristiques à partir du catalogue des moteurs asynchrones triphasés **LEROY SOMER** (figure VI.7).

On note les caractéristiques du moteur électrique dans le tableau VI.7.b

Tableau VI.7.b : Type et caractéristiques des moteurs de la station de Meremen

Type du moteur	f (Hz)	P _m (KW)	N _m (tr/min)	η _m (%)	Cos φ	Masse (Kg)
LSPCB315L2	50	400	2962	94,8	0,88	1322

Moteurs triphasés 50 Hz Rotor en court-circuit CAG			Construction PROTÉGÉE IP 23 S Types PLS - LSP - LSPCB Isolation classe B												
Puissance kW	Cn mN	Type	Intensité absorbée				Caractéristiques en charge						Vitesse MD ² *		Masse approx. B3 kg
			In 380 V	Id In	Cd/ Cn	Cm/ Cn	Rendement%			Cos. φ			tr/mn	kg.m ²	
			A	A			1/2	3/4	4/4	1/2	3/4	4/4			
3000 tr/mn (moteurs 2 pôles)															
11	15	PLS 160 MT	23,5	4,89	2,3	2	80	83,5	84,5	0,77	0,81	0,84	2850	0,098	60
15	20	PLS 160 MT	31,5	4,92	2,4	2,1	81	84	85	0,78	0,82	0,85	2850	0,123	68
18,5	25	PLS 160 L	36	6,28	2,4	2,2	83,5	87	87,5	0,80	0,86	0,89	2915	0,177	92
22	30	PLS 160 L	43	6,60	2,4	2,5	87	88,5	88,5	0,78	0,85	0,88	2925	0,203	100
30	40	PLS 180 MT	58	6,21	2,6	2,4	89	89,5	90	0,80	0,85	0,87	2905	0,296	135
37	50	PLS 180 L	69,3	5,84	2,1	2,5	89	90	90	0,81	0,87	0,90	2920	0,42	155
45	60	PLS 200 MT	83,5	5,45	2,1	2,2	88	90	90	0,80	0,86	0,90	2925	0,493	200
55	75	PLS 200 L	101,5	5,62	1,9	2,3	89	91	91,5	0,85	0,88	0,90	2935	0,730	225
75	100	PLS 225 MT	142	5,99	2	2,4	90,5	92	91,5	0,78	0,84	0,88	2935	0,964	270
90	125	PLS 250 S	182	5,20	2,1	2,2	89	91,5	90	0,75	0,83	0,85	2930	2,74	390
110	150	PLS 250 M	210	5,50	2,4	2	90,5	92,5	91	0,76	0,85	0,87	2930	3,24	430
132	180	PLS 280 M	231	6,15	2,2	2,3	92,5	93,5	94	0,89	0,91	0,92	2950	5,65	600
160	220	PLS 315 S	281	6,76	2,4	2,3	92	93,5	94	0,85	0,89	0,92	2960	7	690
200	270	LSP 315 M	354	8,39	3	3	93	94	94,5	0,83	0,87	0,88	2970	9,5	870
250	340	LSP 315 L	442	8,78	2,9	2,4	94	95	95	0,83	0,87	0,88	2970	11,5	965
280	380	LSPCB315LP2	503	5,8	1,1	2,2	93,6	94,1	94	0,88	0,90	0,90	2955	9,68	1139
315	430	LSPCB315LRQ2	556	6,2	1,2	2,4	94	94,6	94,6	0,88	0,91	0,91	2959	10,52	1192
355	480	LSPCB315LR2	626	6,3	1,2	2,5	94,3	94,8	94,7	0,88	0,91	0,91	2961	11,44	1253
400	545	LSPCB315L2	701	6,8	1,3	2,6	94,8	95,2	95,2	0,88	0,91	0,91	2962	12,48	1322
450	610	LSPCB355M	781	6,30	1,3	2,3	94,6	95,1	94,9	0,88	0,91	0,92	2958	16,3	1570
500	680	LSPCB355LR	862	7,30	1,6	2,5	94,9	95,6	95,5	0,88	0,91	0,92	2963	18,3	1680
560	760	LSPCB355L	966	7	1,6	2,4	95	95,6	95,5	0,88	0,91	0,92	2963	19,9	1750

Pour les puissances non indiquées et supérieures, nous consulter.
 Pour toute autre tension que 380 V, veuillez vous reporter au paragraphe I.1 Nature du courant.
 Les valeurs de rendement et de cos. φ à 1/2 de charge sont approximatives.

*J (moment d'inertie) = $\frac{MD^2}{4}$

Couple nominal en mètre Newton (mN) = $9550 \times \frac{P \text{ kW}}{N \text{ tr/mn en charge}}$

Figure VI.7: Caractéristiques des moteurs asynchrones triphasés à deux (2) pôles.

VI.11.4. Encombrement des moteurs

Il importe de connaître les dimensions et l'encombrement des moteurs, cela nous aidera à déterminer les dimensions du bâtiment de la station qui les abritera.

Les dimensions du bout d'arbre principal (Tableau VI.8.a) et les dimensions principales de chaque moteur (Tableau VI.8.b) de l'ensemble des stations de pompage sont tiré de la planche d'encombrement des moteurs asynchrones triphasés à 2 pôles (figure VI.8.).

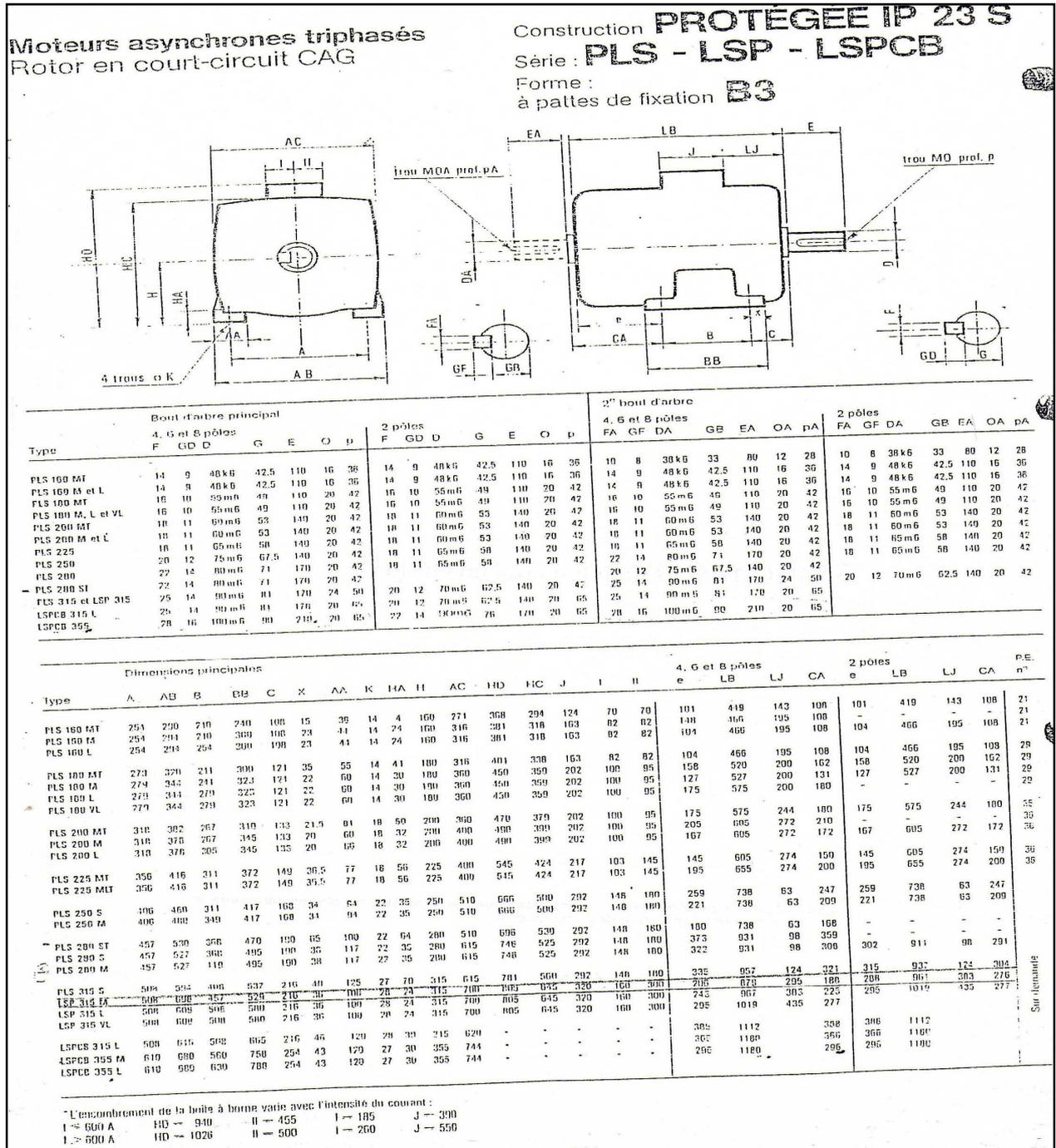


Figure VI.8 : Fiche d'encombrement de moteurs asynchrones triphasés

Tableau VI.8.a : Dimensions du bout d'arbre principal

Station de pompage	Type	2 pôles						
		F	GD	D	G	E	O	p
Beni Tamou	LSPCB315L2	25	14	90m6	81	170	20	65
Meremen	LSPCB315L2	25	14	90m6	81	170	20	65

Tableau VI.8.b : Dimensions principales du moteur

Station	Type	2 pôles												
		A	AB	B	BB	C	X	AA	K	HA	H	AC	e	LB
B.Tamou	LSPCB315L2	508	615	508	665	216	46	120	28	39	315	620	386	1112
Meremen	LSPCB315L2	508	615	508	665	216	46	120	28	39	315	620	386	1112

VI.12. Dimensions des bâtiments des deux stations de pompage

Vu l'égalité du nombre de groupes électropompes au niveau de toutes les deux stations de pompage et du moment que leurs longueurs et leurs largeurs sont près que les mêmes, les dimensions des bâtiments des stations de pompage seront elles aussi égales en longueur et de largeur différente.

Pour plus de détails sur les dimensions des différentes parties des deux bâtiments d'exploitation (consulter les planches : Vues en plan et coupes)

VI.13. Emplacement des groupes motopompes, scellement et alignement, raccordement des canalisations

Les pompes doivent être placées le plus près possible du collecteur d'aspiration collective pour réduire la longueur des canalisations d'aspiration. Les groupes motopompes seront scellés sur des massifs de maçonnerie construits selon les règles de l'art et dont le niveau supérieur sera légèrement plus élevé que le sol du local.

Si le groupe est fourni monté sur un socle commun au moteur et à la pompe, il n'y a pas de difficulté spéciale à sceller ce socle sur le massif dans lequel ont été réservés les trous de scellement nécessaires.

Si la pompe et le moteur sont livrés séparément, il faut apporter le plus grand soin au scellement de ces deux machines sur le massif afin d'obtenir un alignement parfait des axes dans le cas très fréquent où la pompe est accouplée directement au moteur.

Si on craint des vibrations (cas de très grosses machines) on utilisera les dispositifs classiques en pareil cas (massif de scellement indépendant isolé du reste des fondations, montage du groupe sur chevilles caoutchouc, etc.).

Les canalisations d'aspiration et de refoulement ne devront absolument pas exercer d'efforts sur les brides de la pompe.

VI.14. Essais des pompes centrifuges

Selon les cas, on peut avoir à effectuer des essais complets et précis qui nécessitent une installation spéciale (plate-forme d'essais, laboratoire) ; de tels essais peuvent être prescrits par les cahiers de charges sous le terme « essais ou réceptions en usine »

Ou bien les essais seront exécutés sur l'installation de pompage complètement terminée ; ces essais de réception des travaux portent sur l'ensemble de l'installation tant au point de vue mécanique qu'électrique ou hydraulique.

VI.15. Choix d'une pompe centrifuge

La solution de ce problème qui se pose fréquemment à l'Ingénieur-projeteur résulte de l'analyse des choix où ont été étudiées les diverses caractéristiques des pompes et leurs propriétés.

Les différentes contraintes qui doivent être prises en considération pour orienter le choix de type de pompe à adopter de l'examen des diverses conditions à satisfaire :

VI.15.1 Conditions hydrauliques

Les hauteurs manométriques d'aspiration et de refoulement, le débit à assurer sont reportés sur les courbes caractéristiques des diverses pompes possibles.

Les considérations développées permettent de choisir le type de pompe convenable, eu égard aux conditions d'aspiration (NPSH) et aux possibilités de variations des conditions de pompage. L'accent a été porté sur l'intérêt qui s'attache à choisir une machine bien adaptée aux conditions du problème à résoudre, c'est-à-dire susceptible de fonctionner dans la zone de son rendement maximal, conduisant au cout le plus faible du mètre cube élevé.

VI.15.2 Conditions mécaniques

Les valeurs de la vitesse de rotation, du couple, de la puissance absorbée et du rendement sont à prendre en considération pour choisir le type du moteur d'entraînement de la pompe. Notons que ce problème ne se pose que dans le cas d'une pompe fournie indépendamment de son moteur. Généralement l'ensemble du groupe motopompe est livré par le constructeur qui a procédé aux adaptations nécessaires.

VI.15.3 Conditions d'installation et d'entretien

Elles sont fort importantes et ne doivent pas être négligées. Les conditions d'aspiration (NPSH) et d'amorçage, l'encombrement du groupe (lié généralement à la direction de l'axe : horizontale ou (verticale) doivent intervenir pour orienter le choix sur tel ou tel type de pompe.

Les qualités physico-chimiques de l'eau pompée (température, P^H , degré hydrotimétrique, matières en suspension, sels dissous, etc.) ont une importance considérable sur le choix des matériaux constitutifs de la pompe pour éviter ou réduire les risques de corrosion.

Enfin, les facilités d'entretien doivent également être prises en compte pour arrêter le choix.

VI.16. Les économies d'énergie

VI.16.1. Les idées maîtresses pour la recherche des économies d'énergie

Il semble nécessaire de rappeler tout d'abord quelques règles, certes élémentaires et de bon sens, mais dont malheureusement le non-respect entraîne inéluctablement des gaspillages d'énergie.

a- Le rendement des machines

Chaque pompe doit fonctionner au meilleur rendement possible, et ce rendement doit être maintenu dans une plage étroite durant tout son cycle de fonctionnement.

Les dispositifs d'entraînements ne doivent pas être l'origine de perte de puissance. Il faudra donc préférer l'utilisation d'entraînements directs plutôt que des systèmes indirects : réducteurs, coupleurs, courroies,...

Les moteurs d'entraînements doivent être correctement dimensionnés pour la puissance demandée, puissance qui peut varier au cours du cycle de fonctionnement.

Un léger surdimensionnement est un gage de sécurité et de longévité pour le matériel, mais au-delà d'une dizaine pourcents il ya lieu d'examiner le problème.

Il est rappelé à ce sujet que les moteurs asynchrones à cage les plus usités, ont leur meilleur rendement absolu et d'autre part ce rendement se maintient quasi constant dans une large plage pouvant aller de la dei-charge à la pleine charge.

b- Le temps de fonctionnement des équipements

Avoir des machines dont le rendement est maximal est une condition nécessaire ; encore faut-il en limiter au strict minimum le temps de marche. Ceci est évident pour les pompes, encore faut-il s'assurer, en marche automatique, que les critères de mise en route d'arrêt ont été choisis judicieusement, et que les capteurs donnant les ordres de fonctionnement les respectent.

De même pour l'éclairage, il est judicieux de créer des circuits distincts pour l'éclairage de veille, de ronde, de travail, et des éclairages d'appoints pour le service d'entretien.

Les circuits peuvent dans la plupart des cas, être pourvus de dispositifs d'extinction automatique (minuterie avec signal préventif de coupure). Il est intéressant aussi de remplacer les lampes à incandescence par des tubes fluorescents.

c- L'alimentation électrique

Les câbles d'alimentation électrique doivent être dimensionnés conformément aux règles de l'art de bien sûr mais aussi pour limiter les pertes par effet joule en tenant compte de la puissance appelée, du cycle de fonctionnement et de la température ambiante.

Pour les transformateurs il faut éviter les marches à vide ou à faible puissance. Cela conduit à fractionner les appareils et à arrêter les transformateurs non utilisés durant une partie du cycle de fonctionnement.

Le $\cos\phi$ doit être maintenu à la valeur de référence 0,87 quelles que soient les phases de processus .Des batteries de condensateurs permettent d'aboutir à ce résultat. Dans certains cas particuliers, il peut être intéressant de faire appel à des moteurs asynchrones.

d- Le bilan de l'énergie

L'établissement d'un bilan énergie permettra de réfléchir aux actions à entreprendre.

Il consiste essentiellement à mesurer pour chaque station de pompage et pour chaque groupe électropompe, un certain nombre de valeurs permettant d'établir des ratios, soit les mesures suivantes :

- Volume pompé
- Energie consommée
- Temps de fonctionnement
- Hauteur manométrique totale

Pour calculer les ratios principaux

Energie /Volume ; Volume/(Volume x HMT) ; Rendement

L'examen minutieux de ce bilan permettra de déceler les points sur lesquels des gains importants peuvent être faits, que ce soit une machine dont le rendement peut être

sensiblement amélioré en la remplaçant par une machine moderne ou une restructuration de tout ou partie de l'installation.

VI.16.2. Conception des stations de pompage

Les développements spectaculaires de l'informatique ont permis la mise au point de technique d'études très puissantes avec lesquelles il est possible de simuler de très nombreuses hypothèses d'équipements et de fonctionnement pour connaître très vite les résultats d'exploitation qui en découlent et notamment la consommation énergétique .

Des programmes de calculs sophistiqués sont maintenant au point et permettent de tenir compte de très nombreux paramètres :

- La puissance souscrite
- Tarification retenue
- Nombre de démarrage des pompes
- Consommation des abonnés
- Pertes de charges dans le réseau
- Niveau des réservoirs d'aspiration
- Niveau de réservoirs de refoulement
- Stock de sécurité aspiration
- Stock de sécurité de refoulement
- Temps de marche des pompes etc.

Les résultats relatifs à l'énergie peuvent être exprimés directement en énergie spécifique (Wh/m^3) ou en coût (DA/m^3).

Le concepteur d'une station de pompage peut ainsi tester divers types de pompes, divers modes de gestion ou à contrario déterminer les caractéristiques des pompes à installer en fonction de résultats qui s'est préalablement fixé pour d'autres paramètres.

Muni des caractéristiques à obtenir, il est possible de faire appel aux constructeurs pour choisir définitivement le matériel.

En dehors des règles générales exposées plus , nous voudrions préciser quelques points particuliers relatifs aux pompes , à la variation de vitesse et aux automatismes.

a) Les pompes

Les moyens informatiques maintenant à la disposition des concepteurs permettent de réaliser des études très précises pour déterminer le rendement moyen annuel à partir d'un histogramme annuel des hauteurs ou des débits établi heure par heure.

On peut ainsi comparer très rapidement les résultats que l'on obtiendra avec différentes pompes ou combinaison de pompes.

Il est cependant nécessaire de rappeler quelques points importants et quelques écueils à éviter.

Les constructeurs ont réalisé ces dernières années par des études poussées, grâce aux moyens informatiques, des progrès sensibles dans les rendements des pompes : 2 à 3% d'amélioration ont ainsi pu être grâce à de meilleurs tracés hydrauliques. De même le meilleur rendement peut être maintenu dans une plage de débit non négligeable ; on obtient ainsi une courbe de rendement plus plate.

Le concepteur ne doit pas oublier l'effet d'échelle qui permet de gagner plusieurs points de rendement lorsque l'on augmente la taille des pompes.

Enfin, il peut paraître inutile de rappeler l'influence néfaste sur le rendement du rognage des roues.

b) Variation de vitesse

Voilà bien un domaine relativement nouveau dans le pompage de l'eau potable. Certes un certain nombre d'installations ont été réalisées dans le passé mais en général, le but principal recherché n'était pas l'économie d'énergie mais la nécessité de s'adapter à des conditions hydrauliques impossibles avec des machines à vitesse fixe.

Les progrès de l'électronique industrielle ont permis depuis presque dix ans la mise au point de variateurs électroniques qui sont maintenant fabriqués en série et qui donnent aux utilisateurs non seulement une fiabilité tout à fait acceptable mais surtout un rendement bien supérieur à celui des variateurs jusque là utilisés (variateurs mécaniques, hydrauliques ou même électromagnétiques)

La vitesse variable permet de maintenir à tous les instants de fonctionnement de la pompe le rendement maximal il est en effet toujours possible, en augmentant ou en diminuant la vitesse de faire en sorte que le point de fonctionnement se trouve sur la courbe d'équiperement maximum. Il découle de ces propriétés que le rendement moyen annuel d'une telle pompe est quasiment égal au rendement maximal. Il faut enfin prendre soin d'équiper la pompe de la roue maximale afin d'éviter toute perte due au rognage.

Nous insistons cependant sur le fait qu'il ne faut jamais considérer la vitesse variable comme la panacée pour obtenir des économies d'énergie. Il suffit pour s'en convaincre de se rappeler que l'introduction d'un très bon système de variation de vitesse dans le dispositif d'entraînement d'une pompe fait chuter le rendement global du groupe de 1,5 à 2% puisque le rendement maximal des systèmes de variation de vitesse avoisine au mieux 98-98,5%.

Ce n'est donc qu'après une étude complète et approfondie des conditions à remplir que l'on jugera de la nécessité et l'intérêt de son emploi. Le calcul du rendement moyen annuel avec la technologie à vitesse variable est plus complexe et il est souhaitable de confier la réalisation d'une telle installation à un responsable unique pour l'ensemble pompe, moteur, variateur.

VI.16.3. Les automatismes

Les automatismes des stations de pompage étaient jusqu'alors réalisés grâce à des logiques à relais : relais électromagnétiques traditionnels puis logique statique.

Depuis quelques années, les Automates Programmables industriels ont fait leur entrée dans les stations de pompage.

Ils effectuent très simplement toutes sécurités et séquences de fonctionnement.

Cependant, leur puissance de calcul permet :

- D'effectuer directement et en continu les calculs des ratios de fonctionnement : énergie spécifique rendement et de prévenir immédiatement de toute dérive importante.
- De réaliser des automatismes plus poussés autorisant d'aller plus loin dans l'optimisation de la gestion

C'est ainsi que l'on peut écrire, d'une manière simple des programmes permettant d'éviter tout dépassement de puissance souscrite au contrat d'alimentation en énergie électrique dans le but d'éliminer les pénalités.

Mais il est aussi possible de composer des programmes d'automatismes donnant un fonctionnement plus optimisé qu'une simple marche sur 1 2 ou même 3 tranches de niveau . L'automate programmable est capable de surveiller le tirage et compte tenu du contrat d'alimentation en énergie électrique souscrit, d'ajuster la marche de la station de pompage au moindre coût.

Conclusion :

Vu la variation de la hauteur manométrique appelée et du débit demandé, les groupes électropompes des deux stations de pompage ont des caractéristiques hydro-électriques différentes.

Les pompes centrifuges de marque **KSB**, de type Multitec et de variante **A** (aspiration axiale et refoulement radial), sont multicellulaires à axe horizontal.

Ces pompes seront entraînées par des moteurs asynchrones triphasés avec un rotor en court-circuit **CAG** du constructeur **LEROY SOMER**, Il faut aussi signaler que les valeurs de NPSH mentionnées sont des valeurs de mesure qui correspondent à la limite de cavitation ; elles sont valables pour l'eau froide dégazée. Pour compenser les tolérances de mesure et les dispersions dues à la fabrication une marge de sécurité de 10%, mais de 0,5m au moins, doit être prise en considération.

La hauteur manométrique totale et les performances pour les fluides d'une densité de $1,0\text{kg/dm}^3$ et une viscosité de ν allant jusqu'à $20\text{mm}^2/\text{s}$.

L'étude sur les courbes caractéristiques, il résulte qu'en définitive, il n'existe aucune forme de courbe caractéristique qui sert à conseiller à priori. Selon les conditions particulières, du problème à résoudre, le choix de l'ingénieur se portera sur telle ou telle forme de courbe caractéristique de la pompe choisie doit éviter toute surcharge du moteur et toute instabilité de fonctionnement.

Ajoutons enfin, que le choix de la forme de la courbe caractéristique doit être guidé dans le souci d'éviter tout gaspillage d'énergie c'est à dire qu'on devra s'efforcer d'utiliser la machine dans la zone de fonctionnement maximal.

Chapitre VII :

Protection et sécurité de travail dans les stations de pompage

VII.1. L'hygiène et sécurité dans les stations de pompage

Les maîtres d'ouvrages entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle sont tenus de se conformer à des règles édictées en fait de satisfaire aux dispositions législatives et réglementaires prévues dans l'intérêt de l'hygiène et la sécurité.

Ainsi le législateur oblige celui qui construit une station de pompage d'eau potable à concevoir des ouvrages permettant au personnel d'effectuer en toute sécurité les opérations d'exploitation et d'entretien. D'ailleurs, une bonne conception de ce point de vue évitera souvent de devoir engager par la suite des frais importants de "mise en conformité" ou de modifications.

Cela n'évitera pas cependant de prévoir certaines dispositions et consignes d'exploitation qui permettront d'utiliser dans les meilleures conditions les ouvrages réalisés.

VII.2. Les risques à considérer lors de la conception des ouvrages

Avant tout chose, les installations doivent être dans un endroit clos ou clôturé dont l'accès sera formellement et explicitement interdit aux personnes étrangères au service.

La chute est une cause très fréquente d'accident de travail, le constructeur doit donc chercher à réduire ce risque : sol antidérapant, rambardes, gardes corps, mains courantes, installation des regards en dehors des zones de circulation, signalisation des obstacles ...

Sur le plan de l'hygiène la nature de revêtement doit être d'un entretien facile tant dans les stations de pompage d'eau potable que d'eau usée. L'évacuation des eaux de nettoyage des murs et des sols doit être prévue pour des lavages au jet, plus commode et plus l'hygiénique que les nettoyages à l'aire de serpillière.

A proximité des cuves et bassins il est souhaitable de prévoir des joints d'ancrage pour les longes des harnais de sécurité ainsi que des panneaux de recommandation si ces ouvrages risquent de contenir des liquides ou gaz dangereux.

Les problèmes de bruit ne sont pas toujours complètement éliminés pour les salariés qui doivent pénétrer à l'intérieur du bâtiment ; certaines dispositions constructives permettant pourtant de limiter leurs effets.

Le personnel chargé de l'entretien doit prévoir travailler sans faire d'acrobatie et en toute sécurité, il doit donc pouvoir atteindre facilement tous les points de contrôle et de réglage, tels que les compteurs, les graisseurs, les vannes, les capteurs de niveau etc.

VII.3. Les risques provenant des matériels et machines

VII.3.1. Installation électrique

La réglementation en matière de prévention du risque électrique est abondante.

Cependant une bonne conception des ouvrages contribue à la prévention des accidents d'origine électrique.

Si les interventions sur les pompes doivent se faire à l'aide de grues auto – tractées, Il est déconseillé d'installer cette station à proximité de lignes électriques aériennes.

Quand cela est possible, il est conseillé de prévoir un arrêt de la ligne à quelques dizaines de mètres de l'ouvrage et de réaliser une alimentation souterraine.

Quand la station a une certaine importance, on prévoira un éclairage de secours (batteries, groupes électrogènes, onduleurs...). Dans les endroits humides, à proximité d'enceintes conductrices (cuves anti-bélier), on prévoira des alimentations très basse tension.

Certaines gaz sont très corrosifs, principalement l'hydrogène sulfuré et il y a lieu de placer les installations électriques dans les endroits ventilés où ces gaz ne risquent pas de s'accumuler... Le matériel antidéflagrant pourra, dans certain cas, être utilisé.

Sur le plan de l'exploitation l'accès au matériel sous tension sera réservé au personnel électricien. La prudence oblige à ne permettre les manœuvres des installations qu'à des salariés dont on aura vérifié les connaissances en matière de sécurité électrique. Ils ne devront intervenir sur des machines tournantes qu'après s'être assurés et avoir signalé la mise à l'arrêt. La condamnation par cadenas est vivement souhaitable, à défaut, des pancartes doivent clairement indiquer l'interdiction de remise en marche.

La condamnation du circuit de commande ne peut jamais être considérée comme un verrouillage de sécurité par suite de défauts d'isolement possibles de ce circuit.

L'ouverture du sectionneur, le débrogage de disjoncteur, l'enlèvement des fusibles sont seuls réellement sûrs.

L'attention du personnel doit aussi être attirée sur les risques des machines tournantes à démarrage automatique ou cyclique Enfin, lorsque des capots ou carters de protection sont retirés, les machines doivent être verrouillées à l'arrêt

VII.3.2 Appareils de levage :

Les treuils, les ponts roulants, les potences, les palans, les poulies, les élingues et les crochets peuvent être à l'origine d'accidents graves. Ils font l'objet d'une réglementation contraignante et complexe.

Afin de s'assurer de leur bon état de fonctionnement, des vérifications périodiques doivent être prévues pour l'ensemble des appareils de levage et de leurs dispositifs de sécurité. Comme les agents chargés d'effectuer ces vérifications doivent être particulièrement qualifiés, il est souvent préférable de faire appel à des organismes de contrôle spécialisés dans ce genre d'opération.

VII.3.3. Appareils à pression :

Les réservoirs de compresseurs, des cuves anti-béliers sont les principaux appareils à pression de gaz utilisés dans les stations.

Ces matériels doivent être maintenus en bon état, ils sont réglementés dès que leur pression de service est supérieure à 4bars et que le produit P (bar) par V (litre) est supérieur à 80.

L'épreuve est obligatoire avant mise en service sur le lieu d'utilisation, elle doit être renouvelée tous les 10 ans. Une vérification est à faire tous les trois ans. De même que le matériel de levage, il est souhaitable que ces opérations soient faites par des organismes spécialisés.

On rencontre aussi sur les stations des appareils contenant d'autres gaz que l'air, souvent le chlore, parfois l'oxygène pur, ces appareils font eux aussi l'objet d'une réglementation particulière que doit connaître l'exploitant.

VII.3.4. Les risques provenant de produits dangereux

La présence normale ou accidentelle de produits corrosifs ou toxiques est un risque pour les salariés comme pour les matériels. Il faut prévoir des mesures contre les risques de débordement ou d'éclaboussures des produits agressifs ou dangereux (ex : acide sulfurique, chlorure ferrique...). Un bassin de rétention sera construit autour de la cuve les contenant, il sera étanche et résistant à l'agressivité du produit.

Pour se prémunir des dangers d'émanations gazeuses (chlore, hydrogène, sulfuré, ozone) les installations seront fréquemment vérifiées. On prêtera une attention particulière aux fosses, caves, zones en contrebas où peuvent s'accumuler des gaz plus lourds que l'air (CO₂, H₂S) particulièrement toxiques. On évitera ces risques en vérifiant ou mieux, en supprimant ces endroits chaque fois que cela est possible. En cas d'accident des équipements de protection individuelle seront mis à la disposition des agents chargés de l'intervention. Ceux-ci devront connaître l'utilisation de ces équipements.

Les produits dangereux font l'objet d'une réglementation au titre du code du Travail et, à partir de certains volumes de stockage au titre des établissements classés.

VII.4. Les travaux dans les stations de pompage

Avant toute intervention dans une station le personnel doit connaître les risques qu'il peut y rencontrer ; la réglementation impose d'ailleurs d'informer les salariés exécutant des travaux d'entretien sur les règles de sécurité à respecter.

Il faut notamment indiquer les règles de circulation (les endroits dangereux ou interdits) les modes opératoires les plus sûrs, le fonctionnement des dispositifs de protection et de secours, la conduite à tenir en cas d'accident.

Lors de l'intervention d'entreprises extérieures, l'exploitant est tenu de les informer des risques particuliers de la station et d'organiser une coordination entre les activités des divers intervenants dans, de manière à assurer l'hygiène et la sécurité des travailleurs présents simultanément dans la station. Ne pas oublier d'insister sur les exigences dues à la potabilité de l'eau ni sur les risques de contamination par les eaux usés.

Pour la sécurité du personnel d'intervention, il est souhaitable que celui-ci ait quelques notions élémentaires qui lui permettent de conserver son sang froid en cas d'accident. Il est utile, par exemple, d'avoir enseigné le maniement d'un extincteur, d'afficher à proximité du téléphone la liste des numéros d'urgence et, si possible, de former du personnel au secourisme. Cette formation est d'ailleurs indispensable pour les électriciens.

Dans le cas d'utilisation de protections individuelles, il serait illusoire de penser qu'il suffit de les remettre à l'agent pour qu'elles soient bien utilisées ; un harnais de sécurité, un appareil respiratoire ne sont pas d'un usage facile. L'encadrement a dans ce domaine un rôle important à jouer, il doit être informé de l'obligation de porter et de faire porter ces équipements, il doit connaître les méthodes d'enseignement et de démonstration de leurs utilisations.

Les stations de pompage ne sont pas des endroits plus ou moins dangereux que d'autres, elles ont leurs risques particuliers et ceux-ci doivent être connus à la fois des exploitants qui y travaillent et des constructeurs qui les conçoivent. L'amélioration de la sécurité des travailleurs est devenue une obligation très contraignante du législateur qui poursuit et

condamne lourdement les contrevenants, mais elle est aussi et, avant tout, une obligation sans laquelle il ne peut y avoir de projet technique acceptable.

Conclusion :

Nous avons constaté que dans les deux stations de pompages le manque d'équipements pour la lutte contre l'incendie à savoir les extincteurs, manque de bouche et des équipements contre le bruit (casque).

Pour mieux garantir la sécurité des deux stations de pompage et la santé des travailleurs, il est impératif de les doter de ces différents équipements.

- La réfection de la peinture
- Un entretien quotidien de la station de pompage

Recommandations

- Changer les coudes d'aspiration des anciennes pompes par des manchons
- Mettre juste un convergent juste à l'entrée de la pompe
- La génératrice supérieure de la conduite d'aspiration doit rester basse par rapport à l'orifice d'aspiration de la pompe pour éviter la formation des poches d'air
- Diminution du temps de pompage, pour garantir un certain volume dans les réservoirs d'aspiration, afin d'éviter le phénomène de vortex en cas de diminution de la hauteur admissible d'aspiration
- Rénovation des bâches d'aspiration
- Rénovation des conduites de refoulement et du réseau de distribution par des conduites en PEHD
- Mettre deux conduites de refoulement (une en fonction et l'autre de secours)
- Remplacer dans l'avenir des pompes actuelles par des pompes modernes à axe vertical par exemple des pompes siemens de préférence qui sont moins de (bruit, encombrant, de débit de fuite et consommation en énergie, etc...)
- Procéder à un système d'automatisation (plan d'eau des bâches d'aspiration avec la mise en marche de la station de pompage).
En cas de rabaissement du niveau d'eau d'aspiration, arrêt systématique des pompes
(Issues prématurées des roues par le phénomène de vortex)
- Il faut une main d'œuvre qualifiée pour le contrôle et le suivi des équipements hydromécaniques (pompes, moteurs, etc...)
- Avoir un stocke obligatoire des pièces de rechange (roues, garnitures, roulements, graisses, etc....)
- Installer les pompes de même type.

Conclusion générale

Dans notre projet, nous avons étudié les caractéristiques des champs de captage de Beni Tamou et de Meremen, des réservoirs de stockage et de distribution des équipements hydromécaniques pour refouler l'eau vers les réservoirs quadratiques de $4*5000 \text{ m}^3$ de Ben Achour de 5000m^3 de Ouled Yaich et de $2*5000 \text{ m}^3$ de Bouarfa pour assurer convenablement l'alimentation en eau potable des habitants.

Nous avons rénové des pompes avec les pompes Multitec **KSB** pour les deux stations de pompage en tenant compte des performances des pompes dans le futur.

Pour les pompes multicellulaires immergées au niveau des forages, il est économique d'opter pour les pompes locales (POVAL BERROUAGHIA) afin de palier aux problèmes éventuels pouvant survenir au cours de l'exploitation et surtout en cas de maintenance.

Pour assurer la continuité d'alimentation en eau potable, ou en cas de panne de courant électrique ou d'interruption des groupes électropompes nous prévoyons des groupes électrogènes de secours appropriés avec un démarrage et un arrêt commandé manuellement et automatiquement.

Dans le but d'assurer le bon fonctionnement de la station de pompage, il est recommandé les points suivants :

- Le débit appelé ne doit pas être supérieur au débit optimal du type de pompe choisi ;
- Installer le même type de pompe, de moteur et la même marque de pompe dans toute la station ;
- Le débit appelé et la HMT doivent être respectés.

Le point de fonctionnement est limité à la zone définie par la courbe caractéristique.

Des points de fonctionnement en dehors des courbes caractéristiques entraîneraient la destruction du groupe. Par exemple lorsque la pompe fonctionne dans la zone cavitationnelle avec un rendement optimal.

Pour la réparation et le renforcement de l'étanchéité des réservoirs d'aspiration, on doit injecter du bitume ou de la résine dans les parties fissurées.

Pour faciliter également le contrôle et la supervision du niveau d'eau dans les réservoirs, il est souhaitable d'installer un système de contrôle automatique.

Enfin, nous tenons à signaler qu'il est indispensable que les gestionnaires ou les exploitants doivent être mieux formés pour la gestion des stations de pompage et accorder une importance pour la maintenance et l'entretien des réservoirs , des équipements hydromécaniques des stations de pompage et respecter les normes de sécurité dans les stations afin de garantir la durée de vie des pompes installées et des pièces de rechange en stocke.

Fiches Techniques

Fiche technique de la station de pompage de Beni Tamou

N°	Désignation	Unité	Quantité	Remarque
1	Station de pompage : Type d'installation : En charge	-	-	Refoulement des eaux d'AEP vers les réservoirs de 4*5000m ³ de Ben Achour et le réservoir de 5000m ³ d'Ouled Yaich.
2	Quantité d'eau à élever par an Type de pompe Débit refoulé par une pompe Nombre de pompes Nombre de pompes de se cours HMT Puissance absorbée Rendement Vitesse de rotation Rendement de la station (NPSH)r	m ³ Multitec m ³ /s u u m KW % tr/mn % m	6.072.870 150.11.2 0,129 3 1 180 400 78,94 2900 74,09 6,21	Centrifuge Refoulement des eaux d'AEP vers les réservoirs de distribution
3	Réseau : 1. Conduite d'aspiration Type de matériau : Acier Diamètres Longueur 2. Conduite de refoulement Type de matériau : Acier Diamètres Longueur	mm mm mm m	800 45 600 et 500 8488	Aspiration : Assurer l'arrivée de l'eau vers les pompes
4	Moteur électrique : Vitesse de rotation Rendement Tension Puissance absorbée Cosψ Poids du moteur Type de moteur électrique Quantité d'énergie consommée par an Transformateur Tension primaire Tension secondaire Puissance	tr/mn % Volts(V) KW - Kg - KWh V V KW	2962 94,8 380 400 0,88 1322 - LSPCB315L2 2190000 02 30 400 1000	Entraînement des roues de la pompe. LEROY SOMER MINEL 8503-100-1000-1000KVA

5	Bâtiment :			
	Type de bâtiment			Surface
	Longueur	m	33,25	
	Largeur	m	20,25	
	Hauteur	m	6,35	
	Dimension de la plate forme de montage : longueur×largeur	m ²	6	4,00× 1,50
	Portes	m ²	7,40	3,70× 2,00
	Fenêtres	m ²	3,40	2,00× 1,70
	Nombre de portes	u	12	
Nombre de fenêtres	u	5		
6	Réservoir d'air :			
	Nombre de réservoir d'air	u	2	Protéger de la conduite de refoulement contre le coup de bélier.
	Capacité d'un réservoir d'air	m ³	4	
	Type Anti- bélier	-	6	WABAG/SLWINSKI
	Pression de service	bars	24,50	
	Réservoir d'accumulation	u	2000	Stocker les eaux des forages
Capacité d'un réservoir de stockage	m ³			
7	Equipements :			
	Nombre de vannes	u	8	
	Nombre de convergents	u	4	
	Nombre de divergents	u	4	
	Nombre de clapet anti-retour	u	4	
	Nombre de manomètre	u	8	
	Nombre de ventouse	u	1	
Surpresseur ou compresseur	u	1		

Fiche technique de la station de pompage de Meremen

N°	Désignation	Unité	Quantité	Remarque
1	Station de pompage : Type d'installation : En charge	-	-	Refoulement des eaux d'AEP vers les réservoirs de 2*5000m ³ de Bouarfa
2	Quantité d'eau à élever par an Type de pompe Débit refoulé par une pompe Nombre de pompes Nombre de pompes de se cours HMT Puissance absorbée Rendement Vitesse de rotation Rendement de la station (NPSH)r	m ³ Multitec m ³ /s u u m KW % tr/mn % m	7.069.685 150.11.2 0,129 3 1 190 400 78,94 2900 74,09 6,21	Centrifuge Refoulement des eaux d'AEP vers les réservoirs de distribution
3	Réseau : 1. Conduite d'aspiration Type de matériau : Acier Diamètres Longueur 2. Conduite de refoulement Type de matériau : Acier Diamètres Longueur	mm mm mm m	1000 45 800 et 600 7392	Aspiration : Assurer l'arrivée de l'eau vers les pompes
4	Moteur électrique : Vitesse de rotation Rendement Tension Puissance absorbée Cosψ Poids du moteur Type de moteur électrique Quantité d'énergie consommée par an Transformateur Tension primaire Tension secondaire Puissance	tr/mn % Volts(V) KW - Kg - KWh 30 400 KW	2962 94,8 380 400 0,88 1322 LSPCB315L2 2.190.000 04 800	Entraînement des roues de la pompe. LEROY SOMER MINEL

5	Bâtiment :			
	Type de bâtiment			Surface
	Longueur	m	33,25	
	Largeur	m	24,25	
	Hauteur	m	6,35	
	Dimension de la plate forme de montage : longueur×largeur	m ²	6	3,50× 1,50
	Portes	m ²	7,40	3,70× 2,00
	Fenêtres	m ²	3,40	2,00× 1,70
	Nombre de portes	u	18	
Nombre de fenêtres	u	5		
6	Réservoir d'air :			
	Nombre de réservoir d'air	u	1	Protéger de la conduite de refoulement contre le coup de bélier.
	Capacité d'un réservoir d'air	m ³	5	de bélier.
	Type Anti-bélier	-	-	CHALATT (à vessie)
	Pression de service	bars	27-27-34	
	Réservoir d'accumulation	u	2	Stocker les eaux des forages
Capacité d'un réservoir de stockage	m ³	2000		
7	Equipements :			
	Nombre de vannes	u	8	
	Nombre de convergents	u	4	
	Nombre de divergents	u	4	
	Nombre de clapet anti-retour	u	4	
	Nombre de manomètre	u	8	
	Nombre de ventouse	u	1	
Surpresseur ou compresseur	u	1		

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ouvrages généraux :

- [1] **A. DUPONT** « Hydraulique urbaine », Tome II, Editions Eyrolles, Paris 1977
- [2] **M. CARLIER** « Hydraulique générale et appliquée », Editions Eyrolles, Paris 1972
- [3] **J. BONIN** «Hydraulique urbaine », Editions Eyrolles , Paris 1977
- [4] **A.G.H.T.M** « Lestassions de pompage d'eau », Editions Technique et Documentation, Paris ,2000
- [5] **BNEH** (Bureau National d'Etudes Hydrotechniques) , Mai 1978

Cours pédagogiques :

- [6] **B.SALAH** « Cours d'Alimentation en Eau Potable», cinquième année
- [7] **MOKRANE W.** « Cours de TD », quatrième et cinquième année, ENSH

Catalogues :

- [8] **KSB** « Pompes multicellulaires à haute pression ».
- [9] **LEROY SOMER** « Moteurs asynchrones triphasés »

Annexes

ABAQUE

DE M. VIBERT

POUR LE CALCUL SIMPLIFIÉ
DES RÉSERVOIRS D'AIR

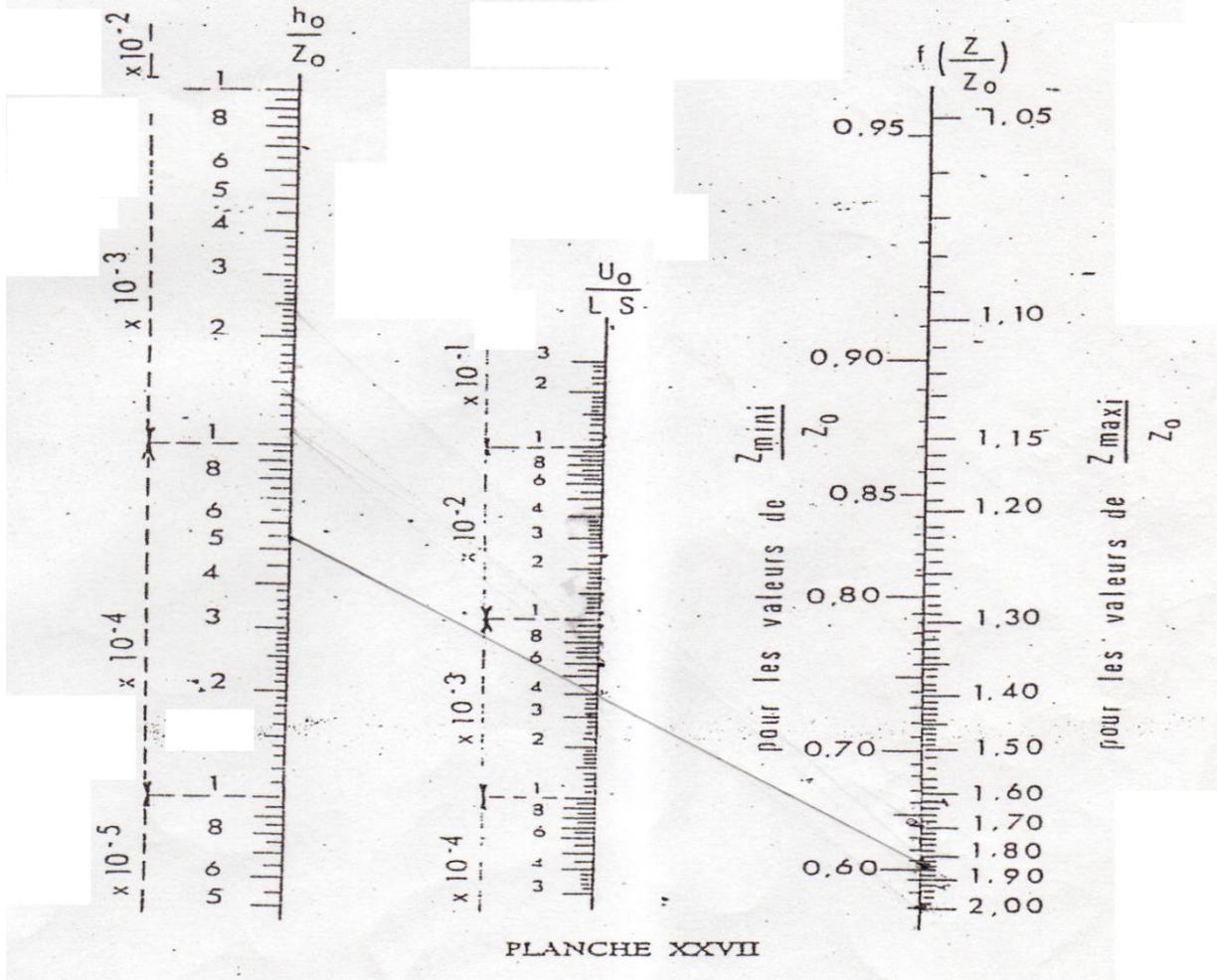
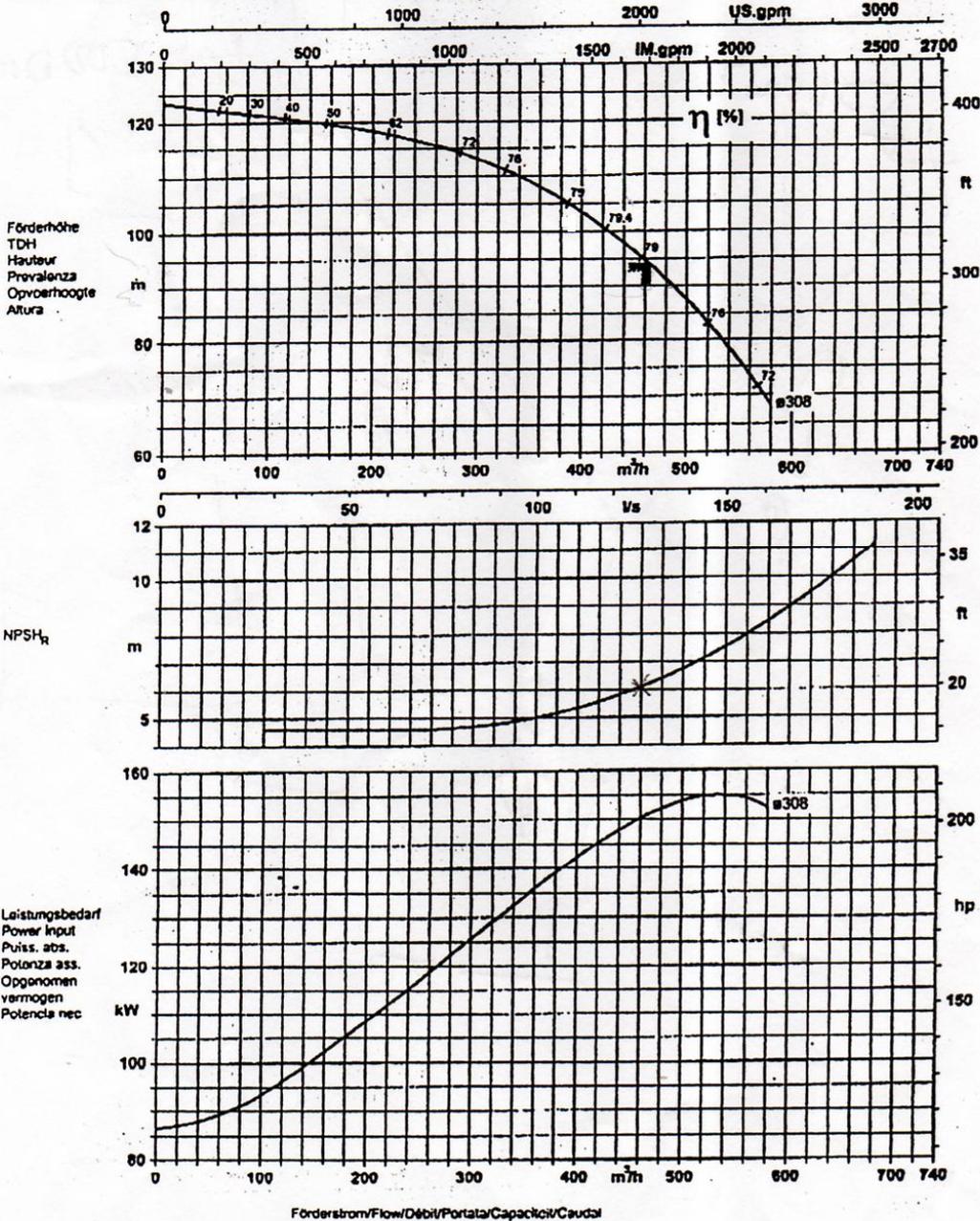


PLANCHE XXVII

Baurname-Größe Type-Size Modèle	Tipo Serie Tipo	Nenn-drehzahl Nom speed Vitesse nom.	Velocità di rotazione nom. Nominal rotational Revoluciones nom.	Laufrad-ø Impeller Dia. Diamètre de roue	• Granta • Waaler • Rodete
Multitec 150 11.2 JL1040/CC480K-GS		2900 1/min		308 mm	
Projekt Project Projet	Progetto Project Proyecto	Angebots-Nr. Project No. No. de offre	Offerta-No. Offerta-No. Oferta-no	Pos.-Nr. Item No. No. de pos.	Pos.-Nr. Post.Nbr. Pos.-Nr.
		4000160450		9	



KSB Aktiengesellschaft
67225 Frankenthal
Johann-Klein-Straße 9
67227 Frankenthal



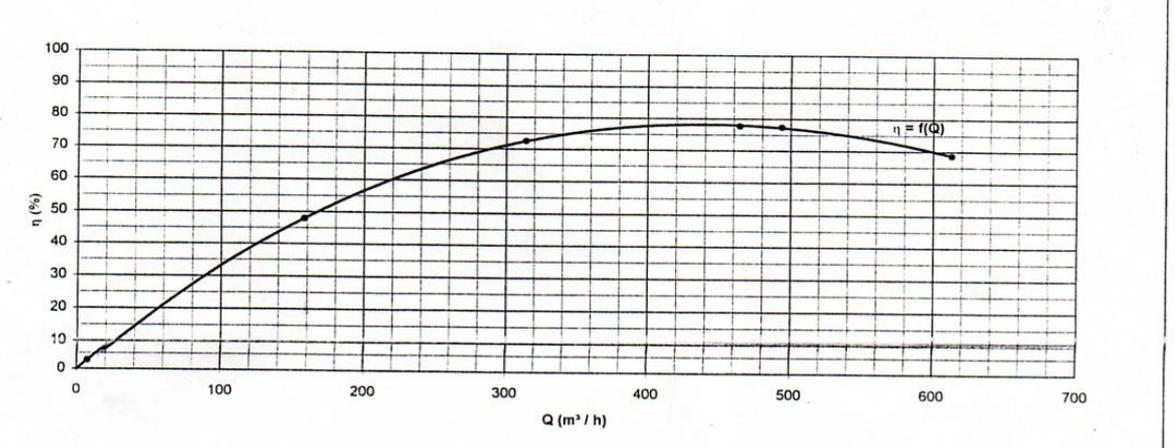
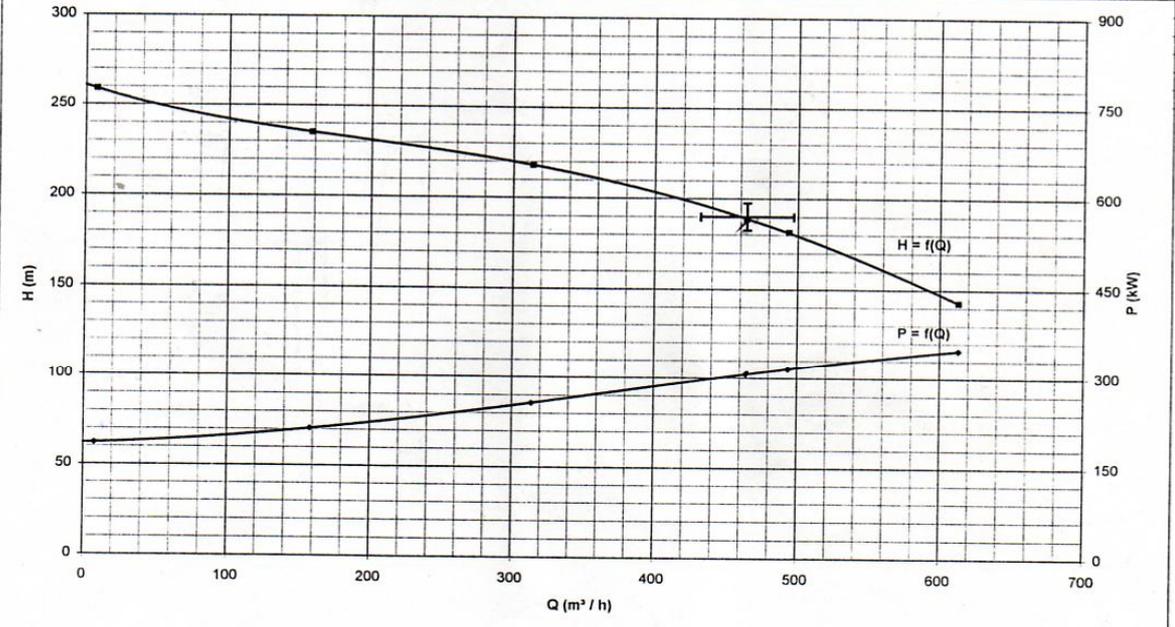
Laufradaustrittsbreite/Impeller outlet width/Largeur à la sortie de la roue 22.5 mm
Luce della granta/Waaler uitredbreedte/Anchura de salida rodete 22.5 mm

Aus Kurve K1777.452/33/1 gerechnet
T1419-01 Artikel Güter 2002-10-17
GESAMT SEITEN 07

Type moteur	MOT18 - MPBZ194bL824817 C6	Ø roue max.	412	mm	Z1	1.00	m
Ø asp	250	Ø roue réel	408	mm	Z2	1.00	m
Ø ref	200				Delta Z	0.00	m

Méthode de mesure		Débit	FT2-5	Pres. asp		CAP18
Vibrations		Puissance	12	Pres. ref		CAP13
CONDITIONS CONTRACTUELLES						
Densité	1.00	Débit	m ³ / h	464.40		0.00
Viscosité	1 cPo	Hmt	m	190.00		0.00
Normes d'essais	ISO 2548 classe C	Vitesse	min-1	1,481		0
Tolérances	Q: -7% - Q+7% - H: -4% - H+4%	NPSH req.	m	0.00		0.00
Overs	R1/4=89.41% - R1/2=94.03% - R3/4=94.37% - R5/4=9	Rendement	%	80.90		0.00
Moteur	P=440kW - R4/4=94.23% - N=1485 tr/min	Puissance	kW	299.000		0.000

RESULTAT D'ESSAIS HYDRAULIQUES											Vitesse	1,481	min-1
T. eau °C	H2 m	H1 m	V ² /2g m	Hmt m	Débit m ³ / h	P/Pertes kW	P/Borne kW	P/Arbre (d=1) kW	Vitesse min-1	Rend. %	Débit m ³ / h	Hmt m	P/Arbre kW
45	273.48	11.86	0.00	261.62	7.55		202.320	189.164	1,489	2.85	7.51	258.73	186.038
44	249.57	12.04	0.06	237.59	158.99		229.380	214.729	1,489	47.94	158.18	235.17	211.462
44	231.64	11.90	0.23	219.97	315.24		277.790	260.466	1,487	72.55	313.87	218.06	257.082
42	200.85	11.64	0.51	189.72	465.80		329.880	309.679	1,486	77.76	464.30	188.50	306.693
42	193.08	11.34	0.58	182.32	494.98		338.520	317.841	1,485	77.37	493.63	181.32	315.242
44	153.17	11.24	0.88	142.81	613.31		370.450	348.008	1,482	68.59	613.05	142.69	347.564



Flowserve Pompes Operateur: S ACHARI Chef Essais: Date: 2011/10/26