

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIRA de Bejaia



جامعة بجاية
Tasdawit n' Bgayet
Université de Béjaïa



Faculté de Technologie
Département d'Hydraulique

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

LALLA Aimene Abd-Elkader

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER en Hydraulique**

Option : **Ouvrages et Aménagement Hydrauliques**

INTITULE :

ÉTUDE CRITIQUE DE L'ANCIEN PROJET DE TRANSFERT D'EAU BRUTE ENTRE LE BARRAGE IGHIL EMDA (BEJAIA) ET LE BARRAGE EL-MAHOUNE

Soutenu le **28/10/2020** devant le jury composé de :

- Président : **Mr CHENAFIAzzdine**
- Promoteur: **Mr HADDAD Samir**
- Examineur : **Mr YAKOUBIMohamed**



Remerciements



REMERCIEMENT

*Tout d'abord, je tiens à remercier **ALLAH** (Hamdoulil'ALLAH)
Le Tout Puissant qui ma a donné la force, le courage, la volonté et la
patience de mener à terme ce présent travail.*

*Je voudrais remercier, mon encadrant **Mr Haddad Samir MCA**,
pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont
contribué à alimenter nos réflexions*

*Mes forts remerciements vont également à **Mr BOUSELAHNE**
Moustapha pour son aide et son encouragement.*

*Nous remercions Dr **CHENAFI Azzedine** qui a accepté d'assurer
la présidence du jury ainsi que Dr **YAKOUBI Mohamed** pour avoir
accepté l'évaluation de ce travail.*

*On adresse nos sincères remerciements à toutes les personnes qui
ont accepté de répondre à nos questions durant notre recherche.*

*Mes gratitudes s'adressent également à toutes les personnes qui ont
contribué de près ou de loin à la prospérité de ce modeste travail, et en
particulier à toutes ma famille pour leurs soutiens moraux durant toute la
durée de préparation de ce mémoire.*



Dédicaces



Dédicace

Je dédie ce travail:

*Un cadeau spécial pour le grand homme qui m'a élevé et m'a
, enseigné*

, Mon père spirituel « AMAR », La miséricorde de Dieu sur toi

À MON TRÈS CHER PÈRE ABDELHAMID

*À qui a su me soutenir tout au long de mes études depuis mon
enfance*

*À mon très cher père, le premier et le dernier homme de ma
vie*

.Source d'amour, d'affection, de générosité et de sacrifices

, Tu es toujours là près de moi pour me soutenir

.M'encourager et me guider avec tes précieux conseils

À MA TRÈS CHÈRE MÈRE : GHANIA et NACIRA

*Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le
degré d'amour et*

*d'affection que j'éprouve pour toi. Tu n'as cessé de me soutenir et de
m'encourager durant*

*toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour
me consoler quand
il fallait.*

*Puisse Dieu le tout puissant, Vous préserver et vous accorder santé, longue vie et
bonheur mes chères parents*

À mes très chers frères :

DHAYAA, MASSOUD

Je prie dieu pour qu'il me les garde toujours.

*A toute MA FAMILLE pour leur soutien tout au long de mon
parcours universitaire*

À Ma très chère sœur : ASMA

Pour sa patience et soutien aux moments les plus difficiles.

À mes proches amies

*Que je partage tous mes bons moments
qui ont toujours été près de mon cœur*

**SALIM, IDRIS, RAMY, ZOUBIR, MIMIHA, OUSSAMA, AYMEN,
SPURZ, DJAMEL, AMINE, KIMPA, FOUZI, BEMHE, OUSSAMA,
AYOUB, SEIF, ABBES, AMINE, LAHCEN, DJAMEL, HYDER,
BILAL, ZIAD et toujours LYES BSL, MOMOUH, Dr LOUNIS.**

AIMENE

Sommaire

Introduction.....	7
I. Les Prise d'eau.....	10
I-1) Introduction	10
I-2) Généralité sur les prises d'eau.....	10
I-2-1) Prise dans les berges	10
I-2-2) Prise en pleine eau.....	13
I-2-3) Prise en dessous du fond	13
I-2-4) Prise d'eau avec pompe immergée.....	14
I-2-5) Les puits à drains rayonnants	14
I-2-5) La vis d'Archimède	16
I-2-6) Prise d'eau flottante	17
I-3) Conclusion.....	18
II. Les conduites.....	20
II-1) Introduction	20
II-2) Normes	21
II-3) Signes de base et marquage des conduites	21
II-4) Lexique relatif aux conduites	21
II-5) Démarche	22
II-6) L'itinéraire de la conduite du projet	24
II-7) Le profil en long du projet	25
II-5) Conclusion.....	26
III- Les pompes	28
III-1) Introduction	28
III-2) Définition de l'adduction.....	28
III-3) Généralité sur les pompes.....	29
III-3-1) Définition	29
III-3-2) Les types des pompes.....	30
III-3-3) Station de pompage	31
III-3-4) Choix et caractéristiques hydrauliques d'une pompe	31
III-4) Rappels et quelques applications aux réseaux d'adduction d'eau.....	31
III-4-1) Charge hydraulique:	31
III-4-2) Perte de charge linéaire(Jr)	32
III-4-3) Perte de charge singulière	33

III-4-4) La hauteur Manométrique Totale (HMT)	34
III-5) Les pompes des stations de pompages (SP1, SP2, SP3)	37
III-5-1) Pompes à plan de joint	37
III-5-2) Les pompes de la station pompage flottante SPF	37
Pompe verticale à ligne d'arbre	37
III-6) Calcul de rendement	39
III-6-1) La puissance absorbée (Pa)	39
III-6-2) La puissance fournie (Pf) ou (Pu)	39
III-6-3) Le rendement global de la pompe η (RG) :	39
III-7) Conclusion :	42
IV. sécurité de projet	44
IV-1) Introduction	44
IV-2) La cavitation :	44
IV-2-1) NPSH requis :	44
IV-2-2) NPSH disponible :	44
IV-3) Coup de bélier	45
IV-3-1) Notion sur l'étude du coup de bélier dans les systèmes de pompage	45
IV-3-2) Cas de la dépression	47
IV-3-3) Cas de la surpression	48
IV-3-4) Calcul des réservoirs anti-bélier	49
IV-3-5) Prévention :	50
IV-4) Conclusion	51
V. Les accessoires hydrauliques	53
V-1) Introduction	53
V-2) Généralité sur les accessoires :	53
V-3) LES VENTOUSES (Air Valves)	56
V-4) Les vidanges :	57
V-5) LES CLAPETS ANTI-RETOUR - CNR (Check Valves) :	59
V-6) Choix et dimensionnement des CNR	59
V-7) Conclusion :	62
Le projet actuellement	64
VI-1) Introduction	64
VI-2) La comparaison entre le projet actuelle et notre travail	64
VI-3) Conclusion	65
Conclusion générale	67

les références bibliographiques

Liste des Figures

Figure 1 : Prise sommaire dans les berges.	11
Figure 2 : Prise sur estacade.....	11
Figure 3 : Prise en berge maçonnée	11
Figure 4 : Prise en berge par l'intermédiaire d'un puisard.	12
Figure 5 : Prise en berge de grande capacité.....	12
Figure 6 : Prise en fond de lit.....	13
Figure 7 : Prise au milieu du courant	13
Figure 8 : Prise en rivière à courant rapide	13
Figure 9 : Prise d'eau avec pompe immergée	14
Figure 10 : Prise d'eau avec puit à drains	15
Figure 11 : La vis d'Archimède	16
Figure 12 : Prise d'eau flottante	17
Figure 13 : La l'itinéraire du projet	25
Figure 14: Le profil en long du projet du transfert	25
Figure 15 : l'adduction.....	28
Figure 16: Les pompes volumétriques	30
Figure 16: Les pompes centrifuges	30
Figure 18 : profil en long	35
Figure 19 : Pompes à plan de joint.....	37
Figure 20 : Pompes à plan de joint.....	37
Figure 21: Les accessoires hydrauliques dans chaque station	38
Figure 22 : Évolution du coup de bélier durée $< 14,33 \text{ sec} = 2.L/a$	49
Figure 23 : Évolution du coup de bélier de durée $> 20 \text{ sec}$	50
Figure 24: Phénomène de coup de bélier	51
Figure 25: Ventouse à petit orifice V1	57
Figure 26: Ventouse à gros orifice V2	57
Figure 27: Ventouse combinée V3.....	57
Figure 28: LES vidanges.....	58
Figure 29: courbe les vidanges et les venteuses.....	58
Figure 30: les types de CNR	61

Liste des symboles

Symbole	Signification
E	module d'Young du matériau
T	Epaisseur
OD	Diamètre extérieur
DN	Diamètre Nominal
PMA	Pression Maximale Admissible
U	la vitesse moyenne de l'eau dans la conduite en m/s
P	la pression moyenne dans la conduite, en Pa
G	l'accélération de la pesanteur (= 9,81 m/s ²)
Z	la cote moyenne de la conduite, en m
P	la masse volumique de l'eau (≈1000 Kg/m ³)
Λ	coefficient de perte de charge
D	diamètre de la conduite(m).
Ks	étant la rugosité de la conduite.
L	la longueur totale de la conduite (en m).
V	la vitesse (m/s)
Q	le débit (m ³ /s)
C _{hw}	coefficient de HAZEN WILLIAMS
Q _o	Débit par aspiration
Q _t	Débit total de la pompe
M	nombre d'aspiration
η	Rendement
H _g	La différence d'altitude entre la surface d'eau d'aspiration et celle de refoulement
P _{atm}	La pression atmosphérique
HMT	La hauteur Manométrique Totale
<i>DHT</i>	Les pertes de charge total
SP	La station de pompage
CNR	Caisse nationale des retraites
<i>NPSH</i>	Net positive suction head
Dz	Différence d'attitudes
h _p	La tension de vapeur (m CE).

Liste des abréviations

Équation 1	31
Équation 2	32
Équation 3	33
Équation 4	33
Équation 5	34
Équation 6	34
Équation 7	39
Équation 8	39
Équation 9	40
Équation 10.....	44

INTRODUCTION

Introduction

Introduction

A cause du manque apparent dans la zone de Sétif en eau brute, soit pour l'alimentation en eau potable ou pour l'irrigation, l'état algérien a décidé d'investir dans un projet nommé PROJET DE TRANSFERT DE SETIF HODNA.

Ce projet est destiné à alimenter les hautes plaines sétifiennes en eau brute. Il est composé de deux (02) aménagements (le système Est et le système Ouest) :

- ✓ Le système « Est » est pour le transfert d'eau brute entre la retenue de Tabllout (Wilaya de Jijel) et celle de Draa Driss (El-Eulma Wilaya de Sétif).
- ✓ Le système « Ouest » représente le transfert d'eau brute à partir de la retenue d'Ighil Emda (wilaya de Bejaïa) vers celle de Mahouane située à la (Wilaya de Sétif)

A- Contexte d'étude

Localisation du projet

Le système « Ouest » a traversé par 04 communes entre les deux wilayas Tizi N'bechar et Ain Abassa de Sétif et Draa El Gaid et Kherrata de Bejaïa. Le système Ouest représente l'une des plus importantes solutions pour lutter contre le manque visible d'eau dans la partie Ouest de Sétif.

Destination du projet

L'utilité de ce projet est transférée un volume annuel de 119 hm³ pour :

- Irrigation : La superficie est de 15 800 ha avec un volume estimé de 88 hm³/an (40 000 hectares à l'horizon 2040).
- Alimentation en eau potable (AEP) : 620 000 habitants de la ville de Sétif et une agglomération avoisinante avec une dotation de 34 hm³/an (1 107 000 hab à l'horizon 2040).

La réalisation du projet actuelle

L'Agence Nationale des Barrages et Transferts est dans la région pour la réalisation du projet du Transfert des Hautes Plainnes Sétifiennes (système Ouest). L'ANBT a le rôle d'un maître d'ouvrage dans ce projet. Le groupement d'entreprise KOUGC /ACCo est chargée de la réalisation des travaux sous le suivi de l'ANBT et le bureau d'étude français SAFEGE.

Généralité sur les deux retenues

Barrage EL-MAHOUANE

- Superficie du bassin versant est 20.80 km² avec Capacité totale de la retenue est 147.90 hm³
- Cote de la retenue normal RN est 1148.72 NGA, Cote des plus hautes eaux PHE est 1149.12 NGA
- Type de barrage est digue en recherche avec noyau
- Longueur de la crête est 884m, largeur de la crête est 6m, cote de la crête du barrage est 1151.42 NGA
- Evacuateur des crues (seul déversant de sécurité) est Qmax : 2m³/s

Introduction

Barrage IGHIL EMDA

- Superficie du bassin versant est 652 km^2 avec Capacité totale de la retenue est 156 hm^3
- Cote de la retenue normal RN est 532 NGA, Cote des plus hautes eaux PHE est 535 NGA
- Type de barrage est digue en pierraille avec masque amont en béton bitumineux
- Longueur de la crête est 710m, largeur de la crête est 9m, cote de la crête du barrage est 535.5 NGA
- Evacuateur des crues (seul déversant de sécurité) est $Q_{\text{max}} : 2500 \text{ m}^3/\text{s}$

B- Objectif du travail

Cette étude pour le but de se rapprocher d'une manière ou d'une autre au milieu professionnel. La faite de s'intégrer avec des ingénieurs qualifiés permet d'affronter des situations réelles, ce qui permet de comprendre des phénomènes liés à notre domaine et d'appliquer les connaissances apprises lors des années scolaires.

Le but de cette étude que l'étudiant bien gérer les situations dépendantes du métier d'hydraulicien, et de bien savoir comment appliquer les connaissances apprises.

C- Structure de manuscrit

Le mémoire comportant le travail réalisé et les résultats obtenus est organisé comme :

- ✓ Introduction
- ✓ Chapitre 1 : les prise d'eau : on va choisir une pris d'eau pour le projet par apport les types générales
- ✓ Chapitre 2 : les conduites : on va choisir le matériau de transport d'eau et itinéraire du projet
- ✓ Chapitre 3 : les pompes : on va déduire le profil en long, nombre des stations de pompage et les types des pompes utiliser avec les calculer des pertes de charge et les puissances
- ✓ Chapitre 4 : la sécurité du projet : on va calcules les valeurs corresponds les phénomènes de la cavitation et coup de bélier
- ✓ Chapitre 5 : les accessoires hydrauliques : on va choisir les types des vannes, des ventouses, des vidanges et les clapets anti retour
- ✓ Chapitre 6 : la comparaison entre les études : on va faire une comparaison générale sur les deux projets (réal et notre projet)
- ✓ A la fin une conclusion générale qui résume tous les objectifs atteints de cette étude
- ✓ Références bibliographiques

CHAPITRE I

Les Prise d'eau

I. Les Prise d'eau

I-1) Introduction

Le captage d'eau en rivière ou en lac est souvent utilisé (en particulier pour alimenter les grandes villes situées près d'un fleuve. Il faut s'assurer avant toute chose que le débit d'étiage (plus basses eaux) du fleuve est supérieur aux besoins en eau. Quelle est le type de prise d'eau on peut choisie pour ce projet ?

I-2) Généralité sur les prises d'eau

Les eaux des lacs, ou des barrages-réservoirs, ont une composition dépendant étroitement de celles des cours d'eaux qui les alimentent et de la nature des roches composant la cuvette du lac. Mais cette cuvette forme un bassin de décantation naturel en sorte que les eaux, quoique généralement souillées, le sont moins vers la sortie du lac que vers l'entrée. C'est donc là qu'il conviendra de les puiser, de préférence loin des bords et à quelques mètres à la fois du fond et du niveau minimum de la surface libre, à mi-hauteur [1, 41, 44].

Dans certains cas, des courants de convection (suivant les saisons) perturbent le phénomène de décantation. Dans d'autres, la présence de plancton trouble l'eau.

Le point de captage doit être choisi autant que possible à l'amont des points importants de pollution: agglomérations, usines insalubres. La prise peut être faite, soit dans une berge, soit dans le lit de la rivière, soit encore en dessous du lit, soit enfin dans les alluvions qui constituent la rive, à une certaine distance du cours d'eau [3].

La prise d'eau est généralement couplée à une station de pompage et à un puits ou un réservoir d'eau. Les points suivants doivent être pris en considération pour minimiser les interventions d'entretien ou de dragage à long terme [5] :

- éviter les zones de sédimentation;
- éviter les secteurs où il y a présence de plantes aquatiques ;
- choisir un site où la profondeur est suffisante en tenant compte du niveau d'étiage, de l'épaisseur et du déplacement des glaces ;
- choisir un site où le substrat est de nature grossière.

I-2-1) Prise dans les berges

Le dispositif à employer dépend entre autres choses du débit nécessaire et du caractère temporaire ou permanent de l'ouvrage. [3, 19]

Prise sommaire (**figure 1**) :

-débit assez faible

-installation temporaire

-mise en place rapide

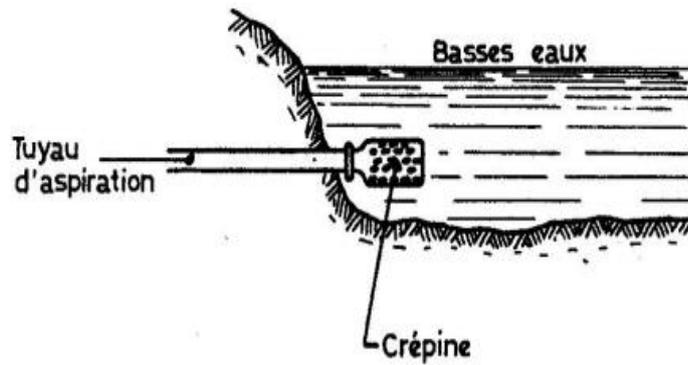


Figure 1 : Prise sommaire dans les berges [3].

Autres dispositifs pour des installations définitives mais à débit modéré (figures 2, 3 et 4)

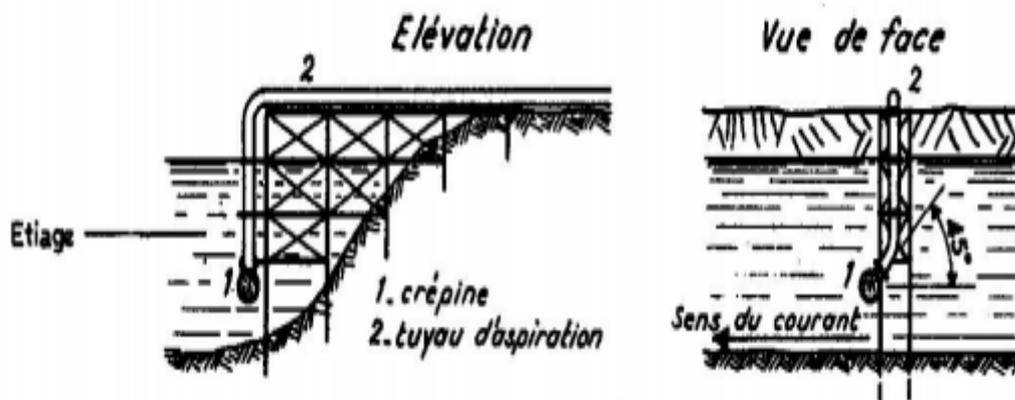


Figure 2 : Prise sur estacade[3]

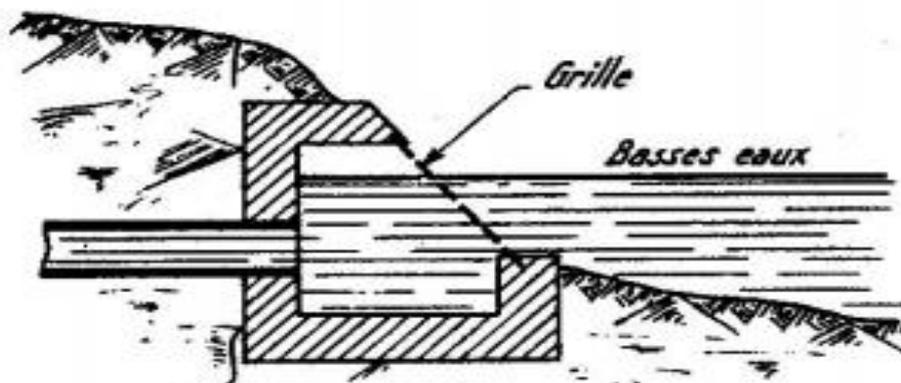


Figure 3 : Prise en berge maçonnée[3]

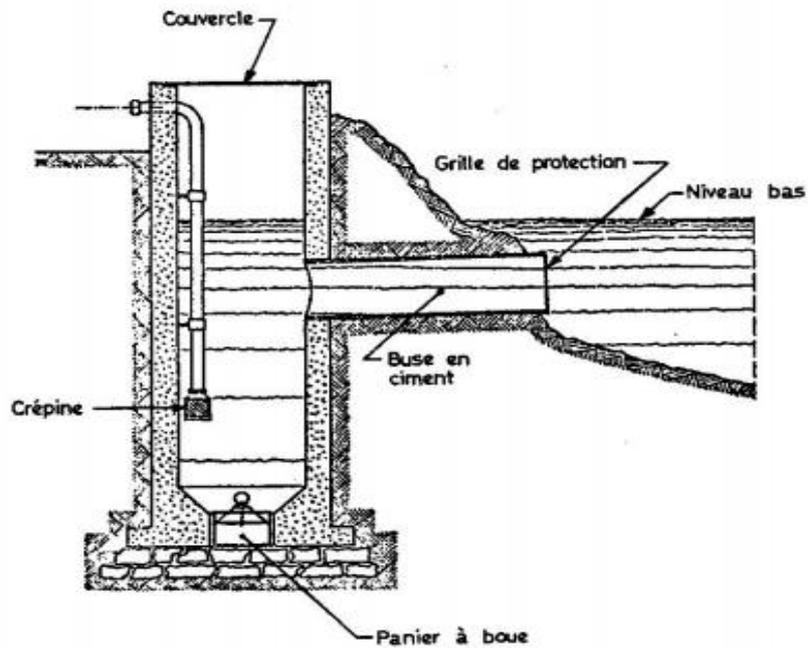


Figure 4 : Prise en berge par l'intermédiaire d'un puisard [3]

Ce puisard doit avoir la profondeur voulue pour que, en tout temps, la crépine d'aspiration se trouve à au moins 0,80 m au-dessous de la surface de la nappe (pour ne pas désamorcer la pompe à cause du rabattement de la nappe), et également, à au moins 0,80 m du fond pour ne pas aspirer les boues décantées. Ces précautions sont valables pour toutes les prises d'eau sur berge.

Dans le cas d'une installation permanente et d'un débit important (cas de notre BEI), on utilise un dispositif plus complexe qui doit faire l'objet d'un entretien régulier. (Figure 5)

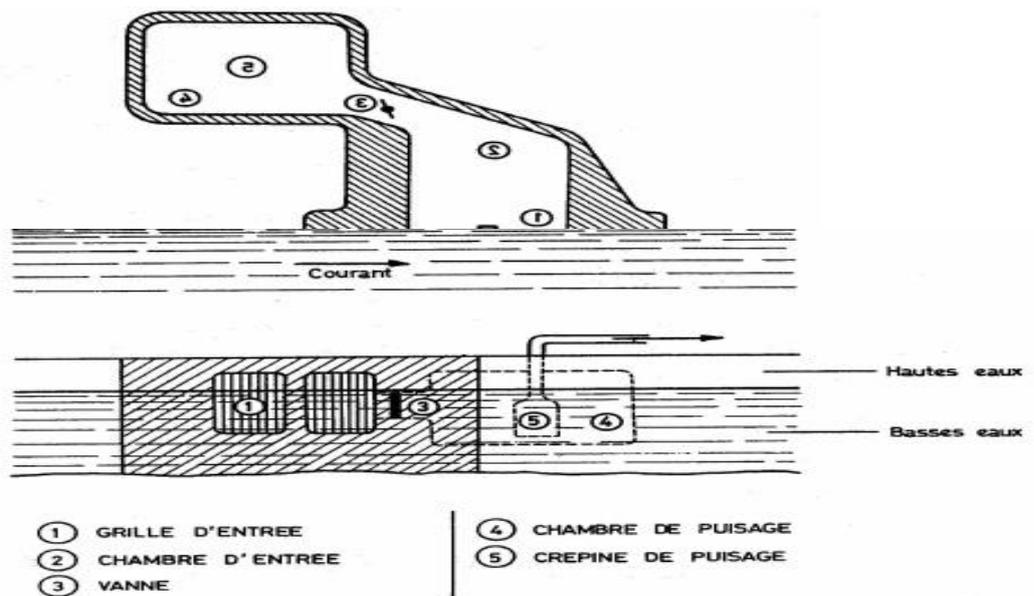


Figure 5 : Prise en berge de grande capacité [3]

I-2-2) **Prise en pleine eau**

La prise d'eau peut se faire soit au fond du lit, soit entre deux eaux et il est impératif de faire attention aux niveaux d'étiage. [23, 24]

Ces dispositifs s'appliquent à des rivières de faible courant (**figures 6 et 7**).

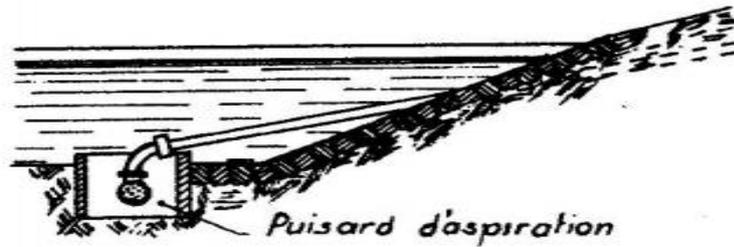


Figure 6 : Prise en fond de lit [23, 24]

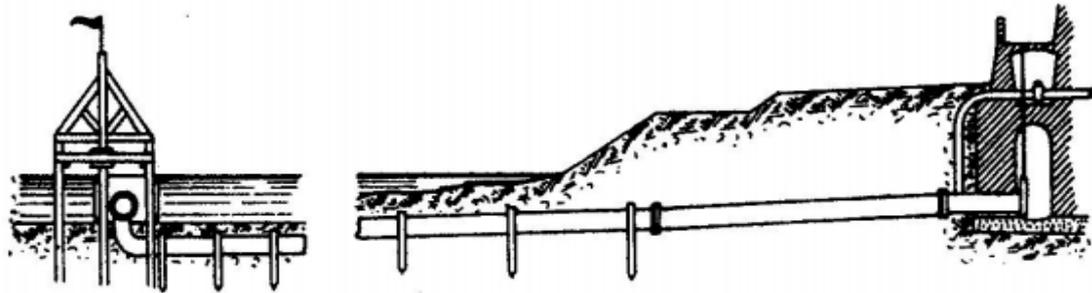


Figure 7 : Prise au milieu du courant [23, 24]

I-2-3) **Prise en dessous du fond**

Ce procédé est utilisé pour les rivières à régime torrentiel (**figure 8**).

On peut également confectionner des chambres enterrées au fond de la rivière pour effectuer la prise [23, 24]

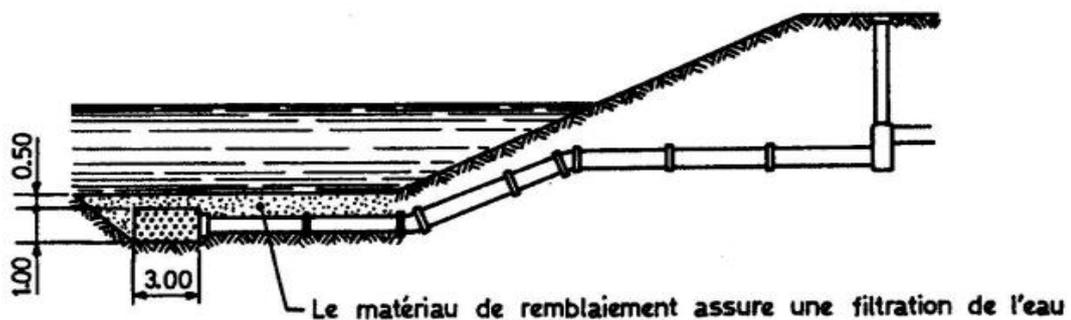


Figure 8 : Prise en rivière à courant rapide [23, 24]

I-2-4) Prise d'eau avec pompe immergée

Les pompes immergées sont idéalement conçues pour aller chercher l'eau à une profondeur où il est impossible de l'aspirer depuis la surface. On les trouve également dans des puits peu profonds, lorsqu'on veut éviter les amorçages difficiles, le bruit ou les risques de gel. Elles permettent l'alimentation d'une maison ou d'un arrosage automatique et sont souvent accompagnées d'un réservoir «surpresseur» qui stabilise les fréquences de fonctionnement tout en régulant le débit et la pression. [23, 24]

- 1 - Pompe immergée
- 2 - Coffret de démarrage
- 3 - Coffret de protection électrique et de manque d'eau
- 4 - Contacteur manométrique
- 5 - Electrode
- 6 - Alimentation électrique secteur
- 7 - Clapet anti retour
- 8 - Manomètre
- 9 - Réservoir à vessie "surpresseur"

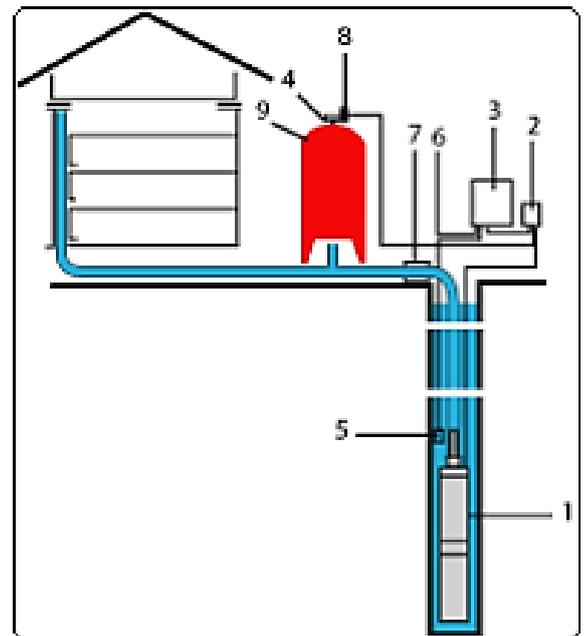


Figure 9 : Prise d'eau avec pompe immergée[23, 24]

I-2-5) Les puits à drains rayonnants :

Elle consiste essentiellement à capter l'eau au moyen de drains horizontaux foncés à partir d'un puits vertical qui, lui, n'est pas captant, mais joue le rôle de collecteur de l'eau des drains. La station de pompage est établie directement au-dessus du puits, avec toutes les précautions voulues pour éviter la pollution des eaux.

Les drains horizontaux

Les drains sont des ouvrages de captage d'une certaine longueur, établis au sein de la nappe selon un profil présentant une légère pente vers un ouvrage d'extrémité étanche où sont aménagés les appareils de pompage. La longueur des drains est fonction du débit à extraire ; il n'est pas rare de rencontrer des drains de plus de 100 m de longueur. Les drains ne peuvent s'adresser à une nappe

quelconque. Pour des raisons d'exécution, celle-ci devra se situer assez proche du sol. Par ailleurs, pour que le drain soit efficace de tout temps, il devra toujours être noyé[3]

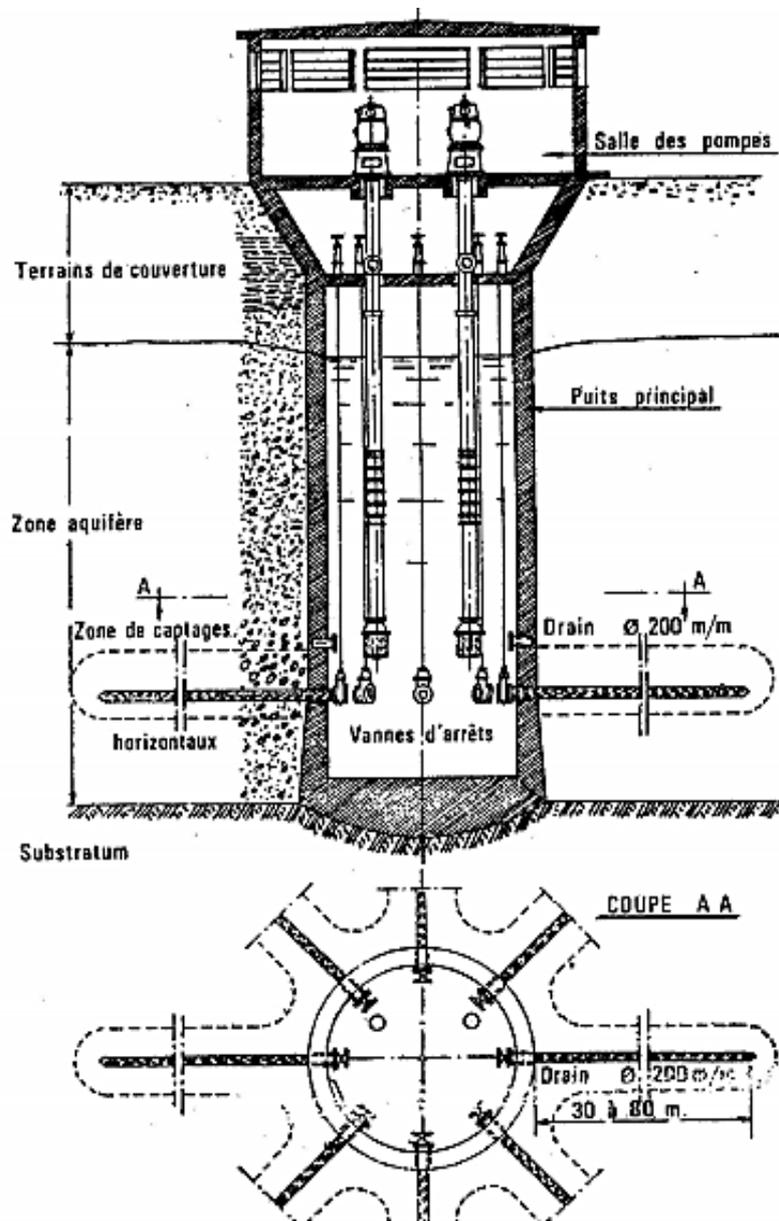


Figure 10 : Prise d'eau avec puit à drains[3]

I-2-6) La vis d'Archimède

Bien que proche des vis de fixation par le nom et l'apparence, son mode de fonctionnement la classe dans la famille des hélices. Il faut distinguer la vis d'Archimède d'origine, qui est un système de pompage de liquide, et les systèmes ayant un rotor qui permettent de transférer des solides ou d'impulser un mouvement à un liquide. Le premier type de vis d'Archimède est une machine élévatrice fonctionnant à pression atmosphérique. On la trouve généralement en entrée de station d'épuration ou dans des postes de drainage de terres agricoles (par exemple dans le nord de la France dans les wateringues). C'est la forme spécifique du rotor qui fait que le liquide remonte le long de la vis. Physiquement les paramètres majeurs d'influence sont le diamètre extérieur, le pas des spires, le nombre de spires, l'angle d'inclinaison et la vitesse de rotation. À débit équivalent, la section de passage d'une vis d'Archimède est supérieure à celle des pompes centrifuges. C'est pour cela qu'on la trouve généralement dans les réseaux d'assainissement. [4]

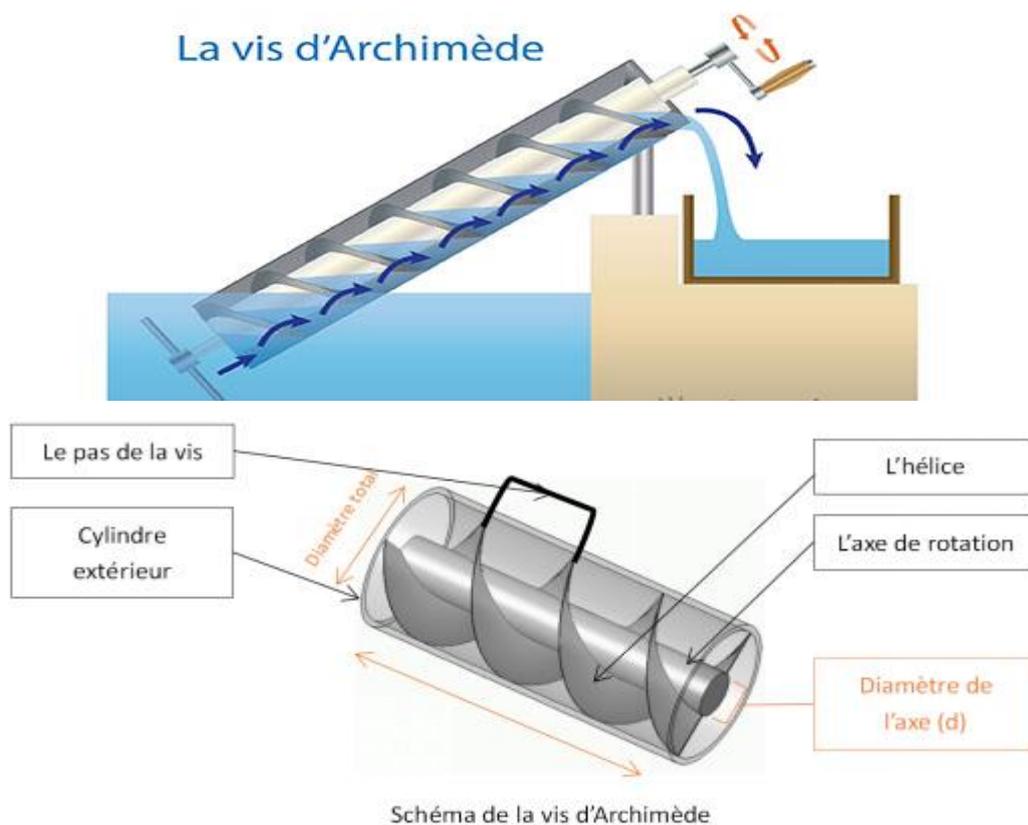


Figure 11 : La vis d'Archimède[24]

I-2-7) **Prise d'eau flottante**

Les prises d'eau flottantes pour systèmes d'eau potable permettent d'extraire de l'eau à proximité de la surface d'un fleuve ou d'un lac, et ainsi, d'éviter les plus fortes charges en suspension que l'on trouve plus près du fond quand il y a des inondations. Le tuyau d'entrée de la pompe aspirante se connecte juste sous le niveau du plan d'eau à un ponton flottant. Celui-ci est amarré à la rive ou au fond du fleuve ou du lac. La pompe elle-même peut être soit sur la rive soit sur le ponton. En la plaçant sur le ponton, l'avantage est que le tuyau d'aspiration peut être très court, la charge à l'aspiration sera donc constante (moins de risque de cavitation). Si les courants du fleuve charrient souvent des troncs ou des débris volumineux, il faudra protéger d'autant plus la prise d'eau flottante pour ne pas l'abîmer. Pour construire le ponton, on peut attacher une structure d'acier ou de bois à des flotteurs faits de barils vides, de récipients en plastique, ou de tubes en acier hermétiquement fermés d'au moins 30 cm de diamètre. [41,44]

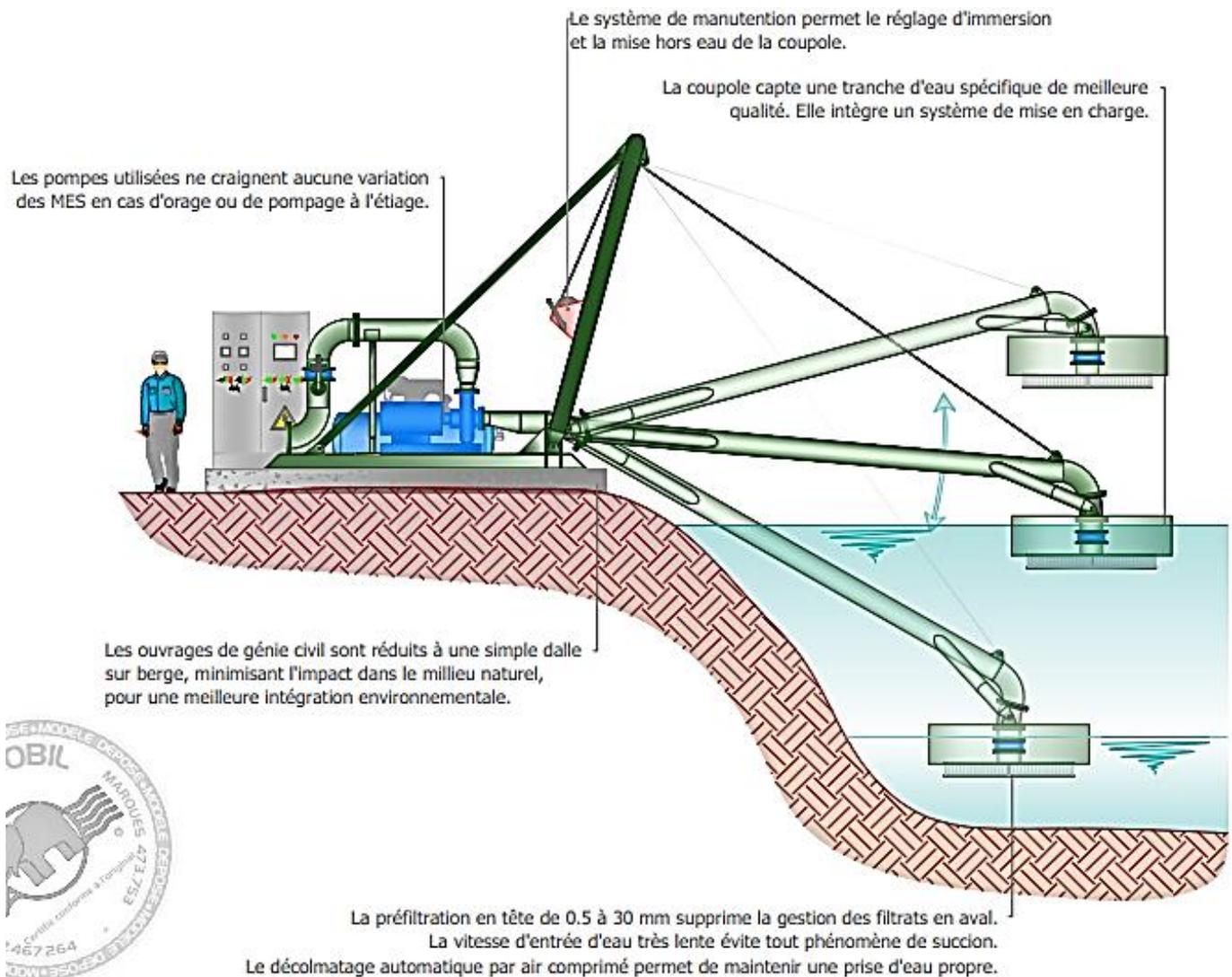


Figure 12 : **Prise d'eau flottante**[41, 44]

I-3) Conclusion

Pour notre projet nous choisis la station flottante à cause de

- Il est facile d'installer dans le barrage par contre les autres prises d'eaux comme :
(Prise en berge et prise au fond d'un barrage) par ce qu'elle s'agit un travail énorme pour faire cette technique
- A assurance de l'alimentation la station flottante elle assure une alimentation au tout l'année même dans les niveaux minimaux d'eaux dans le barrage par contre certaine prise d'eau placé a l'aval du barrage ou bien en barrage comme (vis d'Archimède prise en barrage les pompe immergée)
- Facilité de maintenance dans la station flottante on peut changer les pompes ou bien les accessoires facilement par rapport les prise d'eau sous le lit du barrage elles sont très difficile pour les contrôlés
- Elle dans un débit et une HMT suffisant pour notre projet $Q=6m^3/s$
HMT=200 m par contre les autres stations comme vise d'Archimède, les puits de drains de rayements
- La sécurité :

Elle est sécurisée pour les corrosions a causé tous ces accessoires hydrauliques le niveau d'eau (flotté) dans aucun contact avec l'eau

CHAPITRE II

Les conduites

II Les conduites

II-1) Introduction [42, 43]

Quel que soit le fluide transporté (Eau claire, eau usée, eau de mer, pétrole, gaz, eau brute, eau chaude, ...), tous les systèmes hydrauliques (AEP, Assainissement, Irrigation, Drainage, stations de pompage, ...) sont toujours composés de 3 parties différentes mais complémentaires ; les canalisations (tuyaux, conduites), les pièces spéciales (Coudes, Tés, Croix, Convergents, Divergents, Raccords, ...) et les accessoires hydrauliques (vannes, compteurs, ventouses, soupapes de décharges, ...).

Actuellement, il existe au moins 6 types de matériaux pour les conduites utilisées dans le domaine hydraulique:

- La fonte ductile
- L'acier
- Le béton armé (tôle d'acier ou armatures) ou non
- Le PVC (Poly Vinyle Chlorure)
- Le PE (Poly Ethylène)
 - ✓ PEHD 80 et 100 (Poly Ethylène Haute Densité 80 ou 100)
 - ✓ PEBD (Poly Ethylène Basse Densité)
- Le PRV (Polystère Renforcé de Fibre de Verre)

Les conduites sont classées de plusieurs manières :

Par rapport à la souplesse (rigidité)

- Conduites rigides (Béton et Béton armé) $E \cdot (t^3/12) / E' \cdot (OD)^3 > 1/12$
- Conduites souples (PVC, PE, PRV, Fonte, Acier,) $E \cdot (t^3/12) / E' \cdot (OD)^3 < 1/12$
(E = module d'Young du matériau, t = Epaisseur, OD = Diamètre extérieur, E' = module d'Young du sol entourant le tuyau)

Par rapport à la mise en service

- Conduites enterrées/
- Conduites superficielles

Par rapport au matériau

- Métalliques (fonte, acier)
- A base de ciment (béton armé ou non)
- Plastiques (PVC, PE, PRV)

Le choix d'un type de matériau n'est jamais facile et doit se faire en tenant en compte les facteurs suivants :

- ❖ Les conditions topographiques du terrain (type de relief, instabilité du sol, encombrement du sous-sol)
- ❖ les propriétés mécaniques propres aux tuyaux et aux sols vis-à-vis de la stabilité de cet ensemble tuyau/sol
- ❖ la capacité d'écoulement hydraulique (diamètre, pente, vitesse, coefficient de rugosité, qualités physico-chimiques du fluide transporté)
- ❖ l'érosion et la corrosion par suite d'attaque physico-chimique,
- ❖ les conditions d'installation et de raccordement sur chantier
- ❖ L'environnement

D'autres facteurs peuvent encore être pris en charge (voir tableau)

II-2) Normes

En Algérie, pour les projets d'hydraulique, on adopte le plus souvent la normalisation française AFNOR (NF).

La liste des différentes normes est donnée en annexe.

Remarque : Pour les projets de pétrole et de gaz, SONATRACH, adopte la normalisation américaine API (American Petroleum Institute). [42, 43]

II-3) Signes de base et marquage des conduites

Quel que soit le type de conduite utilisée, il faut toujours veiller à la présence sur la face extérieure des conduites des renseignements suivants [42, 43]

- Norme utilisée
- Nom du Fabricant
- Matière première
- Diamètres et épaisseurs
- PN (Pression Nominale en Bars)
- Date de fabrication

Néanmoins, d'autres indications peuvent figurer sur la conduite (Type de fluide, N° du lot, code matière...)

II-4) Lexique relatif aux conduites [42, 43]

- SDR (Standard Dimension Ratio) = D_{ex}/E_p
- MRS (Minimum Required Strength = Contrainte minimale exigée = Contrainte admissible à la traction) [= 25 Mpa (PVC), = 420 Mpa (Fonte), > 500 Mpa (Acier), = 10 Mpa (PEHD **100**), = 8 Mpa (PEHD **80**)]
- PN = Pression Nominale (industrie). C'est une pression de fabrication. On ne peut pas fabriquer toutes les pressions ; PN 2,12 – PN 6,56 – PN 9,3- PN 12,71...)
- DN= Diamètre Nominal (industrie). C'est un diamètre de fabrication. On ne peut pas fabriquer tous les diamètres ; DN 52,12 – DN 116,56 – DN 349,3- DN 1112,71...)
- PMA = Pression Maximale Admissible = pression interne + le coup de bélier = 1,2 PFA
- PFA= Pression de Fonctionnement Admissible = pression interne sans le coup de bélier. Le calcul de cette pression dépend du matériau de la conduite.
- PEA= Pression d'Essai Admissible (pression d'essai sur chantier). Le calcul de cette pression dépend du matériau de la conduite.

Dans beaucoup de cas :

$$= PMA + 5 \text{ bars (En général ou PFA} < 64 \text{ bars)}$$

$$= 1,5 \text{ PFA (Si PFA} > 64 \text{ bars)}$$

Afin de parvenir à une conception économique, tenant compte de la durée de vie de la conduite projetée, il est conseillé de suivre la démarche ci-dessous :

II-5) Démarche [42, 43]

- Commencer par tabuler tous les matériaux avec le maximum d'information sur les différents paramètres (diamètres disponibles, pressions disponibles, résistances mécaniques, effets ...)
- Eliminer d'office les matériaux où :
 - ✓ La température du liquide transporté $> T$ admissible de la conduite,
 - ✓ L'agressivité physico-chimique du liquide transporté est démontrée,
 - ✓ Le diamètre recherché n'est pas disponible sur le marché local ou national
 - ✓ La pression recherchée (PMA) de la conduite n'est pas disponible sur le marché local ou national,
 - ✓ L'âge (durée de vie) de la conduite est insuffisant par rapport au projet,
 - ✓ La protection de la conduite / un problème donné (UV, sols agressif, perméation, corrosion...) nécessite l'intervention sur toute la longueur de la conduite.
- Pour les matériaux restants, calculer l'épaisseur de la conduite pour les 2 cas suivants :
 - Pression intérieure (pression de fonctionnement + coup de bélier) $\Rightarrow E_{p_{int}}$ [formule de Barlow]
 - Pression extérieure [hauteur du remblai + charges d'exploitation (route, véhicules, voie ferrée, cours d'eau,...)] $\Rightarrow E_{p_{ext}}$ [formule de Martson]
- Prendre $\text{Max}(E_{p_{int}}, E_{p_{ext}}) = E_p$
Prendre le matériau qui dispose de l'épaisseur E_p . S'il y en a plusieurs, prendre le moins chère.

Les entreprises qui fabriquent ces conduites en Algérie :

- **PVC**
 - CHIALI
 - SETIF PIPE
 - KG PLASTIQUE SETIF
- **PEHD**
 - CHIALI
 - SETIF PIPE
 - KG PLASTIQUE SETIF
 - MAPROGAZ
 - TUBEX
- **PRV**
 - MAGHREB PIPE
- **Acier**
 - ANABIBE
 - MAGHREB TUB SMT
 - ROUIBA
- **Fonte**
 - DIS-ALG
- **Beton arme**
 - MECHRI CANALISATION
 - ALCAHYD

Tableau 1 : TABLEAUX D'AIDE A LA SELECTION DES MATERIAUX POUR CONDUITES (TUYAUX) [6,7,8,9,10,11,12,13,14,25,26,27,28,29,30,39,40,42,43]

	Disponibilité			Rugosité	Résistances mécaniques		Effet de dé timbrage (perte de résistance)	
	Diamètres (mm)	Pressions (bars)	Epaisseurs (mm)		à la traction (Mpa)	à la rupture (Mpa)	Par le coup de bélier	Par la température du liquide transporté
Fonte	40-600	10 à 40	4.8-8.6	Augmente avec le temps	> 270	> 420	Non	Non
Acier	26-2500	10 à 70	2-20	Fixe (0,46mm)	235 à 265	360 à 570	Non	Non
PVC	20-630	4 à 16	2-57	Fixe (0,0021mm)	>12	25	Oui	Oui
PE	20-800	6 à 20	4-78	Fixe	≥ 19	30	Oui	Oui
PRV	100-2600	1 à 32	15-57.5	Fixe	60	80	Oui	Oui
Béton armé	300-3600	2 à 20	37-315	$C_{HW} = 139,3 + 2,028D_{int}$ [ft]	160	200	Non	Non

	Chantier							
	Age (durabilité)	Transport	Ouvrabilité	Assemblage	Réparation	Perméation	Résistance à l'UV	Ovalisation
Fonte	> 100 ans	Difficile	Difficile	Facile	Difficile	Non/Oui	Oui	Souple pour DN > 100 Rigide pour DN < 100
Acier	70	Difficile	Facile	Facile	Facile	Non/Oui	Oui	Souple
PVC	50	Facile	Facile	Facile	Facile	Oui	Non	Souple
PE	100	Difficile	Facile	Difficile	Difficile	Oui	Oui	Souple
PRV	70	Difficile	Facile	Facile	Facile	Oui	Oui	Souple
Béton armé	100	Difficile	Difficile	Facile	Difficile	Oui	Oui	Rigide

	Résistance à l'agressivité du fluide transporté	Résistance à l'agressivité du sol
Fonte	Mauvaise si H ₂ S, Cl, pH < 5	Mauvaise si : - Résistivité >2500ohms/cm - Présence de sulfures et sulfates - Présence de sels - Présence d'Argiles et limons fins - pH < 5
Acier	Mauvaise si H ₂ S, Cl, pH < 5.5 10 < T° < 110	Mauvaise si : - Résistivité >2500ohms/cm - Présence de sulfures et sulfates - Présence de sels - Présence d'Argiles, marnes, gypse, pyrites, NaCl, sulfates de chaux, combustibles fossiles (lignites, tourbes, Charbons, bitumes) - pH < 5
PVC (Poly Vinyle Chlorure)	Mauvaise si T° > 35°C, produits organiques	Bonne si absence de produits organiques (pétrole, gasoil, essence...)
PE (Poly Ethylène)	Mauvaise si T° > 35°C, produits organiques	Bonne si absence de produits organiques (pétrole, gasoil, essence...)
PRV (Polyester Renforcé de Verre)	Mauvaise si T° > 35°C, produits organiques	Bonne si absence de produits organiques (pétrole, gasoil, essence...)
Béton (armé)	Mauvaise si pH < 4	Mauvaise si : - Présence d'eaux très agressives/CaSO ₄ du ciment - pH < 4

II-6) L'itinéraire de la conduite du projet :

Le tracé à adopter doit [22] :

- Etre le plus court possible pour réduire les frais de premier établissement
- Eviter la multiplicité des ouvrages coûteux ou fragiles (traversées de rivières, de canaux ou de routes importantes,...)
- Eviter la traversée de propriétés privées nécessitant des expropriations.
- Suivre les voies publiques qui présentent les avantages suivants :
 - ✓ Travaux de terrassement et d'approvisionnement de tuyaux souvent moins onéreux
 - ✓ Accès facile aux regards contenant les appareils de robinetterie et aux canalisations pour les réparations



Figure13 : l’itinéraire du projet du transfert entre le barrage d’Ighil-emda et le barrage d’ELmahoue [42,43]

II-7) Le profil en long du projet :

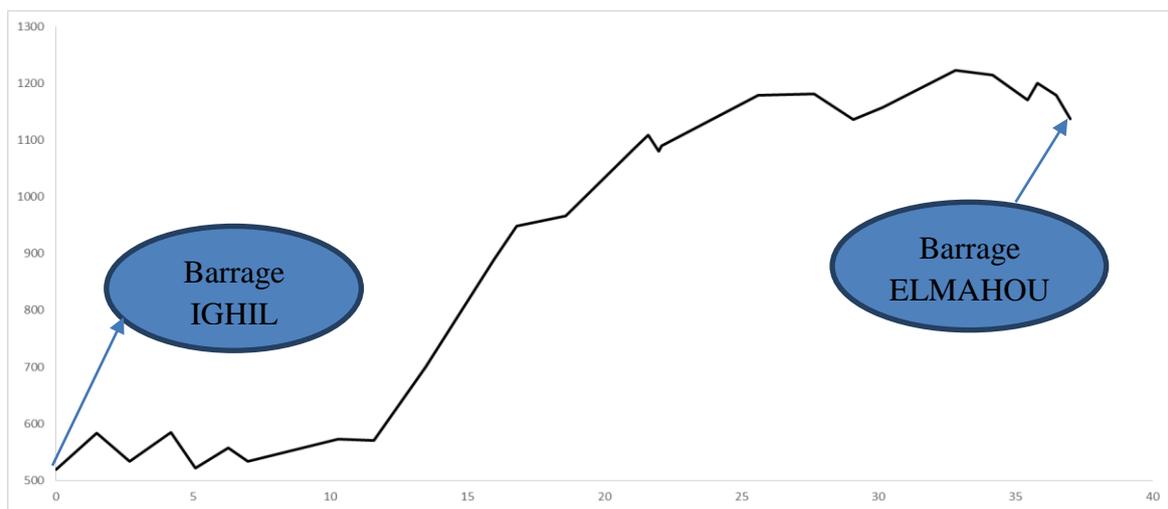


Figure 14: Le profil en long du projet du transfert [42,43]

II-8) Conclusion

A partir des propriétés chimiques de l'eau dans le barrage d'IGHIL EMDA et des propriétés chimiques et mécaniques des sols dans la région de Kharrat à Sétif en conclure que :

L'eau de barrage contient : calcium 77mg/l, magnésium 31mg/l, sodium 45mg/l, potassium, chlorure 50mg/l, fluorure nitrate, sulfate 206 mg/l, $7 < \text{pH} < 9$.

Donc à partir de ces données on ne peut pas utiliser les canalisations en acier et la fonte car le risque de corrosion des conduites. Aussi pour les deux types de conduites nous sommes obligés de les importer à l'étranger.

Pour les conduites en PVC ON ne trouve pas les diamètres supérieurs à 630mm donc on est obligé de prendre deux ou trois conduites pour effectuer le projet.

Pour le béton armé, ce matériau il est très lourd donc on trouve des problèmes pour le transport et aussi pour la pose de conduite. Même s'il n'est pas souple pour suivre l'itinéraire du projet, il nécessite un chemin direct (éviter les multiplications)

Pour le PEHD et le PRV ce sont des matériaux bons pour notre projet. Mais avec le PEHD le projet se fait par deux conduites de diamètre de 800 mm (diamètre maximale de PEHD), donc les vitesses seront supérieures à 1.5 m/s.

Il reste un seul matériau c'est le PRV, donc dans notre projet on a utilisé des conduites en PRV comme des canalisations du transfert de l'eau brute sur une longueur de 37 km.

CHAPITRE III

Les pompes

III- Les pompes

III-1) Introduction

Après l'estimation de la pris d'eau et le type de conduite. Dans ce chapitre on va étudier le système de pompage pour ce projet. Donc, quelle sont les types des pompes utilisé pour le réseau d'adduction du projet ?

III-2) Définition de l'adduction

L'adduction est le transfert de l'eau de la source naturelle ou de la station de traitement vers les réservoirs de distribution. On distingue généralement deux types d'adduction :

- Adduction gravitaire (écoulement à surface libre ou en charge) : quand la côte source est supérieure à la cote du réservoir.
- Adduction par refoulement (écoulement en charge seulement) par pompage en utilisant une station de pompage [2]

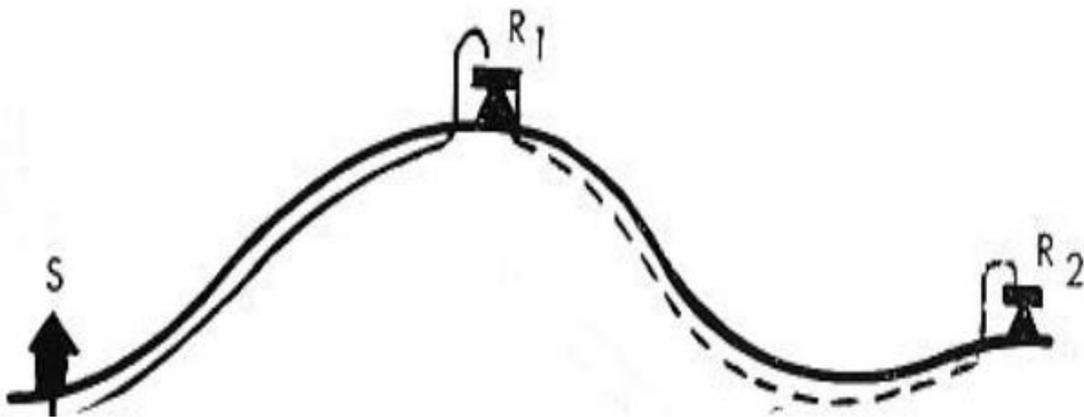


Figure 15 : l'adduction[2]

A- L'adduction gravitaire

L'adduction gravitaire s'effectue, soit par aqueduc, soit par conduite forcée ou en charge :

- Avec des aqueducs (ou des canaux à ciel ouvert), l'écoulement est à surface libre, c'est-à-dire sans pression, grâce à la pente, il est généralement uniforme sur tout le parcours, que l'on aura étudié pour pouvoir transiter le débit voulu :
 - Faible pente et sensiblement constante
 - Les aqueducs ne doivent pas se mettre en charge
 - Longueurs des aqueducs généralement grandes
 - Faible vitesse donc grande section transversale

- Systèmes particuliers selon topographie naturelle : sur arcades, en siphon, en tunnel,
- Des pertes possibles d'eau : évaporation, infiltration possible
- Qualité des eaux : possibilité de drainage de la pollution
- Avec des conduites en charge, l'écoulement est à section pleine, c'est-à-dire sous pression. Ce mode d'adduction a les avantages suivants :
 - Permet d'avoir des vitesses plus grandes que dans le cas des aqueducs
 - L'eau est isolée du milieu extérieur : moins de pertes et pas de risque de pollution
 - Pas de contraintes en ce qui concerne la pente de la conduite
 - Il est évident que, dans ces conduites en charge, la perte de charge est plus importante que dans les aqueducs.

B- Adduction par refoulement

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

III-3) Généralité sur les pompes[2]

III-3-1) Définition

La pompe est un appareil qui communique de l'énergie hydraulique à un fluide en vue de son déplacement d'un point à un autre.

Les pompes sont des appareils qui génèrent une différence de pression entre les tubulures d'entrée et de sortie.

Suivant les conditions d'utilisation, ces machines communiquent au fluide, de l'énergie potentielle (par accroissement de la pression en aval) soit de l'énergie cinétique par la mise en mouvement du fluide.

Ainsi, on peut vouloir augmenter le débit (accroissement d'énergie cinétique) ou/et augmenter la pression (accroissement d'énergie potentielle) pour des fluides gazeux, liquides, visqueux, très visqueux...C'est pourquoi la diversité des pompes est très grande.

III-3-2) Les types des pompes

C- Les pompes volumétriques

Ce sont les pompes à piston, à diaphragme, à noyau plongeur...et les pompes rotatives telles les pompes à vis, à engrenages, à palettes, péristaltiques...Lorsque le fluide véhiculé.

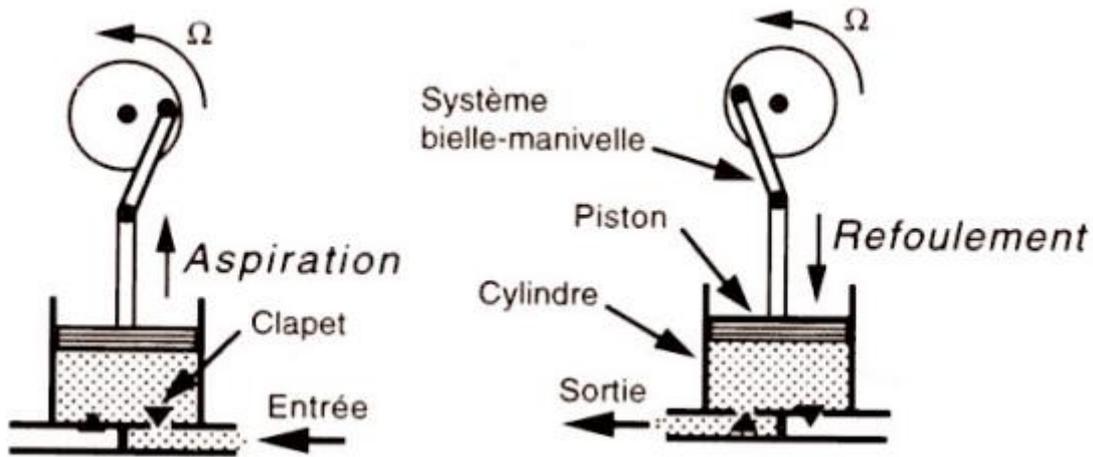


Figure 16: Les pompes volumétriques

D- Les pompes centrifuges

Une pompe centrifuge est une machine rotative qui pompe un liquide en le forçant au travers d'une roue à aube ou d'une hélice appelée impulser (souvent nommée improprement turbine). C'est le type de pompe industrielle le plus commun. Par l'effet de la rotation de l'impulser, le fluide pompé est aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement, et enfin refoulé tangentiellement.

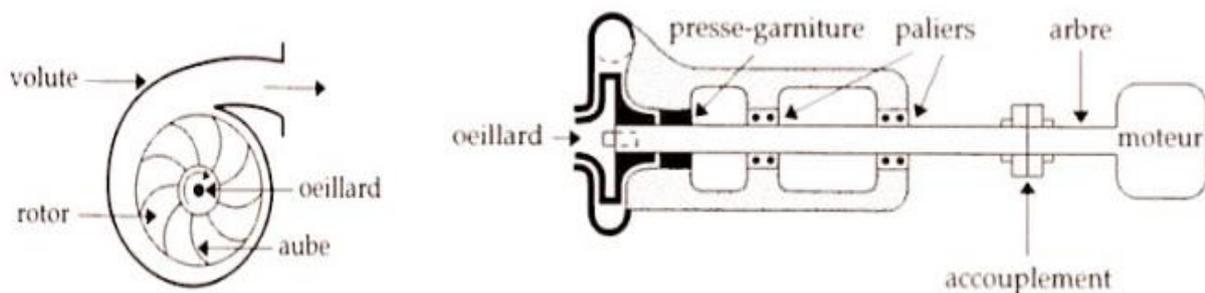


Figure 17 : Les pompes centrifuges

III-3-3) Station de pompage

Le refoulement des eaux se fait par une station de pompage (ou usine élévatoire). Une station de pompage comporte principalement :

- la salle d'arrivée d'eau (ou bêche d'aspiration) ;
- la salle des commandes ;
- la salle des machines, comportant généralement plusieurs groupes élévatoires.

Chaque groupe élévatoire est constitué d'un moteur et d'une pompe. Le moteur, nécessaire à l'entraînement de la pompe, est généralement électrique et rarement thermique (ou diesel). En ce qui concerne les pompes, on distingue plusieurs types selon la forme de l'énergie donnée à l'eau :

- énergie sous forme potentielle : vis d'Archimède (utilisé dans les réseaux d'assainissement et dans les stations d'épuration),
- énergie sous forme de pression : pompes volumétriques ou à piston (faibles débits)
- énergie sous forme de vitesse : pompes axiales et centrifuges (appelées aussi turbopompes).

Ces turbopompes sont actuellement les plus utilisées.

III-3-4) Choix et caractéristiques hydrauliques d'une pompe

- Le débit Q .
- Matériaux.
- Types d'eaux.
- La hauteur de refoulement H (HMT).
- La puissance absorbée P_a .
- Le rendement η et, éventuellement.
- La capacité d'aspiration NPSH (Net Positive Section Head).

III-4) Rappels et quelques applications aux réseaux d'adduction d'eau [18,41]

III-4-1) Charge hydraulique

Rappelons que la charge hydraulique (en m) dans une section quelconque d'une conduite est définie par :

$$H = \alpha \frac{U^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + z$$

Équation 1

Où :

- U est la vitesse moyenne de l'eau dans la conduite (= débit / section), en m/s
- P est la pression moyenne dans la conduite, en Pa
- g est l'accélération de la pesanteur (= 9,81 m/s²)
- z est la cote moyenne de la conduite, en m
- ρ est la masse volumique de l'eau (≈1000 Kg/m³)
- α est un coefficient dû à la non homogénéité des vitesses dans la section (≈1,05), nous le prendrons, dans la suite, égal à 1.

Soit H1 la charge hydraulique dans la section S1 et H2 dans la section S2, le théorème de Bernoulli, pour un fluide réel, permet d'écrire :

$H_1 = H_2 + J$, Où J (noté aussi ΔH) représente la perte de charge totale entre la section S1 et S2.

Ces pertes de charge sont en réalité de deux types :

- perte de charge linéaire (ou répartie sur toute la longueur de la conduite) : due aux frottements

Visqueux, turbulents et contre les parois des canalisations.

- perte de charge singulière (ou locale) : due aux diverses singularités qui peuvent être placées le long de la canalisation.

III-4-2) Perte de charge linéaire (Jr)

E- Formule de Darcy-Weis Bach

$$J_r = \frac{\lambda \cdot V^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{L}{D}$$

Équation 2

- λ est le coefficient de perte de charge. Ce coefficient est donné en fonction du nombre de
- D : diamètre de la conduite(m).
- Ks : étant la rugosité de la conduite.
- L : est la longueur totale de la conduite (en m).
- V : est la vitesse (m/s)

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

Équation 3

F- Formule de Hazen- Williams :

$$J_r = \frac{10.677 \times L \times \left(\frac{Q}{C_{hw}}\right)^{1.852}}{D^{4.87}}$$

Équation 4

- D : diamètre de la conduite(m).
- L : est la longueur totale de la conduite (en m).
- Q : le débit (m³/s)
- C_{hw} : coefficient de HAZEN WILLIAMS.

Table1 : Les matériaux des conduites et leurs coefficients de HAZEN WILLIAMS

Les matériaux des conduites	Chw
Acier	120
PVC	150
PE	150
PRV	150
Béton armé	150
Fonte	90

III-4-3) Perte de charge singulière

Les singularités rencontrées sur les canalisations sont généralement des changements de la section de la conduite (élargissements, rétrécissements, diaphragmes, ...) ou des changements de la direction de l'écoulement (coudes, dérivations, robinets, vannes,). Ces singularités se comportent comme des "ouvrages courts" et provoquent des pertes de charges locales.

La perte de charge locale (notée ΔH) provoquée par ces singularités peut généralement se mettre sous la forme :

$$\Delta H = K \frac{U^2}{2g}$$

Équation 5

Où K est un coefficient qui dépend de la forme et des dimensions de la singularité. Signalons aussi que, dans les réseaux industriels, les pertes de charges singulières sont généralement négligeables devant les pertes de charges linéaires, compte tenu de la longueur importante de ces canalisations. Pour mon projet on prend $\Delta H = 0.2J_r$.

III-4-4) La hauteur Manométrique Totale (HMT)

Hauteur Manométrique Totale est la charge (en mètres de colonne d'eau) donnée à l'eau par la pompe :

$$**HMT = DHT + \Delta z**$$

Avec :

$$**DHT = J_r + \Delta H**$$

Equation 6

Table 2 : Calcule les pertes de charge

	Q (m ³ /s)	Chw	ID (m)	V (m/s)	L(m)	DHI (m)	DHs (m)	DHT (m)	DZ (m)	HMT (m)	Cote (NGA)
SP1	6	150	2,400	1,33	13500	5,23	1,05	6,27	180,00	186,27	520,00
SP2	6	150	2,400	1,33	2500	0,97	0,19	1,16	180,00	181,16	700,00
SP3	6	150	2,400	1,33	4500	1,74	0,35	2,09	180,00	182,09	880,00
SP4	6	150	2,400	1,33	12300	4,76	0,95	5,71	180,00	185,71	1060,00

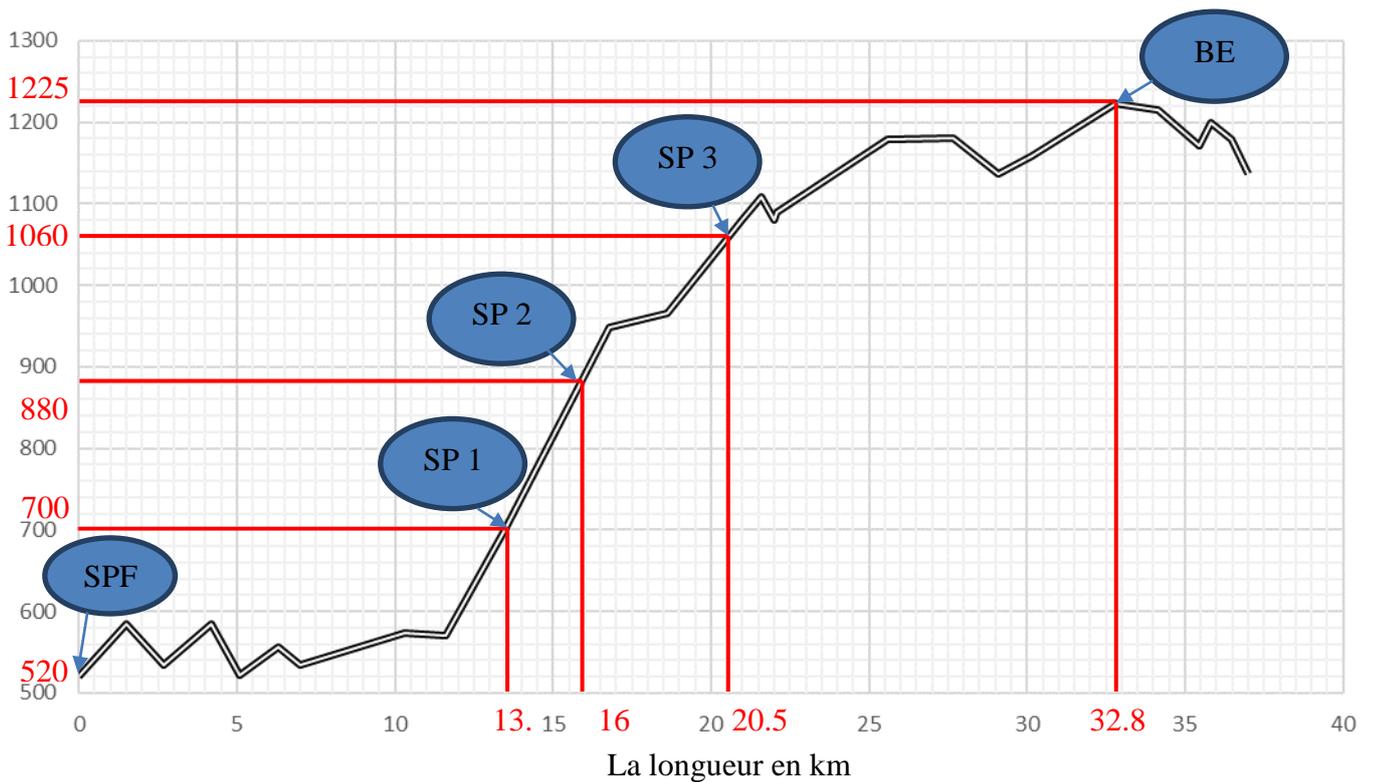


Figure 18: profil en long

1. Pour le projet en fixe le débit comme le projet réel c'est de $6\text{m}^3/\text{s}$.
2. La vitesse entre $1 \leq V \leq 1.5$.
3. Donc on va déduire le diamètre normalise à partir les calculs et la comparaison avec le catalogue de MAGHREB PIPE.
4. A partir le profil en long, la pinte la plus haut de projet sur la côte de 1225NGA et le pointe la plus bas sur la cote de 520 NGA. Et la longueur totale des canalisations est 37 km.
5. Comme les conduites de PRV supporte une pression de 25 bars (PN25) donc on a choisi 4 stations de pompage (SP) Chaque station de pompage située à une hauteur de $\Delta Z = 200$ m sur l'autre station
6. A partir le profil en long. On va calculer les longueurs des conduites de refoulements³

Table 4 : longueurs des conduites de refoulements

La station de pompage	Les longueurs
SPF	13500 m
SP1	2500 m
SP2	4500 m
SP3	12300 m

7. Sur la formule de Hazen- Williams, on va calculer les pertes de charge linéaire et pour chaque station.
8. Les pertes de charge singulière sont de 20% des pertes de charge linéaire.
9. Le PRV a un coefficient de HAZEN WILLIAMS de $C_{hw} = 150$.
10. On va calculer le HMT total pour chaque station.
11. On a le débit et HMT qui ne dépassé pas à 185 m donc on peut choisir les pompes qui prendre ses valeurs ($Q = 6\text{m}^3/\text{s}$ et $\text{HMT} = 200\text{m}$).
12. La pris d'eau (la station de pompage flottante SPF) 520NGA contient quatre pompes (2 pompes, pompe de secoure) sur Pompe verticale à ligne d'arbre pour la station flottante. Le débit de chaque pompe $1,5\text{m}^3/\text{s}$.
13. Pour les trois stations qui restent-elles contenues trois pompes (2 pompes, 1 pompe de secoure) à plan de joint axial, multi-étages. Le débit de chaque pompe est $3\text{m}^3/\text{s}$.

III-5) Les pompes des stations de pompages (SP1, SP2, SP3)**III-5-1) Pompes à plan de joint [31]**

- Débit jusqu'à $3 \text{ m}^3/\text{s}$
- HMT 200 m.

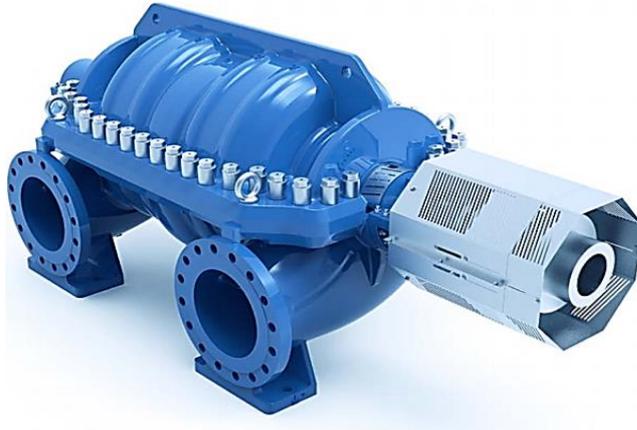


Figure 19 : Pompes à plan de joint

I-1-2) III-5-2) Les pompes de la station pompage flottante SPF**Pompe verticale à ligne d'arbre [33]**

- Débit jusqu'à $3 \text{ m}^3/\text{s}$
- HMT 200m



Figure 20 : Pompes à plan de joint

Les accessoires hydrauliques prévus dans chaque station avant et après la pompe

Avant la pompe

- Clapet de pied crépine
- Un tronçon de conduite d'aspiration
- Une Vanne de sectionnement
- Un convergent

Après la pompe

- Un divergent
- Un manomètre
- Une vanne de régulation et sectionnement
- Un CNR
- Un compteur d'eau
- Un tronçon de la conduite de refoulement

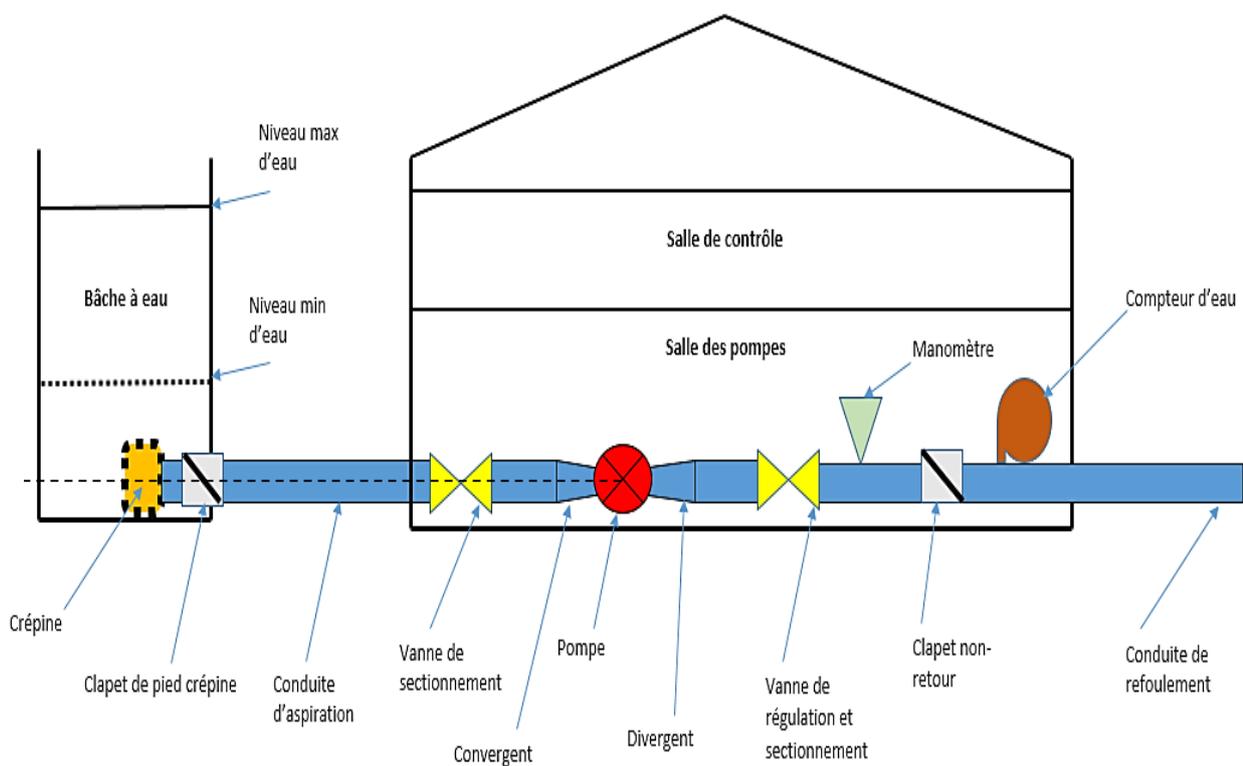


Figure21 : Les accessoires hydrauliques prévus dans chaque station avant et après la pompe

III-6) Calcul de rendement [18,41]

III-6-1) La puissance absorbée (P_a)

La puissance absorbée par la pompe (en Joules/s ou en Watts) est égale au travail effectué par la pompe, pendant l'unité de temps, pour élever le débit d'eau Q (en m^3/s) à une hauteur HMT (en m).

$$P_a = \frac{PU}{RG}$$

III-6-2) La puissance fournie (P_f) ou (P_u)

$$P_f = \rho \times g \times Q \times H$$

Équation 7

III-6-3) Le rendement global de la pompe η (RG) :

Le rendement de la pompe η (sans parler de celui du moteur) est égal au rapport de la puissance fournie P_f sur la puissance absorbée P_a . Le rendement η est toujours inférieur à 1, comme dans tout système de transformation d'énergie.

$$\eta = \frac{P_f}{P_a}$$

Équation 8

Détermination de la vitesse de rotation (N)

$$N_s = N \cdot (Q_0)^{0,5} / (H_0)^{0,75} \quad (N = \text{tr}/\text{min}, Q = m^3/s, H = m)$$

- Q_0 = Débit par aspiration = Q_t/m
- Q_t = Débit total de la pompe
- m = nombre d'aspiration

- $H_o = HMT / \text{roue} = H_t/v$
- $H_t = HMT$ de la pompe
- $v = \text{nombre de roues} / \text{aspiration}$

Du fait que les pompes centrifuges sont les plus pratiques, rentables et nécessitant le moins d'entretien, on opte pour ce genre de pompe.

Les pompes centrifuges sont caractérisées par des vitesses spécifiques

$$N_s < 30$$

Par rapport à la relation ci-dessus, on aura :

$$N \times Q_o^{0.5} / H_o^{0.75} < 30$$

On a :

$$N < N_s \times (H_o)^{0.75} / (Q_o)^{0.5}$$

Donc,

$$N < 30 \frac{\left(\frac{H_t}{v}\right)^{0.75}}{\left(\frac{Q_t}{m}\right)^{0.5}}$$

Équation 9

1) La station PSF

Type de pompe : Pompes centrifuge à ligne d'arbre vertical et 1 refoulement mono ou multicellulaire

HMT = Ht (m)	Nombre Roue / aspiration	H (m)	Nombre Aspiration	Qt (m3/s)	Q/aspiration (m3/s)	Ns	N (tr/min)
200	1	200	1	3	3	30	921,16
200	2	100	1	3	3	30	547,72

Donc, si la pompe sera munie de 1 roue, la vitesse de rotation $N < 921$ tr/min.

Si elle sera munie de 2 roues, la vitesse de rotation $N < 547$ tr/min.

Pour réduire les risques de cavitation de la pompe, on préfère utiliser N minimale. Finalement, les pompes de la station de pompage flottante (SPF) auront des vitesses de rotation $N < 547$ tr/min

2) Les autres stations de pompage

Type de pompe : Pompes centrifuge à joint de plan horizontal à 2 aspirations et 1 refoulement mono ou multicellulaire

HMT = Ht (m)	Nombre Roue / aspiration	H (m)	Nombre d'aspiration	Qt (m3/s)	Q/aspiration (m3/s)	Ns	N (tr/min)
200	1	200	2	3	1,5	30	1302,71
200	2	100	2	3	1,5	30	774,60

Donc, si la pompe sera munie de 1 roue, la vitesse de rotation $N < 1302$ tr/min.

Si elle sera munie de 2 roues, la vitesse de rotation $N < 774$ tr/min.

Pour réduire les risques de cavitation de la pompe, on préfère utiliser N minimale. Finalement, les pompes des différentes stations de pompage auront des vitesses de rotation $N < 774$ tr/min

Il est important de signaler que les vitesses de rotations calculées, ci-dessus, ne seront finalisées qu'après vérification du $[NPSH]_{Req}$. La théorie des pompes centrifuges, à travers les lois de similitude, indique que l'augmentation de la vitesse de rotation (N) va faire augmenter la pression (H), le débit, le rendement global (R_g) et la taille de la pompe et du moteur. Donc, on a intérêt à choisir les plus grandes valeurs de N . D'un autre côté, la théorie de la cavitation des pompes centrifuge renseigne que le risque de cavitation augmente avec l'augmentation de la vitesse de rotation (N). Donc, on a intérêt à choisir les plus basses valeurs de N ! Paradoxalement, d'un côté, l'augmentation de N augmente le rendement global, et d'un autre côté, la même augmentation de N fait augmenter le risque de cavitation.

III-7) Conclusion

Dans les systèmes d'addiction par refoulement les pompes sont le cœur du système, dans ce chapitre à partir des calculs et les courbes caractéristiques on a choisi le type des pompes centrifuge dans les différentes stations

- La Station de pompage flottant (SPF) : pompe verticale à linge d'arbre
- La Station de pompage simple (SP) : les pompe à plan de joint

CHAPITRE IV

Sécurité de projet

IV - sécurité de projet

IV-1) Introduction

Lors de la conception d'un réseau d'AEP il y a deux phénomènes la cavitation et le coup de bélier qui impose un risque sur le réseau. Dans ce chapitre on doit calculer les valeurs caractéristiques de ces phénomènes pour protéger le système et les équipements du Transfert. Comment va calculer leurs valeurs pour sécuriser le réseau ?

IV-2) La cavitation :

La cavitation est la vaporisation d'un fluide soumis à une pression inférieure à sa pression de vapeur. Ce phénomène se manifeste par la formation, au sein de l'écoulement, de bulles, poches, tourbillons ou torches de vapeur. Dans les pompes, ces structures de vapeur apparaissent dans les zones de faible pression à l'entrée des aubes de roue et sont transportées dans les zones à plus haute pression. Sous l'action du gradient de pression, elles implosent (explosion vers l'intérieur) dès que la pression locale dans l'écoulement redevient supérieure à la pression de vapeur. Ces implosions produisent des micro jets et des surpressions (onde de choc) qui peuvent atteindre plusieurs centaines, voire milliers de bars. [20]

IV-2-1) NPSH requis: [18,41]

$$[\text{NPSH}]_{\text{Req}} = (N/S)^{4/3} \cdot Q^{2/3}$$

Avec :

N : la vitesse de rotation (tr/min).

S : Vitesse spécifique d'aspiration. $153 < S < 155$ (Intervalle usuel)

Q : le débit d'aspiration (m^3/s)

IV-2-2) NPSH disponible :

La capacité d'aspiration NPSH disponible est la charge absolue à l'aspiration (en m) [18,41]

$$\text{NPSH}_{\text{dis}} = \bar{\tau}H_g + P_{\text{atm}} - \Delta H_{\text{asp}} - h_p$$

Équation 10

Où

P_{atm} : La pression atmosphérique

Hg: La différence d'altitude entre la surface d'eau d'aspiration et celle de refoulement.

ΔH_{asp} : Les pertes de charge dans la partie aspiration.

h_p : La tension de vapeur (m CE).

On définit aussi, en fonction du débit, la condition d'apparition de la cavitation, par la mise en vitesse dans la pompe, par NPSH requis. Pour éviter que la cavitation apparaisse, il faut que l'on ait :

	ΔH_{asp} (m)	P_B (m)	P_v (m)	COTE (m)	T (C°)	NPSH _{DIS} (m)	N	S	Q_{ASP} M ³ /s	NPSH _R	$H_g(m)>$
SPF	1,0	9,556	0,590	520,00	35	8,97	547,72	154,00	3,00	11,29	3,32
SP1	1,0	9,334	0,594	700,00	35	8,74	774,60	154,00	1,50	11,29	3,55
SP2	1,0	9,152	0,594	880,00	35	8,56	774,60	154,00	1,50	11,29	3,73
SP3	1,0	8,958	0,594	1060,00	35	8,36	774,60	154,00	1,50	11,29	3,93

$$H_g > [NPSH]_{Req} + \Delta H_T - P_B + P_V$$

$H_g > 3.32$ pour la station flottante SPF et $H_g > 3.93$ pour les stations de pompage SP

IV-3) Coup de bélier [18,41]

IV-3-1) Notion sur l'étude du coup de bélier dans les systèmes de pompage

Lors de la conception d'un réseau, les risques éventuels de coups de bélier doivent être étudiés et quantifiés, afin de mettre en œuvre les protections qui s'imposent, notamment dans le cas de canalisations de refoulement. Lorsque les dispositifs de protection n'ont pas été prévus, Les surpressions peuvent entraîner dans des cas critiques la rupture de certaines canalisations ne présentant pas de coefficients de sécurité suffisants. Les dépressions peuvent créer des poches de cavitation dangereuses pour les canalisations et pour les appareils de robinetterie.

Lorsque l'on modifie brutalement la vitesse d'un fluide en écoulement dans une canalisation, il se produit un violent changement de pression. Ce phénomène transitoire, appelé coup de bélier, apparaît généralement lors d'une intervention sur un appareil appartenant au réseau (pompes, vannes...). Des ondes de surpression et de dépression se propagent le long de la canalisation à une vitesse "a" appelée célérité de l'onde.

Les coups de bélier peuvent prendre naissance aussi bien dans les conduites gravitaires que dans les refoulements. Ils ont pour origine quatre causes principales :

- le démarrage et l'arrêt des pompes,
- la fermeture des vannes, bornes, appareils d'incendie ou de lavage,
- la présence d'air,
- la mauvaise utilisation des appareils de protection.

Kerr en 1949, a monté des questions qui permettront de décider de ce qu'il faut faire avant l'entame d'une étude spécifique.

Les réponses apportées aux 12 questions indiqueront le degré de gravité du problème des surpressions.

- 1) Y a-t-il des points élevés (bosses) sur le profil de la conduite principale de transmission où l'apparition d'un vide peut provoquer une séparation de la colonne d'eau lorsque la pompe est arrêtée ?
- 2) La longueur de la conduite principale est-elle inférieure à 20 fois la HMT de la pompe ?
- 3) La vitesse maximale d'écoulement dans la conduite principale dépasse-t-elle 1,22 m/sec ?
- 4) Le facteur de sécurité du tuyau est-il inférieur à 3,5 (lié à la résistance ultime) pour les pressions de fonctionnement normales ?
- 5) Quel est le taux de décroissance de la colonne d'eau si la pompe est arrêtée ? La colonne va-t-elle s'arrêter et inverser son sens d'écoulement en un temps moins que le temps critique ($2L/C$) de l'onde pour le réseau de transport ?
- 6) Le clapet anti-retour se fermera-t-il en un temps moins que le temps critique ($2L/C$) pour la conduite principale ?
- 7) Est-ce qu'il y a des vannes automatiques à fermeture rapide réglées pour s'ouvrir ou se fermer en moins de 5 secondes ?
- 8) La pompe ou son moteur d'entraînement serait-il endommagé s'il était autorisé à fonctionner à l'envers, jusqu'à atteindre sa pleine vitesse ?

- 9) La pompe s'arrêtera-t-elle avant que la soupape de refoulement ne soit complètement fermée ?
- 10) La pompe démarrera-t-elle avec la vanne de refoulement ouverte ?
- 11) Est-ce qu'il y a des stations de surpression greffées sur la conduite principale qui dépendent du fonctionnement du système ?
- 12) Est-ce qu'il y a des vannes automatiques à fermeture rapide utilisées dans le système de pompage ?

Pronostic

- a) Si les réponses sont toutes négatives, il n'y a pas lieu de s'inquiéter du coup de bélier. Vraisemblablement, il va y avoir des surpressions, mais elles seront sans gravité pour le système.
- b) Si la réponse à l'une (1) de ces questions est affirmative, il y a une forte possibilité que de graves surpressions se produiront.
- c) Si la réponse à deux (2) ou plusieurs des questions est affirmative, les surpressions se produiront probablement avec une gravité proportionnelle au nombre de réponses affirmatives

Pour notre projet, on a :

Selon l'auteur Kerr, si une réponse est affirmative (Oui), il y a une forte probabilité que de graves surpressions se produiront. Dans notre cas, sur les 12 questions, sept (7) au moins sont positives. Donc, il est obligatoire de faire une étude complète du phénomène et d'en déduire les protections nécessaires.

Dans ce projet, nous utiliserons la méthode des abaques de Puech-Meunier pour la dépression et l'abaque de Dubin-Gueneau, pour la surpression. La méthode est détaillée, avec de multiples exemples, dans l'ouvrage de A. Morel, « Exercice de Mécanique des Fluides, Tome 2

IV-3-2) Cas de la dépression

La méthode repose sur le calcul des paramètres suivants :

A)

- K = Paramètre qui caractérise les pertes de charge = $(H_{abs} - H_0) / H_0$
- A = Paramètre qui caractérise la conduite de refoulement = $a.V / (9,81 \cdot H_0)$
- B = Paramètre qui caractérise le volume d'air du réservoir (ballon) anti-bélier = Famille des enveloppes (courbes) des dépressions admissibles.

Ces courbes « B » sont données dans les abaques. D'un point de vue pratique et calcul, il faut que tous les points du profil en long soient inférieurs, d'au moins 3 m de pression, pour garantir la non mise en dépression de la conduite. Pour être à l'abri de tout risque de dépression on travaillera toujours avec une marge de 5 m.

$$U_0 = V^2.L.S/(9,81.H_{abs}.B)$$

U_0 = Volume d'air minimal du réservoir anti-bélier qui peut résister à la dépression (m³)

$$S = \pi.ID^2/4$$

ID = Diamètre intérieur de la conduite

$U_{max} = U_0.(H_{abs}/P_{min})^{0,833}$ (En supposant que l'évolution de l'air à l'intérieur du réservoir, est intermédiaire entre l'isotherme et l'adiabatique)

U_{max} = Volume maximal (eau + air) du réservoir anti-bélier.

P_{min} = Correspond à la valeur de la courbe (B) pour X/L = 0 (Déterminée sur l'abaque sélectionné)

$$H_{abs} = HMT + 10 = (\Delta H_T + \Delta Z) + 10$$

$$H_0 = H_g + 10 = \Delta Z + 10$$

H_g = Hauteur géométrique = Différence de cote entre la cote de départ (réservoir d'aspiration) et la cote d'arrivée

a = Célérité de l'onde dépendant du type du matériau de la conduite (m/s) pour le PRV = 600m/s

V = Vitesse moyenne d'écoulement permanent (m/s)

B) Une fois les 3 paramètres calculés (K, A, B), on choisit l'abaque correspondant.

Dans la partie haute de chaque abaque, on trouve A et K. Bien sûr, toujours choisir, A et K qui soient > à K et A calculés, ci-dessus.

Une fois l'abaque choisit, on trace le profil en long, comme indiqué ci-dessous.

- L'axe Y de l'abaque est donné sous forme de $(P_{min}/H_0) = (\Delta Z' + 10) / (H_g + 10)$
 $\Delta Z' = Z'_{final} - Z'_{initial}$
- L'axe X de l'abaque est donné sous forme de (X/L)

IV-3-3) Cas de la surpression

L'étude de la surpression sera effectuée après détermination, sur l'abaque, des 2 paramètres :

- $\alpha.V^2/H_0$ et $\alpha = \frac{\left(\frac{ID^2}{0,6.d^2} - 1\right)^2}{2.g}$ (1)

- P_{max}/H_0 (2)

En utilisant l'abaque de Dubin-Gueneau, pour trouver A, B et

Pour se protéger contre le coup de bélier par surpression il faut que la canalisation de branchement, entre le réservoir et la conduite maitresse, soit équipée d'un clapet anti retour ne laissant passer l'eau que dans la direction ballon-conduite. Le clapet sera by-pass par un diaphragme à bords vifs dont le diamètre sera de d en m. Dans le sens Conduite-Réservoir, l'eau passera à travers le diaphragme.

Finalement, pour que la conduite soit protégée sur sa longueur, il faut l'équiper d'un réservoir anti-bélier de volume total égal à 50 m³ dont 6,52 m³ d'air comprimé. Ce réservoir servira comme protection contre le coup de bélier par dépression.

IV-3-4) Calcul des réservoirs anti-bélier

L'application de la théorie citée, ci-dessus, a permis de préciser les volumes des réservoirs anti-bélier ainsi que les diamètres des diaphragmes.

Station de pompage	Volume d'air comprimé dans le réservoir U_0 (m ³)	Volume total (air + eau) du réservoir U (m ³)	Diamètre du diaphragme d (mm)
SPF	18,2	44,07	215
SP2	4,23	26,49	191
SP3	8,47	22,38	191
SP4	20,01	36,61	239

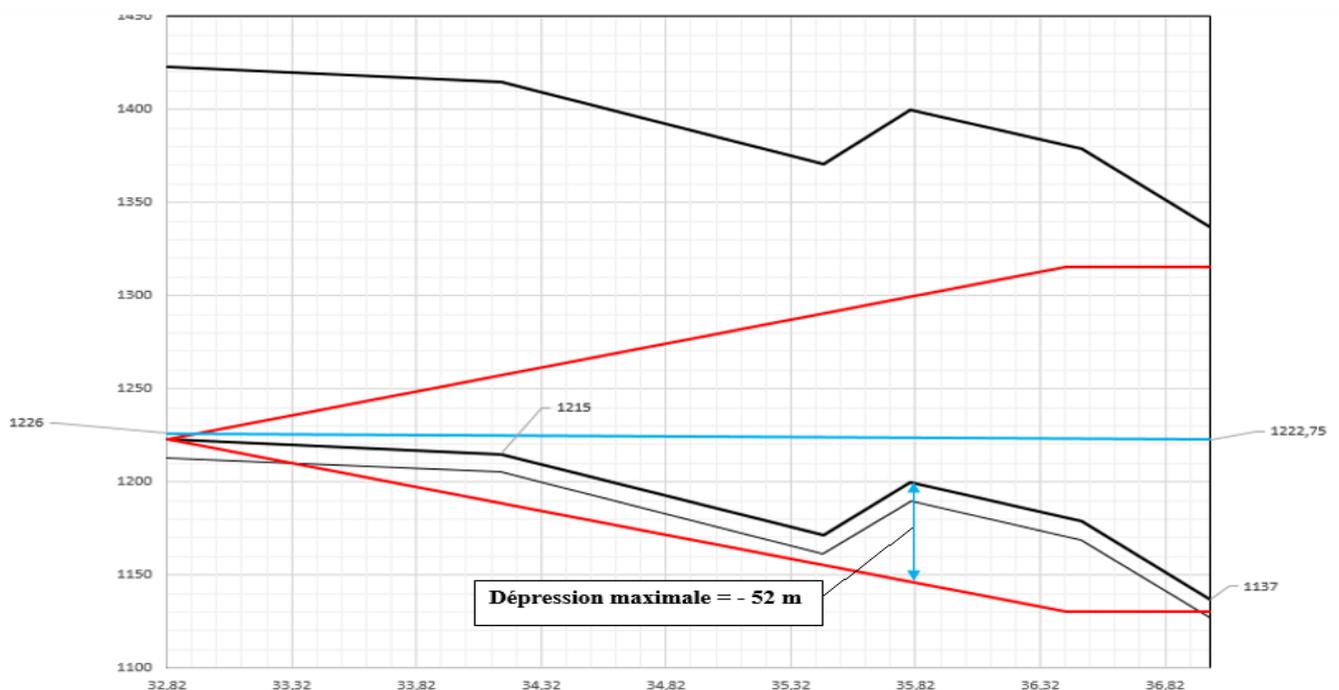


Figure 22 : Évolution du coup de bélier durant une fermeture graduelle de la vanne de durée $< 14,33 \text{ sec} = 2.L/a$

Les volumes qu'on a trouvé ce sont des volumes de calcul. Les volumes standards (normalisés) sont donnés par les constructeurs des réservoirs.

En ce qui concerne l'adduction gravitaire, la méthode des enveloppes de surpression et de dépression permet de voir qu'en cas d'un coup de bélier, seules les dépressions seront importantes

On peut réduire, de beaucoup, l'intensité du coup de bélier en prolongeant la durée de fermeture de la vanne d'extrémité aval. Dans ce sens, une durée de fermeture > 20 secondes fait éviter tout risque de dépression.

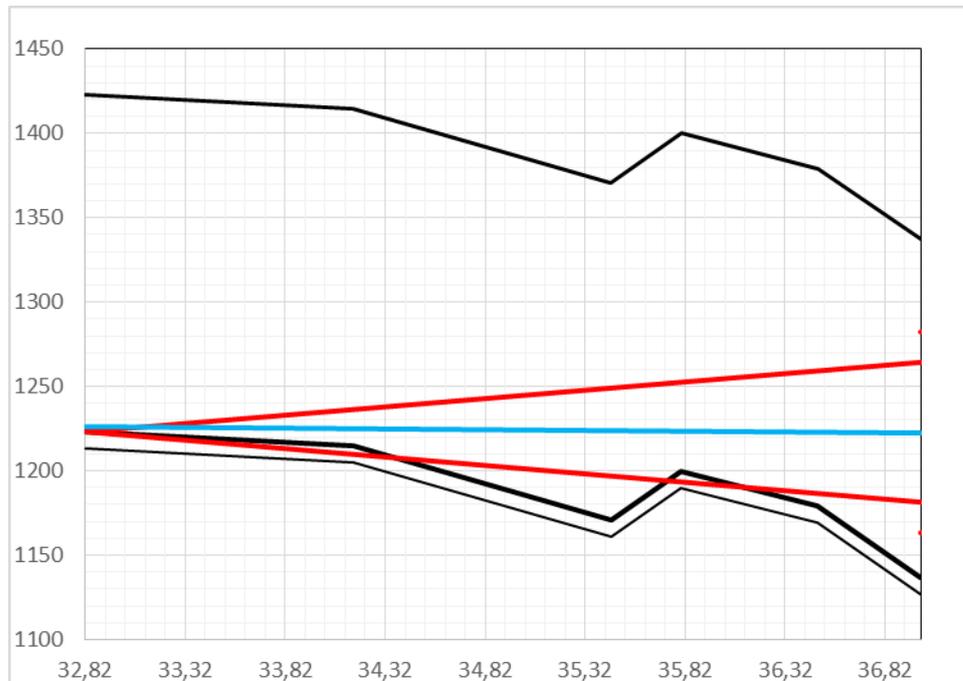


Figure 23 Évolution du coup de bélier durant une fermeture graduelle de la vanne de durée > 20 sec

IV-3-5) Prévention

Les protections à mettre en œuvre pour limiter un coup de bélier à une valeur admissible sont diverses et adaptées à chaque cas. Elles agissent soit en ralentissant la modification de la vitesse du fluide, soit en limitant la surpression par rapport à la dépression. L'utilisateur doit déterminer l'enveloppe de surpression et de dépression créée par le coup de bélier, et juger, d'après le profil de la canalisation, du type de protection à adopter :

- ✓ Volant d'inertie sur pompe,
- ✓ Soupape de décharge,
- ✓ Ballon à air ou ARAA (à régulation d'air automatique),
- ✓ Aspiration auxiliaire,
- ✓ Cheminée d'équilibre.

Le ballon anti-bélier est d'utilisation courante. Il a deux fonctions :

- ✓ Limiter la surpression (perte de charge contrôlée par un clapet)
- ✓ Éviter la cavitation (vidange du ballon).

En cas d'arrêt brusque d'une pompe, la dépression est compensée par un débit fourni par la vidange du ballon. Lors de l'inversion du flux d'eau, l'énergie de la masse d'eau est transformée en pertes de charge par remplissage du ballon à travers le clapet calibré.

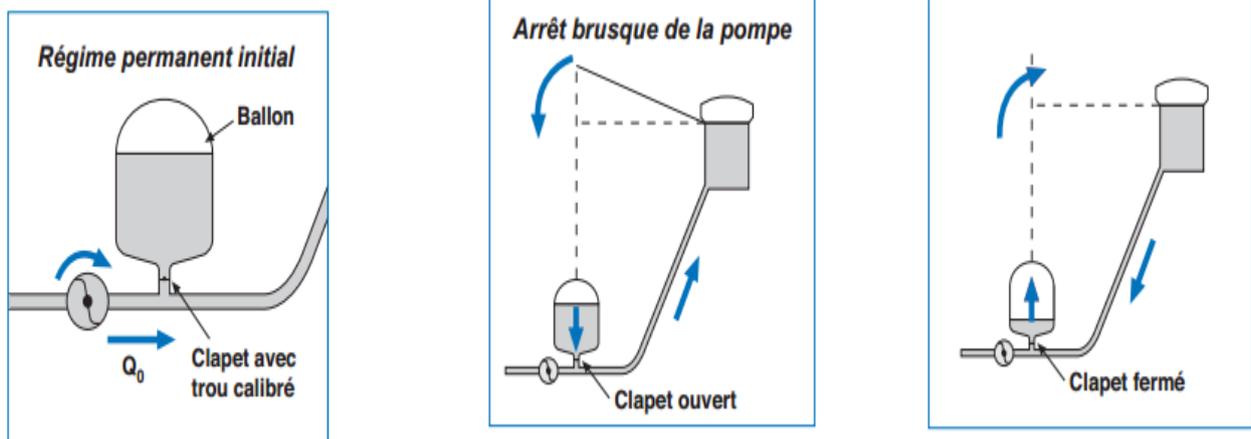


Figure 24 : phénomène de coup de bélier

IV-4) Conclusion

Après les calculs, on conclure que :

- Pour éviter la cavitation des pompes de projet on doit prendre une hauteur géométrique H_g supérieure à 4m pour les quatre stations (5m pour une marge de sécurité).
- Pour un bon fonctionnement de réseau contre le phénomène de coupe de bélier on place des réservoirs anti bélier de volume supérieur à $44,07 \text{ m}^3$ pour la station SPF et de $V_1 > 26,49 \text{ m}^3$, $V_2 > 22,38 \text{ m}^3$ et $V_3 > 36,61 \text{ m}^3$ respectivement pour les trois stations de pompage SP1, SP2 et SP3.

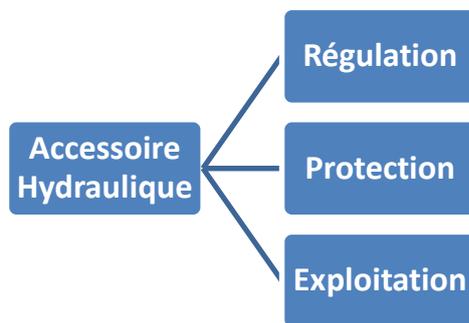
CHAPITRE V
Les accessoires
hydrauliques

I. Les accessoires hydrauliques [42,43]

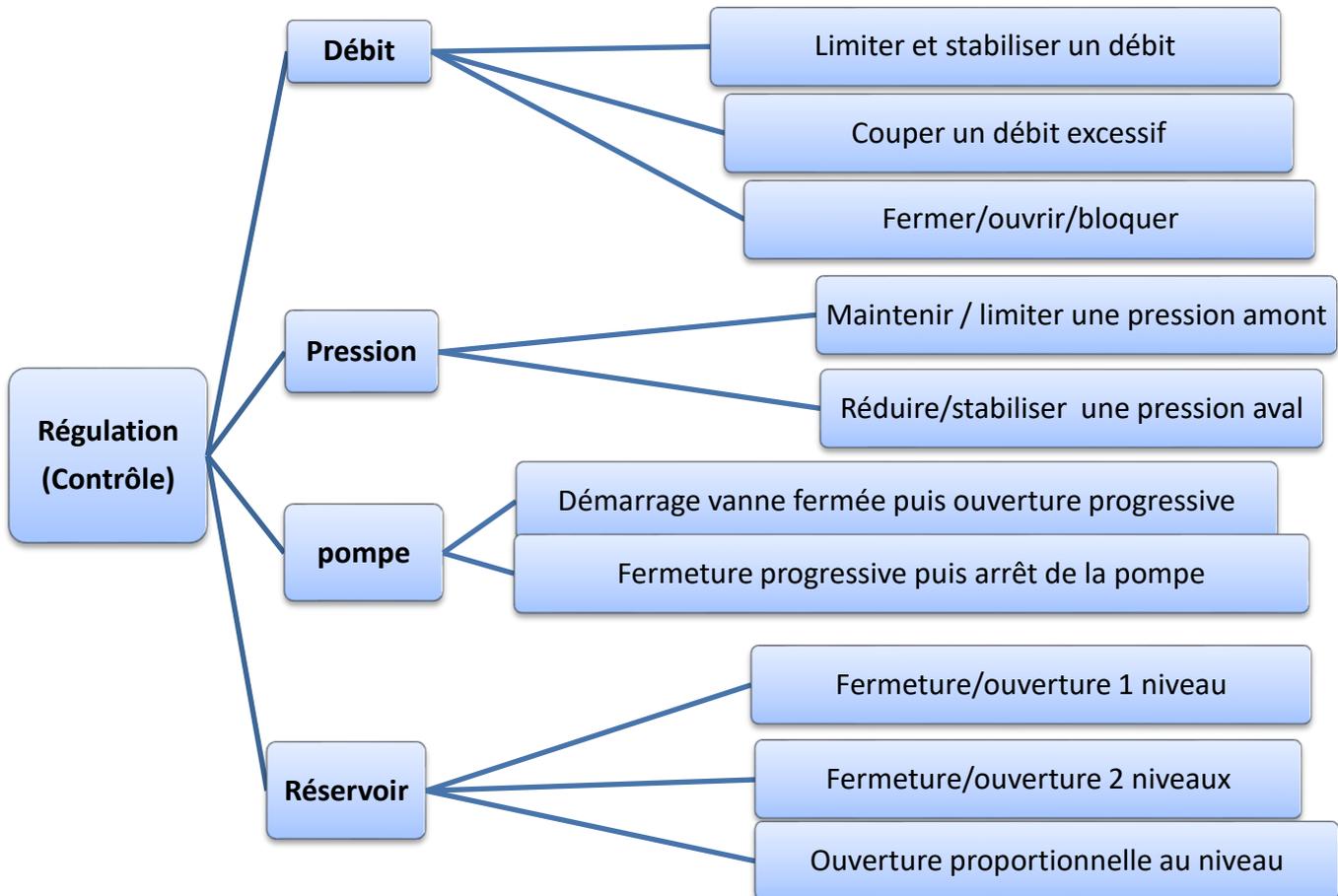
V-1) Introduction

Les adductions d'eau n'ont que très rarement une pente régulière. Ces variations de pente forment ainsi dans l'adduction des points hauts et des points bas qu'il est indispensable de repérer voire même de renforcer en soulignant les changements de pente. Car ces changements seront l'occasion de placer soit des vidanges (point bas) soit des purges d'air (point haut). Le présent chapitre décrit les accessoires du système d'AEP du projet. Il définit les vannes, les venteuses et les vidanges pour la réalisation du projet. Quelle sont les accessoires utiliser dans notre projet ?

V-2) Généralité sur les accessoires :



Régulation (Contrôle) La tache de régulation est généralement accomplie par des vannes spéciales



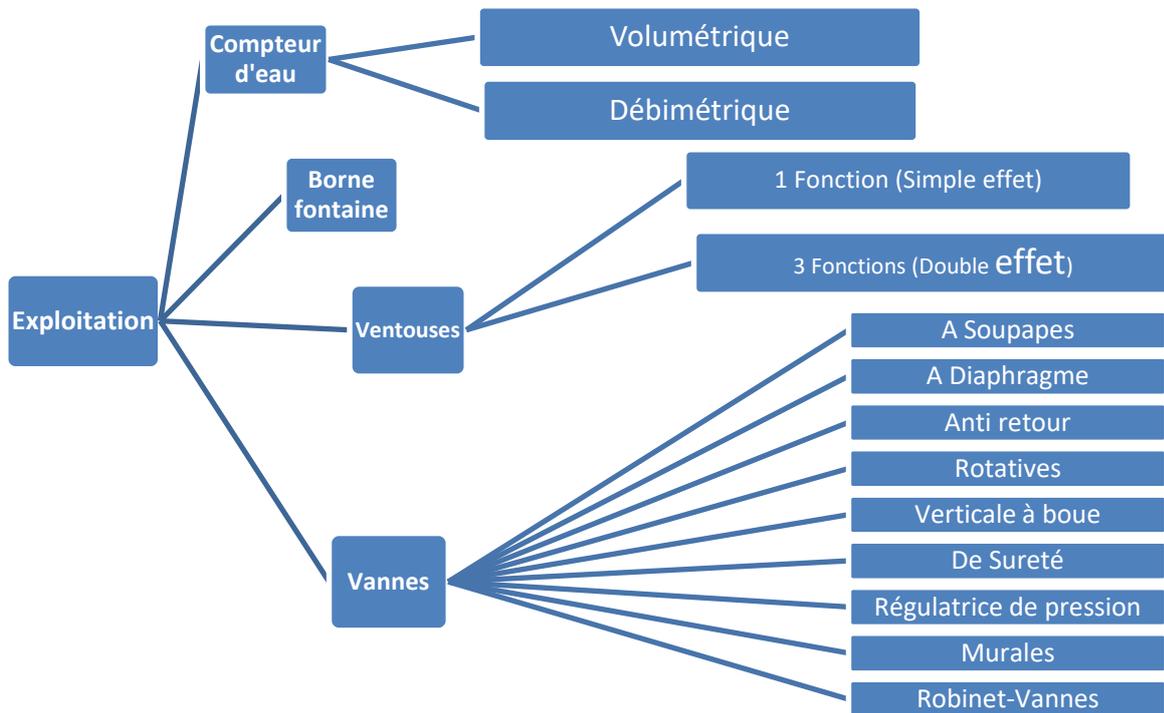
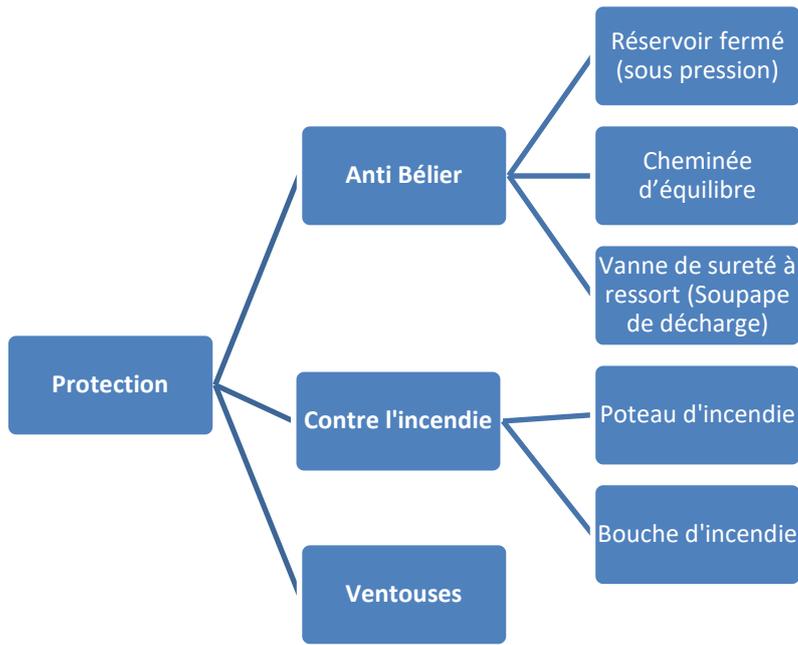


Table1 Sélection des vannes selon le type de fonction [42,43]

Type de vanne	Type de fonction	
	Sectionnement (On-off)	Régulation
1) Vanne à Soupape (Globe valve)	Oui	Oui
2) Vanne Rotative à Boisseau Tronconique ou Cylindrique (Plug valve)	Oui	Possible
3) Vanne Rotative à Boisseau Sphérique (Ball valve = Spherical plug valve)	Oui	Possible
4) Vanne Rotative à Papillon (Butterfly valve)	Oui	Oui
5) Vanne à Passage Direct (Gâte valve)	Oui	Non
6) Vanne à Diaphragme (Diaphragm valve)	Oui	Possible
7) Vanne à Pointeau (Needle valve)	Oui	Oui
8) Vanne à Pincement de Tuyau (Pinch valve)	Oui	Non

Table2 . Sélection des vannes selon le type de fonction [42,43]

Type de vanne	Eau potable	
	Brute	Claire
1) Vanne à Soupape (Globe valve)	X	G
2) Vanne Rotative à Boisseau Tronconique ou Cylindrique (Plug valve)	G	G
3) Vanne Rotative à Boisseau Sphérique (Ball valve = Spherical plug valve)	E	E
4) Vanne Rotative à Papillon (Butterfly valve)	G	G
5) Vanne à Passage Direct (Gate valve)	G	E
6) Vanne à Diaphragme (Diaphragm valve)	G	-
7) Vanne à Pointeau (Needle valve)	E	E
8) Vanne à Pincement de Tuyau (Pinch valve)	G	G

(X : Ne convient pas – E : Excellente – G : Bonne – F : À éviter)

Les placements des vannes dans notre projet dans :

- ✓ Une vanne de sectionnement avant les baches d'eau de chaque station de pompage SP.
- ✓ Une vanne de sectionnement et régulation après les baches d'eau de chaque station de pompage SP.
- ✓ Des vannes de sectionnement avant les pompes (coté d'aspiration) de chaque station de pompage SP.
- ✓ Des vannes de sectionnement et régulation après les pompes (côté de refoulement) de chaque station de pompage SP.
- ✓ Une vanne de sectionnement avant le bassin d'équilibre BE.
- ✓ Une vanne de sectionnement et régulation après le bassin d'équilibre BE.
- ✓ Une vanne de sectionnement au point final de la canalisation (entre du barrage ELMAHOUNE).
- ✓ Des vannes de sectionnement avant les pompes (côté d'aspiration) de la station de pompage flottante SPF.
- ✓ Des vannes de sectionnement et régulation après les pompes (côté de refoulement) de la station de pompage flottante SPF.
- ✓ On peut utiliser tous les types des vannes comme des vannes de sectionnement sauf les vannes à soupape (Globe valve)
- ✓ Pour les vannes de régulation on peut utiliser les vanne Rotative à Papillon (Butterfly valve), Vanne à Pointeau (Needle valve)

V-3) LES VENTOUSES (Air Valves) [18,41]

La mission originelle des ventouses est de permettre la sortie de l'air contenu dans les tuyaux. Avec le temps et les innombrables problèmes rencontrés sur le terrain, les scientifiques ont vu que les ventouses doivent accomplir les missions ci-dessous :

- Mission 1. Laisser sortir l'air, en petite quantité quand on exploite un réseau,
- Mission 2. Chasser l'air, en grande quantité, quand on remplit un réseau,
- Mission 3. Laisser entrer l'air, en grande quantité, quand on veut vidanger un réseau.

Les différents types de ventouses

Par rapport aux différentes missions accomplies par les ventouses, on a les types suivants :

- Ventouse à petit orifice, appelé encore, purgeur ou ventouse 1 fonction (V1)
- Ventouse à gros orifice, appelé encore, ventouse 2 fonctions (V2)
- Ventouse combinée, appelée encore, ventouse 3 fonctions (V3). $V3=V1+V2$



Figure 25 : 1Ventouse à petit orifice V1



Figure 26 : Ventouse à gros orifice V2



Figure27 : Ventouse combinée V3

V-4) Les vidanges :

Il est facile d’imaginer que l’eau qui émerge de terre, parfois avec une certaine vitesse, entraîne dans ses turbulences des corps inertes (poussière, sable ou petits cailloux) qui vont, à l’occasion d’un écoulement plus régulier et moins agité, venir se déposer dans les points bas des adductions. On comprend donc aisément l’intérêt qu’il y a de disposer d’une vidange qui permettra de temps à autre, de vider l’adduction en entraînant ainsi l’ensemble des débris qui obstruent les tuyaux.

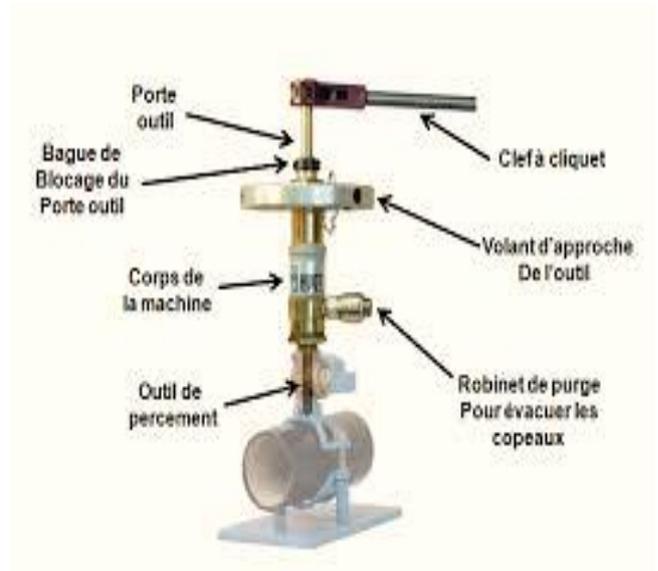
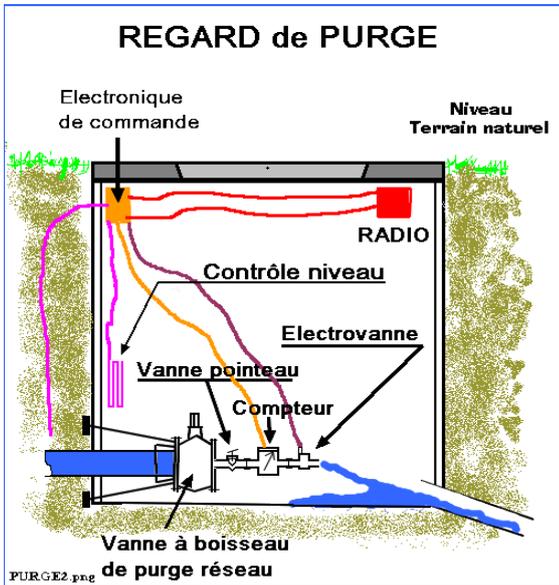


Figure28: LES vidanges [18,41]

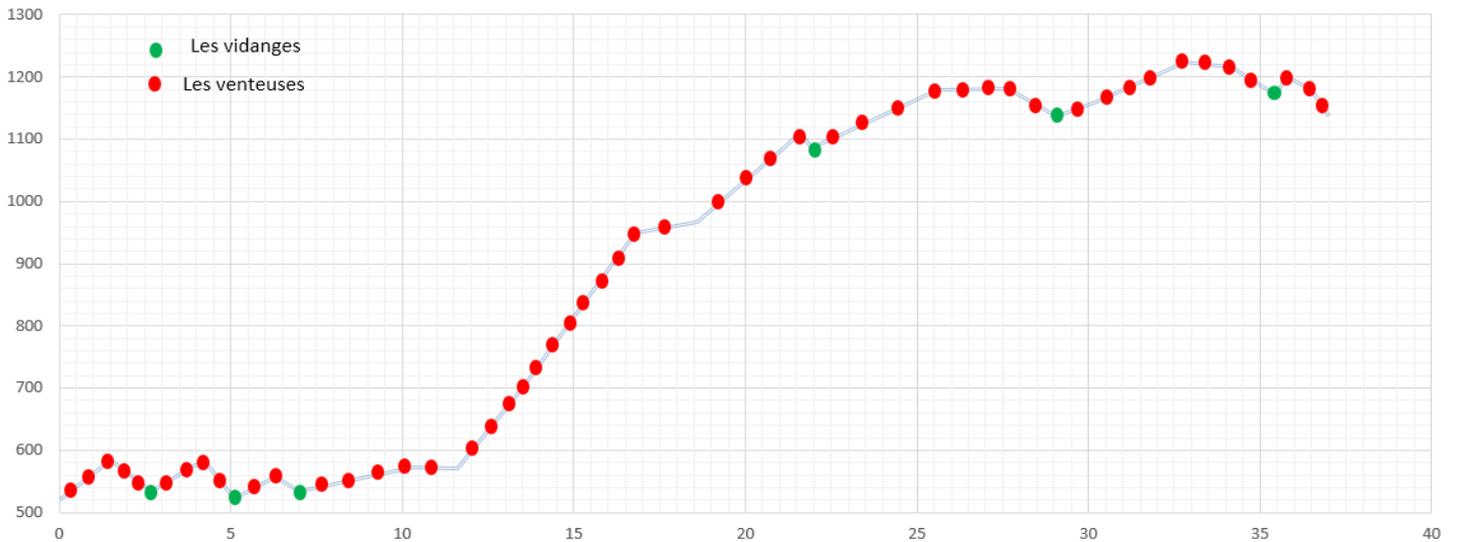


Figure 29 courbe de la vidange et les venteuses

V-5) LES CLAPETS ANTI-RETOUR - CNR (Check Valves) [18,41]

Les clapets anti retour, ou clapets de non-retour (CNR), sont utilisés pour permettre un écoulement dans un seul sens. En effet, si l'écoulement s'inverse ou s'annule, ces clapets se fermeront automatiquement. Dans ce sens, les CNR se comportent comme des vannes de sectionnement. Beaucoup de praticiens, considèrent les clapets comme un type spécial de vanne de sectionnement, à l'image des vannes à passage direct (robinets-vannes)

Généralement, là où il y a pompage, il y a un CNR pour prévenir les débits et vitesses qui peuvent s'inverser, suite à des arrêts brusques de la pompe. Ces dernières réagissent très mal, vis-à-vis des vitesses inversées, appelées vitesses de dévirage. Il y a risque de dévissage des parties mécaniques et risque sur le moteur électrique qui sera forcé de tourner dans un sens contraire à son sens de dimensionnement, de travail, de rotation normale. La présence d'un CNR à proximité d'un réservoir anti-bélier est presque toujours accompagnée par la création d'un coup de bélier spécifique appelé « coup de clapet ».

V-6) Choix et dimensionnement des CNR

L'élément le plus critique dans le dimensionnement des CNR est l'existence d'une pression et d'une vitesse minimale capables de laisser le clapet toujours en position ouverte. Donc, si le débit (vitesse) baisse, il ne faut pas que le clapet commence à fermer. C'est exactement comme une vanne de sectionnement, s'il est présent dans un réseau, il doit être totalement ouvert ou totalement fermé. Il ne fait pas de régulation.

Les techniciens estiment qu'il faut garantir des chutes de pression, à travers le CNR, de l'ordre de 0,07 bars. En dessous de ces 0,07 bars, l'élément mobile commence à flotter (cycles d'ouvertures et de fermetures) de façon non contrôlée ce qui aura pour conséquence sa casse.

La chute de pression maximale, à ne pas dépasser se trouve aux environs de 0,7 bars. De plus grandes chutes de pression, sont synonymes de sévères érosion de l'élément mobile du clapet. En matière de vitesses de transit, les spécialistes parlent de vitesse maximale, à l'entrée des clapets, de l'ordre de 3,4 m/s. Pour la vitesse minimale, à garantir, juste avant l'entrée du CNR, elle se situe entre 1,8 et 2,1 m/s. Néanmoins, pour les CNR à battant double, une vitesse de 0,9 m/s serait suffisante.

Sur une conduite ou dans une station de pompage, le clapet de non-retour est un organe à fonctionnement fréquent. On constate statistiquement qu'un nombre important de coups de bélier dangereux sont dus à l'inadaptation du clapet à l'installation. Par exemple, dans une station de

pompage, lors de l'arrêt d'une pompe, l'écoulement dans la conduite est ralenti, puis arrêté et inversé. Le clapet, rappelé par son poids, son ressort ou par l'écoulement inversé, se ferme.

L'expérience et les calculs montrent que l'inversion de l'écoulement peut être très rapide (de 1/100 à 1/10 de seconde). En conséquence, le clapet doit se fermer rapidement avant que l'écoulement ne soit inversé, sinon il coupe instantanément un débit négatif, ce qui va :

- Provoquer l'application brutale du battant sur son siège, d'où un choc bruyant,
- Engendrer un coup de bélier, a front d'onde raide (brusque) = coup de clapet

Les Chocs et les coups de bélier soumettent le matériel à des contraintes pouvant aller jusqu'à la rupture.

Ces problèmes sont accentués en présence d'un réservoir anti-bélier (RAB). Dans le tronçon, généralement très court qui sépare la pompe du RAB, on assiste à une inversion très rapide de l'écoulement, ce qui exige du clapet une manœuvre également très rapide. C'est également le cas lors de l'arrêt d'une pompe, lorsque plusieurs pompes fonctionnent en parallèle.

Les types des clapets anti retour :

- ✓ CNR à Battant Simple (Swing Check Valve)
- ✓ CNR à Disques Concentriques (Nozzle Chek Valve)
- ✓ CNR à Battant Double (Dual Disc Check Valve)
- ✓ CNR à Boule (Ball Chek Valve)
- ✓ CNR Guidé (Silent Check Valve)
- ✓ CNR à Piston (Piston Check Valve)
- ✓ CNR à Charnière Souple (Resilient Hinge Swing Check)
- ✓ CNR à Disque Incliné (Tilted Disc Check Valve)



CNR à Battant Simple



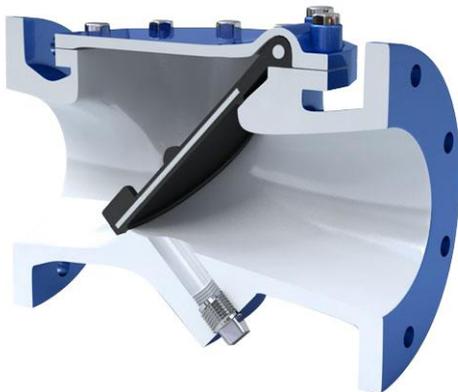
CNR à Battant Double



CNR à Boule



CNR à Piston



CNR à Charnière Souple



CNR à Disque Incliné

Figure30: les types de CNR

V-7) Conclusion :

On conclure que les vannes et deux méthodes de purge présentent l'avantage sur d'autres systèmes (tels les bacs brise charge qui ont également la propriété de purger le système) de conserver la pression dans l'adduction. Aussi pour contrôler le système d'adduction.

CHAPITRE VI
La
comparaison
entre les études

VI-1) Introduction

Dans ce chapitre, nous allons comparer entre le projet actuellement et notre étude en essayant de prendre tous les points en considération et même l'amélioration que notre projet peut l'ajouter.

VI-2) La comparaison entre le projet actuelle et notre travail [16,17,34,35,36,37]

Projet	Projet actuellement	Mon étude de projet
Les stations de pompage SP		
La prise d'eau	Station de relevage	Station flottante SPF
Les pompes	04 pompes + 01 pompe de secoure	02 pompes + 01 pompe de secoure
Debits	1.5 m3/s (par pompe)	3 m3/s (par pompe)
Longueur de la conduite de refoulement (m)	15	13500
Type des pompes	Pompe immergée	Pompe verticale à ligne d'arbre
La cote	530	520
HMT (m)	21.2	186.27
Les pertes de charge (m)	1.2	6.7
Les stations de pompage SP1	SP1	SP1
Les pompes	04 pompes + 01 pompe de secoure	02 pompes + 01 pompe de secoure
Debits	1.5 m3/s (par pompe)	3 m3/s (par pompe)
Longueur de la conduite de refoulement (m)	5 072	2500
Type des pompes	Pompes à plan de joint	Pompes à plan de joint
La cote	540	700
HMT (m)	9,7	181.16
Les pertes de charge (m)	260,0	1.16
Les stations de pompage SP2	SR1	SP2
Les pompes	04 pompes + 01 pompe de secoure	02 pompes + 01 pompe de secoure
débits	1.5 m3/s (par pompe)	3 m3/s (par pompe)
Longueur de la conduite de refoulement (m)	4 863	4500
Type des pompes	Pompes à plan de joint	Pompes à plan de joint
La cote	770	880
HMT (m)	244,5	182,09
Les pertes de charge (m)	9.5	2,09
Les stations de pompage SP2	SR2	SP3
Les pompes	04 pompes + 01 pompe de secoure	02 pompes + 01 pompe de secoure
débits	1.5 m3/s (par pompe)	3 m3/s (par pompe)

Longueur de la conduite de refoulement (m)	2 264	12300
Type des pompes	Pompes à plan de joint	Pompes à plan de joint
La cote	1030	1060
HMT (m)	241,0	185,71
Les pertes de charge (m)	4.3	5,71
Les bassins d'équilibre		
La cote terrain naturelle (m)	BE1 : 1247,995 NGA BE 2 : 1226.02 (NGA)	BE 1 : 1240 NGA
Forme du bassin	Parallélepipedique	Parallélepipedique
Structure	En béton armé	En béton armé
Les conduits		
type	acier	PRV
Diamètre	1800	2400
Epaisseur	14.3 mm	33 mm
La longueur moyenne	12.54	Jusqu'à 15 m
La pression supportée	25 bar	20 bar/25 bar
La sécurité du projet		
Reservoir anti bélier	100 m ³	50 m ³
La corrosion du conduite	Protection cathodique	Aucun risque
Le cout de projet		
Montant	21 177 340 649.99 DA	13 640 000 000.00 DA

VI-3) Conclusion :

Le projet de transfert des hautes plaines Sétifiennes (système ouest) est l'un des grandes solutions pour satisfaire le manque d'eau dans la région de Sétif

Après l'estimation de cout de notre projet on conclure qu'il y a une grande différence entre les deux projets jusqu'à 7 500 000 000,00 DA.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Le Projet de transfert des Hautes Plaines Sétifiennes - Système Ouest – représente l'une des plus importantes solutions pour lutter contre le manque visible d'eau dans la partie Ouest de Sétif. Ce projet permet de transférer l'eau brute du barrage d'Ighil-Emda de Kherrata vers celui réalisé à Mahouane. L'utilité de ce projet se résume pour couvrir le manque de l'eau dans la région de Sétif, cette eau est destinée pour les irrigations et l'alimentation en eau potable.

Cette étude représente aussi la manière de déroulement d'un projet du transfert d'eau brute par figurer les différentes missions. A partir de cette étude on a analysée une série des particules comme les types des prises d'eau, les pompes, les conduites utilise dans les grands transferts d'eau brute et les rôles des ventouses...).

Dans cette étude, j'ai amélioré mes compétences dans le milieu professionnel et j'ai saisi plusieurs informations sur les réseaux d'adduction hydraulique. J'ai découvert aussi l'aperçue sur lequel déroule la réalisation d'un projet de transfert d'eau brute d'un barrage vers l'autre et ses éléments.

Le principal but de cette étude est d'arriver à apprendre les missions d'un ingénieur en hydraulique et se mettre à sa position dans son domaine professionnel. Aussi, permet de savoir prendre des responsabilités et d'être à la hauteur à travers tous ce qu'on a appris pendant les années scolaires en tant qu'étudiant pour un métier de futur ingénieur.

REFERENCES BIOBIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Forages et prélèvements réalisés dans une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) (Obligation d'information du Préfet fixée par les articles R 512-33 et R 512-54 du Code de l'Environnement)
- [2] Histoire de la technologie des pompes. Volet 1 – La distribution d'eau WILO, 2020.
- [3] BRUSA-P ASQUÉ Bernard, Les grands aménagements hydroélectriques : GENISSOAT (II) | Encyclopédie de l'énergie, 2020.
- [4] Catalogue de Pompes à vis d'Archimède LANDY, LANDUSTRIE, 2003.
- [5] guide d'opération de la prise d'eau sous-fluviale du poste de pompage de l'ouvrage à - ville de QUEBEC rapport de recherche (préliminaire) : numéro r-1560.
- [6] Catalogue technique de Produits SUPERLIT pour les conduites en PRV, 2013.
- [7] Catalogue technique Produits MAGHREB PIPE pour les conduites en PRV, 2018.
- [8] Catalogue technique Produits SETIF PIPE pour les conduites de PVC en PEHD, 2016.
- [9] Catalogue technique Produits CHIALI pour les conduites en PVC et PEHD, 2017.
- [10] Catalogue technique Produits ALCAHYD pour les conduites en Béton armée, 2012.
- [11] Catalogue technique Produits DISALG Sarl les conduites en fonte ductile, version 1, 2012.
- [12] Catalogue technique Produits MAGHREB Acier pour les conduites en acier, 2009.
- [13] Catalogue technique Produits ANABIB pour les conduites en acier, 2011.
- [14] Document Technique Réglementaire, Règles de pose des canalisations en plastique destinées aux projets d'alimentation en eau potable, Ministère des ressources en eau.
- [15] Adduction et Distribution d'Eau, SAINT-GOBAIN PAM, Edition 2010.
- [16] Rapport d'Avant-Projet Détaillé, Transfert Ouest entre les retenues d'IGHIL EMDA et MAHOUANE, Agence Nationale des Barrages et Transfert ANBT, Electricité de France ,2002.
- [17] M.HAFI Lyes, Rapport du 2eme trimestre 2016 de l'avancement des travaux, ANBT, 2016.
- [18] MICHEL A. MORAL, Exercices de mécanique des fluides Tome 2,ed Chihab-Eyrolles,1994.
- [19] Guide technique AEP, Conception et réalisation d'ouvrages d'eau potable, direction des ressources en eau, octobre 2014.
- [20] MOHAMED TAMMAL, cours d'alimentation en eau potable, école d'ingénierie, université international Casablanca, 2015.
- [21] Pratiques Réseau d'échanges d'idées et de méthodes pour des actions de développement.
- [22] guide méthodologique des projets d'alimentation en eau potable, direction nationale de l'hydraulique, Mali 2004.
- [23] BEI SEE : La voie de l'eau dans la ville, 2020.
- [24] Fiche technique n14: prise d'eau, université de Québec 2001.
- [25] DJEDID Ibrahim : Etude sur les défaillances des aciers API-5LX60 pour pipeline cas de la ligne GZLJUIN 2013.
- [26] BELLAHCEN TASSADIT : étude de la nocivité des défauts dans les canalisations sous environnement hydrogène.

- [27] Mustapha ALLOUTI. Thèse de doctorat en Génie Mécanique option: mécanique des matériaux' Étude de la nocivité de défauts dans les canalisations de transport, les enfoncements ou leurs combinaisons' .de l'Université Paul Verlaine de Metz 2010.
- [28] Revêtements polymères de canalisation de Fluide : caractérisation et évolution de l'adhésion en milieu agressif.
- [29] Stéphane GASTAUD thèse. Influence de l'état du revêtement hydrocarboné sur le risque de corrosion des canalisations enterrées de transport d'eau.
- [30] HYDROMOBIL et IMAGEAU, Bureau d'Etudes & Siège Social, France 2016.
- [31] Catalogue ANDRIZ des pompes à plan de joint, 2019.
- [32] Document d'incidence ouvrage : article R 214-32 du Code de l'Environnement Arrêté du 11 septembre 2003 fixant des prescriptions générales.
- [33] Catalogue SULZER des pompes verticales à linge d'arbre 2019.
- [34] KERBAL Abdelouaheb, BOUDELLAL Yassine, LATRECHE Nasreddine en 2012, rapport de stage, Connaissances générales sur les barrages et ses annexes, page 04.
- [35] Fiche administrative du projet de transfert des hautes Plaines Sétifiennes système « Ouest ».
- [36] ZADRI Nacer en 28 Juillet 2016 rapport de stage, projet de transfert des hautes plaines Sétifiennes système ouest (transfert Ighil Emda-Mahouane), page 12
- [37] rapport n°06, Pierre GHAUTIER et Fatiha DJEFFAL, Note Hydraulique sur Les bassins d'équilibre BE1 et BE 2, Indice F, mars 2011, page 05.
- [38] Contrat du travail, les procédures de Pose de conduite, 2007, page 113 – 122.
- [39] Contrat du travail, les procédures de soudage, 2007, page 130 - 139.
- [40] Contrat du travail, la protection des conduites, 2007, page 175 – 183.
- [41] S. Haddad, Cours de Pompes et stations de pompage 3ème année Licence Académique en Hydraulique urbaine et Ouvrages et Aménagements Hydraulique (2012 à 2020)
- [42] S. Haddad, Cours de Technologie des Conduites et Accessoires Hydrauliques pour 1ère année Master Académique en Hydraulique urbaine (2012 à 2020).
- [43] S. Haddad, Cours de Technologie des Conduites et Accessoires Hydrauliques pour 1ère année Master Académique en Hydraulique urbaine (2012 à 2020).
- [44] S. Haddad, Cours de Barrages en Terre pour 1ère année Master Académique en Ouvrages et Aménagements Hydrauliques (2012 à 2020).