



N°Réf :.....

Centre Universitaire de Mila

Institut des Sciences et de Technologie Département de sciences et Technique

**Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme
LICENCE ACADEMIQUE
En Hydraulique**

Spécialité : Sciences Hydrauliques

Thème :
CALCUL DU DIAMETRE ECONOMIQUE

Préparé par :

- Djeddar Houssam Eddine
- Hamouda Youcef
- Lezzar Bilal

Dirigé par :

Mr : Athamena Ali

Année Universitaire : 2014/2015

Remerciement

Grâce à dieu miséricordieux tout puissant

Qui nous a éclairé le chemin de réussite, et de nous avoir

Guidé Durant toute notre étude

Au terme de ce travail, Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribués de loin au de pré à l'élaboration de ce projet de fin d'étude surtout Mr.athamena ali, benchaiba leila ,alia zeyneb. pour leurs aides qu'ils nous ont fournie pour la réalisation de ce travail, qu'il trouve ici l'expression de nos profond respect et de nos sincères reconnaissance.

Nous tenons encore remercier mes professeurs leurs aides cordialement au cours la réalisation de ce travail, Nous les remercions aussi autant que nos professeurs pendant tant d'années pendant lesquelles ils n'ont ménagé aucun effort pour notre formation.

Mes remerciements et reconnaissance ne peuvent être clos sans citer nos familles et nos amis.



Dédicace

A Nos très chers parents

A Nos frères

A Nos sœurs

A tous ceux qui sont chers :

Nos grandes familles, Nos amis(es),

SOMMAIRE

<i>Titres</i>	<i>Page</i>
Introduction	1
CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS	
I. Le calcul du diamètre économique	2
II. La hauteur manométrique totale	2
1. Unité	2
2. Effets physiques responsables	3
III. Adduction	3
1. Définition et type	3
2. Notions de base	4
2.1. Charge hydraulique	4
2.2. Perte de charge linéaire	4
2.3. Perte de charge singulière	5
2.4. Ligne piézométrique et ligne de charge	5
2.5. Caractéristiques hydrauliques d'une conduite en charge	6
2.6. Réseaux de conduites	7
2.7. Détermination du diamètre avantageux	8
3. Adduction gravitaire	9
4. Adduction par refoulement	10
CHAPITRE II : CANALISATION	
I. Introduction	11
II. Tubes PEHD utilisés dans l'adduction et la distribution de l'eau potable	11
1. Application	11
2. Avantage	11
3. Gamme	11
4. Caractéristiques	12

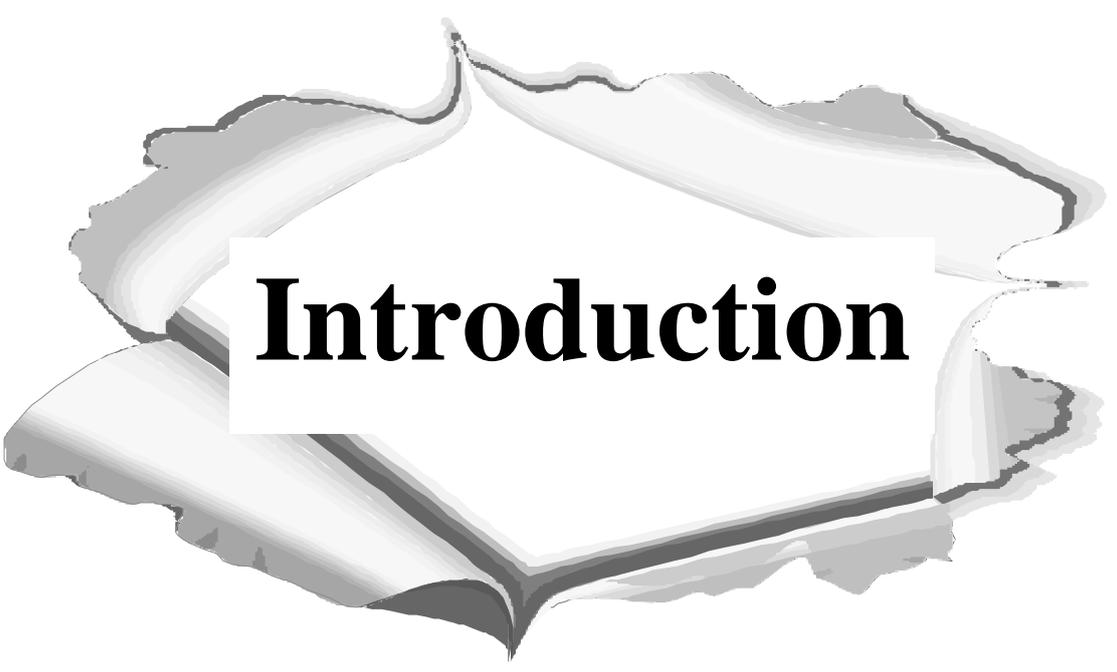
III. Tube en acier	12
1. Les avantages	12
2. Gamme	12
3. Diamètre des tubes en aciers	13
IV. Amiante-ciment	13
1. Présentation	14
2. Normes de fabrication applicables	14
3. Fabrication	14
CHAPITRE III : DIAMÈTRE ÉCONOMIQUE	
I. Détermination du diamètre économique	15
II. Calcul des pertes de charge	16
1. Pertes de charge linéaires	16
2. Pertes de charge singulières	17
3. Pertes de charge totales (H_t)	17
III. Calcul de la hauteur manométrique totale	17
IV. Frais d'exploitation	18
1. Energie consommée par la pompe	18
2. Puissance absorbée par la pompe	18
V. Frais d'amortissement	19
VI. Vérification de la vitesse d'écoulement	19
VII. Vérification du régime d'écoulement (Nombre de Reynolds)	20
VIII. Détermination du débit d'exploitation	20
CHAPITRE IV : PARTIE EXPÉRIMENTAL	
I. Données de travaux	21
Conclusion	25
Références bibliographique	26

LISTE DES FIGURES

<i>Titre</i>	<i>Page</i>
Fig. 01 : Schéma d'une adduction gravitaire	10
Fig. 02 :Schéma d'une adduction par refoulement	10

LISTE DES TABLEAUX

<i>Titre</i>	<i>Page</i>
Tableaux de calcul "PEHD" PN10 bars	22
Tableaux de calcul "PEHD" PN16 bars	23
Tableaux comparative	24

A graphic of a torn piece of paper with a white rectangular label in the center. The paper is light gray with dark gray shadows and a jagged, torn edge. The word "Introduction" is written in a bold, black, serif font on the white label.

Introduction

INTRODUCTION

Introduction:

Les exigences physiques pour véhiculer et soulever une masse hydraulique, spécifiée le choix du diamètre d'une conduite, D , est aussi dicté par des exigences économiques autrement dit, celles-ci doivent être le plus faibles possible. Comme elles sont principalement liées au diamètre D , on est donc conduit à rechercher la valeur de la section (appelée *section économique*) pour laquelle les charges annuelles d'utilisation et financières sont minimales.

Le choix du diamètre économique résulte d'un compromis entre les dépenses d'investissement et les dépenses de fonctionnement. En augmentant le diamètre de la canalisation cela induit une augmentation des dépenses d'investissement, mais on diminue les pertes de charge, et par conséquent les dépenses en énergie diminuent. D'autre part, plus le diamètre de la conduite est petit, plus les pertes de charge seront grandes et plus la puissance nécessaire au refoulement sera importante.

Ce dernier point nous laisse penser qu'il existe un diamètre de refoulement optimum ou un diamètre économique.



Généralité

I. Le calcul de diamètre économique :

Nous Voulons, dans cette étude, élaborer des tableaux qui donnent directement le diamètre économique en fonction de tous les paramètres qui interviennent dans la définition de l'écoulement, pour tout type de fonctionnement. Aussi, pour pouvoir atteindre ce but, nous pouvons émettre les hypothèses suivantes quel que soit le matériau de la conduite (fonte, acier, amiante ciment, PVC, PEHD, etc.).

- Le coût de la station de pompage est proportionnel à la puissance installée.
- Le coefficient de pertes de charge est calculé pour la formule collebrook.

II. La hauteur manométrique totale:

La HMT ou *élévation manométrique totale (EMT)*, est la différence de pression du liquide la franchissant, exprimée en mètres de colonne d'eau.

1. Unité:

Plutôt que d'exprimer cette valeur en pascals ou en bars, unités classiques de pression, cette valeur est généralement donnée en mètres de colonne d'eau (mCE) ou mètres d'eau (m H₂O), soit la hauteur de la colonne d'eau nécessaire pour créer une pression identique. Les mCE (h) sont liés à la différence de pression (Δp) par la formule classique de la pression hydrostatique

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h \text{ (Entre deux points)}$$

$$\text{Soit : } h = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g}$$

Où ρ est la masse volumique de l'eau (1 000 kg/m³ à 4 °C) et g l'accélération de la pesanteur (9,81 m/s²).

La conversion est la suivante :

- 1 bar (100 000 pascals) correspond à environ 10,19 mCE (à 4 °C) ;
- inversement, 1 m d'eau correspond environ à 98,1 mbar (à la même température).

2. Effets physiques responsables :

Lorsqu'une pompe est associée à une canalisation, la HMT est égale à la somme de deux

phénomènes physiques :

1. la hauteur géométrique totale (différence d'altitude entre l'entrée du liquide et sa sortie à l'atmosphère) ;
2. des pertes de charges, elles-mêmes composées des pertes de charges régulières et singulières ;

III. Adduction :**1. Définition et type :**

Littéralement, les transferts d'eau représentent le transport d'un volume d'eau d'un lieu géographique vers un autre, souvent d'un lieu de captage vers un lieu de distribution et d'utilisation. Ces ouvrages sont composés d'un moyen de transport (canalisation ou canal), d'un moyen de propulsion (gravité ou pompage) et d'éventuels ouvrages intermédiaires de prise d'eau, de stockage ou/et de régulation/sécurisation.

Ils peuvent se caractériser sous différentes échelles (débits, distance...) et remplir des objectifs qualitatifs et/ou quantitatifs.

D'après leur fonctionnement, les adductions peuvent être classées en trois groupes :

- Adduction gravitaire.
- Adduction par refoulement.
- Adduction mixte.

2. Notions de base :

Ce sujet étant largement développé en hydraulique, nous nous contenterons de quelques rappels et quelques applications aux réseaux d'eau.

2.1. Charge hydraulique :

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

$$H = \alpha \frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + Z \dots \dots \dots (1)$$

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 (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), il est souvent égal à 1.

2.2. Perte de charge linéaire :

On définit la perte de charge linéaire J (en m) par l'expression universelle suivante (formule dite de Darcy-Weisbach) :

$$J = \lambda \frac{L u^2}{D 2g} \dots \dots \dots (.2)$$

Où :

L est la longueur totale de la conduite (en m) ; λ est le coefficient de perte de charge. Ce Coefficient est donné en fonction du nombre de Reynolds ($R_e = U.D / \nu$) et de la rugosité relative k_s / D ;

K_s : étant la rugosité de la conduite ;

ν : est la viscosité cinématique de l'eau (Pour l'eau, $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$).

2.3. 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 provoquée par ces singularités peut généralement se mettre sous la forme :

$$H = K \frac{u^2}{2g} \dots \dots \dots (3)$$

Où :

K est un coefficient qui dépend de la forme et des dimensions de la singularité.

2.4. Ligne piézométrique et ligne de charge :

La charge hydraulique peut être répartie en deux différentes grandeurs: $H = H_s + H_d$

Avec :

$$H_s = \frac{p}{\rho g} + Z \dots \dots \dots (4)$$

Et :

$$H_d = \frac{u^2}{2g} \dots \dots \dots (5)$$

Où :

H_s : est la "charge statique" et H_d est appelée " charge dynamique ".

a) Ligne piézométrique :

La courbe représentant, sur la verticale, la ligne des niveaux de la charge statique H_s en fonction de x (le long d'une conduite ou d'une canalisation, suivant le sens de l'écoulement), est appelée la ligne piézométrique.

b) Ligne de charge :

La courbe représentant la ligne des niveaux de la charge totale H le long d'une conduite, suivant le sens de l'écoulement, est appelée la ligne de charge (ou d'énergie).

La ligne de charge est déduite de la ligne piézométrique par une translation vers le haut égale en chaque point à la valeur locale de $(\frac{u^2}{2g})$.

La perte de charge J (ou H) entre deux points est alors la différence des cotes de la ligne de charge en ces deux points. La perte de charge fait que la ligne de charge soit toujours descendante.

En pratique, pour les conduites réelles d'adductions, nous pouvons confondre les deux lignes (De charge et piézométrique) puisque le terme de vitesse $(\frac{u^2}{2g})$ reste généralement faible par rapport à la charge statique.

2.5. Caractéristiques hydrauliques d'une conduite en charge :

La plupart des écoulements se situent, en pratique, en régime turbulent rugueux, où l'expression du coefficient de perte de charge devient indépendante du nombre de Reynolds: $= f(k_s/D)$.

L'expression de la perte de charge linéaire J devient alors, pour les conduites circulaires et en introduisant le débit Q : $J = \frac{8\lambda L}{\pi^2 g D^5} \dots \dots \dots (.6)$

Soit sous la forme :

$J = RQ^2 \dots \dots \dots (.7)$

Où

$R = f(L, k_s, D)$ ne dépend donc que des caractéristiques de la canalisation est appelé la résistance de la conduite

2.6. Réseaux de conduites :

Dans un réseau d'adduction ou de distribution, nous pouvons rencontrer des conduites placées en série et/ou des conduites placées en parallèle.

a) Conduites en série :

Les conduites en série sont traversées par le même débit. La perte de charge totale étant la somme des pertes de charge linéaires et singulières :

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots$$

$$J_{\text{tot}} = J_1 + J_2 + J_3 + \dots$$

b) Conduites en parallèle :

Les conduites en parallèles ont la même perte de charge. Le débit total traversant toutes les conduites est la somme des débits :

$$J_1 = J_2 = J_3 = \dots$$

$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$

2.7. Détermination du diamètre avantageux :

La formule la plus utilisée pour le calcul de la perte de charge pour un écoulement dans une conduite est celle de **Darcy-Weisbakh**:

$$\Delta H_t = \frac{K' L_e Q^\beta}{D_{\text{av}}^m} \dots \dots \dots (8)$$

H : Perte de charge totale (m).

K' : Coefficient de perte de charge.

L_{eq} : Longueur équivalente de la conduite (m) .

$$L_{eq} = L_g + L_{eg} \dots \dots \dots (9)$$

L_g : Longueur géométrique de la conduite (m) ;

L_{eg} : Longueur équivalente des pertes de charge singulière j (m).

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

$$\Delta H_t = 1.15\Delta H_p^{lin} : L_{eq} = 1.15L_g \dots \dots \dots (10)$$

H_t : Perte de charge totale (m) ;

H_p^{lin} : Perte de charge linéaire (m).

On suppose par hypothèse que la charge disponible entre le réservoir et la bêche d'aspiration ($H_d = C_pR - C_pB$), égale à la perte de charge totale.

Avec

H_d : la charge disponible ;

C_pR : la cote piézométrique du réservoir ;

C_pB : la cote piézométrique de la bêche d'aspiration.

Le diamètre avantageux est calculé à base de la formule suivante :

$$D_{av} = \sqrt{\frac{K' L_{eq} Q^\beta}{H}} \dots \dots \dots (11)$$

Avec :

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

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

L_{eq} : Longueur équivalente de la conduite (m) ;

H : la perte de charge (charge disponible) (m) ;

β : Exposant tenant compte du régime d'écoulement ;

m : Exposant tenant compte du type du matériau.

3. Adduction gravitaire :

C'est un écoulement à surface libre ou en charge lorsque la cote source est supérieure à la cote du réservoir.

Dans une adduction gravitaire, le point de captage se situe à une altitude supérieure à celle du réservoir de desserte de l'agglomération et l'écoulement peut être à surface libre, c'est-à-dire sans pression, grâce à la pente, ordinairement uniforme sur tout le parcours ou en charge.

Un écoulement gravitaire est un écoulement, qui se fait sous l'action d'une force extérieure qui lui sera appliquée (conditionné par la pente, pesanteur) dans le cas d'une canalisation gravitaire ; la source d'eau doit se situer à une côte supérieure à celle du réservoir d'accueil.

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.

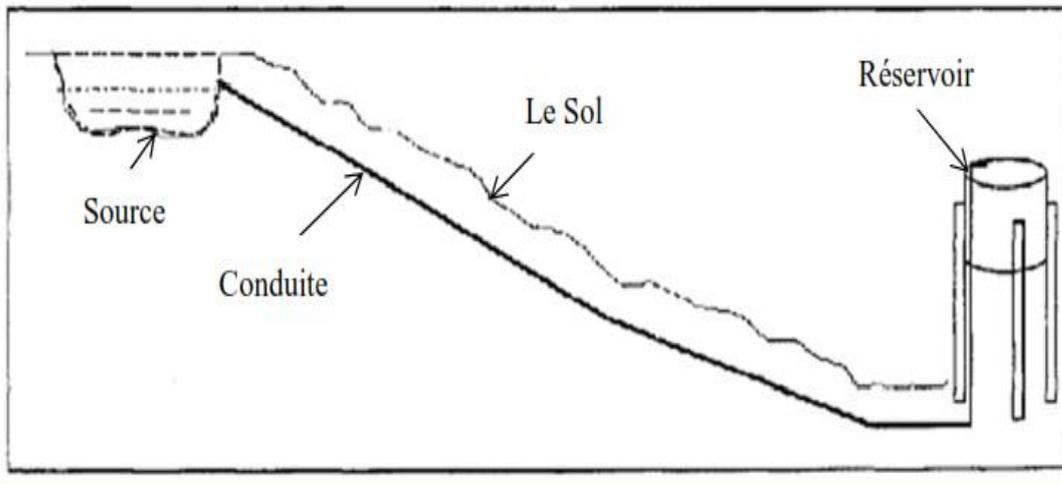


Fig. 01 : Schéma d'une adduction gravitaire

4. 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

Le refoulement des eaux se fait par une station de pompage (ou usine élévatrice) qui 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.

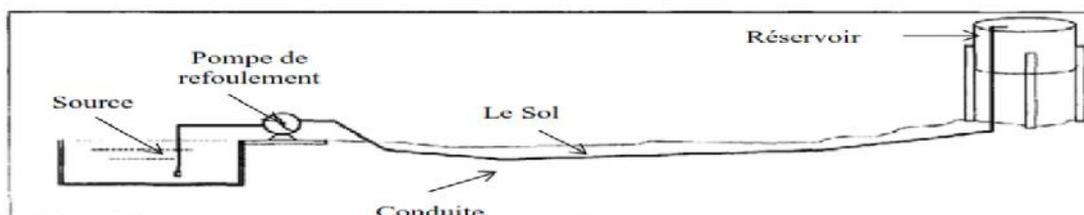


Fig.02 : Schéma d'une adduction par refoulement



Chapitre II

Canalisation

I. Introduction :

Un conduit dans un réseau hydraulique ou aéraulique, que l'on fasse de la plomberie artisanale ou l'étude d'un réseau urbain est un problème incontournable. Les réseaux de distribution de fluides, liquides ou gaz, air ou eau, sont étudiés de manière à fournir le débit souhaité avec le minimum de cout de pose, d'entretien et d'exploitation. Le bruit des turbulences du fluide dans les conduits est aussi une nuisance à prendre en compte.

Ce qui veut dire que les dimensions des conduits doivent être étudiées avec précision avant.

II. Tubes PEHD utilisés dans l'adduction et la distribution de l'eau potable :**1. Application(s) :**

Réseaux d'adduction et de distribution d'eau potable.

2. Avantage :

- Flexibilité et facilité de mise en œuvre.
- Fiabilité et durabilité du réseau (durée de vie estimée à 50 ans).
- Etanchéité parfaite grâce aux techniques de soudage.
- Faible pertes de charge et bonne résistance aux coups de bélier.

3. Gamme :

- Diamètres : 20 – 40 – 50 – 63 – 75 – 90 – 110 – 125 – 160 – 200 – 250 – 315 – 400 – 500 – 630 mm.
- Pression : PN 10, PN 16, PN 20 et PN 25.
- Longueur : en couronne de 100 m jusqu'au diamètre 63, en couronne de 50 pour les diamètres 75 – 90 – 110 mm, en barre droite de 12 m à partir du diamètre 125 mm.

4. Caractéristique :

Avantages du PEHD :

- Flexibilité : aptitude à suivre les mouvements du terrain
- Soudabilité : réseau continu étanche et homogène
- Longévité : réseau d'exploitation réduite
- Inertie chimique et électrique : pas de corrosion, stabilité du réseau en milieu agressif
- Excellentes propriétés mécaniques : résistance aux chocs, gel, tenu aux U.V.
- Légèreté et grande longueur : mise en œuvre facile et mécanisable
- Faible coefficient de rugosité : pertes de charges réduites
- Fiabilité des réseaux : jonctions adaptées à l'application
- Respect de l'environnement : recyclage.
- Autres applications : pour le gainage des câbles vidéo, électriques et de télécommunications

III. Tube en acier :

1. Les avantages :

- Les tuyaux en acier sont réalisés en acier spécial ayant un haut degré de pureté et une faible teneur en carbone.
- Le tube est soudé et dressé à froid, les tolérances doivent rester limitées (selon la NBN).
- Le tube en rouleau (le tube doux) possède la même qualité, mais il a subi un recuit spécial afin d'obtenir une meilleure solvabilité.
- La qualité du matériau permet le brasage et le soudage.

2. Gamme :

La fabrication porte sur une gamme de tubes en acier dont le diamètre est compris entre 8'' et 36'' (219 mm à 914 mm) livrés nus ou revêtus :

- Tubes pour transport hydrocarbures
- Tubes hydrauliques.

3. Diamètre des tubes en aciers :

DIAMETRE NOMINAL DN	DESIGNATIONS TUBES D'ACIER	NOUVELLE DENOMINATION	ANCIENNE DENOMINATION	SECTION $S=(\pi \times \varnothing \text{ int }^2) /4$	CONTENANCE EN EAU DE 1 mètre DE TUYAUTERIE
mm	POUCES	$\varnothing \text{ ext (mm)}$	$\varnothing \text{ int . } \varnothing \text{ ext}$	mm ²	litre/mètre
5	1/8"	10,2	05 . 10	19,63	0,02
8	1/4"	13,5	08 . 13	50,27	0,05
12	3/8"	17,2	12 . 17	113,09	0,11
15	1/2"	21,3	15 . 21	176,71	0,18
20	3/4"	26,9	20 . 27	314,16	0,31
26	1"	33,7	26 . 34	530,92	0,53
33	1" . 1/4	42,4	33 . 42	855,29	0,86
40	1" . 1/2	48,3	40 . 49	1 256	1,26
50	2"	60,3	50 . 60	1 963	1,96
60	2" . 1/4	70	60 . 70	2 827	2,83
66	2" . 1/2	76,1	66 . 76	3 421	3,42
80	3"	88,9	80 . 90	5 026	5,03
90	3" . 1/2	101,6	90 . 102	6 361	6,36
100	4"	114,3	102 . 114	7 853	7,85
125	5"	139,7	127 . 140	12 271	12,27

IV. Amiante-ciment :

Ciment-amiante est un matériau constitué d'un complexe de fibres d'amiante dispersées dans un liant hydraulique qui est du ciment; Il a servi à produire des plaques, dalles, murs anti-bruit (au Canada), tôle-ondulées de couverture, tuiles, tuyaux servant au drainage pluvial ou d'aqueduc, tuyaux d'évacuation de conduits de cheminées, événements, etc.

1. Présentation :

Les tuyaux en ciment-amiante sont employés dans des travaux de plomberie générale comme égouts, drains de toits, drains domestiques sous-terre et hors-terre et alimentation d'air.

2. Normes de fabrication applicables :

Les tuyaux en ciment-amiante, pour utilisation dans les travaux de plomberie (tuyau "DWV - Drain, Waste and Vent"), est fabriqué selon les normes suivantes:

- CSA (Canadian Standard Association) B-127.1-99 ("*Drain, Waste and Vent Systems*")
- ONGC (Office de Normalisation du Canada) 34-GP-22M (*Tuyau de drainage en amiante-ciment*)

Deux types de tuyaux existent dans les catégories " DWV " :

- le type 1, (tuyau de 200 à 600 Ø, ou de 8" à 24" Ø) classe 3000
- le type 2, (tuyau de 75 à 600 Ø, ou de 3" à 24" Ø) classe 4000

Les numéros du type mentionnés plus haut correspondent à la charge, en livre par pied linéaire, que peut supporter un échantillon de tuyau soumis à l'essai normalisé d'écrasement ("*three-edge bearing test*").

- Type 1 : 3000 lbs au pied linéaire ou 44 kN / m
- Type 2 : 4000 lbs au pied linéaire ou 58 kN / m

3. Fabrication :

La fabrication du tuyau en ciment-amiante se fait par laminage sur un mandrin métallique d'une feuille de pâte humide composée de ciment et de fibre d'amiante. La feuille est comprimée par des rouleaux sur le mandrin, puis enroulée à vitesse contrôlée jusqu'à ce que l'épaisseur totale du laminage atteigne la valeur requise par les exigences structurales propres à chaque classe de tuyaux.

Après laminage et précursons, le tuyau sera mûri jusqu'à l'hydratation complète du ciment. Le tuyau est devenu une matrice de ciment renforcée avec des fibres d'amiante chrysotile. Cette matrice est stable, dense, non poreuse et non friable.



Chapitre III

Diamètre économique

I. Determination du diamètre économique :

Pour élever un débit Q à une hauteur géométrique H donnée, on peut, à priori, donner à la canalisation un diamètre quelconque car, en faisant varier la puissance du groupe élévatoire, on peut toujours obtenir le débit Q imposé dans un tuyau de diamètre donné. Si on adopte donc un grand diamètre, le prix (P_c) de la canalisation sera élevé, par contre la perte de charge (J) sera faible. On économise donc sur le prix du groupe (P_g) et le prix (P_e) de l'énergie nécessaire au pompage. Si au contraire on adopte un petit diamètre, P_c est plus faible mais (P_g) et (P_e) seront plus élevés. Il y a donc intérêt à choisir le diamètre qui permettra d'obtenir le prix de revient minimal de l'ensemble de l'installation en exploitation (par exemple le prix du m³ d'eau élevé, tenu compte de l'amortissement de la canalisation et du groupe élévatoire et de la consommation d'énergie) en fonction du diamètre.

Actuellement, les diamètres économiques des conduites de refoulement sont approchés par une des relations suivantes :

○ **Formule de BRESSE**

$$D_{eco} = 1.5 \times \sqrt{Q} \dots \dots \dots (.12)$$

○ **Formule de BONNIN**

$$D_{eco} = \sqrt{Q} \dots \dots \dots (.13)$$

○ **Formule de MUNIER**

$$D_{eco} = (1+0,02n). \sqrt{Q} \dots \dots \dots (.14)$$

Avec :n : nombre d'heures de pompage.

Q: débit en m³/s.

○ **Formule de continuité**

$$Q = V.S = V. \frac{\pi D_{eco}^2}{4}$$

$$D_{eco} = \sqrt{\frac{4.Q}{V.\pi}}$$

II. Calcul des pertes de charge :

On distingue deux types de perte de charge : linéaire et singulière.

1. Pertes de charge linéaires :

Pour un tronçon donné, les pertes de charge linéaires dépendent de :

- Diamètre D de la conduite en (m) ;
- Débit Q en (m³/s) ;
- La rugosité absolue K_s exprimée en (mm) ;
- La longueur du tronçon L en (m).

Elles sont calculées par la formule :

$$\Delta H_{lin} = Lj = \lambda \frac{LV^2}{D2g} \dots\dots\dots (.15)$$

Avec :

L : longueur de la conduite de refoulement en (m) ;

V : vitesse moyenne d'écoulement en (m/s) ;

H : Pertes de charge linéaires en (m) ;

j : gradient hydraulique en (m/m) ;

D : diamètre de la conduite de refoulement en (m) ;

λ : coefficient de frottement.

La détermination de λ a été déterminée par les calculs successifs de la valeur la plus communément donnée est celle de collebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{K}{3.7D} + \frac{2.52}{Re\sqrt{\lambda}} \right) \dots\dots\dots (.16)$$

Re : nombre de Reynolds = $\frac{V \times D}{\nu}$;

K : paramètre lié à la rugosité de la paroi en (m) ;

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

D : diamètre de la conduite en m.

Et aussi, le coefficient ' λ ' est obtenu par la formule **Nikuradzé**:

$$\lambda = (1.14 - 0.86 \times \ln \frac{K_s}{D})^{-2} \dots\dots\dots(17)$$

Avec : K_s est La rugosité absolue de la conduite, qui est déterminée en mesurant l'épaisseur de rugosité des parois du tuyau.

$$K_s = K_0 + T \dots\dots\dots(18)$$

K_0 : rugosité absolue des tuyaux neufs ;

: vieillissement ;

T: temps de service.

2. Pertes de charge singulières :

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes, clapets, Té,.....etc.). Elles sont estimées à 15 % des pertes de charge linéaires.

$$H_s = 0,15 H_1 \dots\dots\dots(19)$$

3. Pertes de charge totales (H_t) :

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

$$H_t = H_s + H_1 = 0,15 \times H_1 + H_1 \Rightarrow H_t = 1,15 \times H_1 \dots\dots\dots(20)$$

III. Calcul de la hauteur manométrique totale :

La hauteur manométrique totale est la somme des pertes de charge et de la hauteur géométrique.

$$H_{MT} = H_g + H_a + H_r \Rightarrow H_{MT} = H_g + H_t \dots\dots\dots(21)$$

H_g : la hauteur géométrique en (m) ;

H_a : pertes de charge à l'aspiration en (m) ;

H_r : pertes de charge au refoulement en (m) ;

H_t : la perte de charge totale en (m).

IV. Frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation en (DA) sont définis par la formule suivante :

$$F_{ex} = E \times e \dots\dots\dots(.22)$$

E: énergie consommée par la pompe en (KWh) ;

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

1. Energie consommée par la pompe :

$$E = P \times t \times 365\dots\dots\dots(.23)$$

E : c'est l'énergie consommée en KWh ;

t : c'est le nombre d'heures de pompage par jour ;

P : puissance de la pompe en (KW).

2. Puissance absorbée par la pompe :

C'est la puissance fournie à la pompe en (KW), définie comme suit:

$$P_{abs} = \frac{\rho g HMT Q}{\eta 1000} \dots\dots\dots (.24)$$

: rendement de la pompe en (%) (n=82%) ;

Q : débit refoulé par la pompe en (m³/s) ;

g : la force de la pesanteur (9.81 m/s²) ;

HMT : la hauteur manométrique totale de la pompe en (mce) ;

: la masse volumique de l'eau (1000 kg/m³).

V. Frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement en (DA) sont donnés par la formule suivante:

$$F_{\text{amor}} = P_c \times A \dots\dots\dots (.25)$$

P_c : le prix de la conduite en (DA) ;

A : amortissement annuel en (%), il est donné par la formule suivante :

$$A = \left(\frac{i}{(i+1)^n - 1} + i \right) \times 100 \dots\dots\dots (.26)$$

Avec :

i : le taux d'anuité annuel.

n : nombre d'années d'amortissement.

VI. Vérification de la vitesse d'écoulement :

Les vitesses admises dans les canalisations ne doivent pas être ni trop faibles face au risque de sédimentation, ni trop élevées pour la bonne tenue des conduites et éviter le phénomène d'érosions de la paroi des canalisations. D'une manière générale on constate que les vitesses correspondantes aux diamètres optimums répondent à ces critères:

Plages des vitesses (m/s)	Diamètres (mm)
0.5 V 1.5	< 250
0.5 V 2.0	300 D 800
0.5 V 3	> 800

La vitesse est calculée comme suite :

$$v = \frac{Q}{S}$$

Avec :

Q : Le débit max horaire qui transite dans la conduite en (m^3/s) ;

S : La section de la conduite en (m^2).

La section est déterminée par la formule suivante en (m²) :

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} \dots \dots \dots (27)$$

D : le diamètre de la conduite en (m).

VII. Vérification du régime d'écoulement (Nombre de REYNOLDS) :

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

$$Re \text{ (nombre de Reynolds)} = \frac{V \times D}{\nu} \dots \dots \dots (28)$$

V : Vitesse moyenne d'écoulement (m/s).

ν : Viscosité cinématique de l'eau = 1,03×10⁻⁶ m²/s à une température de 20°C.

D : diamètre de la conduite en m.

Le régime est en général turbulent rugueux c'est-à-dire : Re > 10⁶.

VIII. Détermination du débit d'exploitation :

Le débit d'exploitation de la station de pompage est calculé en utilisant la formule suivante : Q

$$Q_{exp} = \frac{Q_{max,j}}{t \times 3600} \dots \dots \dots (29)$$

Avec

Q_{exp} : le débit d'exploitation en (m³/s) ;

Q_{max,j} : le débit maximum journalier assuré par la station en (m³/j) ;

t : le temps de fonctionnement de la station de pompage par jour en (heures).



Partie expérimentale

I. Données des travaux :

$$Q=20 \text{ L/s} = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L= 2850 \text{ m}$$

$$H_g= 104 \text{ m}$$

$$\text{Temps de pompage} = 18 \text{ h}$$

$$\text{Annuité} = 8.8 \%$$

$$\text{Prix d'énergie} = 10 \text{ DA/kw}$$

En calcule le diamètre dans le tableau par les formules suivantes :

- *Formule de BONNIN*

$$D = \sqrt{Q} = 141.42 \text{ mm}$$

- *Formule de BRESSE*

$$D = 1.5 \times \sqrt{Q} = 212.13 \text{ mm}$$

- *Formule de DEBIT*

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{V \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi}} = 159.61 \text{ mm} \quad V= 1 \text{ m/s}$$

- *Formule de MUNIER*

$$D = (1+0,02n) \cdot \sqrt{Q} = 192.33 \text{ mm avec } n = 18 \text{ heures de pompage.}$$

A partir des différentes formules de calculs de diamètre nous avons toute une plage de diamètre (141.42, 212.13, 159.61 et 192.33). Une fois ces diamètres sont standardisés et élargis nous aurons cette plage (125, 160, 200, 250 et 315 mm).

En calcule la vitesse :

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

Avec la vitesse :

$$0.5 \quad V \quad 1.5$$

En calcule la hauteur manométrique totale :

$$H_{MT} = H_g + \Delta H_t$$

Pour notre partie expérimentale nous n'avons retenus que les conduites en PEHD qu'il représente les meilleures caractéristiques hydrauliques.

II. Tableaux de calcul "PEHD" PN10 bars :

<i>D.ext (mm)</i>	125	160	200	250	315
<i>e (mm)</i>	7.50	9.60	12.00	15.01	18.91
<i>D.int (mm)</i>	109.99	140.79	175.99	219.99	277.18
<i>D.int (m)</i>	0.11	0.14	0.18	0.22	0.28
<i>Q(l/s)</i>	20	20	20	20	20
<i>Q (m³/s)</i>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
<i>V (m/s)</i>	2.10	1.28	0.82	0.53	0.33
	0.01726308	0.01769161	0.01822609	0.01888369	0.0196813
<i>j (m/ml)</i>	0.0354368	0.01056949	0.00356804	0.00121136	0.00039755
<i>j % (m/ml)</i>	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
<i>L (m)</i>	2850	2850	2850	2850	2850
<i>J (m)</i>	126.24	37.65	12.71	4.32	1.42
<i>Hg (m)</i>	104	104	104	104	104
<i>Hmt (m)</i>	230.24	141.65	116.71	108.32	105.42

Avec :

D. ext :le diamètre extérieur de la conduite en mm.

e:épaisseur de la conduite en mm.

D.int : le diamètre intérieur de la conduite en mm.

Q : le débit en l/s et m³/s.

V : la vitesse d'écoulement en m/s.

: coefficient des pertes de charges.

L : la longueur de la conduite en ml.

j: perte de charge linéaires en m/ml.

J% : pertes de charges singulières en m/ml

Hg : hauteur géométrique en m.

Hmt : hauteur manométrique totale en m.

A partir des tableaux de calculs nous déduisons que les conduits en PEHD PN10 bars ne peuvent résister à la pression (dépasse 100m ≈ 10 bars) alors on opte pour PEHD PN16 bars.

III. Tableaux de calcul ‘PEHD’ PN16 bars :

<i>D.ext (mm)</i>	125	160	200	250	315
<i>e (mm)</i>	11.36	14.55	18.18	22.73	28.64
<i>D.int (mm)</i>	102.27	130.91	163.64	204.55	257.73
<i>D.int (m)</i>	0.10	0.13	0.16	0.20	0.26
<i>Q(l/s)</i>	20	20	20	20	20
<i>Q (m3/s)</i>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
<i>V (m/s)</i>	2.43	1.49	0.95	0.61	0.38
<i>l</i>	0.01717267	0.01763944	0.01803751	0.01865652	0.01941796
<i>j (m/ml)</i>	0.05072476	0.01516411	0.00508111	0.00172212	0.00056439
<i>% j (m/ml)</i>	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
<i>L (m)</i>	2850	2850	2850	2850	2850
<i>J (m)</i>	180.71	54.02	18.10	6.14	2.01
<i>Hg (m)</i>	104	104	104	104	104
<i>Hmt (m)</i>	284.71	158.02	122.10	110.14	106.01

IV. Tableaux comparative (PEHD 16 bars) :

<i>DN (mm)</i>	<i>160</i>	<i>200</i>	<i>250</i>
<i>Prix au ml (DA)</i>	<i>1400</i>	<i>1780</i>	<i>1900</i>
<i>L (ml)</i>	<i>2850</i>	<i>2850</i>	<i>2850</i>
<i>Prix de la conduite (DA)</i>	<i>3, 990,000.00</i>	<i>5, 073,000.00</i>	<i>5, 415,000.00</i>
<i>Annuité (%)</i>	<i>8.8</i>	<i>8.8</i>	<i>8.8</i>
<i>Frais d'amortissement (DA)</i>	<i>351,120.00</i>	<i>446,424.00</i>	<i>476,520.00</i>
<i>Q (m3/s)</i>	<i>0.02</i>	<i>0.02</i>	<i>0.02</i>
<i>Hmt (m)</i>	<i>158.02</i>	<i>122.10</i>	<i>110.14</i>
	<i>0.60</i>	<i>0.60</i>	<i>0.60</i>
<i>Pp (Kw)</i>	<i>51.67</i>	<i>39.93</i>	<i>36.01</i>
<i>n (h)</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>
<i>Pe (Kw.h)</i>	<i>339493.184</i>	<i>262321.555</i>	<i>236613.021</i>
<i>E (DA/Kw)</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>
<i>Prix de l'énergie (DA)</i>	<i>3, 394,931.84</i>	<i>2, 623,215.55</i>	<i>2, 366,130.21</i>
<i>Total (DA)</i>	<i>3, 746,051.84</i>	<i>3, 069,639.55</i>	<i>2, 842,650.21</i>

Avec :

Pp : puissance de la pompe en Kw.

n : le temps de pompage en heures.

Pe : la puissance absorbée en Kw.h.

E : prix de l'énergie électrique en Da.

A partir du tableau on remarque que le diamètre 125 mm nous donne une vitesse supérieure à la norme requise qui est 1.5 m/s et le diamètre 315 mm nous donne une vitesse inférieure à la norme requise qui est 0.5 m/s.

De cela l'étude comparative ne concerne que les diamètres 160, 200 et 250 mm.

A graphic consisting of a white rectangular area with the word "Conclusion" in bold black serif font, centered within it. This white area is surrounded by a jagged, torn paper effect with various shades of gray, giving it a three-dimensional, layered appearance.

Conclusion

CONCLUSION

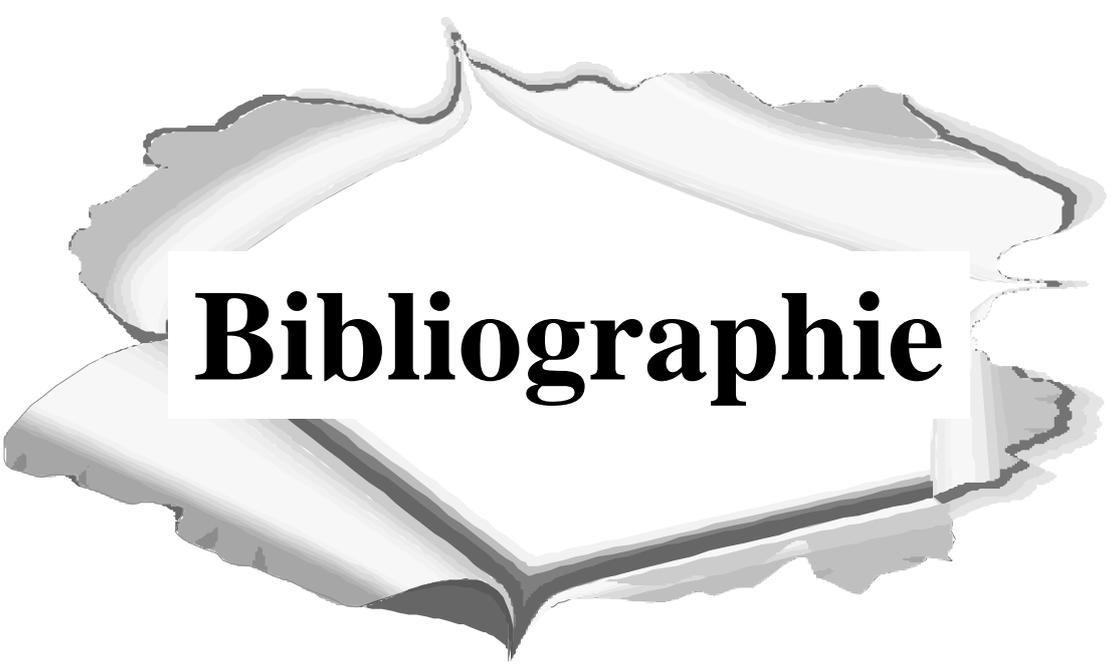
Conclusion :

La nouvelle approche offre une grande possibilité de calcul du diamètre économique prenant en compte tous les paramètres hydrauliques, économiques et des parois solides. Les résultats obtenus ont montré que les débits de consommation peuvent varier dans un diapason optimal permettant de réduire les couts d'énergie.

Du point d'un investissement le diamètre le moins chère et 160 mm avec un coût de 3990000.00 DA et le diamètre le plus chère et le diamètre 315 mm avec un coût de 6555000.00 DA.

Pour contre les coûts d'exploitation faible pour le diamètre qui vaut 2277522.34 DA et plus onéreux pour diamètre 160 mm 3394931.84 DA.

Et à partir des tableaux de comparaison des frais d'exploitation et d'investissement nous conclurons que le diamètre économique et le PEHD PN16 bars de diamètre 250mm.



Bibliographie

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIE

Référence bibliographique :

- ✓ SOGREAH, 2010, détermination du cout des opérations de transfert d'eau, étude technico-économique, mémoire restituitif.
- ✓ Valiron F, 1989, Gestion des eaux, alimentation en eau .assainissement, 2ème édition.revue et corrigée, p399.
- ✓ MOUSSA M, 2002, Alimentation en eau potable, mémoire d'ingénieur, Ecole nationale d'ingénieur de Tunis.
- ✓ Dupont A, 1979, Hydraulique urbaine, Tome2 : ouvrage de transport – Elévation et distribution des eaux, Edition Eyrolles, p477
- ✓ FRANCOIS G. BRIERE, 2000, Distribution et collecte des eaux, 2ième édition, Eyrolles, Canada, P365.
- ✓ Yazid A, 2012, alimentation en eau potable de la ville d'ouled BESSEM, Mémoire d'ingénieur d'état, département de génie de l'eau , école nationale supérieure d'hydraulique-arbaoui abdellah, Algérie
- ✓ ABDI I, 2011, Etude du transfert du barrage de Boussiaba (W.Jijel) vers le barrage de Beni Haroun (W.Mila), mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique, département génie de l'eau, école nationale supérieure de l'hydraulique, Algérie
- ✓ Sahouli M, 2004, Etude du transfert des eaux souterraines du chott el gharbi vers le GUT, Mémoire d'ingénieur d'état, département d'hydraulique, université de Tlemcen.
- ✓ FAISANDIER J, 1999, Mécanismes hydrauliques et pneumatiques, 9 ème éditions.
- ✓ Commission locale de l'eau, 2004, Rendement des réseaux d'eau potable.
- ✓ Dupont A, 1971, hydraulique urbaine tome1, hydrologie, captage et traitement des eaux, Edition, Eyrolles.
- ✓ CTH, 1995, Expertise et diagnostic sur 30 Kms d'adduction dans la wilaya de Naama, Direction de l'hydraulique de la wilaya de Naama.
- ✓ Schulhof P, 1998, les stations de pompage d'eau, 5 ème édition TEC &DOC, Paris.
- ✓ BOVIN J, 2005, Hydraulique urbaine I, Edition HES.SO.
- ✓ PDAU d'Ouled Mimoun, 2006, URSA.
- ✓ PDAU Sidi Abdelli, 2006, URSA.
- ✓ ANB, 1997, Plan National de l'eau – Direction général – Département des étudesTechnico économiques.
- ✓ SOGREAH, 2002, Etude de tarification de l'eau à usage domestique et industriel en Algérie.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIE

- ✓ http://fr.wikipedia.org/wiki/Hauteur_manom%C3%A9trique_totale/
- ✓ http://fr.wikipedia.org/wiki/Tube_en_acier/
- ✓ <http://www.hellopro.fr/pompes-centrifuges-horizontales-1001169-fr-1-feuille.html>