

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Etude d'adduction d'eau potable de la commune Al Abbadia (w. Ain defla).

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 1-0020-14

APA Citation (توثيق APA):

Louhab, Chouaib (2014). Etude d'adduction d'eau potable de la commune Al Abbadia (w. Ain defla)[Mem Ing, ENSH].

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

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...)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

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

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

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

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

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.



**DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

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

**Option: Alimentation en Eau Potable**

**THEME DU PROJET :**

**ETUDE D'ADDUCTION D'EAU POTABLE DE LA COMMUNE AL  
ABBADIA (W.AIN DEFLA)**

**PRESENTE PAR :**

**M<sup>r</sup> LOUHAB Chouaib**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>r</sup> KHOUDJET - KASBA Omar</b>	<b>Professeur</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>r</sup> HACHEMI Abd el kader</b>	<b>MAA</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> BERBECHE Sabah</b>	<b>MAA</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>r</sup> DJELLAB Mohamed</b>	<b>MCB</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>r</sup> AZZAZ Sofiane</b>	<b>Ingénieur(SEAAL)</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> CHENITI Naoual</b>	<b>MAA</b>	<b>Promotrice</b>

**Septembre - 2014**



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

## Remerciement

*Je remercie tout d'abord Dieu le tout puissant de m'avoir donnée la chance et le courage pour accomplir ce travail.*

*Comme je tiens à remercier M<sup>me</sup> CHENITI d'avoir accepté de m'encadrer lors du présent travail et les précieux conseils qu'elle a bien voulu prodiguer pour cibler les aspects traités dans ce rapport technique.*

*Je remercie tout particulièrement mes parents et mes frères, et mes seours pour leurs aides, pour leurs patiences, leurs soutiens moraux et leurs confiances le long de ma vie .*

*Je tiens également à adresser Mes remerciements également à tous ceux qui ont contribué à ma formation et particulièrement les enseignants de l'ENSH, et mon respect aux membres de jury qui feront l'honneur d'apprécier mon travail.*

*Enfin, je ne saurais pas oublier de remercier tout mes amis qui m'ont été d'un soutien que ce soit moral ou matériel, et qui ont contribué de près ou de loin à m'aider.*

*Merci.*



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

## Dédicace

A chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pose pour regarder en arrière et se rappeler toutes ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence, mais surtout les mauvais. Ces personnes qui nous ont aidés sans le leur dire, soutenus sans réserve, aimés sans compter, ces personnes à qui notre bonheur devient directement le leur.

Je dédie ce modeste mémoire comme témoignage de mon amour et signe de reconnaissance à :

D'abord à ma très chère mère MEBARKA à qui je dois remercier beaucoup pour ces sacrifices, son amour, son aide et son soutien, sans lesquels j'avoue je ne serai pas ce que je suis aujourd'hui.

À mon très cher et adorable père LAHCENE qui n'a épargné aucun effort pour m'instruire et me guider tout au long mon cursus.

A mes frères : *Abd EL BAKI, ZINEDDINE, AYOUB, ISHAK.*

À mes sœurs : *Fayza, Souhila.*

À toute les familles, LOUHAB, TIR, DAKIK

A tout mes amis sans exception et surtout : *ILYES MOSBAH, REDA CHEKROUD, MUSTAPHA TAHA, MOURAD ALONSO, KADRİ KADOUR, ZEGHIB ABDELRAOUF, BESSKRI FETHI, LARGOT BOBAKER, kherchi chawki .HATEM, mourad ghachi, taki hbibna*

*A tous les étudiants de l'ensh*



بعد التعريف بمنطقة الدراسة وتقدير احتياجات المياه في الوقت الحالي و إلى غاية المدى البعيد(2040)، وبناء على هذا شرعنا في حساب أبعاد أنابيب نقل المياه مع اختيار المسار تقنيا واقتصاديا. وكذلك دراسة مختلف المنشآت المكونة لهذا النظام من خزانات وسيطة و محطة الضخ، و ذلك بدراستها وحساب ساعاتها و أبعادها مع مختلف معداتها.

بعد ذلك درسنا المنهجية المثلى لحماية الأنابيب من المطرقة المائية والتأكسد، وأتممنا عملنا بتبيان طرق انجاز المشروع ومختلف العتاد والوسائل اللازمة له.

## Résumé

Dans le cadre du projet d'AEP à partir du barrage d'OULED MELLOUK pour les différentes villes de la wilaya d'AIN DEFLA, et parmi d'elles la ville d'AL ABBADIA, le sujet du mémoire nous permet d'étudier le mode d'adduction des eaux vers cette ville.

Après avoir présenté notre région d'étude et estimer les besoins en eau de l'agglomération à l'horizon d'étude 2040, et a la base de la précédente étape nous avons effectuée le dimensionnement des conduites d'adduction, avec le choix du tracé obtenus après une étude technico-économique, puis nous avons étudiée les différents ouvrages constituant le système d'adduction y compris les réservoirs intermédiaires et la station de pompage, leur capacités, dimensions, et les différents équipements.

Nous avons établi la méthodologie de bonne protection contre le coup de bélier et la corrosion des conduites. Nous terminerons notre travail par les méthodes de mise en œuvre, les moyens et les équipements pour l'exécution de projet.

## Abstracts

Within the frame work of the project of AEP from the stopping of OULED MELLOUK for the various cities of AIN DEFLA department, and among they it town of Al ABBADIA, the subject of this thesis allow us to study a mode of adduction of water towards this city.

After presenting our area study and estimating the requirements of water for the agglomeration at 2040 horizon, depending on the previous stage we measure the pipes of adduction, with the choice of the layout from technical-economic perspective, and also the various works constituting adduction system i.e. the intermediate tanks and pumping station, we study their capacities, dimensions, and the various necessary equipments.

We will establish the methodology of good protection against the water hammer and corrosion of the conduits. We will complete our work by implementation methods, means and equipment for the project achievement.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

## CHAPITRE I PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

INTRODUCTION .....	2
I-1. PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE .....	2
I-2. SITUATION TOPOGRAPHIQUE .....	3
I-3. SITUATION GEOLOGIQUE.....	3
I-3-1. GEOLOGIE.....	3
I-3-2. SICMICITE.....	5
I-4. SITUATION CLIMATIQUE.....	5
I-4-1. Climat.....	5
I-4-2. Temperature .....	5
I-4-3. pluviometrie .....	6
I-4-4. Humidité .....	6
I-4-5 .Le vent.....	6
I-5. SITUATION HYDROGEOLOGIQUE .....	7
I-5.1. hydrogéologie.....	7
I-6. SITUATION DEMOGRAPHIQUE.....	7
I-7. SITUATION HYDRAULIQUE.....	8
I-7-1. Alimentation en eau potable.....	8
CONCLUSION.....	8

## CHAPITRE II ESTIMATION DES

### BESOINS EN EAU

INTRODUCTION .....	9
II-1. EVOLUTION DE LA POPULATION AUX DIFFERENTS HORIZONS D'ETUDE.....	9
II-2. EVOLUTION DE LA CONSOMMATION MOYENNE JOURNALIERE.....	10
II-2-1. Besoins domestiques.....	11
II-2-2. Besoins scolaires.....	11
II-2-3. Besoins administratifs.....	11
II-2-4. Besoins publiques.....	12
II-2-5. Récapitulatif des déférentes consommations journalières.....	12
II-3. DETERMINATION DES CONSOMMATIONS MAXIMALES ET MINIMALES JOURNALIERE .....	13
II-3-1. Consommation maximale journalière ( $Q_{max j}$ ).....	13



### CHAPITRE III

#### ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'ADDUCTION

INTRODUCTION .....	20
III-1. TYPES D'ADDUCTION .....	20
III-1-1. Adduction gravitaire.....	20
III -1-2. Adduction par refoulement.....	20
III -1-3. Adduction mixte.....	20
III -2. TYPES D'ECOULEMENT DANS LES CONDUITES D'ADDUCTION .....	20
III -2-1. Ecoulement à surface libre .....	20
III -2-2. Ecoulement en charge .....	21
III -3. CHOIX DU TYPE DE MATERIAUX.....	21
III -3-1. Les conduites en acier soudé (horizontalement et en hélice).....	21
III -3-2. Les conduites en béton précontraint à âme en tôle.....	21
III -3-3. Les conduites en PRV (Polyester Renforcé de fibre de Verre).....	22
III -3-4. La fonte ductile.....	22
III -3-4-1. La fonte ductile comme matériau de tuyau.....	22
III -3-4-2. Tuyaux en fonte ductile .....	23
III -3-4-3. Résistance mécanique.....	24
III -3-4-4. Pression intérieure .....	24
III -3-4-5. Résistance aux contraintes.....	24
III -3-4-6. Déviation des assemblages auto-étanches .....	24
III -3-5. Choix des matériaux de canalisation.....	25
III -4. ETUDE DE L'ADDUCTION .....	25
III -4-1. Etude des variantes.....	25
III -4-1-1. Proposition des variantes .....	25
III -4-1-2. Choix de la variante du tracé d'adduction .....	28
III -4-2. Dimensionnement de l'adduction pour la variante choisie .....	29
III -4-2-1. Méthode de calcul pour le cas de refoulement .....	29
III -4-2-1-A. Calcul des pertes de charge .....	30
III -4-2-1-B. Calcul de la hauteur manométrique totale .....	30
III -4-2-1-C. Frais d'exploitation total .....	31
III -4-2-1-1. Etude de l'adduction par refoulement pour la variante choisi.....	32

II -2-1-1A. Refoulement : S.de traitement – Reservoir tampon 1000M3 .....	32
III -5. EQUIPEMENTS .....	40
III -5-1. Les ventouses .....	40
III -5-2. Les vannes .....	40
III -5-2-1. Robinet vanne .....	40
III -5-2-2. Robinet papillon.....	40
III -5-3. Les ouvrages spéciaux .....	41
III -5-4. Les joints des conduites en frites béton.....	41
III -5-5. Stabilisateur de pression aval (réducteur).....	41
CONCLUSION.....	42

## CHAPITRE IV ETUDE DES RESERVOIRS

INTRODUCTION .....	43
IV-1. Choix de la cote d'implantation et emplacement des reservoirs .....	43
IV-2. CLASIFICATIN DES RESERVOIRS.....	43
IV-3 CHOIX DU RESERVOIR .....	43
IV-4. EQUIPEMENT DU RESERVOIR .....	44
IV-4-1. Conduite D'arrivee ou alimentation.....	44
IV-4-1-1. par le haut .....	44
IV-4-1-2. par le bas .....	44
IV-4-2. Conduite de depart ou de distribution.....	45
IV-4-3. Conduite de trop plein.....	45
IV-4-4. Conduite de vidange.....	46
IV-4-5. Conduite by pass.....	46
IV-4-6. Matérialisation de la réserve d'incendie.....	47
IV-5. CAPACITES DES RESERVOIRS.....	48
IV-5-1. Méthode analytique.....	48
IV-5-2. Méthode graphique .....	48
IV-5-3. Estimation de la capacite total des reservoirs .....	50
IV-5-4. Dimenssionnement du resevoir tampon.....	51
IV-5-5. Forme des reservoirs .....	52
IV-6. Dimenssionnement du bache de la station de pompage.....	53
CONCLUSION.....	53



V-1. CHOIX DE L'EMPLACEMENT DE LA STATION DE POMPAGE : .....	55
V-2. SITUATION DES OUVRAGES : .....	55
V-3. CHOIX D'EQUIPEMENT HYDROMECHANIQUE ET ENERGETIQUE : .....	55
V-4. CHOIX DU TYPE DE POMPE : .....	56
V-5. CHOIX DU NOMBRE DE POMPES .....	56
V-6. COURBES CARACTERISTIQUES DES POMPES.....	57
V-7. COUPLAGE DES POMPES : .....	57
V-7-1. Couplage en parallèle : .....	58
V-7-2. Couplage en série : .....	58
V-8. POINTS DE FONCTIONNEMENT DES POMPES : .....	58
V-8-1. Courbe caractéristique résultante des conduites : .....	58
V-8-2. Pertes de charge linéaires .....	58
V-8-3. Pertes de charge singulières : .....	59
V-8-4. Pertes de charge totales : .....	59
V-8-5. Refoulement S. Pompes – Réservoir d'AL ABBADIA .....	59
V-9. Adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement données : .....	60
V-9-1. Débit disponible > Débit appelé .....	60
V-9-1-1. Mode de réglage par vannage: .....	60
V-9-1-2. Mode de réglage par rognage.....	61
V-9-1-3. Augmentation des pertes de charge dans les conduites de refoulement ....	62
V-9-1-4. Diminution de temps de pompage .....	62
V-9-1-5. Changement du type de la pompe.....	62
V-9-2. Débit disponible < Débit appelé .....	62
V-9-3. Application des modes de réglage .....	63
V-9-3-1. Mode de réglage par la diminution de la vitesse de rotation .....	63
V-9-3-3. Mode de réglage par la diminution de temps de pompage .....	64
V-9-3-3. Réglage par rognage : .....	65
V-10. ETUDE DE LA CAVITATION : .....	66
V-10-1. Calcul de la hauteur d'aspiration admissible.....	67
V-10-2. Calage de la pompe .....	68
V-10-3. Station de pompage vers le réservoir d'AL'ABBADIA : .....	68
V-11. SCHEMA DE LA POMPE : .....	69

V-12-1. CHOIX DU MOTEUR ELECTRIQUE : .....	70
--	----



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

V-12-3. Puissance fournie par le moteur .....	70
V-13. GENIE CIVIL DE LA STATION DE POMPAGE : .....	72
V-13-1. Bâtiment de la station de pompage : .....	72
V-13-2. CALCUL GENIE CIVIL : .....	73
V-13-2-1. EPAISSEUR DES MURS DU BATIMENT : .....	73
V-13-2-2. LA HAUTEUR DU BATIMENT : .....	73
V-13-2-3. LA LANGUEUR DU BATIMENT .....	73
V-13-2-4. LA LARGEUR DU BATIMENT : .....	74
V-13-2-5. DIMENSIONS DES PORTES .....	74
V-13-2-6. DIMENSIONNEMENT DES FENETRES .....	74
V-13-2-7. DIMENSIONNEMENT DES MARCHES D'ESCALIER : .....	75
CONCLUSION : .....	75

## CHAPITRE VI

### PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUP DE BELIER ET LA CORROSION

INTRODUCTION : .....	76
VI-1. PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUP DE BELIER : .....	76
VI-1-1. Définition : .....	76
VI-1-2. Origines des coups de bélier : .....	76
VI-1-3. Amplitude des coups de bélier : .....	77
VI-1-4. Risques dus aux coups de bélier : .....	77
VI-1-5. Risques pour un refoulement : .....	78
VI-1-6. Les dispositifs de protection de la conduite de refoulement contre le coup de bélier	79
VI-1-7. Les observations sur les différents éléments des dispositifs de protection : .....	81
VI-1-7-1. Observations sur les ballons : .....	81
VI-1-7-2. Observations sur les clapets d'entrée d'air : .....	81
VI-1-8. Règles diverses pour la protection contre le coup de bélier : .....	81
VI-1-8-1. Règles 1 : Pression minimale admissible : .....	81
VI-1-8-2. Règles 2 : Maintenance : .....	82
VI-1-8-3. Règles 3 : Positionnement des dispositifs de protection : .....	82
VI-1-8-4. Règles 4 : Recommandations diverses : .....	82
VI-1-9. Calcul des réservoirs d'air : .....	83

VI-1-9-4. Installation du réservoir d'air : ..... 88

VI-1-9-5. Documents pour une étude de protection : ..... 89

Conclusion : ..... 89

VI-2. PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LA CORROSION : ..... 89

VI-2-1. Généralités : ..... 89

VI-2-2. Protection cathodique : ..... 90

VI-2-2-1. Principe de la corrosion électrochimique : ..... 90

VI-2-2-2. Protection par anodes sacrificielles : ..... 90

VI-2-2-3. Systèmes de protection par courant impose : ..... 91

VI-2-2-4. Intérêt des revêtements associés à la protection cathodique : ..... 92

VI-2-3. Les revêtements organiques : ..... 93

VI-2-3-1 Les peintures et vernis : ..... 93

VI-2-3-2. Les bitumes : ..... 93

VI-2-3-3. Les revêtements polymériques : ..... 94

Conclusion ..... 94

## CHAPITRE VII ORGANISATION DE CHANTIER

INTRODUCTION : ..... 95

VII-1. ORGANISATION DE CHANTIER : ..... 95

VII-1-1. Différents travaux à entreprendre : ..... 95

VII-1-1-1. Travaux concernant l'adduction : ..... 95

VII-1-1-2. Travaux concernant les stations de pompage : ..... 96

VII-1-1-3. Travaux concernant la construction des réservoirs projetés : ..... 97

VII-1-2. Calcul des volumes des travaux de l'adduction : ..... 97

VII-1-2-1. Déblais d'excavation : ..... 97

VII-1-3. Déblais d'excavation de la conduite d'adduction : ..... 98

VII-1-4. Volume de lit de sable ..... 99

VII-1-5. Volume de la conduite ..... 99

VII-1-6. Remblais compacté ..... 100

VII-1-7. Calcul du volume des travaux de la station de pompage ..... 101

VII-1-8. Engins utilisés : ..... 104

VII-1-8-1. La niveleuse : ..... 104

VII-1-8-2. La pelle et le chargeur ou la chargeuse : .....	105
VII-1-8-3. Les engins de transport .....	106
VII-1-8-4. Les engins de compactage .....	107
VII-1-8-5. Matériels de compactage .....	107
VII-1-9. Planification des travaux : .....	107
VII-1-9-1. Planification par la méthode du réseau (la méthode CPM).....	108
Conclusion .....	111
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>112</b>



**nitro**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message



Tableau I-1 : Profil géologique global .....	5
Tableau I-2 : Répartition moyenne annuelle des précipitations : .....	6

Tableau I-3 : Humidité relative moyenne : .....	6
---	---

Tableau I-4 : Vitesse moyenne du vent en m/s .....	7
--	---

## CHAPITRE II : ESTIMATION DES BESOIN EN EAU

Tableau II.1 : Evolution de la population des communes en différents horizons.....	9
--	---

Tableau II.2 : Débits journaliers des villes .....	10
--	----

Tableau II.3 : Besoins scolaires .....	11
--	----

Tableau II.4 : Besoins administratifs .....	11
---	----

Tableau II.5 : Besoins publiques : .....	12
--	----

Tableau II.6: Tableau récapitulatif des différentes consommations journalières .....	12
--	----

Tableau II.7: Débits des équipements.....	13
---	----

Tableau II.8 : Les consommations min et max journalières des villes.....	14
--	----

Tableau II.9 :Répartition horaire du débit maximum journalier .....	15
---	----

Tableau II.10 Variation de débit horaire dans la ville d'AL ABBADIA.....	17
--	----

## CHAPITRE III : ETUDE ET CONCEPTION DE L'ADDUCTION

Tableau III.1: Calcul de la HMT du tronçon Station de pompage – Reservoir tampon. ....	33
--	----

Tableau III.2: Calcul des frais d'amortissement du tronçon station de traitement – R tampon. .....	33
---	----

Tableau III.3: Calcul des frais d'exploitation du tronçon (station de traitement – réservoir tampon). .....	34
--	----

Tableau III.4: Bilan du tronçon St de traitement – réservoir tampon.....	34
--	----

Tableau III.5: Calcul de la HMT du tronçon station de pomp vers R AL ABBADIA. ....	36
--	----

Tableau III.6: Calcul des frais d'amortissement du tronçon Station de pompage – Réservoirs AL ABBADIA. ....	36
--	----

Tableau III.7: Calcul des frais d'exploitation du tronçon Station de pompage – Reservoir AL ABBADIA.....	36
---	----

Tableau III.8: Bilan du tronçon Station de pompage – Réservoirs AL ABBADIA. ....	37
--	----

Tableau III.9:Coefficients $K'$ , $m$ , $\beta$ pour différents types du tuyau. ....	38
--	----



La fiche technique du pompage : ..... 54

**Tableau V.2:** Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre. .... 56  
**Tableau V.3:** Courbe caractéristique de la conduite (S.PMP – R. AL ABBADIA). .... 59  
**Tableau V.4:** Variation de R en fonction de Ns. .... 62  
**Tableau V.5:** Calculs des prix d'énergie pour différents modes de réglage. .... 66  
**Tableau V.6:** Variation de la tension de vapeur d'eau en fonction de la température. .... 67  
**Tableau V.7:** Dimensions des organes de la pompe PM150/2D d'après.CAPRARI. .... 69  
**Tableau V.8:** Coefficient de correction en fonction de la puissance..... 70  
**Tableau V.9:** Récapitulation des dimensions du bâtiment de la station..... 75

**CHAPITRE VI : PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUP DE BELIER  
ET LA CORROSION**

**Tableau VI.1:** Les caractéristiques de la conduite de refoulement. .... 84  
**Tableau VI.2:** Calcul de célérité d'onde de la conduite de refoulement. .... 85  
**Tableau VI.3:** Calcul de volume de réservoir d'air. .... 85  
**Tableau VI.4:** Les dimensions de réservoir d'air. .... 86  
**Tableau VI.5 :** Les caractéristiques de la conduite gravitaire..... 87

**CHAPITRE VII : ORGANISATION DE CHANTIER**

**Tableau VII.1:** Calcul du volume des déblais (tronçon RTampon-ST Pompage)..... 98  
**Tableau VII.2:** Calcul du volume des déblais (tronçon St POMPAGE- R AL ABBADIA).... 98  
**Tableau VII.3:** Calcul du volume des déblais (tronçon S.P - RTampon)..... 99  
**Tableau VII.4:** Calcul du volume du lit de sable. .... 99  
**Tableau VII.5:** Calcul du volume de la conduite..... 100  
**Tableau VII.6:** Volumes des volumes de remblais de l'adduction..... 100  
**Tableau VII.7:** Volumes des travaux de l'adduction..... 101  
**Tableau VII.8:** frais total des travaux de l'adduction. .... 101  
**Tableau VII.9:** récapitulation des dimensions du bâtiment de la station..... 101  
**Tableau VII.10:** les travaux de la station de pompage. .... 104  
**Tableau VII.11:** Devis des différents travaux de la station de pompage..... 104  
**Tableau VII.12:** La liste des taches. .... 108  
**Tableau VII.13:** Tâches qui précèdent et qui succèdent chaque opération..... 109  
**Tableau VII.14:** Diagramme de GANT ..... 110

## CHAPITRE II : ESTIMATION DES BESOIN EN EAU

<b>Figure II.01</b> : Evolution de la population de la ville d'AL ABBADIA .....	10
<b>Figure II.02</b> : Repartition des debits horaires de la ville d'AL ABBADIA .....	18
<b>Figure II.03</b> : Courbe integrale de la consommation horaire de la ville d'AL ABBADIA. ....	18

## CHAPITRE III : ETUDE ET CONCEPTION DE L'ADDUCTION

<b>Figure III.01</b> : La composition de fonte ductile et grise. ....	23
<b>Figure III.02</b> : Schéma explicatif de la 1 <sup>ère</sup> variante.....	26
<b>Figure III.03</b> : Schéma explicatif de la variante N°02.....	27
<b>Figure III.04</b> : Bilan des frais d'amortissement et d'exploitation (st de trait – R tampon) .....	34
<b>Figure III.05</b> : Bilan des frais d'amortissement et d'exploitation (Station de pompage Réservoirs d'AL ABBADIA). ....	37

## CHAPITRE IV : ETUDE DES RESERVOIRS

<b>Figure IV.01</b> : Arrivée par suverse(Chute libre) .....	44
<b>Figure IV.01</b> Arrivée par suverse .....	44
<b>Figure IV.03</b> : Arrivée par le fond .....	44
<b>Figure IV.04</b> : Arrivée par le bas.....	44
<b>Figure IV.05</b> : Conduite de départ.....	45
<b>Figure IV.06</b> : Emplacement de la conduite de trop-plein et de vidange.....	46
<b>Figure IV.07</b> : Conduite by-pass .....	46
<b>Figure IV .08</b> : Coupe transversale d'un réservoir semi-enterré.....	47
<b>Figure IV.09</b> : Graphique de la methode graphique.....	49

## CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE POMPAGE

<b>Figure V.01</b> : Les courbes caractéristiques des pompes de type PM150/2D-CAPRARI.....	57
<b>Figure V.02</b> : Point de fonctionnement des pompes de la station de pompage.....	60
<b>Figure V.03</b> : Point de fonctionnement des pompes de la station après la diminution de la vitesse de rotation. ....	63
<b>Figure V.04</b> :schema de la pompe (.CAPRARI).....	69
<b>Figure V.05</b> : Electropompe socle.....	71

<b>Figure VI.01:</b> Réservoir hydropneumatique.....	79
<b>Figure VI.02:</b> Cheminée d'équilibre sur une conduite de refoulement.....	80
<b>Figure VI.03:</b> Soupape de décharge type LEZIER.....	80
<b>Figure VI.04:</b> Planche d'encombrement des réservoirs d'air Hydrofort CHARLATTE.....	88
<b>Figure VI.05:</b> Schéma d'installation du réservoir d'air.....	88
<b>Figure VI.06:</b> Principe de la protection cathodique par anodes sacrificielles.....	91
<b>Figure VI.07:</b> Répartition des anodes sacrificielles le long d'une conduite.....	91
<b>Figure VI.08:</b> Principe de la protection cathodique à courant imposé.....	92

## CHAPITRE VII : ORGANISATION DE CHANTIER

<b>Figure VII.01:</b> La niveleuse.....	105
<b>Figure VII.02:</b> La pelle hydraulique et le chargeur.....	105
<b>Figure VII.03:</b> La découpeuse.....	106
<b>Figure VII.04:</b> Les engins de transport.....	107
<b>Figure VII.05:</b> Compacteur à rouleau lisse.....	107
<b>Figure VII.06:</b> Réseaux à nœuds(méthodeCPM).....	109





## Liste des planches

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7

Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Planche N° 1 : profil en long de la conduite gravitaire du réservoir tampon- station de pompage (tronçon AB)

**Planche N° 2** : profil en long de la conduite gravitaire du réservoir tampon- station de pompage (tronçon BC)

**Planche N° 3** : profil en long de la conduite de refoulement d'AL ABBADIA W.AIN DEFLA

**Planche N° 4** : plan de la station de pompage de la commune d'AL ABBADIA W.AIN DEFLA

**Planche N° 5** : schéma synoptique d'adduction



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

# INTRODUCTION GENERALE



l'état algérien, principalement les grandes adductions des transferts d'eau potable, de la ressource vers les usagers qui nécessitent des études sérieuses et valables dans le cadre technico économique.

Dans ce cadre l'objectif du présent travail et de faire une étude d'adduction en eau potable de la commune d'Al abbadia Wilaya de Ain defla à partir du barrage de Ouled Mellouk.

Ce travail est organisé de manière à couvrir les axes d'analyse suivants :

Présentation de la région d'étude (situation géographique, topographique, climat, démographique et hydraulique), dans le premier chapitre.

Le calcul des besoins en eau de la population à l'horizon d'étude 2040, Les différents calculs sont traités et présentés successivement dans le deuxième chapitre.

Le choix du tracé et le type des matériaux des canalisations, l'étude technico-économique pour le dimensionnement des conduites de refoulement et gravitaire sont exposés dans le troisième chapitre.

Les réservoirs et les ouvrages de stockage, leurs emplacements, leurs rôles, la détermination de leurs capacités et projection d'un si nécessaire, présentés avec plus de détail dans le quatrième chapitre.

La détermination de type et nombre des pompes, l'application des modes de réglages et le dimensionnement de la station de pompage sont exposés dans le cinquième chapitre.

La station de pompage et la conduite d'adduction doivent être protégées contre le phénomène transitoire et la corrosion, cette protection est faite dans le sixième chapitre.

le calcul des volumes des travaux de la conduite d'adduction et la station de pompage sont traitées dans le septième chapitre.

Et nous terminerons notre travail par une conclusion générale.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

# CHAPITRE I

## PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

à l'entame de ce chapitre pour une synthèse générale de toutes les informations et les données

qui concerne la situation de la zone d'étude ; de point de vue géographique, topographique,

géologique, climatologique, démographique et surtout hydrauliques, pour connaître les caractéristiques de lieu qui influencent sur la conception de ce projet d'adduction en eau potable de la commune d'EL-ABBADIA à partir du barrage de OULED MELLOUK.

### **I-1. Présentation générale de la zone d'étude :**

La commune d'EL-ABBADIA se situe dans la vallée de oued Cheliff ; autrement dit le périmètre du moyen Chellif. Elle est localisée sur la carte de Ain Defla N° 83, échelle 1 /50000 dont les coordonnées Lambert sont :

X= 409,20 Km

Y= 330,602 Km

Z= 175,00 Km

La commune d'EL-ABBADIA est située à 30 Km environ dans la cote Nord Ouest de la Wilaya de Ain Defla. Elle est limitée par :

- \_ La commune de Tachta et Beni Haoua wilaya de Chlef au nord.
- \_ La commune d'EL Attaf et Oued EL Foda wilaya de Chlef au sud.
- \_ La commune d'Ain Bouyahia à l'Est.
- \_ La commune de Beni Rached à l'Ouest.

Et pour la zone d'étude qui contient la source d'adduction, le barrage d'OULED MELLOUK se situe dans la commune de ROUINA sud ouest de la Wilaya de AIN DEFLA suivant les coordonnées géographiques :

- Latitude : 36° 11' 17,52''

-Longitude : 1° 50' 21,48''

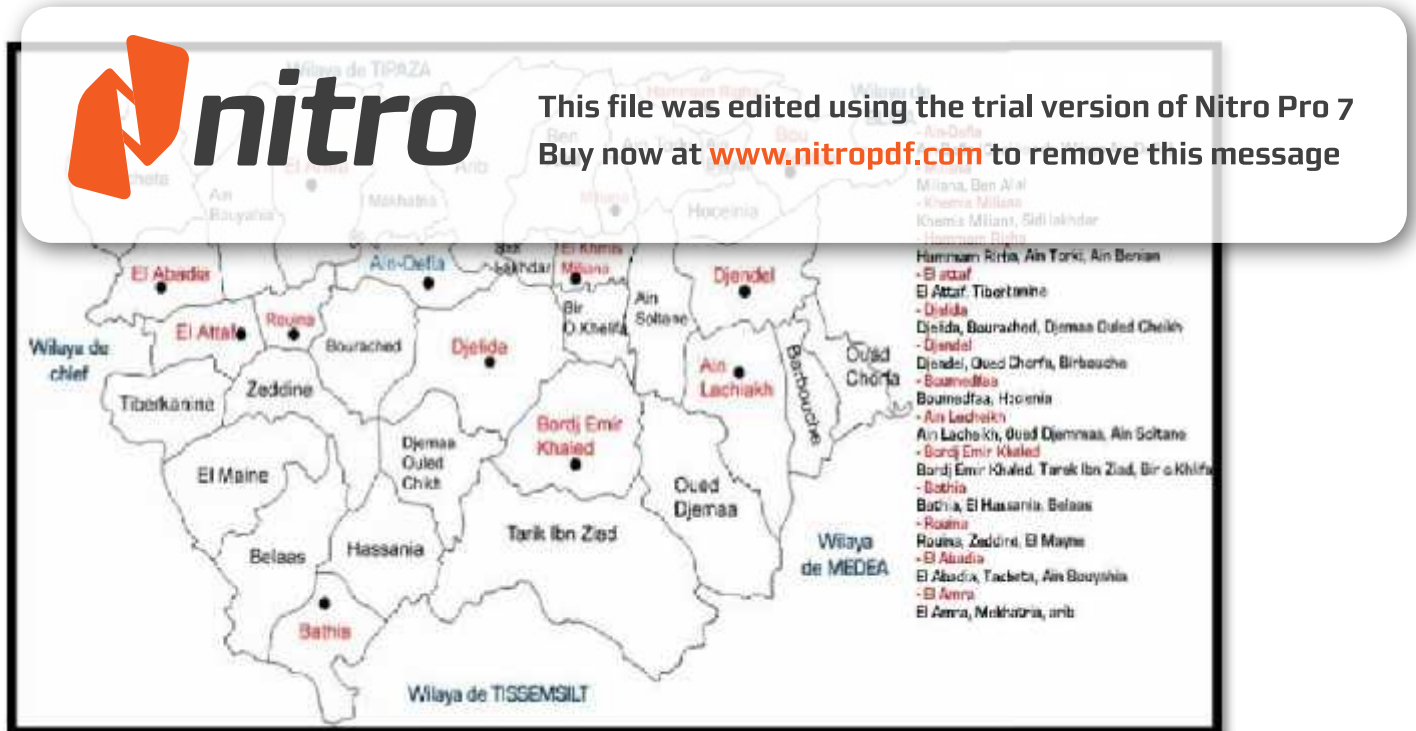


Figure. I.1 : Présentation de la wilaya de Ain defla et leurs communes

## I.2-Situation Topographique :

Notre site est pratiquement plat contrairement à la cote Nord ou la pente est raide. La ville d'EL-ABBADIA présente des reliefs uniformes, avec une pente variant de (0,3 à 5,5) dont les altitudes varient de 70 à 110 m ; et pour la zone d'étude on a pendage générale est orienté Est / Ouest avec une pente moyenne de l'ordre (0,01m/ m à 0,03m/m).

## I.3-Situation Géologique

### I.3.1 –Géologie :

Les caractères géologique des bassins versants des affluent rive droit et rive gauche de l'Oued Cheliff sont dissemblables car résultant d'une histoire géologique différente :



Le sud : les bassins versants sont situés dans le massif de l' Ouarsenis qui appartient

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Les terrains qui le constituent sont datés du Trias (secondaire).

La partie haute des bassins versants est constituée par les formations du Crétacé : marne; macro-calcaires surtout, et calcaire de l'OUARSENIS. Les nappes Telliennes se sont mises en place sur du train Gypseux qui affleure en quelques points sur quelques dizaines de Km<sup>2</sup>.

Les bassins des Oueds affluents rive gauche sont constitués de matériaux tendres sensibles à l'érosion et produisant des matériaux fins facilement mis en suspension. La présence de traits gypseux est un élément favorable à la salure des eaux.

- **Au nord :** Au contraire, les monts DAHRA primitifs et l'OUARSENIS au cours de transgression venues du golfe d'ORAN ; la sédimentation est active dans le bassin à cause de la subsidence ; Ces dépôts se sont fortement plissés après le Miocène et la tectonique n'a pas cessé. Elle se manifeste encore de nos jours par une surélévation des monts DAHRA et une subsidence des bassins constituant la plaine du Cheliff. Les formations du Miocène supérieur comportent des marnes gypseuses même du gypse massif, ce type de formation affleure surtout dans les bassins des oueds à l'Ouest et dans le bassin de l'oued OUAHRANE.

Comme dans les bassins du sud, ceux des oueds affluents rive droite sont constitués de matériaux tendres sensibles à l'érosion car les grès fait que le charriage est plus important dans les oueds du Nord que du sud.

La aussi la présence de Marnes gypseuses et de gypse du Miocène supérieur est un élément favorable à la salure des eaux.



Tableau I-1 : Profil géologique global :

Age	Epaisseur (m)	lithologie
Quaternaire	70	Sable et gravier
Marne jaune	610	Argile, marne, gravier
Astien	556	Sable, grès
plais ancien	552	marne

Source : DRE AIN DEFLA

### I. 3.2-Sismicité :

L'analyse sismique englobe dans notre cas l'Atlas Tellien et ses environs. D'après les manifestations sismiques ressenties et les publications du ministère des travaux publics, l'Atlas Tellien constitue en Algérie l'un des éléments géologiques les plus proches du plissement Alpin, EL ABBADIA et notre zone d'étude sont implantées dans l'une des régions où la sismicité est importante.

### I.4- Situation climatique

#### I.4.1- climat :

Suite à la situation géographique de notre zone d'étude ; le climat est de type méditerranéen. Une saison sèche de Mai à Septembre et d'une saison humide d'Octobre à Avril.

#### I.4.2- Température :

L'ensemble des données de températures montre que l'hiver est très froid et l'été très chaud. Les températures moyennes diminuent pendant les trois mois d'hiver, (Décembre, Janvier, Février) d'un minima de (-9 °C) et elles progressent pendant les trois mois d'été (Juin, Juillet, Août) d'un maxima de (39 °C), l'écart entre ces deux extrêmes donne une amplitude thermique de (48 °C). Quant à la température moyenne elle est de 13.57 °C.

La température maximale absolue peut atteindre l'ordre de 40 °C (2 à 3 jours par mois) pendant les mois de juillet et août.



## I.4 Pluviométrie :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Selon la station d'El ABBADIA (012001), la répartition mensuelle des précipitations est

donnée dans le tableau I-2 1980/2007

**Tableau I-2 : Répartition moyenne annuelle des précipitations :**

MOIS	sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
P(mm)	11.38	17.14	41.60	44.88	39.74	40.21	34.26	29.98	23.32	4.41	1.69	0.7

Source : ANRH DE BLIDA

#### I.4.4- Humidité :

L'humidité de l'air est donnée par le tableau I-3

**Tableau I-3 : Humidité relative moyenne :**

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août
H %	3.61	3.52	3.76	3.72	3.29	3.75	3.38	3.96	3.65	3.85	3.61	3.65

Source : ANRH DE BLIDA

L'humidité relative moyenne est de 3.64%. Elle présente un maximum en Décembre (3.72 %) et un minimum en Juillet (3.61 %)

L'humidité se manifeste durant sept mois dans l'année soit du mois d'octobre au mois d'avril où les valeurs sont toutes supérieures à la moyenne annuelle. Le reste de l'année, notamment, la période qui coïncide avec les fortes températures, l'humidité ne s'abaisse pas en dessous de 39 %.

#### I.4.5- Les vents :

Les vents dominants sont de (NE 22%, N 12%, NO 27%). Les vitesses moyennes mensuelles sont de 3 m/s environ, sans grandes variations d'un mois sur l'autre (les minimales à 2,5 m/s et les maximales à 3,2 m/s) d'après les mesures de la station Sidi Akacha pour la période 1983 – 2006.

Table 1.4 : Vitesse moyenne du vent en m/s :

	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOÛT
V(m/s)	2.8	3.2	3.5	3.5	3.1	3.2	3.1	3	2.9	2.7	2.9	2.9

Source : ANRH DE BLIDA

## I.5-Situation Hydrogéologique

### I.5.1-Hydrogéologie :

Dépôts limoneux de la plaine du Chélif et des vallées latérales, avec nappes caillouteuses dans les cônes de déjection.

Donc les ressources en eau de cette région sont en grande partie mobilisées à partir des forages et sources des nappes aquifères sont comme suit :

- \_ Les alluvions quaternaires.
- \_ Les grès pliocène
- \_ Les calcaires jurassiques .

#### 1-La nappe aquifère des dépôts (alluvions) :

Les alluvions sont constituées de limon et d'argile, occupant la plupart de la surface de la plaine, sous laquelle se trouvent les formations grossières de galets et graviers.

#### 2- La nappes des grès :

Ces formations apparaissent dans la plaine du moyen Chélif, en bordure du massif de TEMOULGA et l'ouest d'EL ABBADIA, elles sont constituées de grès et sable, ainsi elles affleurent dans la plaine du haut de Cheliff sous forme de grès et de conglomérats et d'argile gréseuses.

#### 3-La nappe calcaire jurassique :

Aquifère Karstique à surface libre, a structure tabulaire ou plissée plus au moins compartimenté, sa capacité de régulations varie suivant la hauteur noyée de cette formation est connue en affleurement dans le massif de ZACCAR, ROUINA et TEMOULGA.

## I.6-Situation démographique :

Au dernier recensement (2008) le nombre d'habitant était de 40697.  
L'évolution de la population sera étudiée dans le chapitre calcul de base.

## I.7-Situation hydraulique



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

La production d'eau potable est assurée par la nappe phréatique située au sud de la ville, sa capacité de production est plus de 154l/s pour satisfaire toute la population de la ville D'El ABBADIA et Sidi Saad. Les forages exploités ont un débit important pour les besoins d'AEP d'autant plus il existe plusieurs forages a l'usage individuel qui sont utilisés soit pour la consommation ou l'irrigation.

**b-Réseau :**

Le réseau d'AEP d'El ABBADIA nécessite une extension ainsi qu'une rénovation en quelques zones, et une amélioration en d'autres zones.

**-Nature de réseau :**

Le réseau d'AEP actuel est de type maillé.

**-Matériaux et diamètres des conduites :**

Le réseau d'AEP est composé de (09) neuf mailles adjacents en PVC de différents diamètres varies entre  $\Phi 250\text{mm}$  a  $\Phi 50\text{mm}$ , on constate aussi des ramifications secondaires tertiaires en  $\Phi 50\text{mm}$  et  $\Phi 63\text{mm}$  en PVC.

Les conduites de refoulement sont en acier et traversent la ville d'El ABBADIA pour remplir les réservoirs situés au Nord destinés au centre.

**c- Stockage :**

La ville d'El ABBADIA possède 02 réservoirs :

- Le premier réservoir est de volume de  $2000\text{ m}^3$  et de cote de 209m.
- Le deuxième réservoir est de volume de  $1000\text{ m}^3$  et de cote de 207m

**Conclusion :**

Ce chapitre nous a permis de déterminer les données nécessaires concernant la zone d'étude du point de vue topographie, géologie, démographie ainsi que la situation hydraulique. Ces données nous serviront pour entamer notre étude du projet.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

## CHAPITRE II

# ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

Introduction :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Ces besoins sont liés à l'évolution du nombre d'habitants, au mode de vie de ces derniers et des équipements existantes.

### II-1. Evolution de la population :

D'après les données présentées dans le chapitre précédent, le nombre de la population concernée par l'étude était de 40697 habitants en 2008. Cette dernière évolue selon la relation formule des intérêts composés :

$$P = P_0 (1 + t)^n \dots\dots\dots(II.1)$$

$P$  : nombre d'habitants à l'horizon d'étude (l'an 2040 pour notre cas)

$P_0$  : nombre d'habitants à l'année prise comme référence (2008 année de dernier recensement)

$t$  : taux d'accroissement, qui est égal à 2.1 % pour la commune ALABBADIA (APC AL ABBADIA) et pour la commune ATTAF le taux d'accroissement est égale à 1.4%(APC ATTAF) et pour la commune de ROUINA et de l'ordre de 2.1%(APC ROUINA).

$n$  : nombre d'année entre l'année de référence et l'horizon d'étude (32 ans pour notre cas)

L'évolution de la population est donnée dans le tableau (II.1) ainsi que la population de deux communes qui sont alimentées avec la même adduction

**Tableau II.1** : Evolution de la population des communes en différents horizons

communes	années					
	2008	2015	2020	2025	2030	2040
<b>ABBADIA</b>	40697	47070	52225	57943	64288	79139
<b>ROUINA</b>	21572	24950	27683	30714	34077	41949
<b>ATTAF</b>	57737	63639	68220	73131	78396	90089
<b>TOTAL</b>	120006	135659	148128	161788	176761	211177

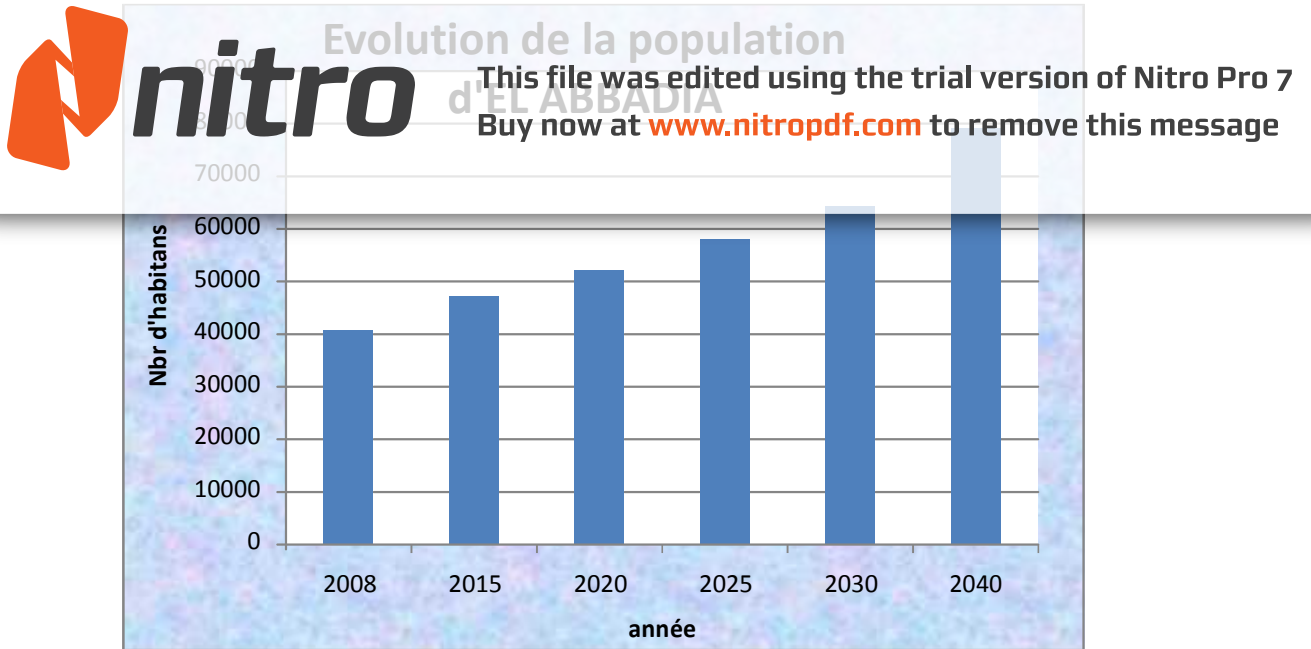


Figure II.1-Evolution de la population de la ville d'EL ABBADIA.

D'après le tableau précédent, la population totale en 2040 pour la ville d'AL ABBADIA est de : **79139 habitants**

**II-2. Evolution de la consommation moyenne journalière :**

Selon la moyenne nationale et DRE de Ain defla, la dotation est arrêtée à la valeur de 150 l/j/hab.

Et on note aussi que cette moyenne est supposée répondre à toute sorte de consommation.

Ainsi, on peut calculer les besoins moyens journaliers à l'horizon d'étude (2040) par la relation suivante :

$$Q_{moy,j} = \frac{1}{1000} * dot * N \quad (m^3/j) \dots\dots\dots(II.2)$$

dot: dotation moyenne en (l/j/hab).

N: nombre d'habitants

Le tableau II.2et englobe les débits journaliers pour chaque commune :

**Tableau II.2 : Débits journaliers des villes**

La ville	Population en 2040(hab)	Dotation (l/j)	$Q_{moy,j}$ ( $m^3/j$ )
EL ABBADIA	79139	150	11870.85
ROUINA	41949	150	6292.35
ATTAF	90089	150	13513.35

On distingue plusieurs types (usages) de demandes en eau :

II.2.1. Besoins domestiques :  
 Ce concept concerne les usages au niveau des ménages et comprend l'eau nécessaire pour boire, cuisiné, lavé, nettoyé et l'eau pour les systèmes sanitaires.

Ceci peut aussi inclure les usages productifs à petite échelle tels que les petits jardins individuels, l'abreuvement du bétail, ou les petites industries à domicile.

Leur estimation dépend de l'accroissement démographique et de l'amélioration du niveau de vie.

### II .2.2 .Besoins scolaires :

Les besoins scolaires sont regroupés dans le tableau suivant

**Tableau II.3 : Besoins scolaires**

Localités	Equipements	Nombre	Effectifs (élevés.)	Dotation (l/j/élève)	Q <sub>moyj</sub> (m <sup>3</sup> /j)
<b>EL ABBADIA</b>	Ecoles primaires	4	2320	20	46.4
	CEM	3	2979	20	59.58
	Lycées	2	2040	20	40.8
	CFPA	1	417	20	8.34

Source APC AL ABBADIA

### II.2.3- Besoins Administratifs:

Les différents besoins administratifs sont réunis dans le tableau suivant

**Tableau II.4 : Besoins administratifs**

localité	TYPE D'équipement	Nombre d'employer	Dotation (l /J /ouvr)	Q (m <sup>3</sup> /j)
<b>AL ABBADIA</b>	01 DAIRA	25	20	0.5
	01 APC	20	20	0.4
	01 poste	30	20	0.6
	01 police	50	40	2
	01 Gendarmerie	50	40	2
	01Banque	20	20	0.4

Source APC AL ABBADIA



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Localités	Type d'équipement	Nombre d'usagers	Superficie (m <sup>2</sup> )	Dotation (l/j/usager), (l/j/ m <sup>2</sup> )	Débit (m <sup>3</sup> /j)
<b>AL ABBADIA</b>	01Stade		900	06	3.6
	0 2 Mosquées	1000	/	5	5
	02 centres de santé	1000	/	15	15
	01jardin publique	/	600	04	2.4
	01 station de lavage	15	/	100	1.5
	02Douche	60	/	25	1.5
	02 Station d'essence	30	/	50	1.5
	Abattoir	15	/	100	1.5
	Parc APC	15	/	30	0.45
	Parc privé	10	/	30	0.3

Source APC AL ABBADIA

### II.2.5 .Récapitulatif des différentes consommations journalières :

Les besoins de différentes consommations calculés ci-avant sont regroupés dans le tableau suivant:

**Tableau II.6:** *Tableau récapitulatif des différentes consommations journalières*

localités	Besoins domestiques (m <sup>3</sup> /j)	Besoins scolaires (m <sup>3</sup> /j)	Besoins sanitaires (m <sup>3</sup> /j)	Besoins administratifs (m <sup>3</sup> /j)	Besoins publiques (m <sup>3</sup> /j)	Total Q (m <sup>3</sup> /j)
<b>AL ABBADIA</b>	11870.85	155.12	15	5.9	17.75	12064.62

#### - Remarque :

Pour les deux villes de ROUINA et ATTAF les débits des équipements sont traités comme une majoration des besoins domestiques, sont présentées dans le tableau suivant :





This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
 Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

	Population en 2040(hab)	Q <sub>moy,j</sub> (m <sup>3</sup> /j)	Majoration des équipements	équipements Q(m <sup>3</sup> /j)
ROUINA	41949	6292.35	12%	755.08
ATTAF	90089	13513.35	18%	2432.40

**Remarque :** les coefficients de majoration des débits moyens journalier sont estimées par les APC de ROUINA et ATTAF selon les caractéristiques de chaque ville, urbaines, agricoles, industrielles ...etc. .

**II-3.Détermination des consommations maximales et minimales journalières :**

La consommation annuelle en eau potable d’une agglomération présente des variations en fonction du temps. Pour un travail de dimensionnement hydraulique, les variations utilisées pour ce dernier sont les variations maximales et minimales, qui sont caractérisées par des coefficients d’irrégularité, à savoir :

K<sub>max j</sub> : consommation maximale journalière.

K<sub>min j</sub> : consommation minimale journalière.

$$K_{max j} = \frac{\text{consommation maximale journalière}}{\text{consommation moyenne journalière}} \dots\dots\dots (II.3)$$

$$K_{min j} = \frac{\text{consommation minimale journalière}}{\text{consommation moyenne journalière}} \dots\dots\dots (II. 4)$$

**II-3-1. Consommation maximale journalière (Q<sub>max j</sub>) :**

Ce débit représente la plus grande consommation journalière durant l’année (généralement en été). Il est calculé comme suit :

$$Q_{max j} = K_{max j} Q_{moy j} \dots\dots\dots (II. 5)$$

Où:

K<sub>max j</sub> : coefficient d'irrégularité maximal qui varie entre 1,1 et 1,3

On prendra : K<sub>max j</sub> = 1,3

D’où :

$$Q_{max j} = 1,3 * Q_{moy j}$$



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
 Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

consommée durant l'année. Il est calculé comme suit :

$$Q_{\min j} = K_{\min j} Q_{\text{moy } j}$$

Le coefficient d'irrégularité  $K_{\min j}$  varie entre 0,7 et 0,9

Pour les villes de faible importance, il est estimé à 0,9

Et pour notre cas:

$$Q_{\min j} = 0,9 * Q_{\text{moy } j}$$

Les consommations moyennes, minimales et maximales journalières sont représentées dans le tableau II-8:

**Tableau II.8** : Les consommations min et max journalières des villes

Les villes	$Q_{\text{moy } j}$ (m <sup>3</sup> /j)	$K_{\min j}$	$Q_{\min j}$ (m <sup>3</sup> /j)	$K_{\max j}$	$Q_{\max j}$ (m <sup>3</sup> /j)
AL ABBADIA	12064.62	0.9	10858.158	1.3	15684.006
ROUINA	7047.43	0.9	6342.687	1.3	9161.659
ATTAF	15945.75	0.9	14351.175	1.3	20729.475

#### II-4. Variation des débits horaires :

Dans la présente étude, pour la détermination du débit de pointe, on a opté pour la méthode donnant la variation horaire de la consommation totale dans la ville d'AL ABBADIA en basant sur le tableau II.9, la variation du débit horaire est exprimée en pourcentage du débit maximum journalier.

Alors on doit établir la répartition horaire du débit maximum journalier pour notre ville à l'horizon 2040, Le nombre d'habitants de cette ville est entre 50000 et 100000 habitants.

La consommation journalière d'une agglomération présente des variations horaires (durant les 24h), qui sont par des coefficients d'irrégularité, à savoir ;

$K_{\max h}$  : coefficient de variation maximale horaire

$K_{\min h}$  : coefficient de variation minimale horaire

$$K_{\max h} = \frac{\text{consommation maximale horaire}}{\text{consommation moyenne horaire}}$$

$$K_{\min h} = \frac{\text{consommation minimale horaire}}{\text{consommation moyenne horaire}}$$



Consommation moyenne horaire (horizon 2040):

**nitro**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$$Q_{\text{moy h}} = \frac{15684.006}{24} = 653.50 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Tableau II.9** : Répartition horaire du débit maximum journalier

Heures	Nombre d'habitants				
	< 10000	10001 à 50000	50001 à 100000	> 100000	Aggl.de type rural
0-1	01	1.5	03	3.35	0.75
1-2	01	1.5	3.2	3.25	0.75
2-3	01	1.5	2.5	3.3	01
3-4	01	1.5	2.6	3.2	01
4-5	02	2.5	3.5	3.25	03
5-6	03	3.5	4.1	3.4	5.5
6-7	05	4.5	4.5	3.85	5.5
7-8	6.5	5.5	4.9	4.45	5.5
8-9	6.5	6.25	4.9	5.2	3.5
9-10	5.5	6.25	5.6	5.05	3.5
10-11	4.5	6.25	4.8	4.85	06
11-12	5.5	6.25	4.7	4.6	8.5
12-13	07	05	4.4	4.6	8.5
13-14	07	05	4.1	4.55	06
14-15	5.5	5.5	4.2	4.75	05
15-16	4.5	06	4.4	4.7	05
16-17	05	06	4.3	4.65	3.5
17-18	6.5	5.5	4.1	4.35	3.5
18-19	6.5	05	4.5	4.4	06
19-20	5.0	4.5	4.5	4.3	06
20-21	4.5	04	4.5	4.3	06
21-22	03	03	4.8	4.2	03
22-23	02	02	4.6	3.75	02
23-24	01	1.5	3.3	3.7	01



Source polycopie de cours AEP(ENSH)


This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

et la détermination de la variation horaire de débit pour les autres localités ne sera d'aucune utilité pour notre étude.

- **Variation de débit horaire pour la ville d'AL ABBADIA :**

le nombre d'habitant de la ville d'AL ABBADIA est compris entre 50000 et 100000 hab, donc la variation horaire de débit sera comme suit :

Table II.10. Variation de débit horaire dans la ville d'AL ABBADIA



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$Q_{\max} = 15684,006 \text{ (m}^3 \text{ /j)}$

Heures (h)	Le débit cumulé		Q max, j	
	(%)	m3/h	%	m3/h
0_1	3	470,52	3	470,52
1_2	3,2	501,89	6,20	972,41
2_3	2,5	392,10	8,70	1364,51
3_4	2,6	407,78	11,30	1772,29
4_5	3,5	548,94	14,80	2321,23
5_6	4,1	643,04	18,90	2964,28
6_7	4,5	705,78	23,40	3670,06
7_8	4,9	768,52	28,30	4438,57
8_9	4,9	768,52	33,20	5207,09
9_10	5,6	878,30	38,80	6085,39
10_11	4,8	752,83	43,60	6838,23
11_12	4,7	737,15	48,30	7575,37
12_13	4,4	690,10	52,70	8265,47
13-14	4,1	643,04	56,80	8908,52
14-15	4,2	658,73	61,00	9567,24
15-16	4,4	690,10	65,40	10257,34
16-17	4,3	674,41	69,70	10931,75
17-18	4,1	643,04	73,80	11574,80
18-19	4,5	705,78	78,30	12280,58
19-20	4,5	705,78	82,80	12986,36
20-21	4,5	705,78	87,30	13692,14
21-22	4,8	752,83	92,10	14444,97
22-23	4,6	721,46	96,70	15166,43
23-24	3,3	517,57	100,00	15684,006
Total	100	15684,006		

le débit max horaire est :  $Q_{\max, \text{hor}} = 878,30 \text{ m}^3/\text{h}$

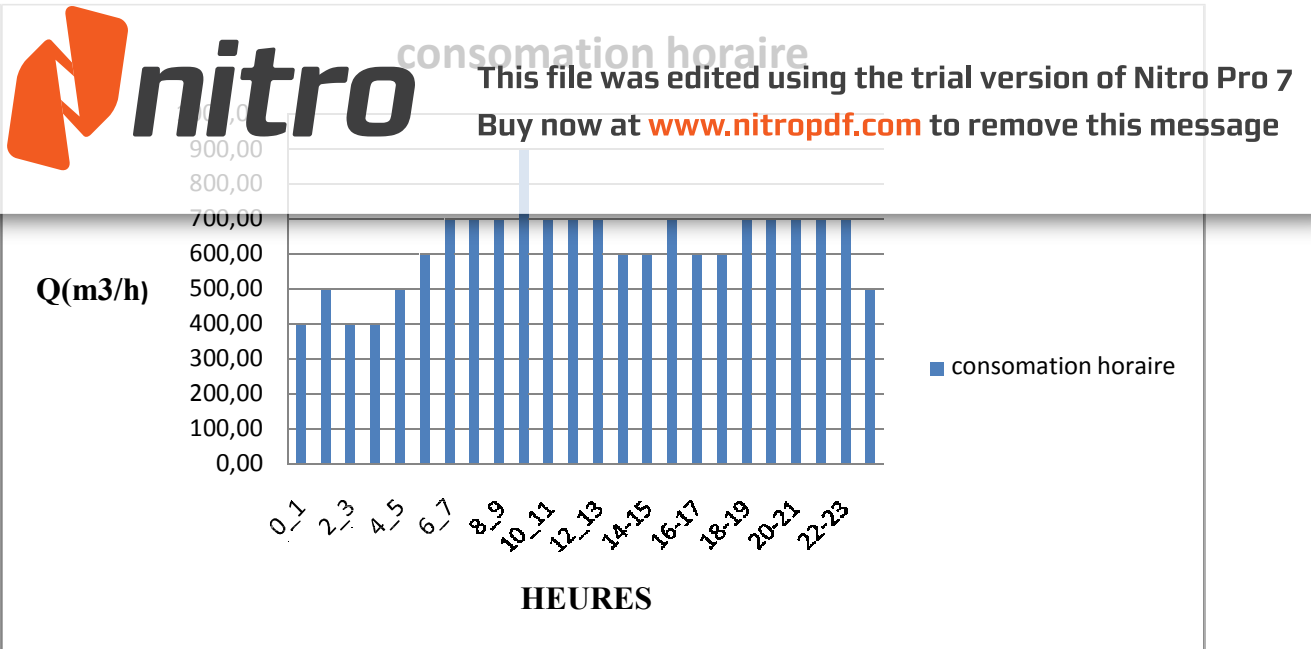


Figure II.2 : Répartition des débits horaires de la ville d'AL ABBADIA.

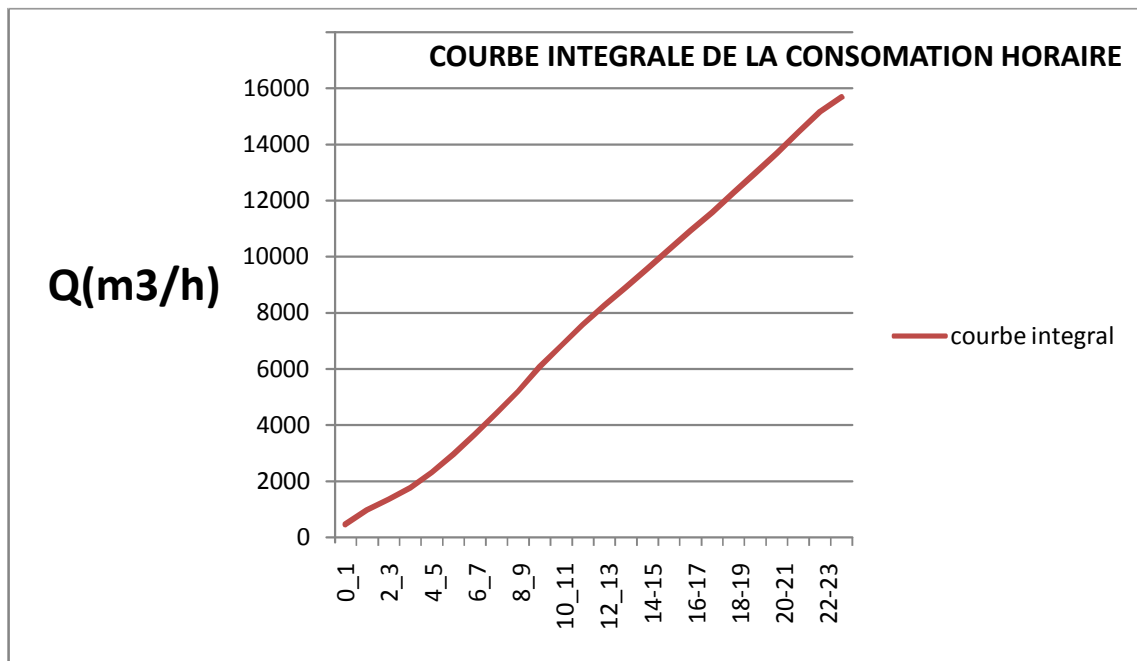


Figure II.3: Courbe intégrale de la consommation horaire de la ville d'AL ABBADIA.

Conclusion :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Le débit max journalier des villes qui sont alimentées par l'adduction sont

respectivement :

AL ABBADIA :  $Q_{\max/j} = 15684.006 \text{ m}^3/j$ .

ROUINA :  $Q_{\max/j} = 9161.659 \text{ m}^3/j$ .

ATTAF :  $Q_{\max/j} = 20729.475 \text{ m}^3/j$ .

Donc le débit total de est de l'ordre de  $45575.14 \text{ m}^3/j$ .

Afin de transférer cette quantité d'eau du barrage vers les consommateurs concernés par le projet, il est indispensable d'étudier les réservoirs de la ville d'AL ABBADIA et les réservoirs tampons, qui fera l'objet du chapitre étude des réservoirs.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

## CHAPITRE III

# ETUDE ET CONCEPTION DE L'ADDUCTION



## INTRODUCTION :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

gravitaire ou mixte à l'aide d'une adduction. Le transfère d'eau à partir du barrage de OULED MELLOUK vers la ville d'AL ABBADIA, nécessite le choix de meilleure variante d'adduction et la détermination des dimensions d'organes de transport de l'eau jusqu'à sa destination finale, qui est le but de ce chapitre.

### III-1. TYPES D'ADDUCTION :

Selon leurs fonctionnements hydrauliques les adductions sont classées en trois parties [06] :

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

#### III-1-1. Adduction gravitaire :

Dans ce cas le transport est engendré par la combinaison : force de gravité et conditions topographiques. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte supérieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

#### III-1-2. Adduction par refoulement :

L'écoulement dans ce type est assuré par une pression engendrée par des machines hydroélectriques. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte inférieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

#### III-1-3. Adduction mixte :

Dans certains cas, la topographie impose une adduction mixte gravitaire-refoulement ou refoulement-gravitaire. Ce pourra être le cas lorsque la distance entre le captage et le réservoir est important et le terrain très accidenté, ce qui suppose un profil accidenté.

### III-2. TYPES D'ÉCOULEMENT DANS LES CONDUITES D'ADDUCTION :

On peut avoir deux types d'écoulement [07]:

#### III-2-1. Ecoulement à surface libre :

C'est un écoulement rencontré dans les adductions gravitaires seulement. Il peut être à ciel ouvert ou dans des canaux couverts. Ce type d'écoulement est fonction de la pente. la forme de canal peut être trapézoïdale, circulaire et ovoïdale.

III-2- Roulement en charge :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

### III-3. CHOIX DU TYPE DE MATERIAUX :

Dans les gros diamètres et les pressions supérieures à 10 bars, quatre types de matériaux sont utilisés : acier, béton, polyester renforcé en fibre de verre (PRV), et en fonte.

#### III-3-1. Les conduites en acier soudé (horizontalement et en hélice) :

L'acier a pour avantage sa fabrication aisée et la constitution de stock rapide pour les chantiers. Dans les gammes d'acier de haute résistance, on peut avoir des épaisseurs et donc des poids plus faibles que pour des autres matériaux. Enfin, il existe en longueurs de 12 mètres ce qui facilite d'autant son transport sur de longues distances. En contrepartie, son inconvénient peut résider dans sa relative fragilité vis-à-vis des efforts extérieurs (besoin de surépaisseur sous charges ovalisantes) et aux risques de corrosion sous l'effet d'agents extérieurs. Sur ce dernier point une protection cathodique, qui consiste à faire parcourir la conduite par un courant électrique de très faible puissance, est indispensable et permet de s'affranchir de cet inconvénient.

La pression nominale des tuyaux répond aux valeurs usuelles (PN16, PN25..).

Il existe des fabricants en Algérie essentiellement pour le gaz (pression 80 bars) et le pétrole.

#### III-3-2. Les conduites en béton précontraint à âme en tôle :

Les conduites en béton dites « à âme en tôle » sont constituées d'une tôle en acier médiane de faible épaisseur insérée dans une double épaisseur de béton. Le tout est ensuite recouvert d'une nouvelle couche de béton contenant des spires en acier précontraint. La tôle d'acier joue à la fois le rôle d'étanchéité et d'armature, mais ce sont les spires qui assurent la résistance à la pression.

On trouve donc un avantage ici par rapport à la fonte ou à l'acier qui est que les tuyaux peuvent être fabriqués pour la pression exacte à laquelle ils vont être utilisés.

De constitution robuste, c'est un tuyau qui résiste très bien aux agressions diverses (chocs, chimie des sols, des eaux...). Il est par contre difficile à mettre en œuvre et nécessite des délais importants de fabrication et transport, en effet les longueurs ne dépassent pas 6 ou 8 mètres selon les fabricants.

### III-3- Les conduites en PRV (Polyester Renforcé de fibre de Verre) :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

transportant des fluides corrosifs.

Ce matériau est surtout utilisé pour l'assainissement. En effet le PRV ne disposant que d'avis techniques dans le domaine de l'assainissement, les entreprises sont réticentes à l'idée de l'utiliser pour l'adduction. De plus le problème des tuyaux PRV reste actuellement la tenue à la pression au niveau des éléments de jonction. Si les tuyaux peuvent supporter jusqu'à 32 bars, les coudes et manchons sont moins au point et les procédés de verrouillage sont très onéreux.

L'avantage de ces matériaux réside dans sa légèreté et sa résistance aux agressions chimiques. Par contre sa rigidité est trop faible pour pouvoir reprendre les contraintes liées au remblai. La pose et le remblaiement jouent un rôle prépondérant dans la pérennité de l'ouvrage. Un support insuffisant causé par un matériau trop faible ou un compactage inefficace peut engendrer des résultats qui se révèlent très mauvais sur le moyen terme.

#### III-3-4. La fonte ductile :

Dans la fonte grise, le carbone revêt une forme lamellaire.

Dans la fonte ductile, à la différence de la fonte grise, le carbone adopte une forme sphéroïdale. Cela prévient la formation de fissures. Il en résulte les caractéristiques mécaniques particulières suivantes du matériau [12]:

- Forme malléable.
- Souplesse.
- Expansibilité, extensibilité.
- Dureté particulière.
- Longue durée de vie.

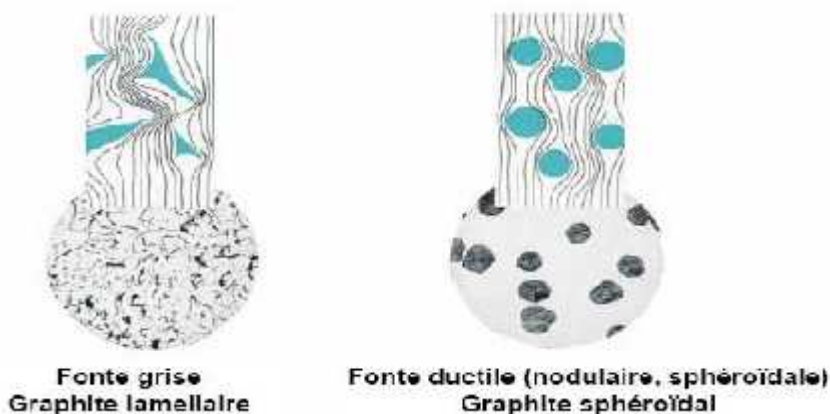
##### III-3-4-1. La fonte ductile comme matériau de tuyau :

Des tuyaux en fonte grise sont utilisés depuis plusieurs ans déjà. Leur longue durée de vie est bien connue. Au cours du temps, de nombreux développements ont permis d'adapter la fonte en tant que matériau aux contraintes sans cesse croissantes pesant sur les réseaux de conduites, jusqu'à sa version actuelle, la fonte ductile. Ses bonnes caractéristiques mécaniques lui permettent de résister à de fortes contraintes sans subir de dommages (hauteur de recouvrement faible ou élevée, influences du trafic routier et autres risques de chantier).

Le terme « fonte » désigne une vaste gamme d'alliages de Fe-C-Si classés entre autres en fonte grise et fonte ductile. La fonte grise a une structure lamellaire, donc aisément fissurée.

**This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message**

L'ajout de magnésium dans la fonte liquide a pour effet de rendre le graphite non plus lamellaire, comme pour la fonte grise, mais sphéroïdal – il se transforme alors en petites billes. Le matériau doit ses propriétés ductiles à cette forme sphéroïdale de son graphite, qui représente 3,3 à 4% de son poids.



**Figure III.01** : La composition de fonte ductile et grise.

- Dans la fonte ductile, le carbone revêt une forme sphéroïdale et prévient la formation de fissures.
- Dans l'ancienne fonte grise, le carbone revêt une forme lamellaire et rend le matériau cassant.

### III-3-4-2. Tuyaux en fonte ductile :

Les tuyaux en fonte ductile présentent un comportement à mi-chemin entre celui des matériaux flexibles et celui des matériaux rigides. Ses caractéristiques mécaniques peuvent profiter des avantages des deux types. Contrairement à la fonte grise normale, la fonte ductile est un matériau malléable. Lorsqu'elle est soumise à des contraintes excessives ponctuelles, par des facteurs intérieurs ou extérieurs, elle se déforme au lieu de se rompre.

La norme NF EN 545 définit différents types de pressions admissibles :

- PFA, **pression de fonctionnement admissible**, est la pression interne en régime permanent. Cette pression varie en fonction du diamètre de la conduite et des pièces de raccordement utilisées, de 16 à 64 bar ;
- PMA, **pression maximale admissible**, est la pression supportable de façon sûre en service, y compris le coup de bélier;



- PFA, pression d'épreuve admissible, est la pression hydrostatique maximale

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

### III-3-4-3. Résistance mécanique :

L'excellent comportement mécanique des conduites de tuyaux en fonte ductile, qui leur permet de résister à de fortes contraintes mécaniques (poids du terrain, trafic routier, affaissements ou petits mouvements de terrain, pointes de charge imprévues, etc.), s'explique par les trois caractéristiques suivantes:

- a) **La ductilité du matériau:** la fonte peut s'étendre sur sa zone élastique et dispose d'une grande capacité d'absorption d'énergie.
- b) **La flexibilité des joints** en élastomère permet à la conduite de suivre les petits mouvements de terrain sans concentrer les contraintes sur les tuyaux.
- c) **De hauts coefficients de sécurité** sont la règle pour le calcul de l'épaisseur de paroi des tuyaux et des raccords. La pression de fonctionnement admissible (PFA) pour les conduites en fonte ductile dispose d'un coefficient de sécurité de 3 entre la pression de service admissible souhaitée et la pression d'éclatement calculée.

### III-3-4-4. Pression intérieure :

Les tuyaux en fonte ductile conviennent à toutes les pressions utilisées dans l'adduction d'eau. Les pressions d'éclatement élevées qu'ils peuvent atteindre leur procurent d'excellentes réserves de sécurité.

### III-3-4-5. Résistance aux contraintes :

Les contraintes extérieures proviennent essentiellement du matériel de remplissage recouvrant le tuyau (contrainte permanente) et des vibrations du trafic routier. Le travail en chantier va de pair avec des hauteurs de recouvrement faibles ou très élevées et un passage fréquent de véhicules motorisés.

### III-3-4-6. Déviation des assemblages auto-étanches :

Il est possible de faire effectuer des virages à une telle conduite sans recourir à des raccords ou à des corrections de profil, ce qui facilite d'autant la pose et la compensation de mouvements de terrain.

### III-3- Choix des matériaux de canalisation :



**nitro**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Le choix des tuyaux utilisés est fonction de la pression et de la nature du terrain, des coûts de fourniture et de mise en œuvre, mais aussi de la facilité à réaliser les raccordements, les prises de branchement, les réparations en cas de fuite, et en fonction de tracé.

Avant de passer au dimensionnement de ces conduites il est important de connaître le type de sol dans le quel ces dernières seront enterrées.

A cause que le terrain de notre région d'étude est agressif et accidenté, on opte pour l'utilisation de la fonte ductile, pour notre adduction principale, étant donné que celle-ci résiste parfaitement à la corrosion, l'écrasement (dus à passages des moyens de transport), et les déviations de tracé.

## III-4. ETUDE DE L'ADDUCTION

### III-4-1. Etude des variantes :

L'étude des variantes a pour objet le choix du tracé le plus économique possible de la conduite de refoulement et gravitaire, ainsi que le choix de l'emplacement adéquat de la station de pompage. D'après le levé topographique un seul tracé peut être retenu.

#### III-4-1-1. Proposition des variantes :

Avant de commencer de la proposition des variantes, nous signalons que le transfert des eaux se fait a partir d'une station de traitement qui située en aval du barrage de OULED MELLOUK, cette station équipée par des stations de pompage qui assurent le refoulement vers les réservoirs.



• Variante N°01 :  
 Dans cette variante, le transfert des eaux traitées fait par une conduite de refoulement d'une longueur de  $L=740\text{m}$ , vers le 1<sup>er</sup> réservoir ayant une cote de  $268.3\text{m(NGA)}$ , le tracé de cette conduite traverse un terrain vague et d'agriculture et nécessite des travaux de création

d'une piste linéaire de  $L=740\text{m}$ .

- De 1<sup>er</sup> réservoir vers un 2<sup>eme</sup> réservoir qui situe a une cote de  $239\text{m(NGA)}$ , le transfert des eaux ce fait par une conduite gravitaire d'une longueur de  $1907\text{m}$  le trace de la conduite affranchie un terrain dur et exploiter pour l'agriculture qui nécessite la création d'une piste linéaire  $L=1907\text{m}$ .
- Du 2<sup>eme</sup> réservoir vers une station de pompage (reprise) qui situe a une cote de  $173.6\text{m(NGA)}$ , avec une conduite gravitaire d'une longueur de  $9162\text{m}$  sur un terrain vague qui exige une création d'une piste linéaire d'une longueur de  $500\text{m}$ , généralement cette conduite traverse la route nationale N4, dans une zone urbaine.
- A partir de la station de reprise le refoulement vers le réservoir d'AL ABBADIA qui situe a une cote de  $209.7\text{m(NGA)}$ .

Cette variante présente trois points durs principaux :

- traversée des terrains d'agriculture.
- traversée une route nationale(RN4).
- Implantation de deux réservoirs intermédiaires.

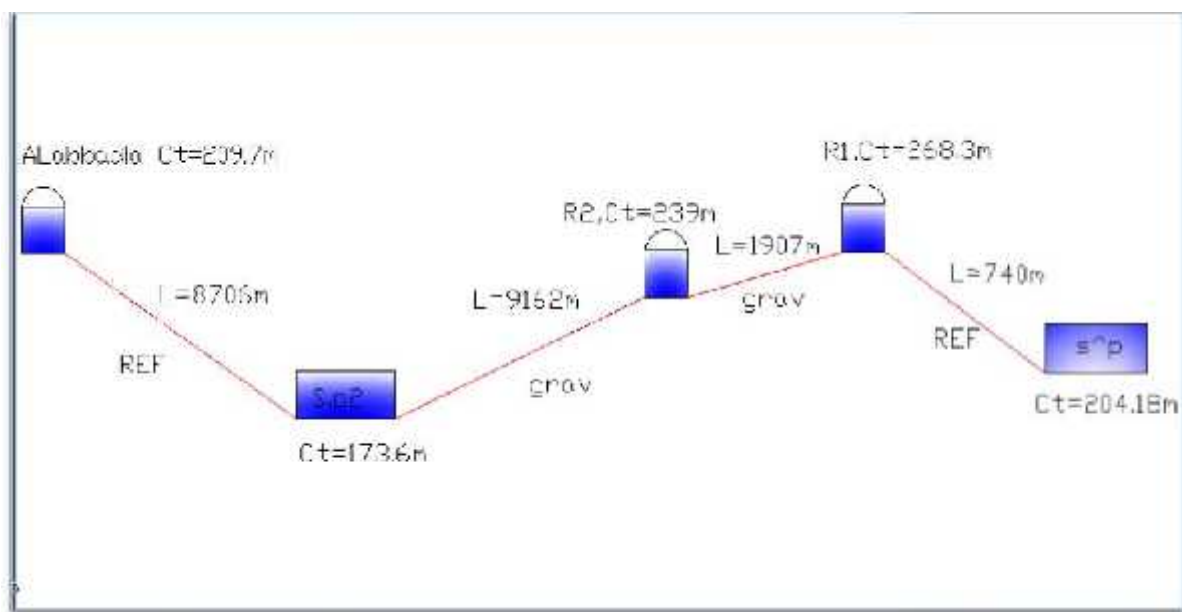


Figure III.02 : Schéma explicatif de la 1<sup>ere</sup> variante.

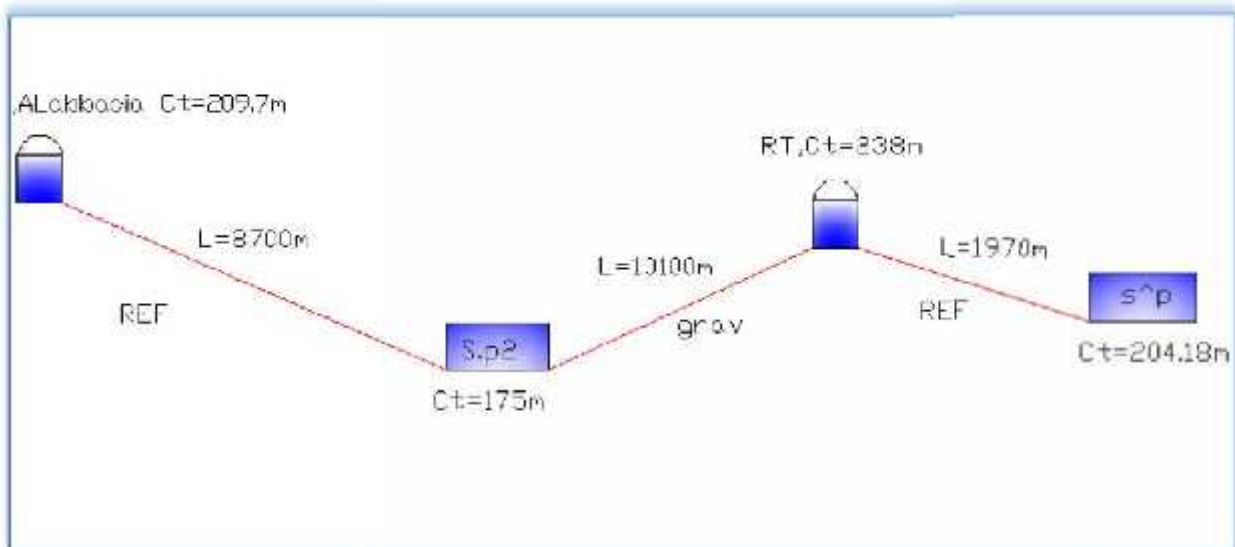

 Variante N°02 :  
 Ce schéma propose de faire le transfert des eaux traitées vers le réservoir  
 situé à une cote de 238m(NGA) par une conduite de refoulement ayant une longueur  
 L=1970m, ce réservoir implanté pour jouer le rôle d'un réservoir tampon, et on le place à

proximité du réservoir d'alimentation en eau de la ville de ROUINA, leur implantation faite au niveau d'un monticule dans la localité de SAADNIA qui situe au nord ouest du barrage.

- A partir du réservoir on a une conduite gravitaire pour atteindre la station de pompage (reprise),  $Ct=175m$  (NGA), cette conduite a une longueur de  $L=10100m$ , généralement elle passe à côté de la route nationale N4, donc on évite les terrains d'agriculture.
- On suite, de la station de pompage vers le réservoir d'AL ABBADIA à la cote de  $209.7m$ (NGA), par une conduite de refoulement  $L=8700m$ , généralement leur position situe à côté de la route.

Cette variante présente les points suivants :

- ✓ Généralement traversée des zones urbaines et routes.
- ✓ Implantation d'un réservoir intermédiaire.



**Figure III.03 :** Schéma explicatif de la variante N°02.



### III-4- Choix de la variante du tracé d'adduction :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Les travaux d'implantation de la conduite d'adduction se fait dans des terrains très dur et d'agriculture, donc nécessite beaucoup travaux de terrassement pour les différents

tranchés de la conduite.

- L'implantation des ouvrages couteux comme les deux réservoirs intermédiaires, parce que on transporte des débits importants.
- Création des pistes linéaires.

Et pour la deuxième variante :

Dans cette variante, il est proposé d'implanter la conduite d'adduction a cote de la route nationale N4, aussi on évite au maximum les terrains agricoles.

- La simplicité du système d'adduction, car on a un seul réservoir intermédiaire.
- on a les HMT des pompes n'est pas très grandes, pour cela on économise l'énergie électrique.

### Conclusion

De point de vu technico-économique la deuxième variante est la plus avantageuse, donc c'est la variante choisie.

## III-4- Dimensionnement de l'adduction pour la variante choisie



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

relations :

### 1. Formule de BRESS

$$D_{\text{éc}} = 1,5 \times \sqrt{Q} \dots\dots\dots(\text{III.1})$$

### 2. Formule de BONNIN

$$D_{\text{éc}} = \sqrt{Q} \dots\dots\dots(\text{III.2})$$

### 3. Formule de MUNIER

$$\sqrt{Q} D_{\text{ec}} = (1 + 0.02n) \dots\dots\dots (\text{III.3})$$

Avec :

n : nombre d'heures de pompage.

Q: débit en m<sup>3</sup>/s.

### 4. Formule de VIBERT (en 1948, pour les conduites en fonte)

$$D_{\text{éco}} = 1,35 \times (e/f)^{0,154} \times Q^{0,46} \text{ (pompage de 10h/24h)} \dots\dots\dots (\text{III.5})$$

$$D_{\text{éco}} = 1.547 (e/f)^{0,154} Q^{0,46} \text{ (pompage continue)} \dots\dots\dots (\text{III.6})$$

Avec : Q : représente le débit refoulé en m<sup>3</sup>/s ;

e: prix du kWh d'énergie ;

f : prix de 1kg de fonte en DA ;

**Remarque** : Les formules de Bresse, Bonnin et Munier donnent un calcul direct et rapide du diamètre d'une canalisation en fonte dans une installation de petite ou moyenne importance.

La formule de **BRESS** n'est valable que pour les petits projets (longueur des conduites ≤ 1 Km). Puisque ces deux formules (BRESSE, BONNIN) ne prennent que le débit et un coefficient économique (1,5 ou 1) comme paramètres influant sur le diamètre, on ne peut pas les utiliser sans connaître une erreur sur son évaluation.

Donc nous allons utiliser pour le calcul des diamètres économiques la méthode de détermination du diamètre économique suivante :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

donnent des diamètres économiques calculé, Pour cela dans cette méthode on considère plusieurs diamètres (généralement une gamme de diamètres normalisés au voisinage du diamètre économique calculé), et on calcule d'une part les dépenses d'amortissement de la conduite et d'autre part, les frais d'exploitations et on pourra tracer donc une courbe d'optimisation.

**A. Amortissement annuel :**

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

$$F_{am} = P_{rc} * A [DA] \dots\dots\dots (III.6)$$

$P_{rc}$  : prix de la conduite

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

$$A = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i \dots\dots\dots(III.7)$$

$i = 8\%$  en Algérie ;

$n = 26$  ans.

$$A.N : A = \frac{0,08}{(1+0,08)^{26} - 1} + 0,08 \Rightarrow A = 0,0925$$

Et on dresse un tableau des frais d'amortissement en fonction de chaque diamètre ( $D_1, D_2, \dots, D_n$ ).

**B. Frais d'exploitation :**

Il faut d'abord déterminer les pertes de charge ( $\Delta H$ ) créés dans les canalisations  $D_1, D_2, \dots, D_n$ . Connaissant la hauteur géométrique ( $H_g$ ), on peut déterminés les hauteurs manométriques totales ( $H_{mt}$ ) correspondant à chaque canalisation  $D_1, D_2, \dots, D_n$ .

Les pertes de charges sur l'aspiration sont en général négligées. Etant donnée que le débit de refoulement  $Q$  est le même, on peut dresser des tableaux donnant les hauteurs manométriques, et les prix de l'énergie engendrés par les diamètres  $D_1, D_2, \dots, D_n$ .

Et par conséquent on pourra dresser le bilan total et on aura ainsi une courbe d'optimisation et évidemment le choix se portera sur le diamètre dont le prix total est le moins élevé.

C. Caractéristiques de l'adduction :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$$H_{mi} = H_g + \sum \Delta h \dots\dots\dots(III.8)$$

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

$$\sum \Delta h = 1,1 * \Delta h_p^{lin} \dots\dots\dots(III.9)$$

$$\Delta h_p^{lin} = \frac{8 * \lambda * Lg * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} \text{ (Formule de Darcy-Weisbach)} \dots\dots\dots (III.10)$$

Avec :  $\lambda = (1,14 - 0,86 Ln \frac{\epsilon}{D})^{-2}$  (Formule de Nikuradsé)..... (III.11)

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * Log(\frac{\epsilon}{3,7 * D} + \frac{2,51}{R_e * \sqrt{\lambda}}) \text{ (Formule Colebrook)} \dots\dots\dots (III.12)$$

Dans les calculs introduisant le coefficient  $\lambda$ , ce dernier est estimé par la formule (III.11)

$$R_e = \frac{V * D}{\nu} \dots\dots\dots(III.13)$$

Avec la viscosité cinématique de l'eau  $\nu=10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s à une température de 20°C.

Avec : La rugosité de la conduite, pour notre cas est égale à 0,1 mm

(Source Saint Gobain formulaire).



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$\eta$  : rendement de la station de pompage (65%÷ 90%).

Un rendement de 82 % est retenu.

✓ **Energie consommée par le pompage :**

L'énergie consommée par la station de pompage tout au long d'une année est le produit de la puissance de pompage par le nombre heures de pompage par jour par le nombre du jour d'une année.

$$E = P * t * 365 \dots\dots\dots (III.15)$$

✓ **Dépense annuelle de l'énergie**

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

$$K = \delta * E \dots\dots\dots (III.16)$$

D'après la SONALGAZ (2013), le prix moyen du KWh est de 3,12 DA.

Pour le repos des pompes et l'entretien de la station de pompage ; nous avons opté pour un fonctionnement de cette dernière de 20/24 heures.

**III.4.2.1.1 Etude de l'adduction par refoulement pour la variante choisie :**

**A. 1<sup>er</sup> Tronçon de refoulement :( Station de traitement-Réservoir tampon):**

Ce tronçon relie la station de traitement des eaux avec le réservoir tampon, par une conduite de refoulement d'une longueur de L=1970ml

Le diamètre économique est calculé selon la méthode basée sur la création de la courbe d'optimisation.

$H_g$  = Côte du trop plein du réservoir – Côte du niveau minimale de la bache d'eau

Côte du niveau minimale de la bache d'eau = Côte radier + 0,5 m ;

Côte du niveau eau minimale de la bache d'eau = 204.18 + 0,5 = 204.68 m ;

Côte du trop plein du réservoir est égale à 243 m ;

$H_g = 243 - 204.68 = 38.32$  m



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

lors du pompage et ce pour la gamme de diamètres obtenue. Il est entendu que la hauteur manométrique totale varie selon le diamètre. Moyennant les formules précédentes, on calcule les hauteurs manométriques totales correspondant aux différents diamètres

$$Q_{\text{exp}} = \frac{Q_{\text{max } j}}{t * 3600}$$

- $Q_{\text{max},j} = 45575.14 \text{ m}^3/j$ .
- $t = 20 \text{ h}$ .

$$Q_{\text{exp}} = \frac{45575.14}{20 * 3600} = 0,633 \text{ m}^3/\text{s}$$

- $L = 1970 \text{ m}$
- $H_g = 38.32 \text{ m}$
- $D_{\text{ecBonnin}} = 0,795 \text{ m}$

**Tableau III.01:** Calcul de la HMT du tronçon Station de pompage – Reservoir tampon.

D (mm)	L (m)	Q (m3/s)	V (m/s)	Re	$\lambda$	$\Delta H_{\text{in}}(\text{m})$	$\Delta H_T(\text{m})$	HMT(m)
500	1970	0.633	3.225478	1612739	0.01395623	29.12727	32.04	70.36
600	1970	0.633	2.239915	1343949	0.01345321	11.2837	12.41207	50.73207
700	1970	0.633	1.645652	1151956	0.01304884	5.063647	5.570011	43.89001
800	1970	0.633	1.259952	1007962	0.01271311	2.530367	2.783404	41.1034
900	1970	0.633	0.995518	895966	0.01242761	1.372641	1.509905	39.82991
1000	1970	0.633	0.806369	806369.4	0.0121803	0.794401	0.873841	39.19384

**Tableau III.02:** Calcul des frais d'amortissement du tronçon station de traitement – R tampon.

Diamètre (mm)	Prix de ml (DA)	Longueur (m)	Montant (DA)	FRAIS D'Amortissement(DA)
500	26632	1970	52465040	4853016.2
600	33383	1970	65764510	6083217.175
700	41577	1970	81906690	7576368.825
800	49898	1970	98299060	9092663.05
900	58827	1970	115889190	10719750.08
1000	68591	1970	135124270	12498994.98

Tableau III.03: Calcul des frais d'exploitation du tronçon (station de traitement – réservoir tampon)



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Diamètre (mm)	HMT(m)	P <sub>abs</sub> (kw)	E (kwh)	F <sub>exp</sub> (DA)
500	70.359997	532.824896	3889621.739	12135619.83
600	50.73207	384.185776	2804556.162	8750215.225
700	43.890011	332.371969	2426315.371	7570103.957
800	41.103404	311.269443	2272266.933	7089472.831
900	39.829905	301.62544	2201865.714	6869821.028
1000	39.193841	296.80863	2166703.002	6760113.366

Tableau III.04: Bilan du tronçon St de traitement – réservoir tampon.

Diamètre (mm)	F <sub>amort</sub> (DA)	F <sub>exp</sub> (DA)	Bilan (DA)
500	4853016.2	12135620	16988636.03
600	6083217.175	8750215.2	14833432.4
700	7576368.825	7570104	15146472.78
800	9092663.05	7089472.8	16182135.88
900	10719750.08	6869821	17589571.1
1000	12498994.98	6760113.4	19259108.34

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

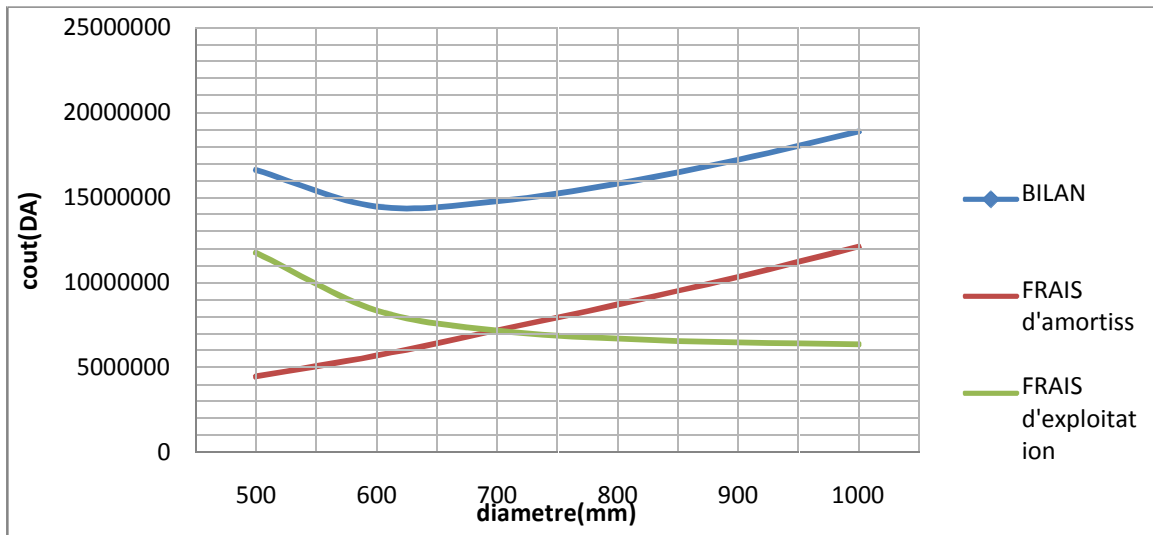


Figure III.04: Bilan des frais d'amortissement et d'exploitation (st de trait – R tampon).

Conclusion :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

économique est de 600mm, avec une vitesse de 2.23m/s et sur une longueur de 1970 m.

### B. 1<sup>er</sup> Tronçon de refoulement :( Station de reprise-Réservoir d'AL ABBADIA):

Ce tronçon relie la station de pompage qui situe a une cote de Ct =175m avec le réservoir d'alimentation de la ville d'AL ABBADIA, par une conduite de refoulement d'une longueur de L=8700ml.

Le diamètre économique est calculé selon la méthode basée sur la création de la courbe d'optimisation.

$H_g = \text{Côte du trop plein du réservoir} - \text{Côte du niveau minimale de la bache d'eau}$

Côte du niveau minimale de la bache d'eau = Côte radier + 0,5 m ;

Côte du niveau eau minimale de la bache d'eau = 175+ 0,5 = 175.5 m ;

Côte du trop plein du réservoir est égale à 214 m ;

$H_g = 214.7 - 175.5 = 39.2 \text{ m.}$

Le débit d'exploitation est :  $Q_{\text{exp}} = \frac{Q_{\text{max } j}}{t * 3600}$

-  $Q_{\text{max},j} = 15684.006 \text{ m}^3/j$ .

-  $t = 20 \text{ h.}$

$$Q_{\text{exp}} = \frac{15684.006}{20 * 3600} = 0,2178 \text{ m}^3/\text{s}$$

-  $L = 8700 \text{ m}$

-  $H_g = 39.2 \text{ m}$

-  $D_{\text{ecBonnin}} = 0,467 \text{ m}$

Les résultats trouvés pour le calcul du diamètre économique de ce tronçon sont regroupés dans les tableaux suivants :



Tableau III.05: Calcul de la HMT du tronçon station de pomp vers R AL ABBADIA.

Diamètre (mm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	Re	$\lambda$	$\Delta H_{lin}$ (m)	$\Delta H_T$ (m)	HMT (m)
250	0.2178	6.93631	138726	0.01697	1808.2	1989	2028.22
300	0.2178	4.43924	110980	0.01615	563.96	620.4	659.559
350	0.2178	3.0828	924841	0.01553	217.87	239.7	278.862
400	0.2178	2.26492	792721	0.01503	97.553	107.3	146.509
450	0.2178	1.73408	693631	0.01461	48.656	53.52	92.7221
450	0.2178	1.37013	616561	0.01426	26.352	29.46	68.6611
500	0.2178	1.10981	554904	0.01396	15.229	16.75	55.9519

Tableau III.06: Calcul des frais d'amortissement du tronçon Station de pompage – Réservoirs AL ABBADIA.

Diamètre (mm)	Prix de ml (DA)	Longueur (m)	Pr cond (DA)	AMORTISEMENT
200	10272	8700	89366400	8266392
250	12359	8700	107523300	9945905.25
300	14781	8700	128594700	11895009.75
350	17820	8700	155034000	14340645
400	20425	8700	177697500	16437018.75
450	23546	8700	204850200	18948643.5
500	26632	8700	231698400	21432102

Tableau III.07: Calcul des frais d'exploitation du tronçon Station de pompage – Reservoir AL ABBADIA.

Diamètre (mm)	HMT(m)	P <sub>abs</sub> (kw)	E (kwh)	F <sub>exp</sub> (DA)
200	2028.2192	5283.28397	38567972.95	120332075.6
250	659.5588	1718.07681	12541960.72	39130917.45
300	278.86181	726.403771	5302747.53	16544572.29
350	146.50852	381.638298	2785959.576	8692193.877
400	92.722085	241.530647	1763173.722	5501102.012
450	68.661109	178.854498	1305637.833	4073590.038
500	55.9519246	145.748497	1063964.028	3319567.769

Table III.08: Bilan du tronçon Station de pompage – Réservoirs AL ABBADIA.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

diamètre (mm)	F.AMORT (DA)	F.EXP (DA)	BILAN (DA)
200	8266392	120332075.6	128598467.6
250	9945905.25	39130917.45	49076822.7
300	11895009.75	16544572.29	28439582.04
350	14340645	8692193.877	23032838.88
400	16437018.75	5501102.012	21938120.76
450	18948643.5	4073590.038	23022233.54
500	21432102	3319567.769	24751669.77

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

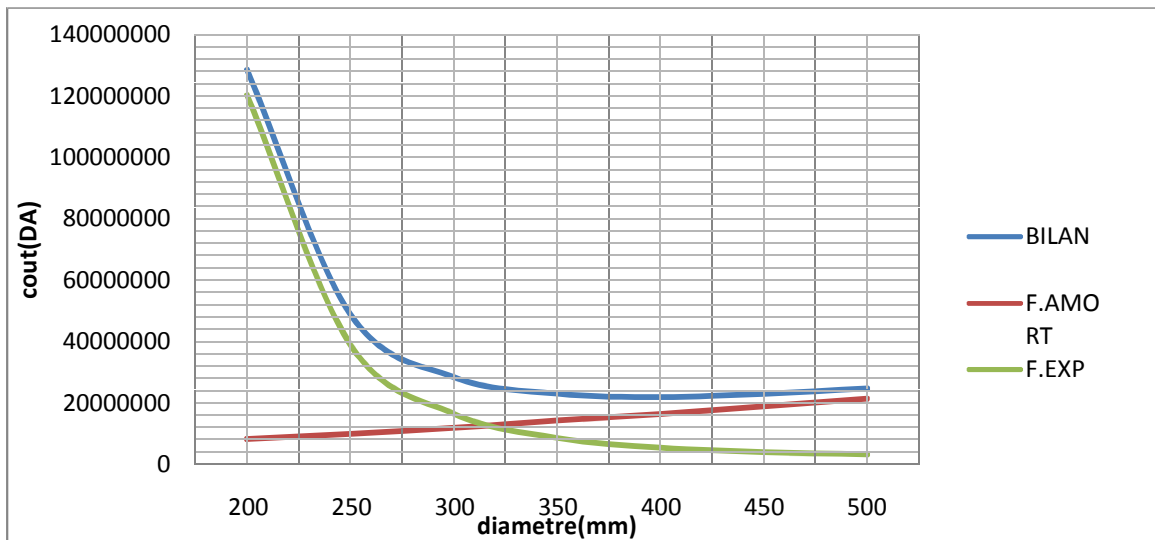


Figure III.05: Bilan des frais d’amortissement et d’exploitation (Station de pompage – Réservoirs d’AL ABBADIA).

**Conclusion :**

Selon la combinaison des frais d’amortissement et d’exploitation, le diamètre économique est de **450mm**, avec une vitesse de 1.369m/s et sur une longueur de 8700 m .



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
 Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$$\Delta H_T = \frac{8 * \lambda * L * Q^2}{g * \pi^2 * D^5} = I_{moy} * L$$

En tenant compte du matériau de la conduite et du régime d'écoulement, on déduit la formule simplifier de la perte de charge ;

$$\Delta H_T = \frac{K' * L * Q^\beta}{D_{av}^m} \dots\dots\dots(III.17)$$

$$L_{eq} = L_g + L_e \dots\dots\dots(III.18)$$

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à **10%** des pertes de charge linéaires.

$$\Delta H_t = 1,10 * \Delta H_p^{lin} ; L_e = 1,10 * L_g$$

On déduit alors le diamètre calculé de la conduite gravitaire :

$$D_{av} = \sqrt[m]{\frac{K' * L_e * Q^\beta}{\Delta H_T}} \dots\dots\dots(III.19)$$

Avec :  $I_{moy} = \frac{\Delta H_t}{\Sigma L}$

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

**Tableau III.09:** Coefficients *K'*, *m*, *β* pour différents types du tuyau.

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

Nous avons la charge disponible  $\Delta H_d$  entre le réservoir tampon et la bache d'aspiration de la station de pompage.

**nitro**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$\Delta H_d = C_r - C_{tp}$

Nous avons un débit  $Q = 421.144 \text{ l/s}$ , c'est le débit d'AL ABBADIA et ATTAF avec une longueur équivalente  $L_{eq} = 11110 \text{ m}$

- Charge disponible :

$$\Delta H_d = C_{RT} - C_{TP} \text{ bache} = 238 - 180 = 58 \text{ m}$$

$C_{RT}$  : côte du trop plein du réservoir tampon.

- Calcul du diamètre avantageux :

$$D_{av} = 5.3 \sqrt{\frac{0,00179 \times 11110 + (0,421144)^2}{58}} = 589,61 \text{ mm}$$

Le diamètre le plus avantageux calculé ci avant est de 589,61mm, il est compris entre les diamètres normalisés 600mm et 500mm, donc on va opter pour une adduction à deux conduites en série composé de Ø600 et Ø500.

La perte de charge engendrée s'écrit :

$$\Delta H = k' \times Q^{\beta} \times \left( \frac{l_1}{D_1^m} + \frac{l_2}{D_2^m} \right) = 0,00179 \times 0,421144^2 \times \left( \frac{x}{0,6^{5,3}} + \frac{l-x}{0,5^{5,3}} \right)$$

$$\Delta H = 58 \text{ m pour } l = 11110 \text{ m}$$

L'équation précédente se transforme en une équation à une seule inconnue (x).

Après résolution on trouve :  $x = 10447.82 \text{ m}$ .

Nous aurons un diamètre Ø600 sur une longueur de 10447.82 m suivi d'un diamètre Ø500 sur une longueur de 662.177 m.

- Vitesses d'écoulement :

$$\text{Pour le diamètre } \text{Ø}600 \quad V = \frac{4 \times 0,421144}{\pi \times 0,6^2} = 1.489 \text{ m/s}$$

$$\text{Pour le diamètre } \text{Ø}500 \quad V = \frac{4 \times 0,421144}{\pi \times 0,5^2} \approx 2.146 \text{ m/s}$$



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

- Assurer un bon écoulement ;
- Régulariser les pressions et mesurer les débits ;
- Protéger les canalisations.

Les décharges servent à protéger les conduites. Elles sont placées aux points bas et sont constituées d'une canalisation piquée sur la génératrice inférieure, aboutissant à un regard maçonnerie.

### III-5-1. Les ventouses :

Elles sont installées aux points hauts du réseau d'adduction, les ventouses ont trois fonctions :

- De chasser en permanence l'air contenu dans les conduites ;
- Chasser l'air à grands débits au cours des opérations de remplissage des conduites ;
- De laisser pénétrer l'air à grand débit lors de vidange involontaire de la conduite afin d'éviter la mise en dépression ;

Les ventouses sont installées à la génératrice supérieure d'un tuyau et d'un robinet et elles sont distancées de 1000 entre elles.

Le dimensionnement des ventouses se fait en prenant en compte deux paramètres :

- La pression de fonctionnement ;
- La taille de la ventouse déterminée par celle du circuit d'évacuation de l'air dépend lui-même de débit d'air qui doit être chassé au introduit dans la conduite.

### III-5-2. Les vannes

#### III-5-2-1. Robinet vanne :

Seront placés à la fin de chaque tronçon, ce sont des vannes dites à fermeture lente, leur manœuvre n'apporte généralement pas de perturbations sensibles dans le réseau (vanne de sectionnement)

#### III-5-2-2. Robinet papillon :

Les robinets à papillon sont également prévues sur la ligne de notre adduction en vue de faciliter les réparations, on éventuelle ces robinets à papillons seront installées avec les vidanges. Ces appareils permettent une fermeture beaucoup plus rapide que les robinets ordinaires.

### III-5- Les ouvrages spéciaux :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Les pièces spéciales sont fabriquées à la demande du maître de l'œuvre ces pièces peuvent comporter des brides à fin de pouvoir se raccorder aux robinets vanne par exemple.

#### III-5-4. Les joints des conduites en frites béton :

Les joints effectués sont :

- Disposés à cheval sur les tuyaux à assemblées, une couronne plate striée en acier ; ou matte, allant dans l'intervalle de la corde goudronnée et du plomb cordé, une bague armée et bétonnée entoure l'ensemble qui est coulé sur le chantier de pose. Tout cet ensemble peut aussi être remplacé par joint GIBLAULT spécial.
- Ou bien le raccordement effectuer par mâle et femelle avec un anneau de joint en caoutchouc.

#### III-5-5. Stabilisateur de pression aval (réducteur) :

Le réducteur de pression réduit la pression à l'aval de l'appareil, quelque soit les variations du débit et la pression amonts. Il est cependant conseillé, afin d'obtenir des conditions de service raisonnables et éviter une détérioration prématurée des appareils (Cavitation) ou des phénomènes de bruits désagréable.

##### Fonctionnement :

La cloche coulisse le long du piston, en comprimant les ressorts tarés, sous l'effet de la pression avale qui s'exerce au niveau supérieur de sa paroi extérieure.

La base de la cloche prend ainsi, par rapport au siège, une position tel que la perte de charge, dans ce passage, assume la réduction de pression nécessaire pour obtenir la pression nominale désirée. [01]

Quand le débit devient nul, la pression à l'aval tend à augmenter et exerce sur la cloche, une force supérieure à celle des ressorts, de telle sorte que la base de la cloche vient prendre appui sur le siège.

- Pour le régulateur de pression, cette position se traduit, après quelques instants, par un équilibre entre les pressions avales et amonts.
- Pour le stabilisateur de pression, la base de la cloche, en prenant appui sur le joint en caoutchouc moulé dans le siège, assure une étanchéité entre les parties amont et aval et amont de l'appareil.

L'obturation de l'orifice de siège par la cloche dépendant uniquement de la pression avale, celle-ci ne changera de position qu'en modifiant le régime dans cette partie.

CONCLUSION :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

adéquats pour chaque tronçon à savoir :

- Un diamètre de  $\text{Ø}600$  pour le tronçon de refoulement entre la station de traitement et le réservoir tampon.
- Un diamètre de  $\text{Ø}600$  avec une longueur de  $L= 10447.82$  m et un diamètre de  $\text{Ø}500$  d'une longueur de  $L= 662.177$ m pour le tronçon entre le réservoir tampon et la bache d'eau de la station de pompage avec une conduite gravitaire.
- Un diamètre de  $\text{Ø}450$  pour le tronçon entre la bache d'eau de la station de pompage et le réservoir de la ville d'AL ABBADIA avec une conduite de refoulement.

Le calcul de diamètre de refoulement permet de déterminer les données pour l'étude de pompage.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

## **CHAPITRE IV**

### **ETUDE DES RESERVOIRS**



## INTRODUCTION :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
 Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

é... indispensable, Donc le but de ce chapitre et de déterminer les volumes de stockage  
 nécessaires et les vérifier de telle façon qu'on assure le meilleur fonctionnement des réseaux.

#### IV.1. choix de la cote d'implantation et emplacement des réservoirs :

Dans notre étude, l'emplacement choisi pour les réservoirs, d'une façon qu'il soit compatible avec l'un des rôles qu'il doit jouer, c.à.d. assurer aux abonnées une pression suffisante.

En conséquence, l'altitude de la cuve et, plus précisément, son radier doit se situer à un niveau supérieur à la plus haute cote piézométrique exigée sur l'adduction.

#### IV.2. Classification des réservoirs [3] :

On peut classer les réservoirs en plusieurs catégories :

D'après la nature des matériaux de construction, on distingue :

- Les réservoirs en maçonnerie
- Les réservoirs en béton arme ou ordinaire

D'après la situation des lieux, ils peuvent être :

- Enterrées
- Semi-enterrés
- Surélève

D'après leurs formes :

- Circulaires
- Rectangulaires
- Carrés

#### IV.3. Choix du réservoir :

Ce sera bien entendu une question d'espèce pour chaque cas .cependant à chaque fois que cela sera possible .Il sera préférable d'avoir recours au réservoir enterré, semi enterré ou au plus en élévation au dessus du sol avec radier légèrement enterré

Le choix du réservoir dépends des :

- Conditions topographiques.
- Conditions géotechniques.
- Conditions hydrauliques.
- Conditions économiques.

## IV.4. Equipements du réservoir [2] :



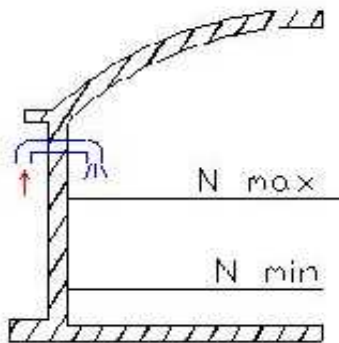
This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

## IV.4.1. Conduite d'arrivée ou d'alimentation :

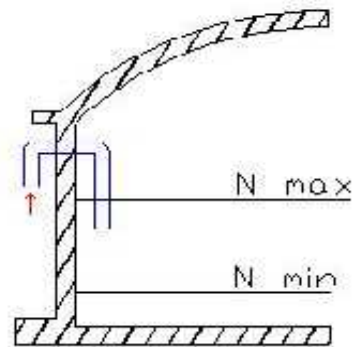
La conduite d'adduction a son débouché dans le réservoir et doit pouvoir s'obturer quand l'eau atteint dans la cuve son niveau maximal, Obturation par robinet-flotteur si l'adduction est gravitaire ou dispositif permettant l'arrêt du moteur si l'adduction s'effectue par refoulement.

Cette conduite peut être installée de plusieurs manières:

**IV.4. 1.1. Par Le haut :** soit avec chute libre soit en plongeant la conduite de façon à ce que son extrémité soit toujours noyée, le premier cas provoque une oxygénation de l'eau mais il libère facilement le gaz carbonique dissous et par suite il favorise l'entartrage du réservoir et des conduites.

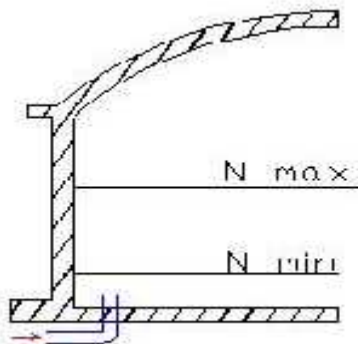


**Figure IV.01:** Arrivée par suverse  
(Chute libre)

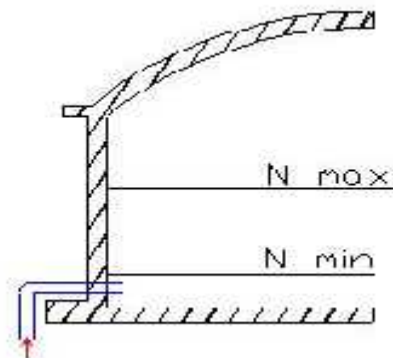


**Figure IV.02:** Arrivée par surverse

**IV.4. 1.2. Par Le bas:** soit par le bas à travers les parois du réservoir soit par le fond à travers le radier.



**Figure IV.03:** Arrivée par le fond



**Figure IV.04:** Arrivée par le bas

## IV.4. Conduite de départ ou de distribution :



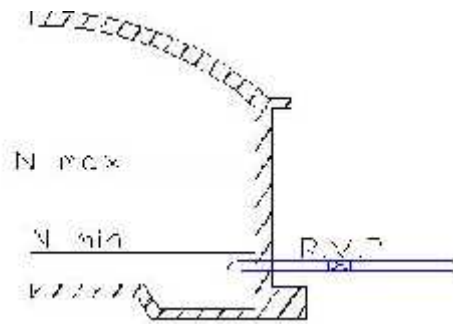
This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

d'écouler d'introduire dans la distribution des boues ou des sables qui éventuellement pourrait se décomposer dans la cuve.

On réserve au minimum 0.5m au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite en cas d'abaissement maximal du plan d'eau.

L'extrémité de la conduite est munie d'une grille ou crépine courbée pour éviter le phénomène de vortex.

En cas de rupture de la conduite de distribution et dans l'hypothèse d'un grand réservoir, il faut avoir la possibilité de l'isoler rapidement pour éviter les pertes d'eau en cas de cassure de la conduite de distribution .il pourra être envisagé de rendre automatique la fermeture du robinet en utilisant une vanne-papillon qui se met en marche dès qu'une surtension se manifestera dans la conduite.



**Figure IV.05:** Conduite de départ

## IV.4.3 . Conduite de trop-plein :

Cette conduite devra pouvoir évacuer la totalité du débit  $Q$  arrivant au réservoir. Elle ne comportera pas de robinet sur son parcours. Sa section transversale sera disposée selon un plan horizontal situé à une distance  $h$  au dessous du niveau maximal susceptible d'être atteint dans la cuve.

La canalisation de trop-plein débouchera à un exutoire, mais on peut craindre par cet exutoire une pollution ou une introduction d'animaux ou de moustiques qui pourraient ainsi pénétrer dans le réservoir, ainsi ménage-t-on un joint hydraulique constitué par un siphon qui maintient en eau le tronçon.

Si le réservoir est compartimenté chaque cuve doit avoir une conduite de trop-plein.

IV .4. Conduite de vidange :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

réparations.

Elle part du point bas du réservoir et se raccorde sur la canalisation de trop-plein, Elle comporte un robinet vanne qui doit être nettoyé après chaque vidange pour éviter le dépôt de sable (difficulté de manœuvre).

Un dispositif de clapet de nez doit être installé sur les canalisations de trop-plein et de vidange afin de protéger le réservoir d'éventuelle contamination.

Des détecteurs de niveau peuvent être installés dans le réservoir pour signaler les niveaux critiques, le niveau de débordement et le niveau bas notamment pour la protection des pompes.

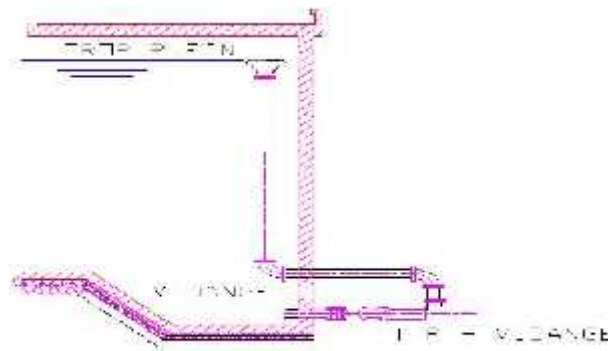


Figure IV.06: Emplacement de la conduite de trop-plein et de vidange.

IV .4.5. Conduite by-pass

En cas d'indisponibilité de nettoyage ou réparation si le réservoir n'est pas compartimenté il est bon de prévoir une communication entre les deux conduites (adduction et distribution).

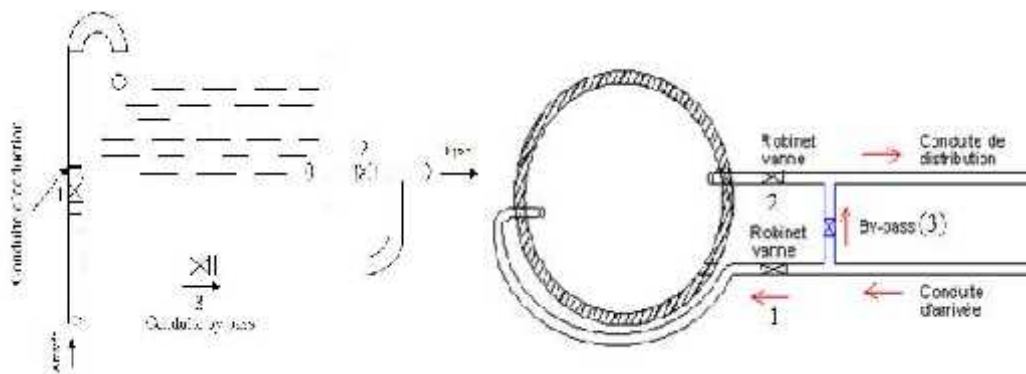


Figure IV.07: Conduite by-pass

IV .4. Matérialisation de la réserve d'incendie :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

à l'heure, ce qui est le cas pour les installations automatiques, il importe que des dispositions soient prises en vue d'éviter dans le cas d'un soutirage intensif que la réserve d'incendie ne puisse passer dans la distribution .Nous distinguons deux types de systèmes : le système à deux prises et le système à siphon.

Dans le système à deux prises on remarque une tranche d'eau morte qui ne se renouvelle pas contrairement au système à siphon qui se désamorce grâce à un évent ouvert à l'air libre et la réserve ne serait pas entamée en cas de sinistre.

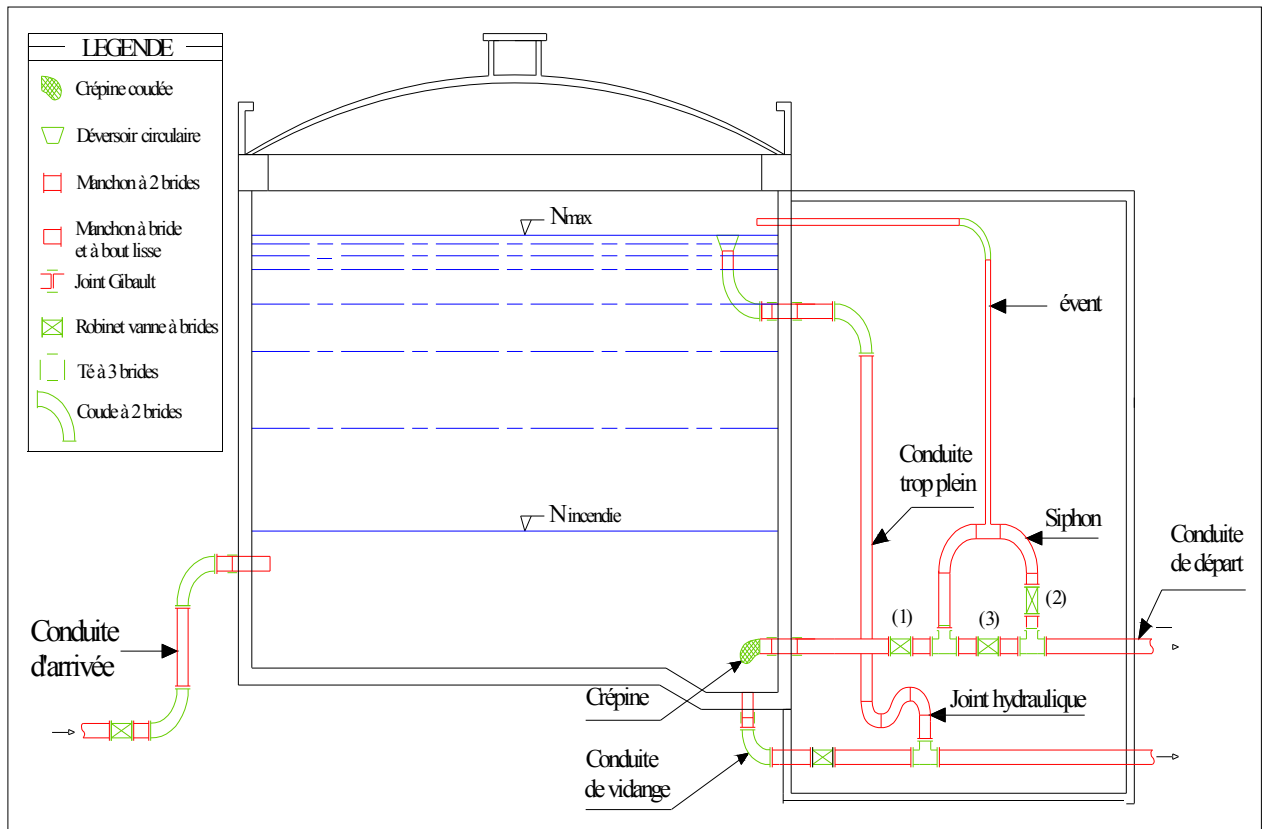


Figure IV .8 : Coupe transversale d'un réservoir semi-enterré

IV .5. Calcul de la capacité des réservoirs :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

variabilité de la demande.

Pour notre projet, nous avons étudié les ouvrages de stockages, et pour calculer

La capacité du réservoir on le déterminée en fonction du débit d’apport et celui de sortie augmenté éventuellement de la réserve incendie. Deux méthodes peuvent être appliquées pour la déterminer:

La méthode analytique.

La méthode graphique.

**IV .5.1.La méthode analytique :**

La méthode analytique consiste à calculer, pour chaque heure de la journée, le résidu dans le réservoir. Le volume de régulation sera :

$$V_r = \frac{a * Q_{max,j}}{100} \quad (m^3) \dots\dots\dots (IV .1)$$

$V_r$ : capacité résiduelle ( $m^3$ ),

a: fraction horaire du débit maximum journalier (%).

$Q_{max}$ :La consommation maximale journalière ( $m^3/j$ ).

Le volume total détermine en ajoutant le volume d’incendie au volume de régulation :

$$V_T = V_r + V_{inc} \dots\dots\dots (IV .2)$$

$V_T$ : capacité totale du réservoir ( $m^3$ ).

$V_{inc}$ : volume d’incendie estimé à  $120 m^3$ .

**IV .5.2. Méthode graphique :**

Cette méthode est baisée sur le traçage des courbes de la consommation maximale journalière et celle caractérisant l’apport de la station de pompage; en additionnant en valeur absolue les écarts de deux extremums de la courbe de consommation par rapport à celle d’apport, on obtiendra le résidu maximal journalier.

Donc :

$$R_{max} = |V^+| + |V^-| \quad (%) \dots\dots\dots (IV .3)$$

Le volume de régulation  $V_r$  est calculé selon la formule suivante



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

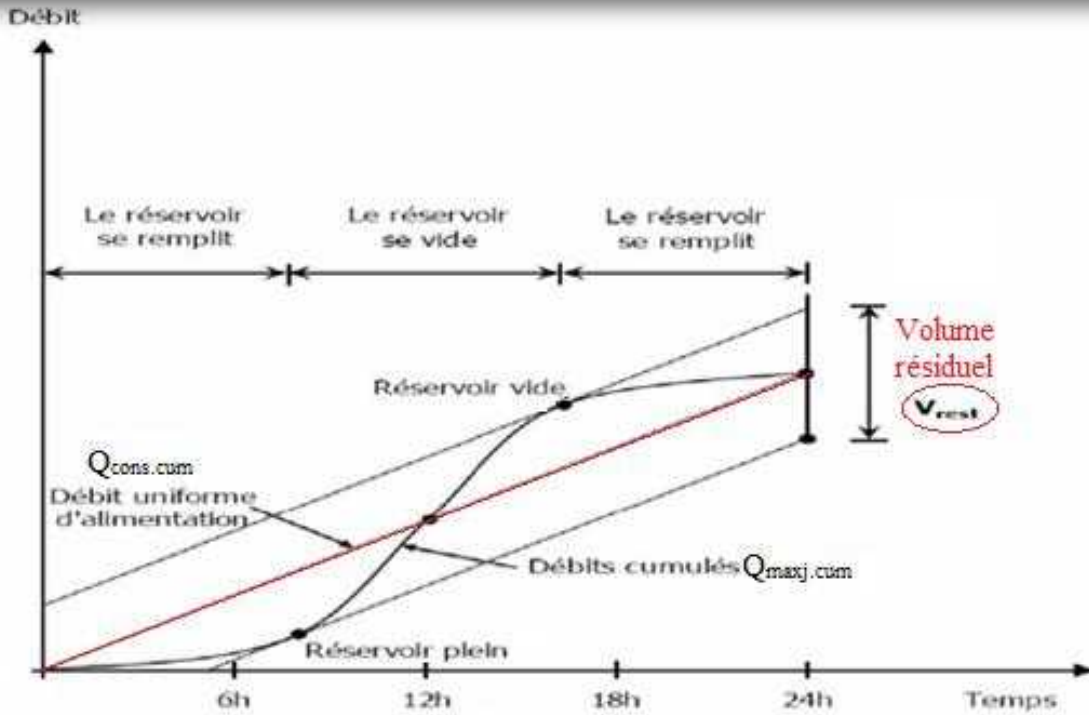


Figure IV.09 : Graphique de la méthode graphique

Dont le volume total sera :  $V_t = V_r + V_{inc}$ .

En utilisant la méthode analytique, on calcule les différentes capacités des réservoirs. Les réservoirs de stockage du réseau d'adduction constituent les réservoirs de tête des réseaux de distribution des différentes localités à desservir.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Tableau IV .1: Evaluation du volume du réservoir d'AL ABBADIA.

Heures	Apports	Distribution (%)	Surplus	Deficit (%)	Résidu (%)
00 - 01	0	03	-	03	3
01 - 02	0	3.2	-	3.2	6.2
02 - 03	0	2.5	-	2.5	8.7
03 - 04	0	2.6	-	2.6	<b>11.3</b>
04 - 05	5	3.5	1.5		9.8
05 - 06	5	4.1	0.9		9.1
06 - 07	5	4.5	0.5		8.6
07 - 08	5	4.9	0.1		8.5
08 - 09	5	4.9	0.1		8.4
09 - 10	5	5.6		0.6	9
10 - 11	5	4.8	0.2		8.8
11 - 12	5	4.7	0.3		8.5
12 - 13	5	4.4	0.6		7.8
13 - 14	5	4.1	0.9		6.9
14 - 15	5	4.2	0.8		6.1
15 - 16	5	4.4	0.6		5.5
16 - 17	5	4.3	0.7		4.8
17 - 18	5	4.1	0.9		3.9
18 - 19	5	4.5	0.5		3.4
19 - 20	5	4.5	0.5		2.9
20 - 21	5	4.5	0.5		2.4
21 - 22	5	4.8	0.2		2.2
22 - 23	5	4.6	0.4		1.8
23 - 00	5	3.3	1.7		0.1
<b>Total</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	--	--	--

Calcul de la capacité du réservoir d'AL ABBADIA :

$$\text{Le volume résiduel sera : } V_r = \frac{11.3 * 15684.006}{100} = 1772.29 \text{m}^3$$



La capacité totale sera :  $V_t = 1772.29 + 120 = 1892.29 \text{ m}^3 = 1900 \text{ m}^3$



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

La ville d'AL ABBADIA possède deux réservoirs d'une capacité totale de  $3000 \text{ m}^3$ ,

On a calculé la capacité de stockage des réservoirs à l'horizon de 2040 et nous avons trouvé un volume de  $1900 \text{ m}^3$ , donc les ouvrages de stockage existants assurent l'alimentation en eau pour la ville d'AL ABBADIA.

**IV .5.4. Dimensionnement d'un réservoir tampon**

**Définition :** Le réservoir tampon est un réservoir de régulation son but principal est d'assurer en premier lieu la commande automatique des groupes de la station de pompage, il permet aussi de garantir un volume ou une réserve de sécurité pour la mise en charge de la conduite gravitaire.

Le réservoir tampon joue le rôle de mise en charge, qui sert à transiter le débit refoulé .La capacité du réservoir peut être calculée d'après le temps de fermeture de la vanne située à l'entrée.

Le volume du réservoir tampon est donné par la formule suivante :

$$V_{RT} = V_R + V_S + V_L$$

Avec:

$V_L$  : volume nécessaire au signal d'alarme

$$Q = Q_0 - Q_0 \times \frac{t}{T} = Q_0 \times (1 - \frac{t}{T})$$

$$dV = Q_0 \times (1 - \frac{t}{T}) dt$$

$$V = Q_0 \times \int_0^{T'} (1 - \frac{t}{T}) dt = \frac{Q_0 T'}{2}$$

$$V_R = Q_0 * T / 2 \dots \dots \dots (IV.5)$$

$Q_0$  :le débit transité dans la conduite.

T : le temps de fermeture linéaire totale du robinet-vanne.

$T = 2700 \text{ s}$

Le volume de sécurité est

$$V_S = Q_0 * T' / 2$$

$T' = 900 \text{ s}$



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$$V_L = S * h$$

$$H = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

$$S = (V_S + V_R) / D = 758.61/7 = 142.85 \text{ m}^2$$

$$V_L = 14.285 \text{ m}^3$$

$$V_{RT} = 772.895 \text{ m}^3$$

Alors :  $V_{RT} = 1000 \text{ m}^3$  (volume normaliser)

Par sécurité, la capacité de réservoir tampon sera  $1000 \text{ m}^3$  pour normalisé et tenir compte du temps qui s'écoulera nécessairement entre l'arrêt de groupes et le commencement de la fermeture de la vanne.

#### IV .5.5. Forme des réservoirs

Ce qui concerne la forme des réservoirs, on opte pour la forme circulaire puisque nos volumes sont tous inférieur à  $10000 \text{ m}^3$ .

La hauteur de l'eau dans la cuve est comprise entre 3 et 6 m en moyenne, toutefois, les Réservoirs de grande capacité des agglomérations importante peuvent présenter des hauteurs d'eau comprise entre 7 et 10 m.

Le diamètre D de la cuve :

$$S = \frac{V_n}{h} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 * V_n}{\pi * h}} \dots\dots\dots \text{(IV.6)}$$

La hauteur totale du réservoir :

$$\text{On a : } H = h + R \dots\dots\dots \text{(IV.7)}$$

R : marge de sécurité

La hauteur de la réserve d'incendie :

On a :

$$h_{inc} = \frac{V_{inc}}{S} \dots\dots\dots \text{(IV.8)}$$

## IV.6 Dimensionnement du Bâche de reprise de la station de pompage :

Le volume de la bache de reprise est déterminé par la formule analytique ou par la formule suivante :

$$\text{Avec : } V_{\text{bache}} = \frac{t * Q_{\text{max},j}}{T} \quad (\text{m}^3) \dots \dots \dots (\text{IV.9})$$

$V_{\text{bache}}$  : capacité de la bache ( $\text{m}^3$ ),

t: temps nécessaire pour maintenir la crépine en charge ( $t=0,25$  h)

$Q_{\text{max},j}$ : La consommation maximale journalière ( $\text{m}^3/\text{j}$ ).

T : le temps de fonctionnement de la station de pompage ( $T= 20$  h)

$$V_{\text{bache}} = \frac{0.25 * 15864.006}{20} = 198.30 \quad (\text{m}^3)$$

On choisi un volume normalise de **250  $\text{m}^3$** .

### Conclusion :

Dans ce chapitre, on a vérifié la capacité des réservoirs, et on a calculé le volume de la bache de la station de pompage pour satisfaire les besoins en eau de la ville d'AL ABBADIA.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

# CHAPITRE V

## ETUDE DE POMPAGE

Table 7.01 : La fiche technique du pompage :



# nitro

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

01	Station de pompage			type d'installation est en aspiration.
02	<u>Quantité d'eau à élever</u>	m <sup>3</sup> /h	784.2	
03	<u>Type de pompage</u> - Nombre de pompes - Débit d'une pompe - H <sub>mt</sub> - Puissance absorbée - (NPSH) <sub>r</sub> - Poids de la pompe - η <sub>p</sub> - Vitesse de rotation	  l/s  Kwh m kg  tr/min	 03 72,61 68,66 202 2.95 652 76.8 1750	
04	<u>Caractéristiques du réseau</u> -Longueur d'aspiration -Diamètre d'aspiration -Longueur de refoulement -Diamètre de refoulement -Type de matériau <u>Nombre de collecteurs :</u> - D'aspiration - De refoulement	 m mm m mm Fonte  Fonte Fonte	5 200 8700 500  03 01	<u>Aspiration :</u> Assurer l'arrivée des eaux à la pompe  <u>Refoulement :</u> Assurer l'arrivée de l'eau aux réservoirs de stockage.
05	<u>Le moteur électrique</u> - Nombre de tours - Rendement - Tension - Puissance absorbée - Poids du moteur	 trs/min % V KWh Kg  	 1950 92 460 132 608	

Le type de la station est surface avec les dimensions (L/l/H)=(20 /8/5 .5)(m)

## INTRODUCTION :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

par fois nécessiter la construction d'une station de pompage qui permet de fournir une charge pour faire face à l'aspect accidentel du terrain, qui est le but de ce chapitre, l'étude et le choix de la pompe idéal adapté à l'usage de notre projet et qui nous permet d'assurer le débit appelé et la hauteur manométrique totale au niveau de la station de pompage (reprise) pour le remplissage des réservoirs de la ville d'AL ABBADIA, en tenant compte des conditions de bon fonctionnement.

### V-1. CHOIX DE L'EMPLACEMENT DE LA STATION DE POMPAGE :

L'emplacement ou bien le site où la station de pompage doit être déterminée à partir du calcul technico- économique, on tiendra compte des conditions locales et des conditions de l'exploitation. Il dépend aussi du relief, d'accès de l'alimentation en énergie électrique et de l'environnement. L'exploitation de la station de pompage tient compte aussi de la condition de la prise d'eau (bâche d'aspiration), de la fluctuation du niveau d'eau dans le réservoir et des conditions hydrogéologiques et géologiques.

### V-2. SITUATION DES OUVRAGES :

La station de pompage de ce projet se trouve dans l'intersection des routes RN4 et W6 vers le chef lieux de la ville d'AL ABBADIA, à une côte de 175 m NGA, et sert à élever l'eau à partir de la bâche d'aspiration et la refouler vers les réservoirs de distribution.

### V-3. CHOIX D'EQUIPEMENT HYDROMECHANIQUE ET ENERGETIQUE :

#### Généralités :

Tout l'équipement de la station de pompage est classé en deux groupes : hydromécanique et énergétique par la suite, à leur tour, ces derniers sont groupés en équipement principal et celui auxiliaires.

Nous citerons l'équipement principal, à savoir pompes et moteurs principaux robinets-vannes, clapets installés sur les conduites de refoulement et d'aspiration au voisinage immédiat des pompes principales. Cet équipement intervient de façon permanente dans l'adduction. Le choix de l'équipement principal est un problème délicat, puisqu'il s'agit du dimensionnement ou bien du type de bâtiment et le choix de l'équipement auxiliaire dépend des facteurs suivants : conditions locales, type de l'équipement principal et type du bâtiment [03].

**V-4. CHOIX DU TYPE DE POMPE :**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

- Meilleur rendement ;
- Vérifier la condition de non cavitation ;
- Encombrement et poids les plus faibles ;
- Vitesse de rotation la plus élevée ;
- Puissance absorbée minimale ;
- Etre fabriquée en série.

On opte pour les pompes ITALIE (pompes centrifuge multicellulaire pour hautes pressions à axe horizontal) de marque **CAPRARI**.

En plus de ses avantages techniques et mécaniques, ce type de pompe nous assure le débit et la hauteur manométrique totale appelée avec une vitesse de rotation variant (3500-1750) tr/min.

**V-5. CHOIX DU NOMBRE DE POMPES :**

Les critères de choix du nombre de pompes sont :

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

On note le nombre, le type et les caractéristiques des pompes de la station de pompage dans le tableau suivant( le débit et l'HMT sont calculées dans le chapitre précédent)

**Tableau V.02:** Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre.

N	$Q_{app}$ ( $m^3/h$ )	$HMT_P$ (m)	Type de pompe	$\eta$ (%)	HMT (m)	Vitesse (tr/mn)	etage	$P_{abs}$ kw	(NPSH requis (m)	$\varnothing_{roue}$ (mm)
1	784.2	68.66	----	----	----	----	----	----	----	----
2	392.1	68.66	PM150/2B	77.7	70.3	1750	02	201	6.65	150
<b>3</b>	<b>261.4</b>	68.66	<b>PM150/2D</b>	<b>76.4</b>	<b>70.8</b>	<b>1750</b>	<b>02</b>	<b>202</b>	<b>2.95</b>	<b>150</b>
4	196.05	68.66	PM150/2E	65.4	67.4	1750	02	209	2.4	150

A partir du tableau V.02, on déduit que la variante de (03) pompes est la meilleure du point de

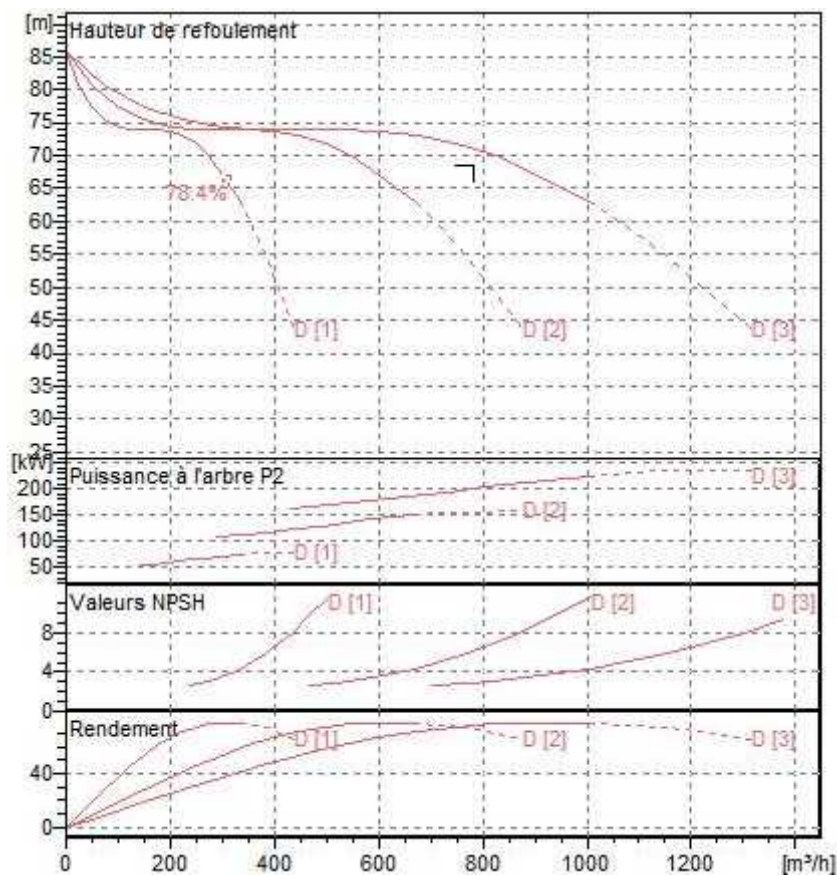
vue économique. Cette variante est choisie et les données de la figure (V.1) sont représentées et leur NPSH<sub>r</sub> minimal.

Remarque : On opte pour un nombre de pompes de (03) en plus d'une (01) pompe de secours.

Ces quatre (04) pompes sont identiques de type **PM150/2D.CAPRARI**.

### V-6. COURBES CARACTERISTIQUES DES POMPES :

Les courbes caractéristiques de la pompe [H-Q], [ $P_{\text{abs}} - Q$ ], [ $\eta_p - Q$ ], [(NPSH)<sub>r</sub> - Q]. Sont retirées a partir de logiciel de CAPRARI [10] et sont Représentées par la figure (V.1) pour la station de pompage qui assure le refoulement vers les réservoirs de la ville d'AL ABBADIA.



**Figure V.01:** Les courbes caractéristiques des pompes de type PM150/2D-CAPRARI.

### V-7. COUPLAGE DES POMPES :

Le couplage des pompes se fait dans le cas où une pompe placée ne permet de fournir la charge ou le débit nécessaire pour l'élevation d'eau au point voulu. Le couplage des pompes se fait comme suit :

- Débit fourni par une seule pompe insuffisant      couplage en parallèle.



- Charge fournie par une seule pompe insuffisante couplage en série.

 This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

- Le débit de collecteur commun sera composé de la somme des débits de chaque pompe.
- La caractéristique de l'ensemble des groupes sera obtenue en sommant pour une même ordonnée H les débits abscisses de chaque groupe.

### V-7-2. Couplage en série :

Pour ce type de couplage, le refoulement de la première pompe débouche dans l'aspiration de la seconde. Le même débit traverse les deux pompes et les hauteurs d'élévation produites par chaque groupe s'ajoutent.

### V-8. POINTS DE FONCTIONNEMENT DES POMPES :

Le point de fonctionnement d'une pompe est l'intersection entre la courbe caractéristique de la pompe installée et en fonctionnement [H-Q] et la courbe caractéristique de la conduite véhiculant un débit de la pompe en fonctionnement [H<sub>c</sub>-Q]. La courbe caractéristique de la pompe est donnée par le constructeur ou par les essais de pompage tandis que la courbe caractéristique de la conduite est déterminée par l'installateur de la pompe. La pompe fonctionnera dans de bonnes conditions si le point de fonctionnement se trouve dans la zone non cavitationnelle et le débit lui correspondant dans la plage de bon fonctionnement pour un rendement optimal [03].

#### V-8-1. Courbe caractéristique résultante des conduites :

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

$$H_c = H_g + H_T ;$$

Avec :

H<sub>g</sub> : hauteur géométrique (m) ;

H<sub>T</sub> : la perte de charge totale (m) ;

#### V-8-2. Pertes de charge linéaires

La perte de charge linéaire est donnée en (m) par la formule suivante :

$$H_{lin} = \frac{8 \times \lambda \times L_{ref} \times Q^2}{\pi^2 \times g \times D_{eco}^5} ;$$

Avec



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

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

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

$D_{\text{éco}}$  : diamètre économique de la conduite (m).

### V-8-3. Pertes de charge singulières :

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

### V-8-4. Pertes de charge totales :

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

$$H_T = H_{\text{lin}} + \Delta H_{\text{sing}} = H_{\text{lin}} + 0,10 \times H_{\text{lin}} \Rightarrow \Delta H_T = 1,10 \times H_{\text{lin}} ;$$

Donc la perte de charge totale en (m) sera :

$$H_T = 1,10 \times H_{\text{lin}} ;$$

### V-8-5. Refoulement S. Pompage – Réservoir d'AL ABBADIA :

Les calculs de la courbe caractéristique sont regroupés dans le tableau suivant.

**Tableau V.03:** Courbe caractéristique de la conduite (S.PMP – R. AL ABBADIA).

N°	Q ( $m^3/h$ )	3Q ( $m^3/h$ )	Hg (m)	$L_{\text{ref}}$ (m)	$D_{\text{éco}}$ (mm)	$\lambda$	$\Delta H_{\text{lin}}$ (m)	$\Delta H_T$ (m)	Hc (m)
1	0	0	39.7	8700	450	0.01425	0	0	39.7
2	50	150	39.7	8700	450	0.01425	0.96376	1.06	40.76
3	100	300	39.7	8700	450	0.01425	3.85505	4.241	43.941
4	150	450	39.7	8700	450	0.01425	8.67386	9.541	49.241
5	200	600	39.7	8700	450	0.01425	15.4202	16.96	56.662
6	250	750	39.7	8700	450	0.01425	24.0941	26.5	66.203
7	300	900	39.7	8700	450	0.01425	34.6954	38.16	77.865
8	350	1050	39.7	8700	450	0.01425	47.2243	51.95	91.647
9	400	1200	39.7	8700	450	0.01425	61.6808	67.85	107.55
10	450	1350	39.7	8700	450	0.01425	78.0647	85.87	125.57

La caractéristique de la conduite est représentée ci-dessous dans la figure (Figure V.02).



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

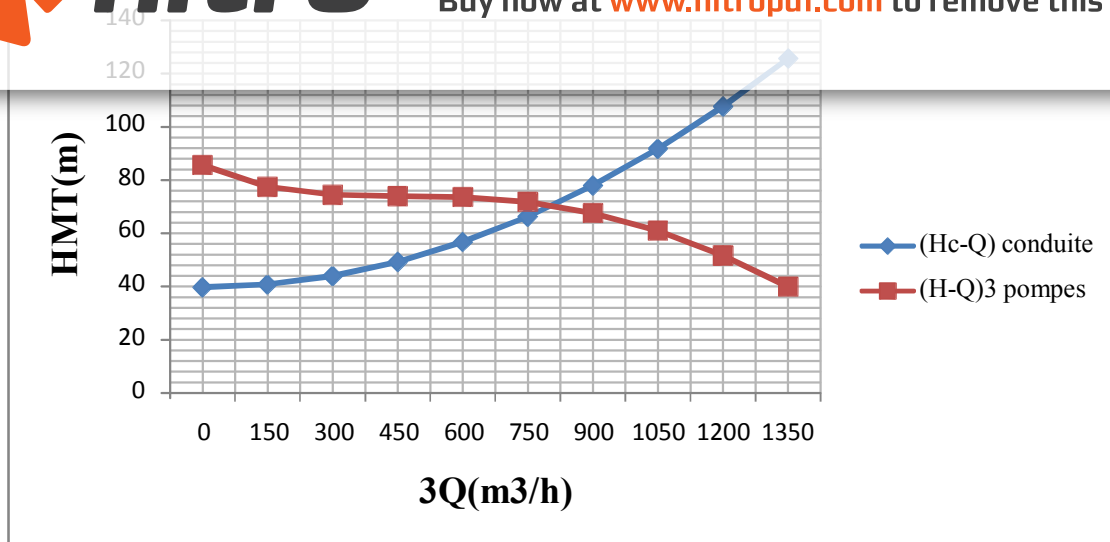


Figure V.02 : Point de fonctionnement des pompes de la station de pompage.

Correspondants au point de fonctionnement (Pf) sont :

$$Q_{Pf} = 787.5 \text{ m}^3/\text{h} > Q_{App} = 784.2 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$H_{Pf} = 70.00 \text{ m} > H_{App} = 68.66 \text{ m}.$$

**V-9. Adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement données :**

Le débit et la charge fournis par une installation de pompage ne sont pas toujours les mêmes que ceux demandés, et pour corriger l'écart qui existe entre la demande et les caractéristiques disponibles en doit procéder par deux types de réglage [05].

**V-9-1. Débit disponible > Débit appelé :**

Les deux types de réglage pour ce cas sont comme suit :

- **Réglage qualitatif :** il est possible dans le cas des moteurs à vitesse variable en réduisant leur vitesse de rotation.
- **Réglage quantitatif :** il s'effectue par la fermeture partielle de robinet vanne de refoulement

**V-9-1-1. Mode de réglage par vannage :**

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

$$\eta_{inst}^{ap.van} = \eta_{inst}^{av.van} \times \frac{H_{app}}{H_{app} + H_v} \dots\dots\dots (V.1)$$



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$h_v$ : différence entre la hauteur  $H'_c$  et la hauteur appelée en (m).

$$h_v = H'_c - H_{app} \dots\dots\dots(V.2)$$

$H'_c$  : Hauteur correspondant à la projection du débit appelé sur la courbe caractéristique de la pompe  $(H-3Q)_R$  en (m) .

**V-9-1-2. Mode de réglage par rognage :**

C'est la diminution de diamètre de la roue pour diminuer le débit jusqu'au débit demandé. Ce type de réglage est l'application de la relation de continuité  $Q=V \times S$ .

On utilisant les lois de similitude, on obtient l'équation de la droite de rognage:

$$H = \frac{H_{app}}{Q_{app}} \times Q \dots\dots\dots(V.3)$$

$Q_{app}$  : débit demandé ou débit appelé ;

$H_{app}$  : hauteur manométrique totale appelé (m).

- **Le nouveau diamètre de la roue**

Après le rognage, le diamètre extérieur de la roue répond à l'équation suivante :

$$d = D \times \sqrt{\frac{Q_{app}}{Q_E}} \dots\dots\dots(V.4)$$

$d$  : diamètre extérieur de la roue après le rognage (mm).

$D$  : diamètre extérieur de la roue avant le rognage (mm);

$Q_E$  : débit correspondant au point homologue au point de fonctionnement ;

$Q_{app}$  : débit demandé ou débit appelé ;

- **Rendement de rognage**

$$R = (1 - m) \times 100 \dots\dots\dots(V.5)$$

$R$  : rendement de rognage (%) ;

$m$  : coefficient de rognage ;

$$m = \sqrt{\frac{Q_{APP}}{Q_E}} \dots\dots\dots(V.6)$$

Efficacité du rognage est dépend de rendement de rognage en fonction de la vitesse spécifique, comme montre le tableau suivant :



**nitro**

Tableau V.04: Variation de R en fonction de Ns.

Ns	R (%)
60 à 120	15 à 20
120 à 200	10 à 15
200 à 300	5 à 10

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Remarque : Si le rendement de rognage est inférieur à 15% alors le rognage est efficace.

**V-9-1-3. Augmentation des pertes de charge dans les conduites de refoulement :**

Elles sont augmentées par l’augmentation des singularités (réducteur de pression, coude...etc.), où par l’introduction d’air (n’est pas recommandé).

**V-9-1-4. Diminution de temps de pompage :**

Dans le cas où le pompage s’effectuerait dans un réservoir.

Le nouveau temps de fonctionnement en (h) de la station est tel que :

$$t' = \frac{Q_{app}}{Q_{pf}} \times t \dots\dots\dots(V.7)$$

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

t : temps prévu de fonctionnement de la station de pompage par jour (h); pour notre cas 20h/j.

Q<sub>pf</sub> : débit correspondant au point de fonctionnement de la pompe (m<sup>3</sup>/h).

Q<sub>app</sub> : débit appelé ou demandé (m<sup>3</sup>/h).

**V-9-1-5. Changement du type de la pompe :**

Dans le cas où c’est impossible d’appliquer tous les modes de réglage cités ci-dessus, il reste une seule solution qui est le changement de la pompe et amener une pompe adaptée a usage envisagé.

**V-9-2. Débit disponible < Débit appelé :**

Dans ce cas la, il faut faire un réglage soit :

- **Qualitatif** : augmentation de la vitesse de rotation de la pompe.
- **Quantitatif** : ouverture partielle des robinets vannes pour diminuer les pertes de charge et augmenter le débit refoulé par la pompe, si c’est possible.

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

Dans notre cas, les modes de réglage à étudier sont :

- Le mode de réglage par vannage.
- Le mode de réglage par la diminution du temps de pompage.
- Le mode de réglage par le rognage.

mode de réglage par la diminution de la vitesse de rotation.

**nitro** This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
 Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

V-9-3-1. Mode de réglage par la diminution de la vitesse de rotation :

On a  $Q_d > Q_a$ , les pompes sont munies avec des moteurs asynchrones. Dans ce cas, on va faire un réglage qualitatif en diminuant la vitesse de rotation de la pompe par l'utilisation des lois de la similitude:

$$\begin{cases} \frac{Q}{q} = \lambda & \dots\dots\dots(1) \\ \frac{H}{h} = \lambda^2 & \dots\dots\dots(2) \end{cases}$$

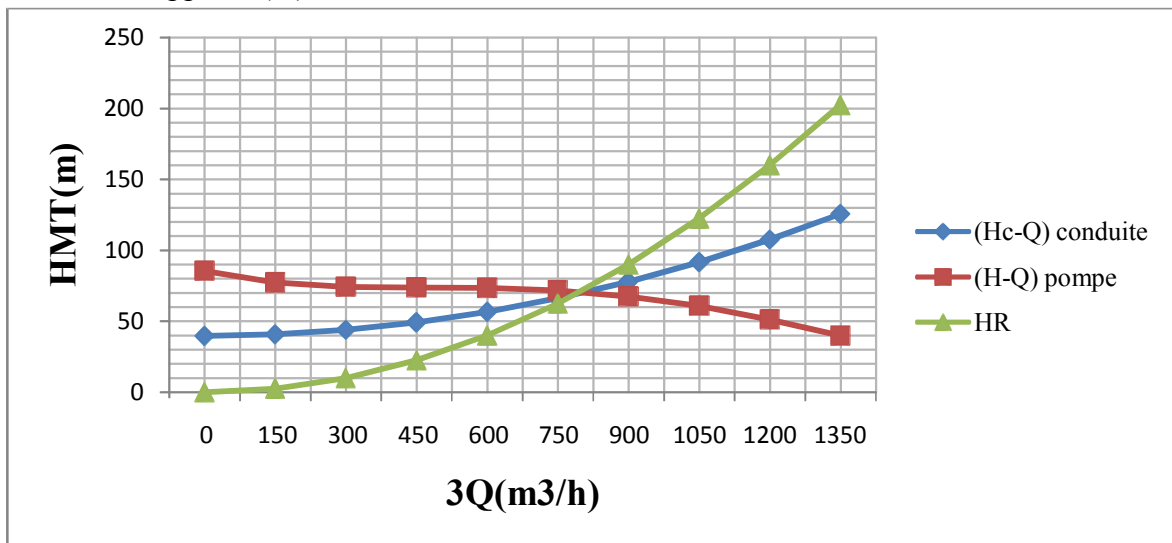
De (1) et (2) on aura :

$$H = \frac{h}{q^2} \times Q^2 = a \times Q^2 \dots\dots\dots(V.8)$$

La courbe de proportionnalité :  $H = 1,11 \times 10^{-3} \times Q^2$  ;

q : débit appelé par la pompe (m<sup>3</sup>/h) ;

h : la hauteur appelée (m).



**Figure V.03:** Point de fonctionnement des pompes de la station après la diminution de la vitesse de rotation.

La nouvelle vitesse de la pompe sera d'après la loi de similitude égale :

$$n = N * \frac{Qa}{Qd} = 1750 \frac{784.2}{787.5} = 1742.67 \text{ t/min}$$

Tel que : N: la vitesse initiale de la pompe.



la nouvelle vitesse de la pompe.

**nitro**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Le rendement pour ce réglage  $\eta = 76.73\%$ .

Et pour la puissance absorbée on a  $P_{abs} = \frac{9,81 \times 0,2178 \times 68,66}{0,7673} = 191,19 \text{ kw}$ .

### V-9-3-2. Mode de réglage par vannage :

La hauteur manométrique après vannage sera égale : on a

$H_c' = 64 \text{ m}$  (d'après la figure V.02).

La hauteur de vannage  $h_v$  sera égale :

$$h_v = 70 - 68,66 = 1,34 \quad h_v = 1,34 \text{ m.}$$

Le rendement de l'installation après vannage serait :

$$\eta_{inst}^{ap.van} = 76,8 \times \frac{68,66}{68,66 + 1,34} \quad \eta_{inst}^{ap.van} = 75,33 \%$$

Donc, la nouvelle puissance absorbée en (Kw) est calculée comme suite :

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

Q : le débit refoulé par une seule pompe en ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

HMT : la hauteur de refoulement en (m).

$\eta$  : le rendement de la pompe en (%).

Sachant que 'Q' représente le débit refoulé par 3 pompes est :

Avec :  $Q_{App}$  : le débit demandé ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

A.N

$$P_{abs} = \frac{9,81 \times 0,2178 \times 68,66}{0,7533} = 203,94 \quad P_{abs} = 194,74 \text{ kw}$$

### V-9-3-3. Mode de réglage par la diminution de temps de pompage :

Le nouveau temps de pompage est

$$t = \frac{784,2}{787,5} \times 20 = 19,91 \text{ h} \quad t = 19\text{h } 55' 12'' ;$$

La nouvelle puissance absorbée par la pompe sera, sachant que 'Q' représente le débit refoulé par trois pompes est : correspondant au débit  $Q_A = 0,2188 \text{ m}^3/\text{s}$  Le rendement est de 76,8 %



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

### V-9-3-3. Réglage par rognage :

L'équation de la droite de rognage est telle que :

$$H = \frac{101,44}{272,71} \times Q \quad \mathbf{H = 0,435 \times Q ; [m]}$$

Avec Q : le débit refoule par une seule pompe en (m<sup>3</sup>/h).

Le débit de point d'intersection 'E' est Q<sub>E</sub> = 784,5 m<sup>3</sup>/h (d'après Figure V.05).

Donc, le diamètre de la roue après rognage sera :

$$d = 150 \times \sqrt{\frac{784,2}{787,5}} = 149,8[\text{mm}];$$

Le coefficient de rognage est :

$$m = \sqrt{\frac{784,2}{787,5}} = 0,99 ;$$

Le rendement de rognage est : R = (1-0,99) × 100 ⇒ **R = 1 % < 15%**

Le rognage est une solution efficace.

Le rendement après rognage est : **75%**

La puissance absorbée = 195.60

$$P_{\text{abs}} = \frac{9,81 \times 0,2178 \times 68,66}{75 \times 10^{-2}} \quad \mathbf{P_{\text{abs}} = 195,60 \text{kw};}$$





Tableau V.05: Calculs des prix d'énergie pour différents modes de réglage.

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Modes réglage (%)	$P_u$ (Kw)	Prix d'énergie (DA)	
Par vannage	71.91	194.74	4435398.24
Par diminution de temps de pompage	76.8	191.90	43 70714.40
Par rognage	75	195.60	4459485,60
Par diminution de la vitesse	76.73	191.19	43 54543,44

### Conclusion :

On opte pour le réglage par diminution de la vitesse de rotation, car ce mode nous assure le rendement le plus élevé et la puissance absorbée la plus faible pour un prix d'énergie le moins chers.

### V-10. ETUDE DE LA CAVITATION :

La cavitation est la perturbation du courant liquide juste à l'entrée de la pompe en fonctionnement, cela se produit lors qu'à une température constante, la pression absolue est inférieure ou égale à la tension de vapeur d'eau.

On considère en général que cette vaporisation est liée au fait que la pression statique tombe en dessous de la pression de vapeur saturante du fluide pompé. En réalité, il s'agit parfois de la création de bulles de gaz dissous dans le liquide (cas de l'eau notamment), on parle alors de cavitation apparente [05].

Les effets de la cavitation peuvent être très néfastes pour la pompe:

- la création de bulle de vapeur à l'aspiration s'accompagnant de leur condensation brutale dans ou en sortie de roue, lorsque la pression remonte,
- implosion des bulles de vapeur au niveau de la roue,
- vibrations anormales,
- bruit anormal (pompage de cailloux),
- destruction des garnitures d'étanchéité suite aux vibrations,
- arrachement de matière dans les zones d'implosion,
- chute du débit pompé lorsqu'apparaît le phénomène de cavitation.

La cavitation peut être prévue par le calcul du NPSH disponible à l'aspiration de la pompe, et pour éviter la cavitation, la condition suivante doit être vérifiée :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$$(NPSH)_d > (NPSH)_r \dots\dots\dots(V.9)$$

(NPSH)<sub>r</sub> : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur ;

(NPSH)<sub>d</sub> : Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur.

$$(NPSH)_d = (NPSH)_r + r \dots\dots\dots(V.10)$$

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

Pour notre calculs, on prend : r = 0,3 m.

**V-10-1. Calcul de la hauteur d'aspiration admissible**

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

Dans notre cas, on a fait à une installation en charge au niveau de la station de pompage, alors la hauteur d'aspiration admissible est régie par la relation suivante :

$$h_{asp}^{adm} = (NPSH)_r + r - P_{atm} + T_v + \frac{V_a^2}{2 \times g} + \sum H_{asp} \dots\dots\dots(V.11)$$

V<sub>a</sub> : vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration (m/s) ;

P<sub>atm</sub> : pression atmosphérique (mce) ;

$$P_{atm} = 10,33 - 0,00139 \times H ;$$

Avec : H : altitude de la station en (mNGA).

T<sub>v</sub> : tension de vapeur d'eau (mce) ;

**Tableau V.06:** Variation de la tension de vapeur d'eau en fonction de la température.

T (°c)	5	10	20	30	40	50	80	100
T <sub>v</sub> (mce)	0,09	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25	4,82	10,33

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

Δh<sub>asp</sub>: Perte de charge totale du côté aspiration.

$$h_{asp} = (1,10 - 1,15) \times h_{asp}^{lin} ;$$

h<sub>asp</sub><sup>lin</sup> : Perte de charge linéaire à l'aspiration (m), elle sera estimée pour le collecteur et la conduite d'aspiration. Estimée par la formule suivante :

$$h_{asp}^{lin} = 10 \times \left( \frac{L_{asp}}{1000} \right) \dots\dots\dots(V.12)$$

Avec :

L<sub>asp</sub> : longueur du collecteur d'aspiration, L<sub>asp</sub> = 24 m ;

$D_a$  : diamètre de la conduite d'aspiration en (mm),



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

**V-10-2. Calage de la pompe :**

Le calage de la pompe est de déterminer la côte exacte de l'axe de la pompe par rapport à niveau du plan d'eau d'aspiration pour qu'elle fonctionne sans le moindre risque de cavitation.

Pour les installations en charge :

$$z_{\text{axe}} = \nabla_{\text{min}} - h_{\text{asp}}^{\text{adm}} + r \dots\dots\dots(\text{V.14})$$

$z_{\text{axe}}$  : Niveau de l'axe de la pompe (m.NGA) ;

$r$  : marge de sécurité,  $r = (0,1 - 0,3)$  m.

$\nabla_{\text{min}}$  : Niveau minimal du plan d'eau d'aspiration (m.NGA) ;

$$\nabla_{\text{min}} = C_p - h + h_{\text{inc}} \dots\dots\dots(\text{V.15})$$

$C_p$  : côte du plan d'eau dans le réservoir (mNGA) ;

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

$h_{\text{inc}}$  : hauteur d'incendie dans le réservoir (m).

**V-10-3. Station de pompage vers le réservoir d'AL'ABBADIA :**

La charge nette d'aspiration requise :  $(\text{NPSH})_r = 3.01$  m.

La pression atmosphérique :  $P_{\text{atm}} = 10,33 - 0,00139 \times 175$  Pat = 10,086 mce.

La tension de vapeur d'eau à une température  $T^\circ=20$  °C  $T_v = 0,24$  mce.

Le diamètre de la tubulure d'aspiration :  $\text{DN}_a = 200\text{mm}$ . Donnée par le logiciel CAPRARI

Donc, le diamètre de la conduite d'aspiration :  $D_a = 1,5 \times 200$   $D_a = 400\text{mm}$ .

- Pour  $D_a = 400\text{mm}$ , la vitesse sera  $V_a = 1.73$  m/s (cette vitesse est n'est pas vérifiée). car on a  $V_a = (1 - 1,5)$  m/s pour  $250 \leq D_a \leq 800$  mm

En prend la vitesse  $v=1.10\text{m/s}$  donc le diamètre est  $D_a = 500\text{mm}$ , vitesse est vérifiée.

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

La perte de charge totale à l'aspiration :

$$h_{\text{asp}}^{\text{lin}} = 10 \times \left(\frac{V_{\text{asp}}}{1000}\right)^2, \Delta h_{\text{asp}}^{\text{lin}} = 0.01 \times 24 = 0.240 \text{ m}$$

$$\Delta h_{\text{asp}} = 1,15 \times 0,24 = 0,276\text{m.}$$

La hauteur d'aspiration admissible :

$$h_{\text{asp}}^{\text{adm}} = 3,01 + 0,3 - 10,086 + 0,24 + \frac{2,31^2}{2 \times 9,81} + 0,276 \quad h_{\text{asp}}^{\text{adm}} = -5.99\text{m} ;$$

Changeant de type d'installation :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Le niveau minimum du plan d'aspiration :

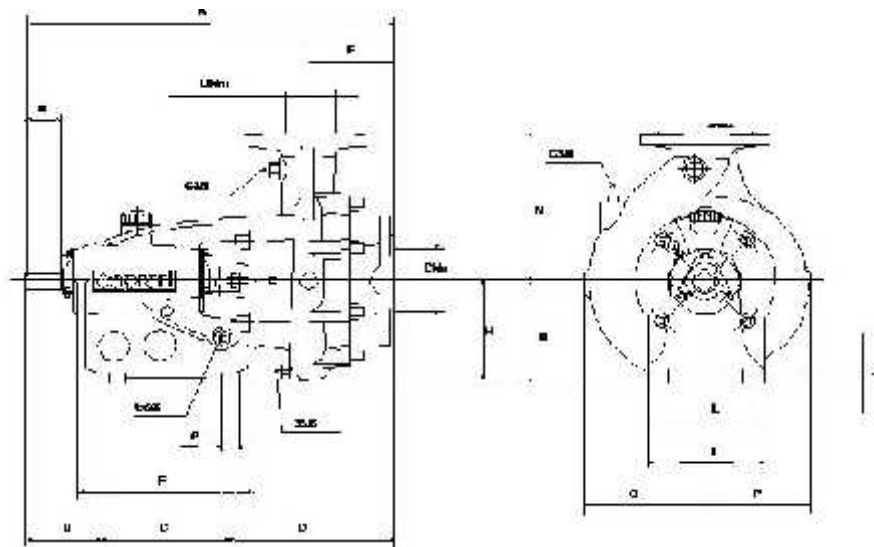
$$min = 179 - 4 + 0,1 = 175,10 \text{ m} \quad min = 175,10 \text{ m. NGA ;}$$

La côte de l'axe de la pompe :

$$axe = 175,10 + 5,99 - 0,3 = 180,79 \quad axe = 180,79 \text{ m. NGA;}$$

**V-11. SCHEMA DE LA POMPE :**

Le schema de la pompe choisi est représenté d'après le catalogue de **CAPRARI** dans la figure suivante :



**Figure V.04:**schema de la pompe (.CAPRARI.)

Les dimensions des différents organes de la pompe sont récapitulées dans le tableau suivant

**Tableau V.07:** Dimensions des organes de la pompe PM150/2D d'après.CAPRARI.

A	1190	B	479
E	619	C	360
e	120	D	351
DNm	150	O	590
DNa	200	P	170
G	301	L	125
F	270	I	50

M=45 N= 680

V-12. CHOIX DU MOTEUR ELECTRIQUE :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

V-12.1. Critères de choix du moteur électrique :

Les critères de choix du moteur électrique sont :

- Puissance absorbée minimale ;
- Position de l'arbre de transmission horizontale ou verticale ;
- Tension d'alimentation en fonction de la puissance du moteur et de l'investissement.

**V-12-2. Vitesse de rotation du moteur :**

La vitesse de rotation du moteur est donnée comme suit :

$$N_m = N_p \pm 200 \dots\dots\dots(V.16)$$

Où:

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

$N_p$  : vitesse de rotation de la pompe (tr/mn),

**V-12-3. Puissance fournie par le moteur**

La puissance qui devra être fournie par le moteur en (Watt) est calculée par la formule suivante :

$$P_m = \frac{\varpi \times Q_a \times HMT \times K}{\eta_p \times \eta_{acc} \times \eta_m} \dots\dots\dots(V.17)$$

Où :

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

$Q_a$  : débit refoulé par une seule pompe ;

HMT: hauteur manométrique totale minimum (mce);

$\eta_p$  : rendement de la pompe ;  $\eta_p = 76.8\%$

$\eta_{acc}$  : rendement d'accouplement,  $\eta_{acc} = 93\%$  ;

$\eta_m$  : rendement du moteur,  $\eta_m = (92 - 95)\%$ ,

On prend :  $\eta_m = 92\%$ .

$K$  : coefficient correcteur, il est en fonction de la puissance de la pompe ;

**Tableau V.08:** Coefficient de correction en fonction de la puissance.

<b>P (kw)</b>	1 – 2	2 – 10	10 – 50	50 – 100	100 – 200	> 200
<b>K</b>	2	2 – 1,3	1,3 – 1,2	1,2 – 1,1	1,1 – 1,05	1,05

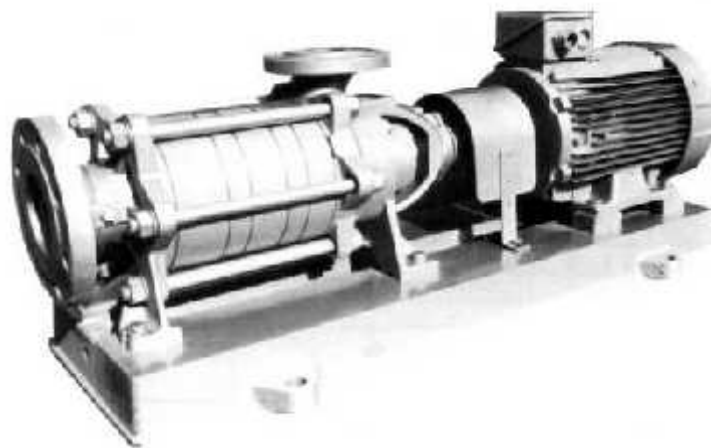
Application :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

- Fréquence 60 HZ ;
- Tension nominale 460 V ;
- Vitesse nominale 1750 tr/min ;
- Nombre de pôles 4 ;
- Puissance nominale  $P_2 = 75 \text{ Kw}$  ;
- Type de moteur 3~ ;
- Courant nominal -A ;
- Classe d'isolation F ;
- Degré de protection IP 55.

L'électropompe choisie est représenté dans la figure suivante :



**Figure V.05:** Electropompe sur socle

**Tableau V.09:** Différentes distances d'électropompe sur socle. (caprari pompe) logiciel

A	2119	H	870
C	360	I	820
D	351	M	20
DN a	200	N	160
DNm	150	O	475
E	241	P	847
F	300	Q	845

## V-13. CONSTRUCTION CIVILE DE LA STATION DE POMPAGE :



**nitro**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

## V-13.1. Bâtiment de la station de pompage :

Il existe différents types de bâtiment pour une station de pompage :

- Bâtiment type bloc.
- Bâtiment type bache sèche.
- Bâtiment type bache mouillée.
- Bâtiment de type semi-enterré et sur sol.

Le choix de type de bâtiment en fonction des paramètres mentionnés dans le tableau suivant :

**Tableau V.10:** Choix du type du bâtiment.

Paramètres	Type du bâtiment			
	Bloc	Bâche sèche	Bâche mouillée	Sur sol ou semi-enterré
Q m <sup>3</sup> /s	>2	<2	<6	<1,5
Type de pompe	Axiale à axe vertical ou horizontal	Pompe centrifuge	Axiale noyée à axe verticale	Pompe centrifuge
Hauteur admissible à l'aspiration (m)	<0 (en charge)	<0 >0	<0 <0	>0 (en aspiration)
ΔH : variation du plan d'eau de la rivière (m)	1 à 2	1 à 3	N'importe	importante

On choisit de projeter un bâtiment type surface car :

- Le débit journalier de la station de pompage est de 0,218 m<sup>3</sup>/s.
- Les pompes choisies sont des pompes axiales à axe horizontal multicellulaires.

Modalité de construction du bâtiment :

Le bâtiment est généralement construit sous forme rectangulaire et comporte des salles de machines, plus une plate forme de montage et démontage, une salle annexe (pour le bureau d'exploitation, toilette, salle de stockage, salle des armoires électriques) [05].

Il est recommandé de prendre :

- la hauteur de station de pompage normalisée ( $H_b = 3,5 \text{ m} ; 4,2 \text{ m} ; 4,8 \text{ m} ; 5,4 \text{ m} ; 6 \text{ m} \dots$ )
- La longueur du bâtiment  $l_b = 3, 6, 18, 21, 24 \text{ m} \dots$
- La distance entre les poteaux (3, 6, 9, 12..).



faut respecter certaines distances pour faciliter le mouvement des personnels ainsi

**nitro** This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

- Distance entre les pompes entre **0,8 et 1,2 m** ;
- Distance entre les groupes électriques et les vitres de commande est de l'ordre de **l > 2m**.
- Dimensions des portes **3×3 ; 3,6×3,6 ; 4×3 ; 4,2×4 ; 4,8×5,4 m²**.
- La surface des fenêtres est prise entre **10 et 15 %** de la surface de la salle des machines.

### V-13-2. CALCUL GENIE CIVIL :

Les différentes dimensions de la station de pompage sont :

#### V-13-2-1. EPAISSEUR DES MURS DU BATIMENT :

On prévoit des murs à double cloisonnement avec des briques de 10 cm d'épaisseur séparées entre elles d'un vide de 10 cm, donc l'épaisseur du mur sera de **30 cm**.

#### V-13-2-2. LA HAUTEUR DU BATIMENT :

La hauteur du bâtiment est donnée en (m) par la formule suivante :

$$Hb = h5 + h6 + h7 + h8 + h9 \dots \dots \dots (V.18)$$

$h5$  : Distance verticale  $h5 = hp + hsocle + hreserve$

$hreserve = 0,5$  m

$hsocle = (0,3 \div 0,5)$  m en prend  $hsocle = 0,4$ m

$hp$  : Hauteur de la pompe est égale à 600 mm = 0,685m

$h5 = 0,685 + 0,5 + 0,4 = 1,585$  m

$h6$  : Hauteur réservée à l'homme.  $h6 = 2,2$  m

$h7$  : Hauteur de chariot.  $h7 = 0,3$  m

$h8$  : Hauteur réservée aux formes profilées  $h8 = 0,8$  m

$h9$  : Hauteur de sécurité  $h9 = 0,5$  m

Donc :

$$Hb = 1,585 + 2,2 + 0,3 + 0,8 + 0,5 = 5,38 \text{ m} \quad \mathbf{Hb = 5,5 \text{ m} ;}$$

#### V-13-2-3. LA LANGUEUR DU BATIMENT

La longueur du bâtiment en (m) est calculée par la formule suivante :

$$Lb = n \times Lp + lint + lp.f + lr + lb \dots \dots \dots (V.19)$$



Avec  **nitro** This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
 Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$L_p = 2.119 \text{ m} ;$

lint : Distance entre deux pompes voisines;  $Lint = (0,8-1,2) \text{ m}$  ; on prend :  $Lint = 1 \text{ m}$

lp.f : Longueur de la plate forme  $L_{pf} = 3 \text{ m}$  ;

Lp : Longueur du bureau du personnel;  $L_p = 4 \text{ m}$  ;

Lr : longueur de l'armoire électrique  $L_r = (2-3) \text{ m}$ , on prend  $L_r = 3 \text{ m}$  ;

$L_b = 4 \times (2.119) + 1 + 4 + 3 + 3 = 19.48 \text{ m}$

**$L_b = 20 \text{ m}$  ;**

#### V-13-2-4. LA LARGEUR DU BATIMENT :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + 2S \dots \dots \dots (V.20)$$

s : épaisseur du mur  $s = 0,3 \text{ m}$ .

$I_1$  : distance entre le mur et le premier organe  $30 \text{ cm}$ .

$I_2$  : distance entre les tubulures  $30 \text{ cm}$ .

$I_3$  : longueur des accessoires d'aspiration.

$$I_3 + I_4 = l_p + l_{tr} + l_{tasp} + l_c + l_j.$$

$l_p$  : longueur de pompe  $= 2.119 \text{ m}$

$l_{tr}$  : longueur de la tubulure de refoulement  $l_{tr} = 2 \times D_r = 2 \times 450$   $l_{tr} = 0,9 \text{ m}$

$l_{tasp}$  : longueur de la tubulure d'aspiration  $l_{tasp} = 2 \times D_a = 2 \times 200 = 0,40 \text{ m}$  et on a l  
 d'aspiration  $= 1.5 \text{ m}$

$l_c$  : longueur du convergent  $= 1.25 \text{ m}$ .

$l_j$  : longueur des joints  $= 0.5$

Donc :

$$I_b = 2 \times 0,3 + 0,3 + 0,3 + 2.119 + 0,9 + 0,4 + 0,5 + 1.25 + 1.5 = 7.869 \text{ m} \quad \mathbf{I_b = 8 \text{ m} ;}$$

#### V-13-2-5. DIMENSIONS DES PORTES

- porte principale :  $4,2 \times 3,2 \text{ m}^2$  ;
- porte secondaire :  $2,2 \times 1,2 \text{ m}^2$  ;

#### V-13-2-6. DIMENSIONNEMENT DES FENETRES

Il faut avoir un éclairage de surface de (10 à 15) % de la surface de la station en plus de l'éclairage électrique. On prend 12,5%.

$$S (\text{fenêtre}) = 0,125 \times 21 \times 4 \quad S (\text{fenêtre}) = 10,50 \text{ m}^2;$$



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$$N (\text{fenêtres}) = \Sigma S (\text{fenêtres}) / (2,2 \times 1,4) = 3,41 \quad 04 \text{ Fenêtres.}$$

### V-13-2-7. DIMENSIONNEMENT DES MARCHES D'ESCALIER :

- hauteur : 17 cm.
- largeur : 30 cm.
- pente : 1/1,75

**Tableau V.11:** Récapitulation des dimensions du bâtiment de la station.

Dimensions du bâtiment de la station de pompage en (m)						
Longueur	Largeur	Hauteur	Epaisseur des murs	fenêtres	portes	
					secondaire	principale
20	8	5,5	0,3	2,2×1,2	2,2×1,2	4,2×3,2

### CONCLUSION :

D'après l'étude que nous avons faite dans ce chapitre, on a adapté pour la station de pompage qui assure le refoulement vers les réservoirs d'AL ABBADIA, des pompes centrifuges multicellulaires pour hautes pressions à axe horizontal de type **CAPRARI** ont les caractéristiques suivantes :

- 03 pompes + 1 pompe de secours ;
- Type de pompe : PM150/2D-CAPRARI.

Afin d'assurer le bon fonctionnement des pompes tous en tenant compte des effets néfastes de la cavitation nous sommes astreint de faire le calage et la bonne disposition des pompes.

- Les pompes doivent être installées à une côte de 180.79 m.NGA.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

## CHAPITRE VI

# PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUP DE BELIER ET LA CORROSION

## INTRODUCTION :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

à écoulement gravitaire. Les conduites en acier sont les plus sensibles à la corrosion que les conduites en fonte, dans notre projet d'étude nous avons opté pour des conduites en fonte, mais il est nécessaire de citer quelques types de corrosion avec leur remède.

## VI-1. PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUP DE BELIER :

### VI-1-1. Définition :

Le coup de bélier ou les régimes transitoires sont des phénomènes complexes qu'il n'est pas possible de traiter de façon détaillée dans le cadre restreint de cette étude. Les régimes transitoires dépendent directement de variations brutales de la vitesse d'écoulement dans la conduite. Ces variations de vitesse sont à l'origine de variations de pression (également appelées coups de bélier) qui peuvent être positives ou négatives [01][04].

### VI-1-2. Origines des coups de bélier :

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

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

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

Il est rappelé que, dans le cas d'une disjonction électrique, la présence d'une variation de vitesse électronique ou de démarreur-ralentisseur électronique est sans effet sur les régimes

transitions et ne dispense pas, en conséquence, de l'étude et de l'installation de la protection  
 ar...  
 Il est donc de toute première importance d'étudier des moyens propres à limiter ses effets  
 puisqu'il en résultera une économie dans la construction des tuyaux, lesquels sont calculés



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
 Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

notamment, pour résister à une pression intérieure donnée.

### VI-1-3. Amplitude des coups de bélier :

L'amplitude maximale des coups de bélier, H, en absence de protection, est donnée par la formule d'Allievi (comptée à partir du niveau statique) :  $\Delta H = a \times \Delta V_0 / g$

Avec a : célérité des ondes,  $\Delta V_0$  : variation de vitesse et  $\Delta H$  : surpression en mce.

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

Exemple : Conduite en fonte : a = 1100 m/s,  $\Delta V_0 = 1 \text{ m/s}$ ,

La variation maximale de pression est alors de  $\Delta H = 112 \text{ mce}$ , soit 11 bar.

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

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

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

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

### VI-1-4. Risques dus aux coups de bélier :

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

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

a) **Cas de la surpression :**



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

la pression en régime permanent majorée de la valeur de surpression due au coup de bélier dépasse la pression maximale admissible des tuyaux il y a risques de rupture de ces derniers et déboîtement des joints (les anneaux d'étanchéité seront délogés).

**b) Cas de dépression :**

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

**c) Fatigue de la canalisation :**

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

**VI-1-5. Risques pour un refoulement :**

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

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

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

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

- irrigation d'eaux polluées par les fuites.

**nitro**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Ce document est soumis respectivement à l'aspiration et au refoulement, la protection concerne principalement la conduite en aval des stations de pompage (sauf pour les surpresseurs en réseaux).

### VI-1-6. Les dispositifs de protection de la conduite de refoulement contre le coup de bélier :

Il existe différents dispositifs de protection contre le coup de bélier :

- ballon hydropneumatique (cas d'une dépression en aval d'une station de pompage),
- soupape anti-bélier (cas d'une surpression à l'aspiration d'un surpresseur),
- volant d'inertie (cas d'une conduite de faible longueur),
- cheminée d'équilibre (cas de faible hauteur manométrique de refoulement),
- clapet d'aspiration auxiliaire (cas d'une bâche d'aspiration en charge sur la pompe),
- clapet en by-pass des pompes (cas d'un surpresseur notamment en irrigation),
- réservoir à régulation d'air automatique (cas d'un refoulement en assainissement),
- clapet d'entrée d'air (cas de faible hauteur géométrique en assainissement).

Les dispositifs de protection sont spécifiques pour une sollicitation donnée, les plus courants sont :

#### a) Réservoirs d'air :

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

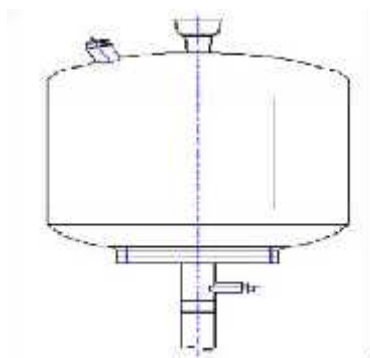


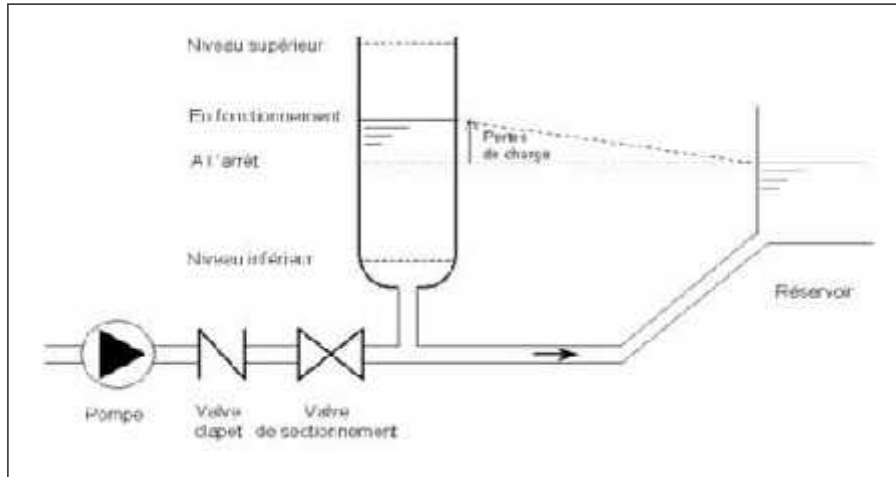
Figure VI.01: Réservoir hydropneumatique.

b) Cheminée d'équilibre :

**nitro** This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
 Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

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

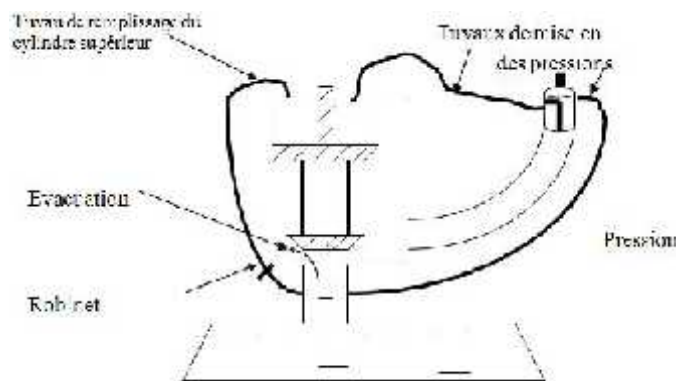
des ouvrages d'art de hauteurs importantes.



**Figure VI.02:** Cheminée d'équilibre sur une conduite de refoulement.

**c) Soupape de décharge**

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



**Figure VI.03:** Soupape de décharge type LEZIER.




 volant d'inertie :  
 Ce volant d'inertie constitue un moyen assurant l'alimentation de veine liquide, n'empêchant pas l'arrêt du moteur actionnant la pompe grâce à l'énergie qu'il accumule pendant la marche normale. Le volant la restitue au moment de la disjonction et permet ainsi d'allonger le

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
 Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

temps d'arrêt de l'ensemble, donc de diminuer l'intensité du coup de bélier. Au démarrage, le groupe électropompe, avec le volant d'inertie, consomme plus d'énergie.

### **VI-1-7. Les observations sur les différents éléments des dispositifs de protection :**

#### **VI-1-7-1. Observations sur les ballons :**

Les ballons hydropneumatiques sont très répandus et il existe presque toujours une solution ballon pour une protection de conduite lors d'une disjonction électrique.

Les ballons hydropneumatiques sont de type avec ou sans vessie (ou membrane).

Il est assez fréquent d'équiper les ballons hydropneumatiques d'un organe dissymétrique (tuyère, clapet percé ou échancré en eaux usées) ou d'une soupape anti-bélier pour lutter contre les surpressions consécutives aux retours d'eaux en masse.

Les ballons anti-bélier à vessie seront préférentiellement de type vertical. Lors des régimes transitoires un volume résiduel suffisant d'eau doit être respecté.

#### **VI-1-7-2. Observations sur les clapets d'entrée d'air :**

Ce type de protection permet des solutions alternatives dans le cas de certains transferts d'eaux usées ou pluviales. Les clapets d'entrée d'air doivent être spécifiques et de très faible inertie. La protection par entrée d'air est généralement moins performante que celle d'un ballon, en raison de variations de pression plus brutales et de dépressions plus fortes. Il est fréquent de devoir installer un clapet d'entrée d'air supplémentaire en cours de réseau (suivant profil en long de la conduite). Ce type de protection nécessite des sorties d'air adaptées.

Dans le cas de profil en long de conduite comportant un point haut, la combinaison d'un ballon et d'une entrée d'air en réseau permet, dans certain cas de réduire le volume du ballon.

### **VI-1-8. Règles diverses pour la protection contre le coup de bélier :**

Si en utilisant les règles suivantes, nous pouvons éviter le phénomène transitoire :

#### **VI-1-8-1. Règles 1 : Pression minimale admissible :**

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

supérieure à la pression extérieure (niveau maxi de la nappe ou des inondations). Dans le cas de surpression, le dispositif de protection doit être conçu pour résister à la pression maximale de la conduite.

 This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

#### VI-1-8-2. Règles 2 : Maintenance :

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

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

#### VI-1-8-3. Règles 3 : Positionnement des dispositifs de protection :

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

#### VI-1-8-4. Règles 4 : Recommandations diverses :

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

Remarque : Dans ce projet, on propose comme moyen de protection des installations, le réservoir d'air.

VI-1- Calcul des réservoirs d'air :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Comme méthode de calcul, on distingue :

- **Méthode de VIBERT :**

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

- **Méthode de BERGERON :**

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

**VI-1-9-1. Dimensionnement de réservoir d'air :**

On calculera la célérité d'onde donnée en (m/s) à l'aide de la formule améliorée par Pr SALAH Boualem pour les conduites enterrées :

$$c = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{2 \times K \times a \times (1 - \nu_m^2) \times (1 - \nu_s)}{(1 - \nu_m^2) \times a \times E_s + E_m \times e_m \times (1 - \nu_s)}}} \dots\dots\dots (VI.1)$$

Avec :

K : Coefficient d'élasticité de l'eau ; K = 2,07×10<sup>9</sup> Pascal ;

ρ : Masse volumique de l'eau ; ρ = 1000 kg / m<sup>3</sup> ;

E<sub>m</sub>: module de Young du matériau de la conduite ; E<sub>m</sub> = 3×10<sup>9</sup> Pa pour la fonte ;

E<sub>s</sub> : module de Young du sol ; E<sub>s</sub> = 2×10<sup>8</sup>Pascal ;

ν<sub>m</sub>: coefficient de poisson du matériau. ν<sub>m</sub>= 0,3 (fonte) ;

ν<sub>s</sub>: coefficient de poisson du sol entourant la conduite. ν<sub>s</sub>=0,33 ;

e<sub>m</sub> : Epaisseur de la conduite (m). la fonte ;

a : rayon intérieur de la conduite (m).

La charge tenant compte du coup de bélier en (m) :



$Z = H_g + \frac{C \times V_0}{g}$  .....(VI.2)

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$V_0$  : vitesse de refoulement en (m/s).  
 $g$  : accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>).

$H_g$  : la hauteur géométrique (m).

La charge statique absolue en (m) :

$Z_0 : H_g + 10 ;$

La charge maximale absolue en (m) :

$Z_{max} = Z + 10$  .....(VI.3)

On a :

$\left. \begin{matrix} \frac{Z_{max}}{Z_0} \\ h_0 = \frac{V_0^2}{2 \times g} \Rightarrow \frac{h_0}{Z_0} \end{matrix} \right\}$  Abaque de VIBERT  $\frac{L \times S}{L \times S} \times \frac{Z_{min}}{20}$  voir (Annexe II)

A partir de  $\frac{h_0}{L \times S}$ , L et S, on tire  $U_0$ , donc :  $U_0 \times Z_0 = U_{max} \times Z_{min} \Rightarrow \frac{U_0}{\frac{Z_{min}}{Z_0}}$  .....(VI.4)

Avec  $U_{max}$  est le volume du réservoir d'air en (m<sup>3</sup>).

**Application :**

- **Les données de base :**

Les caractéristiques de la conduite de refoulement sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau VI.01:** Les caractéristiques de la conduite de refoulement.

Type de matériau	D (mm)	S (m <sup>2</sup> )	V <sub>0</sub> (m/s)	L (m)	Hg (m)
Fonte	600	0.283	2.23	1970	33,82
Fonte	450	0,159	1.37	8700	34.7

• Calcul de la célérité d'onde C :

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

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

**Tableau VI.02:** Calcul de célérité d'onde de la conduite de refoulement.

K (Pa)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	a (m)	$v_m$	$v_s$	$E_s$ (Pa)	$E_m$ (Pa)	$e_m$ (m)	C (m/s)
$2,07 \times 10^9$	1000	0.2914	0.3	0.33	$2 \times 10^8$	$3 \times 10^9$	0.0086	425.04
$2,07 \times 10^9$	1000	0.2212	0.3	0,33	$2 \times 10^8$	$3 \times 10^9$	0.0038	405.28

• **Calcul de la capacité de réservoir d'air :**

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

**Tableau VI.03:** Calcul de volume de réservoir d'air.

$Z_0$ (m)	$Z_{max}$ (m)	$V_0$ (m/s)	g (m/s <sup>2</sup> )	$h_0$ (m)	$\frac{h_0}{Z_0}$	$\frac{U_0}{L \times S}$	$\frac{Z_{max} - Z_0}{Z_0}$	$U_0$ (m <sup>3</sup> )	$U_{max}$ (m <sup>3</sup> )	$V_{normalisé}$ (litre)
43,82	140.4	2.23	9,81	0,253	$5,77 \times 10^{-3}$	0,03	0,55	16,72	30,41	30400
44,70	101.3	1.37	9,81	0,095	$2.12 \times 10^{-3}$	0,011	0,53	15.22	28,71	28800

## VI-1- Caractéristiques finales du réservoir d'air :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Tableau VI.04: Les dimensions de réservoir d'air.

<b>V<sub>normalisé</sub></b> <b>(litre)</b>	<b>D</b> <b>(mm)</b>	<b>L</b> <b>(mm)</b>	<b>H</b> <b>(mm)</b>	<b>B</b> <b>(mm)</b>	<b>E</b> <b>(mm)</b>	<b>F</b> <b>(mm)</b>	<b>K</b> <b>(mm)</b>	<b>C</b> <b>(mm)</b>
4000	1200	3800	1770	1600	150	900	167	400
6000	1500	4024	2070	2200	150	1200	158	400
12000	1900	4800	2470	3000	150	1300	268	400

Pour assurer la protection des stations de pompage contre le régime transitoire ; nous allons installer des réservoirs d'air au près des station de pompes à savoir :

-SP1 (station de pompage dans la station de traitement) : 3 réservoirs d'air de capacité de 12000 litres.

1 réservoir d'air de capacité de 6000 litres. Donc le total=42000L

-SP2 (station de pompage qui refoule vers les réservoirs d' ALABBADIA) :

2 réservoirs d'air de capacité de 12000 litres.

1 réservoir d'air de capacité de 4000 litres. Donc le total=28000L.

Les conduites gravitaires sont elles aussi menacées par les effets néfastes du coup de bélier , il commence par une surpression puis s'achève par une dépression. Le coup de bélier est dû au choc des particules liquides à la paroi du robinet vanne, alors l'énergie cinétique se transforme en énergie de déformation et puisque l'eau est incompressible donc la déformation transmise à la conduite et le coup de bélier est né, la conduite se dilate et le phénomène transitoire se propage instantanément sur toute la conduite via une onde de célérité C (m/s) et alors cette déformation se propage à l'amont de la conduite constituant un danger pour la conduite.

Pour la protection de la conduite gravitaire contre le phénomène du coup de bélier, la seule protection consiste en l'étude de la loi de fermeture de la vanne sur cette conduite.

Application



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7

Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Conduite	Deq (mm)	Le (mm)	Leq(m)	V <sub>0</sub> (m/s)	H <sub>g</sub> (m)
RT 1000m <sup>3</sup> -ST PMP	600	8.6	11110	1.49	63

-La célérité d'onde est calculée à l'aide de la formule VI.1 pour les conduites enterrées

$$C = 425.04 \text{ m/s} \text{ donc } b = V_0 C / g = 64.56 \text{ m}$$

Le temps nécessaire pour que l'onde atteigne la vanne:  $t_r = \frac{2L}{c} \dots \dots \dots \text{(VI.5)}$

$$\text{Donc : } t_r = \frac{2 \times 11110}{425.04} = 52.27 \text{ secondes}$$

- Si  $t' \leq \frac{2L}{c}$  le coup de bélier a pour valeur maximale en mètre d'eau :  $b = \frac{CV}{g}$
- Si  $t' > \frac{2L}{c}$  le coup de bélier est moins important et a pour valeur(en mètre d'eau) :

$$b = \frac{2LV}{g \times t'}$$

Nous calculons la valeur de la surpression pour les différents temps de fermeture de la vanne via la formule de MICHAUD :

$$b = \frac{2 \times L \times V}{g \times t'} \dots \dots \dots \text{(VI.6)}$$

Avec :

$$L = 11110 \text{ m.}$$

On vérifie la valeur de la surpression pour une durée de fermeture du robinet vanne de 10 minutes (0,167 h)

$$\text{On trouve : } b = 5.62 \text{ m.}$$

Elle est donc suffisante pour amortir l'effet du coup de bélier

Donc le robinet vanne choisi va remplir correctement son rôle pour la protection de la conduite gravitaire.

VII-1-9-4 Détails du réservoir d'air



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
 Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

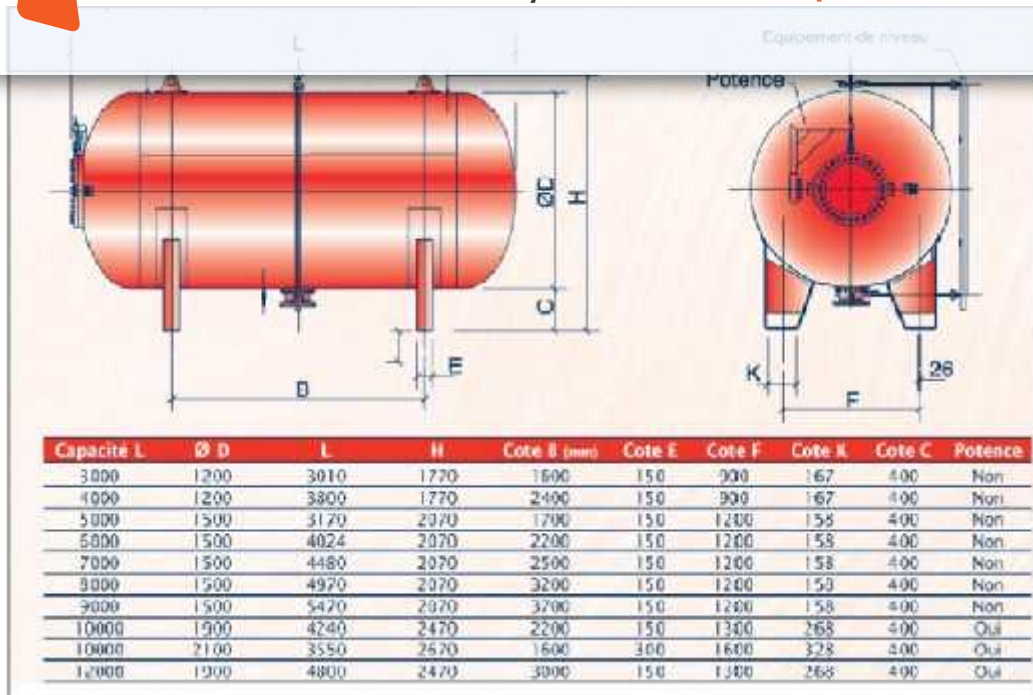


Figure VI.04: Planche d'encombrement des réservoirs d'air Hydrofort CHARLATTE.

VI-1-9-4. Installation du réservoir d'air :

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

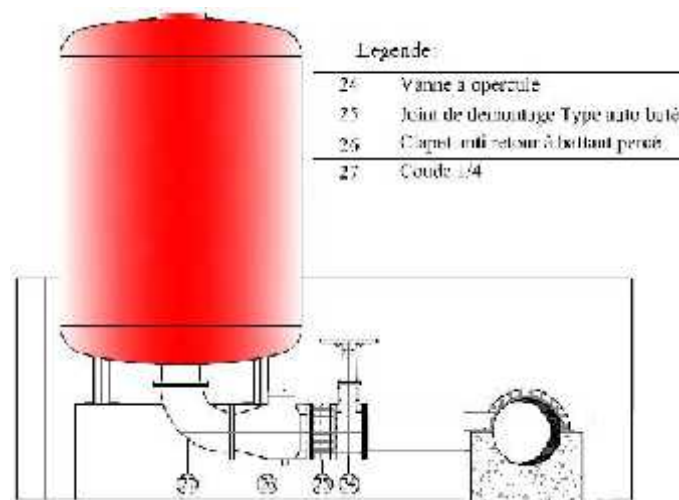


Figure VI.05: Schéma d'installation du réservoir d'air.



**VI-1- Documents pour une étude de protection :**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

- courbes de pompe et inertie des groupes moteurs et pompe,

- type de conduites, diamètres intérieurs et pressions admissibles,

- hauteurs altimétriques de l'aspiration et de l'exutoire,

- singularités particulières (type de robinet de réservoir, stabilisateur, ventouse, ...).

L'étude des régimes transitoires se fait sur conduite neuve, au débit maxi de l'installation. Et pour les conduites gravitaires la protection contre le coup de belier sera par des soupapes de décharge automatique.

**Conclusion :**

Dans tout projet de station de pompage, la protection anti-bélier doit donc être sérieusement prise en compte afin d'éviter des incidents aux conséquences graves.

Ceci impose des obligations au maître d'œuvre et à l'entrepreneur.

Dans ce chapitre, on opte pour la protection contre le régime transitoire juste à la sortie de la station de pompage de qui alimentent les réservoirs d'AL ABBADIA, et dans la station de pompage qui refoule vers le réservoir tampon.

**VI-2. PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LA CORROSION :****VI-2-1. Généralités :**

La corrosion est le phénomène de dégradation d'un substrat métallique, sous l'action du milieu ambiant. Elle correspond au retour de la matière à son état le plus stable. Dans le cas du fer, par exemple, la forme stable dans la nature n'est pas le métal mais l'oxyde, c'est pourquoi une pièce en acier exposée sans protection à une atmosphère humide tend à se transformer en rouille (oxyde de fer hydraté) [12].

Les phénomènes de corrosion sont généralement classés en deux grandes catégories :

- la corrosion électrochimique (ou corrosion humide).
- la corrosion à haute température (ou corrosion sèche).

**VI-2- Protection cathodique :**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

La protection cathodique peut être efficace et ne concerne que les ouvrages enterrés ou immergés. Cette catégorie représente par ailleurs la grande majorité des problèmes de corrosion rencontrés car liée à la présence de l'eau au contact des métaux. C'est le cas en particulier des environnements naturels, tels que les eaux douces, l'eau de mer ou les sols. C'est aussi le cas de la plupart des milieux liquides de l'industrie, ainsi que des gaz conduisant à des condensations liquides contenant de l'eau (seulement si l'eau est acide ou contient de l'oxygène dissous).

**VI-2-2-1. Principe de la corrosion électrochimique :**

La corrosion d'un métal comme le fer est la résultante d'un processus qui peut être schématisé par l'équation suivante :



Cette équation signifie simplement que les atomes du métal (Fe) sous l'action d'un processus de corrosion se transforment en ions positifs ( $\text{Fe}^{2+}$ ) qui quittent le métal pour passer dans le milieu. Il y a changement d'état de la matière lié à la réaction de dissolution du métal. Ce changement d'état s'accompagne de la libération d'électrons ( $2 \text{e}^-$  dans le cas du fer).

Pour qu'un processus de corrosion se déclenche, il faut donc :

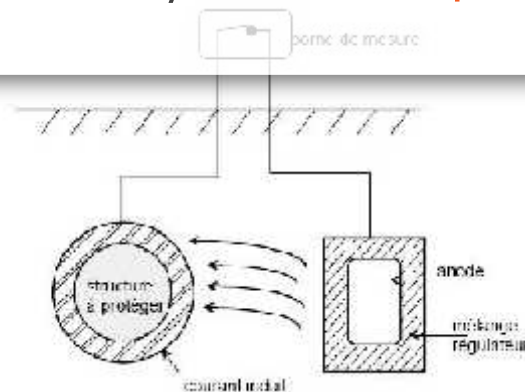
- une surface métallique comportant des zones anodiques et des zones cathodiques, donc des hétérogénéités de potentiel;
- un électrolyte assurant le transport des ions afin de refermer le circuit électrique pour permettre la circulation des électrons. L'électrolyte est assurée par le milieu (sol immergé, eau).

Lorsque la corrosion est généralisée, les différents points de la surface du métal sont successivement cathodiques et anodiques et la perte d'épaisseur est globalement uniforme. Dans ce cas, la vitesse de corrosion peut être évaluée.

**VI-2-2-2. Protection par anodes sacrificielles :**

La protection cathodique par anodes sacrificielles a pour but de mettre à profit l'effet du couple galvanique (pile) créé par l'association, dans un même électrolyte, de deux métaux différents : le métal à protéger et un métal moins noble qui constitue l'anode. Dans ce type de protection, l'anode se consomme par dissolution en portant

la surface du métal à protéger au-delà de son potentiel d'immunité. La réalisation est  
 selon les normes NF EN 12469-1 et NF EN 12469-2. **This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
 Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message**

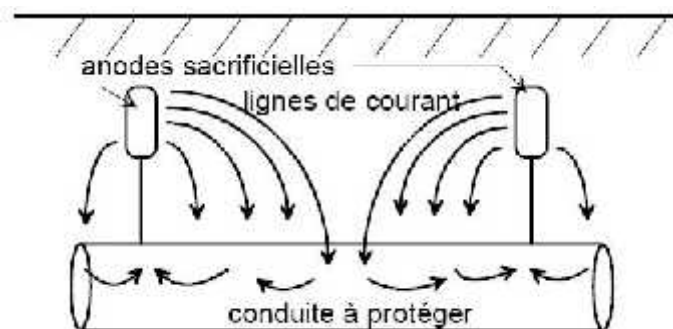


**Figure VI.06:** Principe de la protection cathodique par anodes sacrificielles.

Pour que la protection existe, il faut :

- que la pile débite, donc que l'anode soit reliée électriquement au métal,
- que la surface à protéger et l'anode soient plongées toutes dans le même milieu électrolytique,
- que l'installation soit adaptée à la surface à protéger (dimensions, nombre, répartition des anodes).

La protection par anodes sacrificielles n'a pas une durée indéfinie. Elle s'arrête avec la disparition du matériau sacrificiel ou par blocage électrochimique. L'évaluation de sa durée de vie est estimée par calcul du dimensionnement des anodes et par retour d'expérience, généralement une quinzaine d'années.



**Figure VI.07:** Répartition des anodes sacrificielles le long d'une conduite.

### VI-2-2-3. Systèmes de protection par courant impose :

La protection par courant imposé (ou de soutirage) utilise une source d'énergie électrique en courant continu qui débite dans un circuit comprenant :

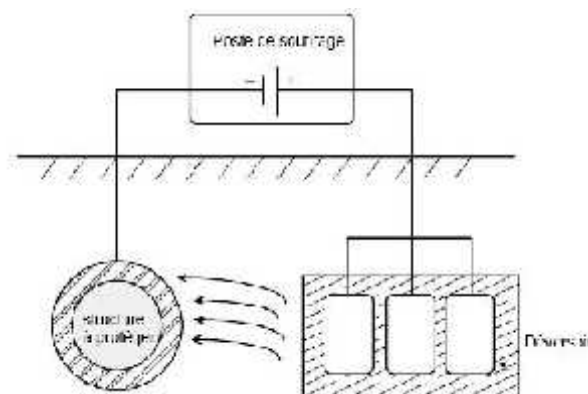


This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Le pôle positif de la source est relié au déversoir alors que le pôle négatif est relié à la structure à protéger.

Le courant venant du déversoir traverse l'électrolyte, puis entre dans la structure créant ainsi un abaissement de potentiel recherché correspondant à l'immunité du métal.

Par exemple, pour de l'acier dans un sol type, la différence de potentiel (DDP) entre l'électrode de référence au sulfate de cuivre saturé est inférieure à (- 0,850 V) en tous points de la structure. En général, la valeur limite inférieure que l'on cherche à atteindre est d'environ (-1 V).



**Figure VI.08:** Principe de la protection cathodique à courant imposé.

#### VI-2-2-4. Intérêt des revêtements associés à la protection cathodique :

La protection cathodique est systématiquement utilisée dans un système duplex qui associe une protection passive et une protection active. La protection cathodique n'entre en fonction que s'il y a un défaut de revêtement et une partie de métal en contact direct avec l'électrolyte (sol ou eau).

Les revêtements sont souvent associés à la protection cathodique afin de :

- offrir une protection supplémentaire contre la corrosion et de façon "passive",
- aider la protection cathodique dans les rôles suivants :
  - limiter le courant consommé,
  - réduire la consommation des anodes,
  - assurer une polarisation plus rapide,
  - assurer une portée de la protection cathodique dans les structures complexes,



assurer une meilleure répartition du courant dans la structure,

**nitro**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

3. Les revêtements organiques :

Les revêtements organiques forment une barrière plus ou moins imperméable entre le matériau et le milieu. Ils se divisent en trois familles :

- Les peintures et vernis;
- Les bitumes;
- Les revêtements polymériques.

#### **VI-2-3-1 Les peintures et vernis :**

Une peinture est un mélange composé de particules insolubles (les pigments) en suspension dans un milieu aqueux ou organique constitué par un liant et un solvant. Les pigments assurent l'inhibition de la corrosion et peuvent également avoir une fonction décorative. Le liant assure la cohésion du film et son adhérence au substrat, tandis que le solvant permet d'appliquer la peinture à l'état liquide. En général, l'application d'une peinture consiste en un traitement multicouche d'une épaisseur totale de 100 à 200 $\mu$ m comprenant :

- Une couche primaire adhérente au métal qui contient les pigments destinés à retarder l'oxydation du matériau (épaisseur 10 à 40  $\mu$ m). On distingue les peintures primaires réactives PPR (Wash primer) et les peintures primaires d'atelier (shopsprimer). Les premières sont des solutions phosphatantes ou chromatantes qui, ainsi que nous l'avons déjà mentionné, favorisent l'accrochage des couches ultérieures. Les secondes, plus épaisses, ont un rôle protecteur plus marqué. D'autres peintures primaires ont un rôle protecteur contre la corrosion par alcalinisation (minium) ou par effet galvanique (peinture au zinc).
- Des couches intermédiaires qui renforcent la protection, augmentent l'étanchéité et diminuent les irrégularités.
- Une couche de finition pour l'étanchéité et l'esthétique.

#### **VI-2-3-2. Les bitumes :**

On les utilise principalement pour protéger des structures enterrées en acier ou en fonte. Ils se présentent en général sous la forme d'un revêtement épais (de l'ordre de 5 mm), dont la plasticité réduit considérablement les risques de dégradation mécanique.

## VI-2- Les revêtements polymériques :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

(polyéthylène, polypropylène, PVC, PTFE,...), les caoutchoucs (naturel ou synthétique), et les thermodurcissables (polyuréthane, époxydes, polyesters,...).

Leur épaisseur est normalement de 100 à 500 $\mu$ m. On les applique par divers procédés : par poudre, au pistolet, par laminage, par immersion.

L'application par poudre est particulièrement répandue pour les thermoplastes, soit par immersion dans un lit de poudre agité, soit par projection au pistolet. L'objet ainsi recouvert subit ensuite un recuit entraînant la transformation de la poudre en un revêtement polymérique compact.

Les produits thermodurcissables sont quant à eux souvent employés à l'état liquide, la solution contenant un mélange de résine et de durcisseur. Ils se distinguent des peintures et vernis par le fait qu'ils produisent en général des couches plus épaisses.

**Conclusion :**

La pérennisation des réseaux d'eaux en fonte ductile passe par la complémentarité des solutions de protection extérieure disponibles.

Le choix du revêtement extérieur des tuyaux relève d'une analyse au cas par cas prenant en compte les différentes sollicitations physiques, mécaniques et chimiques rencontrées aux cours des diverses situations qu'ils subissent après la fabrication: manutention, transport, pose et durée de service.

Il s'avère que le choix optimal n'est pas le revêtement «universel» capable de répondre à toutes les situations, mais plutôt la combinaison appropriée de plusieurs revêtements.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

## CHAPITRE VII

# ORGANISATION DE CHANTIER

INTRODUCTION :

**nitro**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

L'organisation de chantier a pour but à réaliser des projets dans des courts et à moindres coûts, elle consiste à utiliser la main d'œuvre économique, ainsi que les autres moyens mis en œuvre pour gérer le chantier dans les meilleures conditions possibles pour la réalisation et l'exécution des travaux de projet d'AEP,

## VII-1. ORGANISATION DE CHANTIER :

Les différents travaux à réaliser pour un projet de réseau d'adduction de l'eau potable sont :

- La projection d'une conduite d'adduction ;
- La constriction d'une station de pompage.

### VII-1-1. Différents travaux à entreprendre :

#### VII-1-1-1. Travaux concernant l'adduction :

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

##### a) Exécution des tranchées :

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

##### b) Construction des regards :

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

##### c) Pose du lit de sable :

Cette opération consiste à poser un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 15cm dans notre cas.

##### d) Pose des conduites :

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



e) **Épreuve de joint et de la canalisation :**



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Après l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement, on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste au remplissage en eau de la conduite sous une pression de 1,5 fois la pression de service à laquelle sera soumise la

conduite lors du fonctionnement. Cette épreuve doit durer 30 minutes environ où la variation ne doit pas excéder 0.2 bar.

**f) Remblayage des tranchées :**

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

**g) Nivellement et compactage :**

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

**VII-1-1-2. Travaux concernant les stations de pompage :**

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

**a) Décapage :**

Les travaux de décapage consistent à débarrasser l'assiette de la station de pompage de la couche végétale (abatage des arbres ...etc.). L'épaisseur de la couche à éliminer est de 10cm.

**b) Exécution des fouilles :**

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

$$l \times L \times h \dots\dots\dots (VII.1)$$

Avec :

l : largeur de la fouille (m);

L : longueur de la fouille (m);

h : profondeur de la fouille (m).

Soit :  $1,5 \times 1,5 \times 1,5 \text{ m}^3$  ;

**c) Coulage du béton de propreté :**

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



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

#### e) Coulage du béton :

Cette opération consiste à couler le béton des différentes pièces, ce béton est dosé à 350kg/m<sup>3</sup>. Le béton est confectionné par une petite centrale à béton. Pour le coulage des poteaux, Les demis -poteaux et les semelles nécessitent une bétonnière à tambour

#### Maçonnerie :

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

#### VII-1-1-3. Travaux concernant la construction des réservoirs projetés :

Etant donné que nos réservoirs sont du type sur sol, les principaux travaux sont :

- Fondation.
- Voile.
- Ceinture.
- Coupole.
- Lanterneau.

#### VII-1-2. Calcul des volumes des travaux de l'adduction :

##### VII-1-2-1. Déblais d'excavation :

Le volume des déblais (m<sup>2</sup>) est calculé en fonction des surfaces des coupes en travers, Sachant que :

$$S_{exc} = b \times h \dots\dots\dots(VII.2)$$

$S_{exc}$  : surface des déblais de chaque coupe (m<sup>2</sup>);

b : largeur de la tranchée (m);

h : profondeur de la tranchée (m);

Donc le volume excavé en (m<sup>3</sup>) sera :  $V_{exc} = S \times L_{exc} \dots\dots\dots(VII.3)$

L : distance entre deux coupes consécutives en (m).

#### a) La profondeur de la tranchée :

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



$$H_{tr} = D + h + h_1 \dots\dots\dots(VII.4)$$

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$h_1$  : épaisseur du lit de pose  $h_1 = 0,10$  m.

### b) Largeur de la tranchée :

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

$$b = D + (0,22 \times 2)$$

D : diamètre de la conduite (m).

### VII-1-3. Déblais d'excavation de la conduite d'adduction :

**Tableau VII.01:** Calcul du volume des déblais (tronçon RTampon-ST Pompage).

Point	h (m)	b (m)	$S_{moy}$ (m <sup>2</sup> )	L(m)	V (m <sup>3</sup> )
1-25	2.00	1.04	1164.69	1225.30	2329.38
26-51	2.00	1.04	1434.91	1386.391	2869.82
52-77	2.00	1.04	1854.71	1791.99	3709.42
78-103	2.00	1.04	2092.75	2021.98	4185.50
104-129	2.00	1.04	3917.67	3785.19	7835.34

**Tableau VII.02:** Calcul du volume des déblais (tronçon St POMPAGE- R AL ABBADIA).

Point	h (m)	b (m)	S (m <sup>2</sup> )	L(m)	V(m <sup>3</sup> )
1-11	1.5	0,88	2345.31	2665.13	3517.96
11-21	1.5	0,88	2050.25	2329.82	3075.38
21-29	1.5	0,88	2055.11	2412.71	3082.67
29-35	1.5	0,88	1205.86	1292.93	1808.79



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Point	h (m)	b (m)	S (m <sup>2</sup> )	L(m)	V(m3)
1	2.00	1.04	495.82	492.5	991.64
2	2.00	1.04	495.82	492.5	991.64
3	2.00	1.04	495.82	492.5	991.64
4	2.00	1.04	495.82	492.5	991.64

**VII-1-4. Volume de lit de sable**

Le long de l’adduction, la conduite doit être posée sur un lit de sable de 15 cm d’épaisseur

$$V_s = b \times e \times L \dots\dots\dots(VII.5)$$

e : épaisseur du lit de sable, e = 0,1 m ;

L : longueur de la tranchée (m).

b : largeur de tranchée en (m)

Les résultats de calcul du volume du lit de sable sont représentés dans le tableau suivant.

**Tableau VII.04:** Calcul du volume du lit de sable.

Tronçon	b (m)	e (m)	L (m)	V <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> )
S.P-res Tampon	1,04	0,10	1970	197
Res Tampon- SP1	1.04	0,10	10110	1051.44
SP1-R AL ABBADIA	0,88	0,10	8700	765.6
<b>TOTAL</b>				<b>2014.04</b>

**VII-1-5. Volume de la conduite**

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

$$S_c = \frac{\pi \times D^2}{4} \dots\dots\dots(VII.6)$$

S<sub>c</sub> : section de la conduite (m<sup>2</sup>) ;

D : diamètre de la conduite (m).



$$V_C = S_C \times L \dots\dots\dots(VII.7)$$

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

V<sub>C</sub> : volume de la conduite (m<sup>3</sup>) ;

**Tableau VII.05:** Calcul du volume de la conduite.

Tronçon	D (mm)	S <sub>C</sub> (m <sup>2</sup> )	L (m)	V <sub>C</sub> (m <sup>3</sup> )
S.P-res Tampon	600	0,283	1970	557.51
Res Tampon- SP1	600	0,283	10110	2851.02
SP1-R AL ABBADIA	450	0,159	8700	1383.30
			<b>TOTAL</b>	<b>4791.83</b>

**VII-1-6. Remblais compacté**

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

$$V_r = V_{exc} - V_s - V_C \dots\dots\dots(VII.8)$$

V<sub>r</sub> : volume du remblai compacté en (m<sup>3</sup>) ;

V<sub>exc</sub> : volume du déblai (volume excavé) en (m<sup>3</sup>) ;

V<sub>C</sub> : volume occupé par la conduite de refoulement en (m<sup>3</sup>).

V<sub>s</sub> : volume du lit de sable en (m<sup>3</sup>).

**Tableau VII.06:** Volumes des volumes de remblais de l'adduction.

Tronçon	V <sub>Déblais</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>C</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>Remblais</sub> (m <sup>3</sup> )
S.PMP-res Tampon	3966.56	197	557.51	3212.05
Res Tampon- SPMP1	20929.46	1051.44	2851.02	17027
SP1-R AL ABBADIA	11484.80	765.6	1383.30	9335.9
<b>TOTAL</b>	<b>36380.82</b>	<b>2014.04</b>	<b>4791.83</b>	<b>29574.95</b>

Tableau VII.07: Volumes des travaux de l'adduction.



**nitro**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

	Description	Unite	Quantite
01	Déblais	m <sup>3</sup>	36380.82
02	Remblais	m <sup>3</sup>	29574.95
03	Lit de sable	m <sup>3</sup>	2014.04
04	Conduite	m <sup>3</sup>	4791.83

Tableau VII.08: frais total des travaux de l'adduction.

Travaux	Quantité(M 3)	Prix unitaire(DA)	Prix total(DA)
Déblais	36380.82	348	12660525.36
Remblais	29574.95	400	11829980
Lit de sable	2014.04	1000	2014040
<b>TOTAL :</b>			<b>26504545.36</b>

### VII-1-7. Calcul du volume des travaux de la station de pompage

Tableau VII.09: récapitulation des dimensions du bâtiment de la station.

Dimensions du bâtiment de la station de pompage en (m)						
Longueur	Largeur	Hauteur	Epaisseur des murs	Fenêtres	Portes	
					Secondaire	Principale
20	8	5,5	0,3	2,2×1,2	2,2×1,2	4,2×3,2

Poteaux : bxb =40x40.

Poutres : bxb = 40x40.

#### 1. Volumes

##### a. Décapage

$$Vd = e \times l \times L = 0,15 \times (20+1) \times (8+1) = 28.35 \text{ m}^3$$

$$Vd=28.35 \text{ m}^3$$

## b. Excavation (Fouilles)



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Pour 14 fouilles ; Vexa =  $3,375 \times 18 = 47,25 \text{ m}^3$

$$\mathbf{Vexa = 60,75 \text{ m}^3}$$

## c. Béton de propreté

Une épaisseur de 10 cm dans chaque fouille

$$V_{bp} = 1,5 \times 1,5 \times 0,1 = 0,225 \text{ m}^3$$

Pour les 14 fouilles  $V_{bp} = 18 \times 0,225 = 3,15 \text{ m}^3$ .

$$\mathbf{V_{bp} = 4.05 \text{ m}^3}$$

## d. Béton armé

## ▪ Semelles

$$V = 0,4 \times 1,5 \times 1,5 = 0,9 \text{ m}^3, \quad V_s = 18 \times 0,9 = 12,6 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{V_s = 16,2 \text{ m}^3}$$

## ▪ Demi – poteaux

$$V = 0,4 \times 0,4 \times 1 = 0,16 \text{ m}^3$$

$$V_{dp} = 18 \times 0,16 = 2,88 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{V_{dp} = 2,88 \text{ m}^3}$$

## ▪ Poutre inférieure

$$V_{pinf} = (0,4 \times 0,4 \times 20 \times 3) + (0,4 \times 0,4 \times 8 \times 6) - (0,4 \times 0,4 \times 0,4 \times 18) = 20.16 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{V_{pinf} = 20.16 \text{ m}^3}$$

## ▪ Chape inférieure

La chape inférieure a une épaisseur de 7cm, on aura :

$$V = (3.48 \times 3.4 \times 10) \times 0.07 = 8.28 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{V_{cinf} = 8.28 \text{ m}^3}$$



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

$$V_p = 15.84 \text{ m}^3$$

- **Chape supérieure**

$$V = (20 \times 8) \times 0.07 = 11.2 \text{ m}^3$$

$$V_{cs} = 11.2 \text{ m}^3.$$

### e. Remblai

Ce volume correspond à un volume d'un remblai bien compacté.

Volume de remblais des fouilles :

$$V_{rf} = 18 \times [(1.5 \times 1.5 \times 1.1) - (0.4 \times 0.4 \times 1/1)] = 41.38 \text{ m}^3$$

$$V_{rf} = 41.38 \text{ m}^3.$$

Volume de remblais des case:

$$V_{rf} = (20 \times 8) - (21.24 + 8.2) = 130.56 \text{ m}^3$$

$$V_{rc} = 130.56 \text{ m}^3.$$

### f. Maçonnerie

- **Maçonnerie mur**

On utilise le type de briques ;

Briques (30x20x10)  $S_i = 0,06 \text{ m}^2$

Surface du mur  $S = 2 \times 5,5 \times (20 + 8) = 308 \text{ m}^2$

$N_b = 308 / 0,06 = 4584$  briques.

Nombre de brique qu'il faut commander est :

$N_b + 100 = 100 + 4584 = 4684$  briques

- **Maçonnerie du niveau du demi-poteau a la poutre inférieure**

$S = 0,9 \times 2 \times (20 + 8) = 50.4 \text{ m}^2$



Nb=4...06=840briques.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Tableau VII.10: les travaux de la station de pompage.

N°	Désignation de travaux ou	Unité	Quantité
1	Décapage	m <sup>3</sup>	28.35
2	Excavation	m <sup>3</sup>	60.75
3	Remblai compacté	m <sup>3</sup>	171.94
4	Béton de propreté	m <sup>3</sup>	4.05
5	Béton armé	m <sup>3</sup>	74.56
6	Béton armé de la chape sup	m <sup>3</sup>	11.2
7	Maçonneries	Unité	6074

Tableau VII.11: Devis des différents travaux de la station de pompage.

Travaux	Quantité(M 3 /unités)	Prix unitaire (DA)	Montant(DA)
Décapage	28.35	142	4025.70
Excavation	60.75	348	21141
Remblai compacté	171.94	400	68776
Béton de propreté	4.05	656	2656.8
Béton armé	74.56	32000	2385920
Béton armé de la chape sup	11.2	32000	358400
Maçonneries	6074	23	139702
			<b>TOTAL : 31706215.5</b>

#### VII-1-8. Engins utilisés :

Les travaux de terrassements et de construction d'ouvrages d'art nécessitent un important déploiement de matériel. Plus de 500 machines sont utilisées simultanément lors des périodes majeures d'activité du chantier de la LGV Rhin-Rhône Branche Est.

##### VII-1-8-1. La niveleuse :

La première opération pour la construction du bâtiment de la station de pompage c'est le découpage de terre végétale sur des faibles profondeurs.

Dans ce cas nous allons utiliser la niveleuse automotrice.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Les niveleuses qui entretiennent les pistes du chantier en nivelant le sol à leur lame. Elles participent également aux réglages des différentes couches des plates-formes routières ou ferroviaires et peuvent être équipées de système GPS ou de système 3D afin d'obtenir une précision des couches de l'ordre du centimètre.



**Figure VII.01:** La niveleuse.

#### VII-1-8-2. La pelle et le chargeur ou la chargeuse :

Les engins de chargement de matériaux :

Les pelles, dont le poids peut atteindre 100 tonnes, sont équipées d'un godet d'une capacité maximale de 6 m<sup>3</sup>, et les chargeuses, qui, grâce à leur godet frontal, soulèvent, transportent et déchargent des matériaux sur de courtes distances. Rapides et mobiles, elles sont fréquemment utilisées dans les carrières,



**Figure VII.02:** La pelle hydraulique et le chargeur.

## VII-1-8-3. Les décapeuses :



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
 Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Le choix des engins de chargement est essentiellement lié à la nature des matériaux à extraire.

Les pelles sont des engins de terrassement conviennent à tous les types de terrains. Ce sont des engins dont le rôle est l'exécution des déblais et leur chargement.



**Figure VII.03:** La décapeuse.

Ils sont de type à fonctionnement discontinu, c'est à dire que le cycle de travail comprend les temps suivants :

- Temps de fouille ;
- Temps de transport ;
- Temps de déchargement ; et aussi temps de remise en position de déblais.

#### **VII-1-8-4. Les engins de transport des matériaux :**

Les camions rigides, dont la capacité de la benne peut atteindre 35 tonnes,

Les camions articulés, pouvant circuler sur des terrains accidentés,

Les camions routiers, pour les transports plus longs.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message



**Figure VII.04:** Les engins de transport.

#### VII-1-8-5. Matériels de compactage

Après les travaux de réalisation des semelles et les demi-poteaux il faut faire le remblayage de la fouille et la bien compactée. Même chose pour le remblayage des cases entre les longrines, donc on a besoin d'un engin de compactage. Et puisque la station de pompage a une petite surface on peut utiliser les compacteurs à main. Mais sachant qu'on a d'autres travaux de compactage avec un volume important (compactage de la trachée de la conduite) d'où on a besoin d'un compacteur avec un rendement important. On utilise alors un compacteur à rouleau lisse.



**Figure VII.05:** Compacteur à rouleau lisse.

#### VII-1-9. Planification des travaux :

Un projet comporte un nombre de tâches plus ou moins grand à réaliser dans les délais impartis et selon un agencement bien déterminé.

Les principales opérations à exécuter sont :

- Préparation de l'espace de travail ;
- Décapage de la couche supérieure le long de l'adduction ;
- Décapage de la couche de végétation pour la station de pompage ;



- Exécution des tranchées ;

- La mise en place des canalisations en tranchée ;

- Construction des regards en béton armé ;

- Construction de la station de pompage ;

- Remblaiement des tranchées ;

- Faire des vérifications et des finitions du projet.

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

**Tableau VII.12:** La liste des taches.

Note	Opération	TR (jours)
A	Préparation de l'espace de travail	05
B	Décapage de la couche supérieure le long de l'adduction	25
C	Décapage de la couche de végétation pour la station de pompage	5
D	Exécution des tranchées	230
E	Exécution des fouilles pour les regards	25
F	La mise en place des canalisations en tranchée	140
G	Construction des regards en béton armé	45
H	Construction de la station de pompage	120
I	Remblaiement des tranchées	30
J	Faire des vérifications et des finitions du projet	7

### VII-1-9-1. Planification par la méthode du réseau (la méthode CPM)

On montre le lien entre les opérations qui précèdent et qui succèdent dans le tableau suivant.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

N°	Opération	TR (jours)	Précède	Succède
01	A	05	B-C	----
02	B	25	D-E	A
03	C	5	H	A
04	D	230	F	B
05	E	25	G	B
06	F	140	I	D
07	G	45	I	E
08	H	120	J	C
09	I	30	J	F-G
10	J	7	----	H-I

Après avoir pris en considération tous les éléments cités on obtient le diagramme suivant :

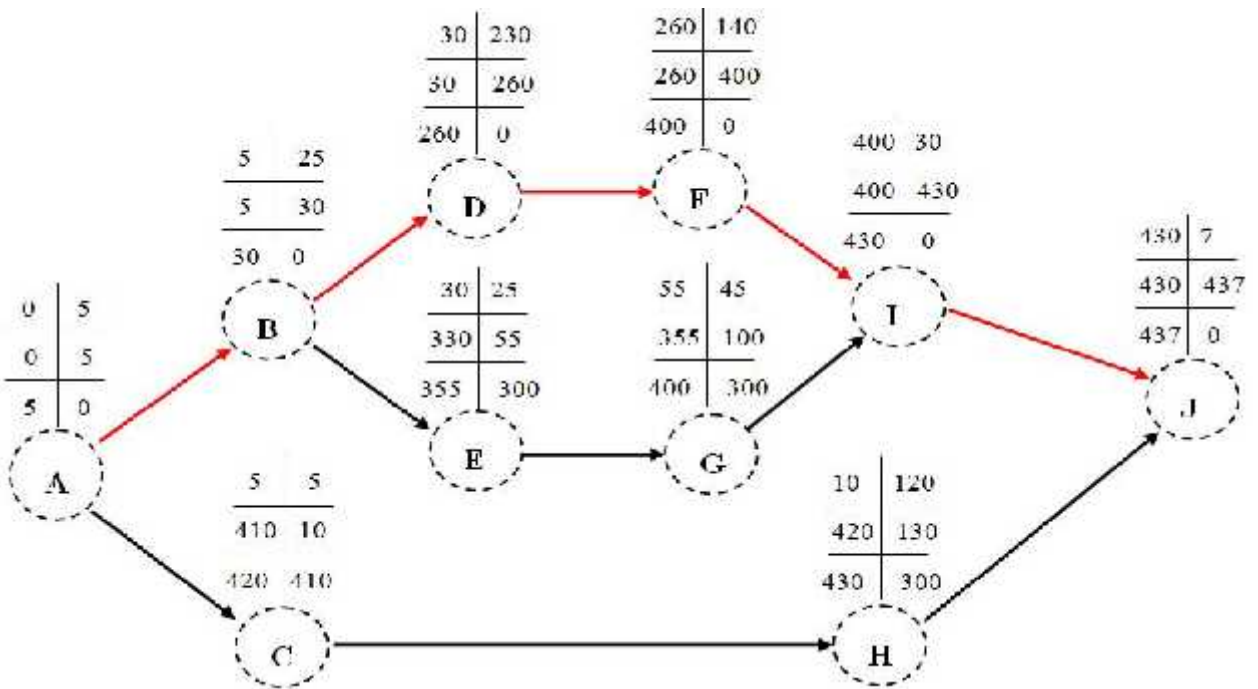
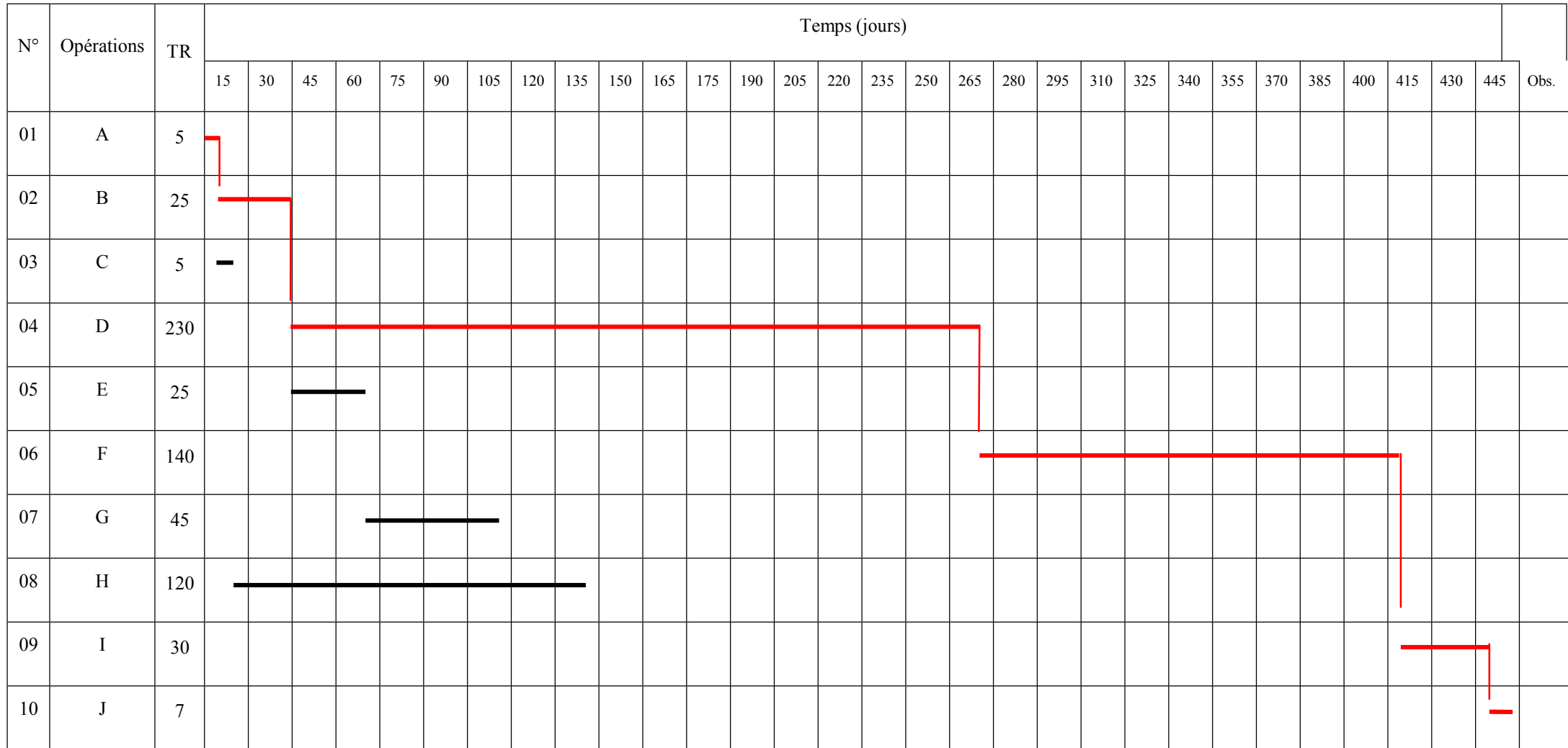


Figure VII.06: Réseaux à nœuds (méthode CPM).

**Tableau VII.14:** Diagramme de GANT.



Conclus



**nitro**

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7

Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

transmission à la station de pompage principale, et détermine les engins adaptés pour chaque tâche.

Par la suite nous avons dressé le réseau d'exécution des travaux, et nous avons trouvé une période de réalisation de 437 jours, à l'environ de 15 mois.





This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

# CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce présent travail, nous pouvons conclure que l'adduction d'alimentation de la commune d'Al Abadia présenté dans le transfert des eaux potable de site de production du barrage Ouled Mellouk (w.Ain Defla) vers le réservoir de distribution, comprend

- Un réservoir tampon de  $1000 \text{ m}^3$  de volume qui est alimenté à partir d'une station de pompage au site du barrage avec un débit de  $45575,14 \text{ m}^3/\text{j}$  à l'aide d'une canalisation en fonte ductile de 600 mm de diamètre sur une longueur de 1970 mls
- Des conduites en série de 600 et 500 mm de diamètres dont l'écoulement est gravitaire sur une longueur de 10100 ml.
- Une station de reprise qui refoule un débit de  $784,2 \text{ m}^3/\text{h}$  à l'aide de trois pompes en parallèles et une de secours.
- Réservoir distants de 8700 ml alimenté à partir de la station de reprise, au moyen d'une conduite en fonte ductile de 450 mm

Concernant le phénomène transitoire nous avons effectué des calculs pour protéger les conduites et les pompes contre ce phénomène. Même aussi nous avons a prévu des revêtements organiques à l'extérieurs et à l'intérieurs des conduites pour augmenter la durée de vie des conduites et minimiser l'agressivité de l'eau et du sol sur leurs parois, et nous désignons des précautions pour la protéger.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

[01] **A. DUPONT** « Hydraulique urbaines (Exercices et projets) » Edition EYROLLES  
Paris 1980, p.120, 121, 122, 124, 125, 156, 157, 159.

[02] **A. DUPONT Paris 1977** « Hydraulique urbaine », Tome II, édition Eyrolles, p.237, 260,  
267, 275-280, 287, 319, 322, 323, 326.

[03] **A.G.H.T.M Paris 1982** « les stations de pompage », édition Technique et  
Documentation, p.101, 102, 103, 104, 105.

[04] **A. LENCASTRE Paris 1983** « Hydraulique générale », édition Eyrolles, p.49, 150.

[05] **C.GOMELL et H.GUERREE** « La distribution d'eau dans les agglomérations de petite  
et moyenne importance » Edition EYROLLES, 2004, université LAVAL, p.58, 59, 60, 61, 62.

[06] **B.SALAH** « polycopie d'Alimentation en Eau Potable », p.11, 27, 29, 72, 78, 79, 140.

[07] **M. CARLIER Paris 1972** « Hydraulique générale et appliquée », édition Eyrolles,  
p.289.

[08] **Technique de l'ingénieur** « Adduction et distribution d'eau », p.5, 9, 37, 40, 195.

[09] **H. GODART** « Technique de l'ingénieur (technologie de l'eau) », édition T.I., p.C5195  
-10, 16, 18, 25, 42, 43.

### Catalogues

[10] **CAPRARI** « pompes multicellulaires à haute pression ».

[11] **BADORIS** - Document de synthèse relatif à une barrière technique de sécurité (BTS)  
Version 1.1 – janvier 2008.

[12] **Electrostal Algérie SPA** « Tuyaux et raccords en fonte ductile ».



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

# ANNEXES

Annexe (I) : Répartition horaire du débit maximum journalier.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7  
Buy now at [www.nitropdf.com](http://www.nitropdf.com) to remove this message

Heures	<10000	10000 à 50000	50001 à 100000	>100000	Agg.de type rural
00-1	1	1.5	3	3.35	0.75
1-2	1	1.5	3.2	3.25	0.75
2-3	1	1.5	2.5	3.3	1
3-4	1	1.5	2.6	3.2	1
4-5	2	2.5	3.5	3.25	3
5-6	3	3.5	4.1	3.4	5.5
6-7	5	4.5	4.5	3.85	5.5
7-8	6.5	5.5	4.9	4.45	5.5
8-9	6.5	6.25	4.9	5.2	3.5
9-10	5.5	6.25	5.6	5.05	3.5
10-11	4.5	6.25	4.8	4.85	6
11-12	5.5	6.25	4.7	4.6	8.5
12-13	7	5	4.4	4.6	8.5
13-14	7	5	4.1	4.55	6
14-15	5.5	5.5	4.2	4.75	5
15-16	4.5	6	4.4	4.7	5
16-17	5	6	4.3	4.65	3.5
17-18	6.5	5.5	4.1	4.35	3.5
18-19	6.5	5	4.5	4.4	6
19-20	5.0	4.5	4.5	4.3	6
20-21	4.5	4	4.5	4.3	6
21-22	3	3	4.8	4.2	3
22-23	2	2	4.6	3.75	2
23-00	1	1.5	3.3	3.7	1
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

