

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
« ARBAOUI Abdellah »

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception des system d' irrigation et drainage

THEME

**DIMENSIONNEMENT D'UNE STATION DE
POMPAGE DES EAUX DRAINE DE
LA REGION D'OUARGLA**

Présenté par :
M^r : SAUDI BRAHIM

Promoteur :
M^r. R. KERID

Devant le Jury composé de :

Président : M^r T.KHETTAL
Examineurs : M^{me} S.LEULMI
M^{me} L.S.BAHBOUH
M^{me} H.BOUCAMA
M^{me} M.MESSAHEL

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
« ARBAOUI Abdellah »

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception des system d' irrigation et drainage

THEME

**DIMENSIONNEMENT D'UNE STATION DE
POMPAGE DES EAUX DRAINE DE
LA REGION D'OUARGLA**

Présenté par :
M^r : SAUDI BRAHIM





Promoteur :
M^r. R. KERID

Devant le Jury composé de :

Président : M^r T.KHETTAL
Examineurs : M^{me} S.LEULMI
M^{me} L.S.BAHBOUH
M^{me} H.BOUCAMA
M^{me} M.MESSAHEL

œ Dédicace œ

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect a :

-  *mes parents*
-  *mes frères et soeurs*
-  *à toute ma famille*
-  *Mes amis à Ouargla et tous mes amis de Ghardaïa et de Blida.*

SAOUDI BRAHIM.

Remerciements

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Et « quiconque ne remercie pas les gens, ne remercie pas Dieu»

Je remercie fortement mon promoteur : Mr. R. KERID de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail.

Je remercie également tout les travailleurs de L'"ONA" D'OUARGLA qui m'a donné les informations nécessaires pour réaliser ce mémoire, sans oublier M « W. MOKRAN» qui m'a orienté et donné des informations.

Je tiens à remercier aussi :

- + Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail*
- + Le corps enseignant et les étudiants de l'ENSH*
- + Tout ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de mon mémoire*

SAOUDI. BRAHIM

ملخص

إن التأثير السلبي للمياه الصاعدة في المناطق الفلاحية يستوجب وضع نظام لصرف هذه المياه نحو مناطق منخفضة وذلك باستغلال ميل الأرض الذي يعتبر عامل أساسي للجريان الحر للمياه تبعا للجاذبية الأرضية . ولكن نظرا للخصائص الطبيعية لحوض ورقلة يستوجب استعمال الضخ كحل لرفع هذه المياه الزائدة المالحة من منقطة منخفضة إلى نقطة أعلى و صرفها نحو مصب سبخة سفيون باستغلال ميل الأرض . نوعية المياه تؤثر بشكل مباشر في دراسة محطات الضخ لدى يجب أخذها بعين الاعتبار وكذلك لسرعة المحرك تأثير مباشر على استهلاك الطاقة إذن يجب التحكم في سرعة المحرك من خلال تغيير التدفق.

Résumé:

Les effets négatifs de la remonté des eaux dans les zones agricoles, demandent de mettre un mécanisme de drainage de ces eaux vers les zones basse en utilisant la pente de la terre qui considérée essentielle pour l'écoulement libre des eaux en suivent la gravite de la terre.

Mais vu les caractéristique naturelle de la cuvette de Ouargla exige l'utilisation du pompage comme solution fin de relever ces eaux remontée et salées d'une zone basse vers une pointe plus haut ,puis, les évacuer vers sebkhat-sefioune en utilisant la pente.

Puisque la qualité des eaux influence d'une façon directe sur l'étude des stations de pompage, pour ce la, il faut en prendre en considération.

La vitesse du moteur à une influence directe sur la consommation de l'énergie, donc il faut bien guider la vitesse du moteur en changeant le débit.

Summary

The slope of the ground represents the essential parameter which determines the nature, the system and the diagram of drainage used in the cities and the agglomerations in the way to let this water runs out gravitationally towards the outlets (the wades and depressions). But in some cases that system will be Impossible, therefore we must to use pumping (raising or repression) as a last solution

And it is what we are going to see through this memory witch is titled:

"Survey of pumping the repression to stations purification in Ouargla city w. OURAGLA"

Table des matières

Introduction générale

Chapitre I

Étude préliminaire de la région

Introduction.....	2	I.1
Localisation géographique.....	2	
I.2 Géomorphologie de la région.....	4	I.3
Climatologie de la région.....	7	
I.3.1 la température	8	
I.3.1.1 la température moyenne annuelle.....	8	
I.3.1.2 la température moyenne mensuelle.....	8	
I.3.1.3 les températures extrêmes	9	
I.3.2 L'humidité de l'air :.....	11	
I.3.3 L'insolation :.....	12	
I.3.4 Le vent	13	
I.3.5 La pluviométrie.....	13	
I.3.5.1 La pluviométrie moyenne annuelle	13	
I.3.5.2 La pluviométrie mensuelle :.....	14	
I.4 hydrologie de surface	15	
I-6: Qualités des eaux et des sols de la région :.....	17	
I-6-1: Ressource en eaux :.....	17	
I-6-1.1 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du complexe terminal	17	
I-6-1.2 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du continental intercalaire (albien)	19	
I-6-1.3 Caractéristiques hydro-chimiques des eaux de la nappe phréatique.....	19	
I-6-1.4 Paramètres physico-chimiques des eaux.....	20	I-6-
2 Ressource en sol.....	20	
I-6-2 -1 Les sols de Sahara.....	21	
I-6-2 -2 Spécificités de la classification des sols d'oasis.....	21	
I-6-2 -3 Relation Sol -Nappe – Salinité.....	22	
I-6-2 -4 Sol hors palmeraies (destine a la mise en valeur).....	23	

I-6-2 -5	Caractérisation d'un sol représentatif.....	23
I-6-2 -6	Sol des palmeraies.....	23
I-6-2 -7	Les sols de la cuvette de Ouargla.....	24
I-7	Le système de drainage.....	25
I-7-1	drainage par fosses.....	25
I-7-2	L'état actuel des drains et leur dimensionnement.....	26
I-7-2-1	profondeur des drains.....	26
I-7-2-2	L'écartement des draines.....	27
I-7-2-3	Pente des fossés.....	27
	Conclusion.....	27

Chapitre II

Dimensionnement de la station de pompage

	Introduction.....	27
II-1	Exigences principales soumises à la station de pompage.....	27
II-2	choix de l'emplacement de la station de pompage.....	27
II-3	Données de base initiales.....	28
II-4	Type de bâtiment de la station.....	28
II-5	Dimensionnement de la bache de stockage.....	29
II-5-1	Dimensions de la bache.....	29
a)	volume de la bache.....	29
b)	surface de la bache.....	29
c)	Longueur et largeur de la bache.....	30
II-6	Calcul de la hauteur manométrique totale.....	30
II-7	Choix de nombre et de type de pompes.....	31
II -8:	choit le nombre de pompe de secours.....	32
II -9:	Courbes caractéristiques de la pompe choisie.....	32
a):	La courbe caractéristique eu réseau.....	33.
b):	Détermination de pointe de fonctionnement.....	35.
II-10	Les modes de réglage pour un régime de fonctionnement.....	35.
a):	Rognage.....	35.
b):	Réglage qualitatif.....	36.
c):	Réglage quantitatif (vannage).....	37.
II -10:	Choix du moteur électrique.....	37.
II -11):	Choix de nombre de collecteurs d'aspiration et de refoulement.....	38.
II-11-1):	Détermination du diamètre économique de refoulement.....	38.
II -11-2):	Frais d'exploitation.....	39.
II -11-3):	Frais d'amortissement.....	40.
II -11-4):	Le coût total.....	41.
II-11):	Calcul du rendement de la station.....	42.
II-12):	Equipements hydrauliques en amont et en aval des pompes.....	42.
II-12-1	Equipements en amont.....	42.

II-12-2 Equipements en aval	42.
II-12-3 Définitions et Conditions techniques	43.
II-13): le dimensionnement.....	44.
II-13-1 Consignes a respecté lors du dimensionnement.....	45.
a) Disposition des groupes	45.
b) Disposition des conduites	45.
c) Disposition du système de levage.....	45.
d) Disposition des portes et fenêtres.....	45.
e) Locaux de service de la station	45.
f) La chambre des vannes.....	46.
1- Robinet vanne	46.
2-Clapet anti-retour.....	46.
g) La salle de la station.....	47.
g-1. Hauteur du bâtiment.....	47.
g-2. Longueur et Largeur du bâtiment	47.
II-14): Les équipements auxiliaires de la station	48.
III-14 -1- Le système de levage.....	48.
II-14 -3-Système anti-incendie.....	50.
II-14 -4- Système d'éclairage	51.
II-14 -5- Equipement sanitaire	51.
II-14 -6- Système de ventilation.....	52.
II-14 -6-1- par la méthode de l'alimentation minimum	52.
II-14 -6-2-Calcul du débit d'air nécessaire à la ventilation par la méthode de taux de ventilation	42.
II-14 -6-3-Calcul de la ventilation basée sur les accroissements de chaleur	52
II-14 -7 - Système de drainage	53.
II-14 -8 - Alimentation en eau de la station de pompage	54.
Conclusion	54.

Chapitre III

LRS MATERIAUX DES ORGANES DE LA POMPE

Introduction.....	56.
III-1):La corrosion des métaux	56.
-2):Les facteurs de corrosion ont diverses origines	56.
III-3):Choix du matériau.....	57.
III-4):Conception de la pièce.....	57.
III-5):Maîtrise de l'environnement	57.
III-6):Empêcher la réaction chimique.....	57.
III-7):Corrosion aqueuse.....	58.
III-7-a): Corrosion généralisée.....	58.
III-7-b):Corrosion galvanique.....	59.
III-7-c): Corrosion localisée.....	60.
III-8):Corrosion atmosphérique.....	60.

III-9):Corrosion à chaud.....	60.
a): Mécanisme de la corrosion sèche.....	61.
III-10):Protection contre la corrosion.....	61.
a): Protection par choix d'un matériau adapté à l'environnement.....	61.
b): Protection par maîtrise de l'environnement.....	62.
c): Protection par modification de l'interface.....	62
d): Protection par modification des conditions de réaction.....	62.
e): Protection contre la corrosion à chaud.....	62.
III-11):Maintenance.....	63.
III-12): Alliage:.....	63.
a): Nickel et ses alliages.....	64.
b): Aciers inoxydables.....	64.
c): Alliages cuivreux.....	65.
d): Alliage d'aluminium.....	65.
e): Principaux alliages.....	65.
Alliages de fer.....	65.
Alliages de cuivre.....	65.
Alliages moins connus.....	66.
f): Les bronzes avec éléments d'addition.....	66.
III-13): Les avantages et les inconvénients des divers matériaux utilisés pour les canalisations.....	67.
a): La fonte ductile.....	67.
b):L'acier.....	67.
c): Le béton.....	67.
d): Le PVC.....	68.
e): Le PE.....	68.
d): Le PRV.....	69.
CONCLUSION.....	70

Chapitre IV

VARIATION DE DEBIT PAR VARIATION DE VITESSE

Introduction.....	71
IV-1): variation de débit à vitesse fixe.....	71.
A): Utilisation de vanne en aval de la pompe.....	71
B): Utilisation d'une circuit de dérivation(by -passe).....	71.
C): Fonctionnement intermittent.....	72.
D): Couplage des pompes.....	72
E): Fonction supprimeur.....	74
IV-2): Fonctionnement à vitesse variable.....	75
A): Variation de débit dans un circuit donné.....	75
IV-3): Les différentes solutions.....	77
IV-4): Variateur de vitesse.....	77
IV-5): Démarrage.....	77

IV-5.a): Démarrage sous tension réduite.....	77
IV-5.b): Démarrage étoile-triangle.....	77
IV-5.c): Démarrage par autotransformateur.....	78
IV-5.d): Démarrage résistif.....	78
IV-6): Freinage.....	78
Freinage hypersynchrone	78
Arrêt par injection de courant continu.....	78
Arrêt à contre-courant	78
Freinage mécanique par électro-frein.....	79
IV-7): Applications.....	79
Conclusion	79

Chapitre V

Organisation de chantier

Introduction	80
V-1 Choix des engins de terrassement	80
V-1-1 Bulldozer	80
V-1-2 Pelle équipée en rétro	80
V-1-3 Les chargeurs	81
V-2 Exécution des travaux de la station de pompage.....	81
V-2-1 Décapage de la couche de terre végétale	81
V-2-2 Déblais.....	82
V-3 Exécution des travaux de la conduite de refoulement	83
V-3-1 Calcul des volumes de terrassement	83
a) Décapage de la couche de terre végétale	83
b) Dimensions des tranchées	83
c) Aménagement du lit de sable.....	84
d) Volume des déblais	85
e) Volume des Remblais	85
f) Volume excédentaire.....	85
V-3-2 Emplacement des jalons des piquets	85
V-3-3 Pose de canalisations en tranchées	86
V-3-4 Confection des joints	86
V-3-5 Remblaiement des tranchées	86
V-3-6 Traversée des routes.....	86
V-4 Planification des travaux	87
V-5 Evaluation du projet.....	93
V-5-1 Devis estimatif d'établissement de la station et la conduite de refoulement	93
V-5-2 Devis estimatif des équipements.....	94
V-5-3 Devis global	95.
Conclusion	95.

Liste des TABLEAUX :

CHAPITRE I:

Tableau.1-1: Températures moyennes mensuelles (Station de Ouargla, 1990-2006).....	8
Tableau. 1-2 : Températures extrêmes (station de Ouargla, 1990-2006).....	9
Tableau. 1-3 : Valeurs caractéristiques de la température.....	11
Tableau.1-4 :l'humidité mensuelle (Station de Ouargla, 1999-2006).....	11
Tableau. 1-5 : Insolation moyenne mensuelle (station de Ouargla, 1990-2006).....	12
Tableau. 1-6 : Vitesse moyenne mensuelle du vent (station de Ouargla, 1990-2006).....	13
Tableau.1-7 : le pluviomètre moyenne mensuelle (Station de Ouargla, 1990-2006).....	14
Tableau.1-9 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du CT	18
Tableau.1-10: Analyse des données.....	18
Tableau.1-11 :Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du CI	19
Tableau.1-12: Paramètres physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique	20

CHAPITRE II:

Tableau II-1 : Dimensions de la bâche d'aspiration.....	30
Tableau II-2 : Variantes pour le choix du nombre de pompes	32
Tableau II-3 : frais d'exploitation (deux pompe).....	40
Tableau II-4 : frais d'amortissement. (Deux pompes).....	40
Tableau II -5 coût total (deux pompes).....	41
Tableau II-6 caractéristique de la conduite de refoulement.....	42
Tableau II.7: représente les dimensions de robinet vanne	46
Tableau II.7: représente les dimensions de clapet anti-retour	47
Tableau II.8 : représente les dimensions de la station.....	47
Tableau II.9: représente les dimensions du pont roulant.....	50
Tableau II-10: caractéristiques de la pompe d'incendie.....	51
Tableau II-11-Dans le tableau suivant on a les valeurs de	54

CHAPITRE V:

<i>Tableau V-1 : Coefficient de foisonnement.....</i>	<i>82</i>
<i>Tableau V-2 : Calcul des volumes des tranchées de la conduite de refoulement.....</i>	<i>85</i>
<i>Tableau V-3: Détermination du délai de la réalisation (station de pompage).....</i>	<i>88</i>
<i>Tableau V-4 : Détermination du délai de la réalisation (conduite de refoulement).....</i>	<i>88</i>
<i>Tableau V-5 : Devis estimatif de la construction de la station de pompage et la conduite de refoulement.....</i>	<i>93</i>
<i>Tableau V-6 : Devis estimatif des équipements de la station.....</i>	<i>94</i>
<i>Tableau V-8 : Devis estimatif global.....</i>	<i>95</i>

Liste des figures :

CHAPITRE I :

<i>Fig.1-1: Situation générale (Extrait de la carte Michelin N° 953)</i>	3
<i>Fig.1-2: Localisation de la zone d'étude</i>	4
<i>Fig1-3 : Relief géologique de la région d'Ouargla</i>	5
<i>Fig.1-4: Image satellitaire, bandes 4, 2, 1 sur MNT</i>	5
<i>Fig.1-5 : Relief de la région d'Ouargla</i>	6
<i>Fig.1-6 : la température mensuelle</i>	9
<i>Fig.1-7 : les températures extrême</i>	10
<i>Fig.1-8 : variation de l'humidité d'air</i>	11
<i>Fig.1-9: Carte des isohyètes moyennes annuelles du Sahara algérien</i>	14
<i>Fig.1-10: la pluviométrie mensuelle</i>	15
<i>Fig.1-11 : les Oueds de la région de Ouargla</i>	17
<i>Fig.1-12: drainage par fossé Ouargla</i>	26

CHAPITRE II :

<i>Figure II-1 : Courbes de point de fonctionnement</i>	33.
<i>Figure II-2:Les courbes caractéristiques de la pompe et du réseau</i>	34.
<i>Figure II-3 : graphique du choix du diamètre économique (deux pompes)</i>	41.
<i>Figure II-4 : Schéma de raccordement des pompes</i>	41.
<i>Figure II-5 : Schéma de représentation des équipements en aval</i>	44.
<i>Figure II-6: robinet vanne de type à cage méplate</i>	46.
<i>Figure II-7: Le clapet anti-retour avec axe de battant intérieur</i>	47.
<i>Figure II-8 : un système de levage (pont roulant)</i>	49.

CHAPITR III:

Figure 1: Simple coupe.....79.

Figure 2: Facile à transportée même pour les grands diamètres (léger).....70.

CHAPITR IV:

Fig IV. 1: Variation de débit par utilisation d'une vanne.....71.

Fig IV. 2 : Variation de débit par utilisation d'une vanne de dérivation.....72.

Fig IV. 3 : Association de pompes en parallèle.....73.

Fig IV. 4 : Association de pompes identiques en parallèle.....73.

Fig IV.5 : Utilisation d'une pompe d'appoint.....73.

Fig IV. 6 : Fonctionnement d'un supprimeur à débit croissant.....74.

Fig IV. 7 : Fonctionnement d'un supprimeur à débit décroissant.....74.

Fig IV. 9 : Caractéristiques (P-Q) d'une pompe centrifuge pour deux valeurs de vitesse.....75.

Fig IV. 10 : Variation de débit à vitesse constante et à vitesse variable.....76.

Fig IV. 11 : Variation de puissance à vitesse variable.....76.

CHAPITR V:

Figure V-1 : Le Bulldozer.....81.

Figure V-2: Pelle équipée en rétro.....82.

Figure V-3 : Le Chargeur.....83.

Figure V-4 : Réseau à nœuds(station de pompage)89.

Figure V-5: Réseau à nœuds (conduite de refoulement)82.

Figure V-6:planning des travaux (diagramme de Gantt) station de pompage91.

Figure V-7:planning des travaux(diagramme de Gantt)conduite de refoulement.92.

Liste des planche :

PLAN TOPOGRAPHIQUE ET LE RESEAU DE DRAINAGE DE LA CUVETTE D'OUARGLA.....	1
PROFILE EN LONG.....	2
PLAN D'EQUIPEMENT DE LA STATAION DE POMPAGE DES EAUX DRAINE.....	3

INTRODUCTION GENERALE :

La région d'Ouargla souffre un grand problème depuis plusieurs années, ce problème touche différents domaines vitaux comme la construction et l'agriculture qui est caractérisé par la remontée de la nappe.

Ce problème peut être résolu par des réseaux de drainage qui évacuent les eaux vers un exutoire mais la région est située dans une cuvette donc le réseau de drainage n'est pas suffisant pour limiter le risque de la remontée de la nappe pour ce la il faut procéder par un système de pompage pour évacuer les eaux des drains vers un exutoire qui est situé à la plus basse altitude de la zone.

Le problème majeur de ce projet c'est la qualité des eaux de drainage qui est très saline, et la variation de débit en fonction de la dose d'irrigation et l'intensité des pluies, Pour cela il faut faire une station de pompage qui répond à toutes les caractéristiques de la région.

Dont le dimensionnement fait l'objet de la présente consacrée à l'étude du pompage refoulant les eaux drainées vers la sabkha saphione.

Cette étude comprend cinq chapitres essentiels :

- Etude préliminaire.
- Dimensionnement de la station de pompage et la conduite de refoulement.
- Les matériaux des organes de la pompe.
- La variation de débit par variation de vitesse.
- Organisation de chantiers.



Chapitre I

Etude préliminaire De la région



INTRODUCTION :

Toute étude de calcul ou de conception d'un système d'évacuation des eaux ou de son transport nécessite la connaissance de la zone concernée par le projet pour définir les données naturelle du site étudié.

Dans ce chapitre nous essayons de faire une situation complète de la zone d'étude selon les différents points de vue.

1.1 Localisation géographique

*la wilaya de Ouargla, l'une des principales oasis du Sahara algérien. Elle est située au Sud-est de l'Algérie à une distance de 750 km de la capitale. Elle occupe une superficie de **163 238 km²**. Elle est limitée :*

- ✓ *au Nord-est par la wilaya d'El Oued*
- ✓ *au Nord-ouest par la wilaya de Djelfa*
- ✓ *au Sud-est par la wilaya d'Illizi*
- ✓ *à l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa*

Ses coordonnées géographiques sont: les longitudes $5^{\circ}15'$ et $5^{\circ}25'$ Est et les latitudes

$31^{\circ}55'$ et $32^{\circ}00'$ Nord

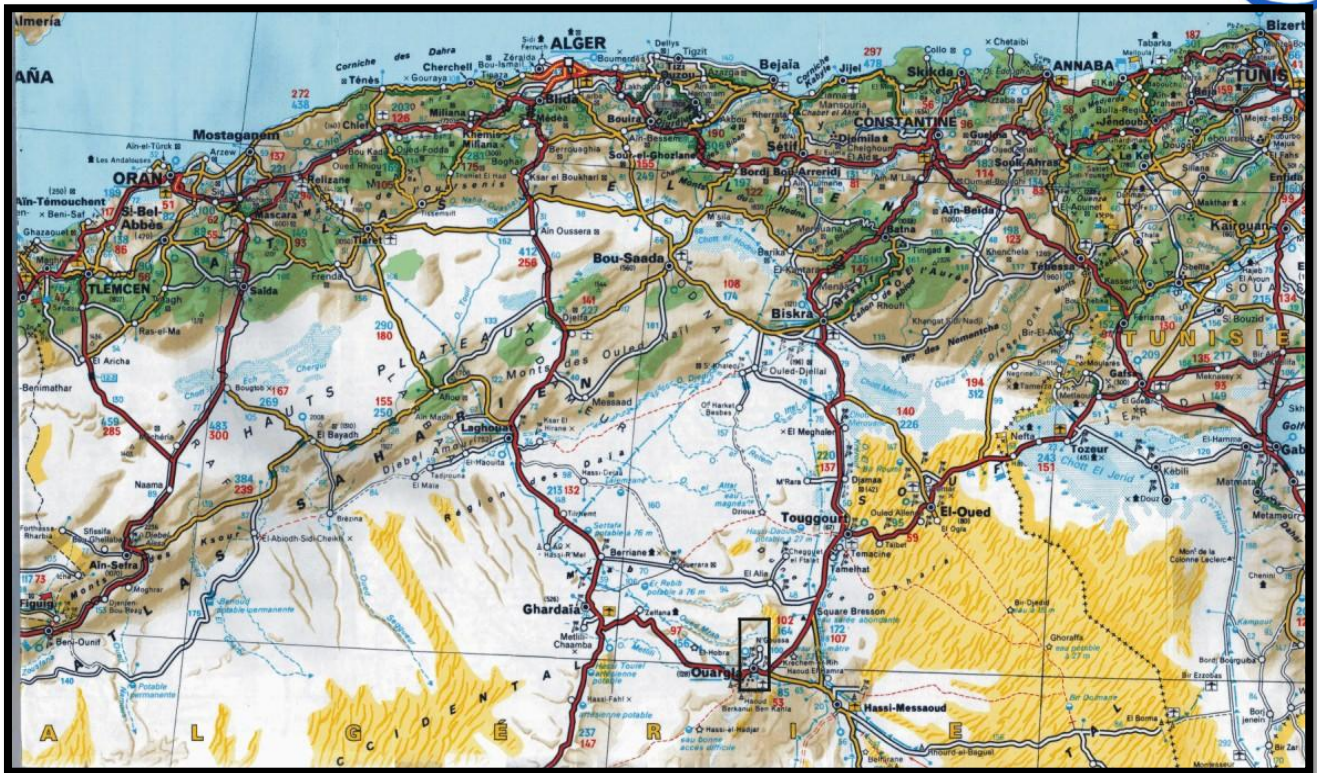


Fig.1-1: Situation générale (Extrait de la carte Michelin N° 953)

1- Localisation du projet

La ville de Ouargla est située dans une dépression appelée « cuvette de Ouargla » qui couvre une superficie de 95 hectares qui comprend Rouissat, Ain El Beida et Sidi Khoulied. Elle s'étend entre les coordonnées (UTM, Clarke 1880)

$X = 710'000$; $Y = 3'530'000$ et $X = 730'000$; $Y = 3'600'000$

Elle est limitée par :

- ✓ Au Nord : la Sebket Safioune ;
- ✓ A l'Est : les ergs Touil et Arifdji ;
- ✓ Au Sud : les dunes de Sedrata ;
- ✓ A l'Ouest : le versant Est de la dorsale du M'Zab.

La distance du Sud au Nord est de 70 km, celle de l'Est à l'Ouest de 20 km.

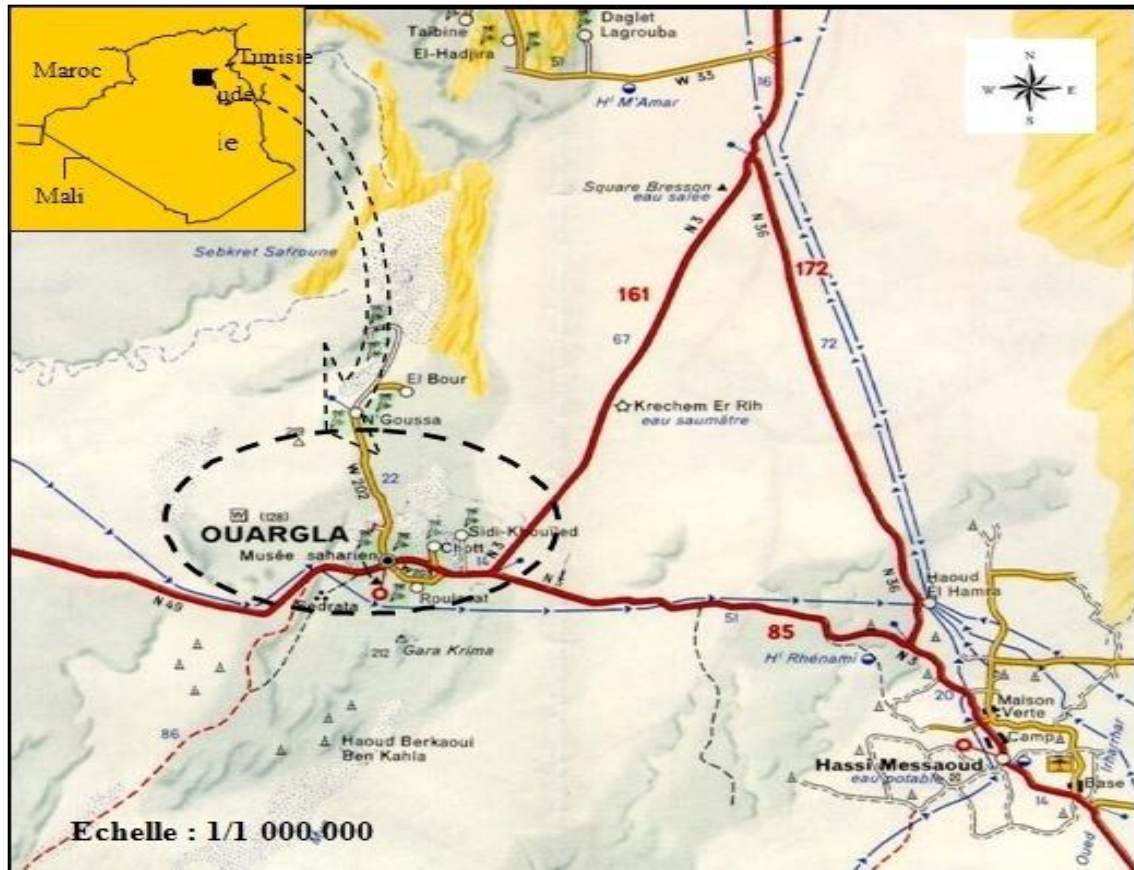


Fig.1-2: Localisation de la zone d'étude.

Légende :

	Plateau		Dunes de sable
	Sebkhha et Chott		Champs de pétrole ou de gaz
	Palmeraie		Lit d'oued
	Route principale		Oléoduc, gazoduc

1.2 Géomorphologie de la région

La géomorphologie de la région est constituée des éléments suivants :

- ✓ *hamada (plateau où affleurent de grandes dalles rocheuses) Mio-Pliocène et Plio-Quaternaire : formation continentale détritique qui forme des plateaux dont l'altitude est de 200 m en moyenne (cf. fig. 2 partie ouest) ;*
- ✓ *Les formations sableuses : composées de dunes et de cordons d'erg ;*

- ✓ Les étendues alluviales correspondant au lit de l'oued M'ya selon un axe SW-NE
- ✓ Les sebkhas : marécages salés, le plus souvent asséchés, occupant le fond d'une dépression. La plus grande est la Sebkhet Safioune à l'extrémité Nord, c'est aussi le point le plus bas de la région.

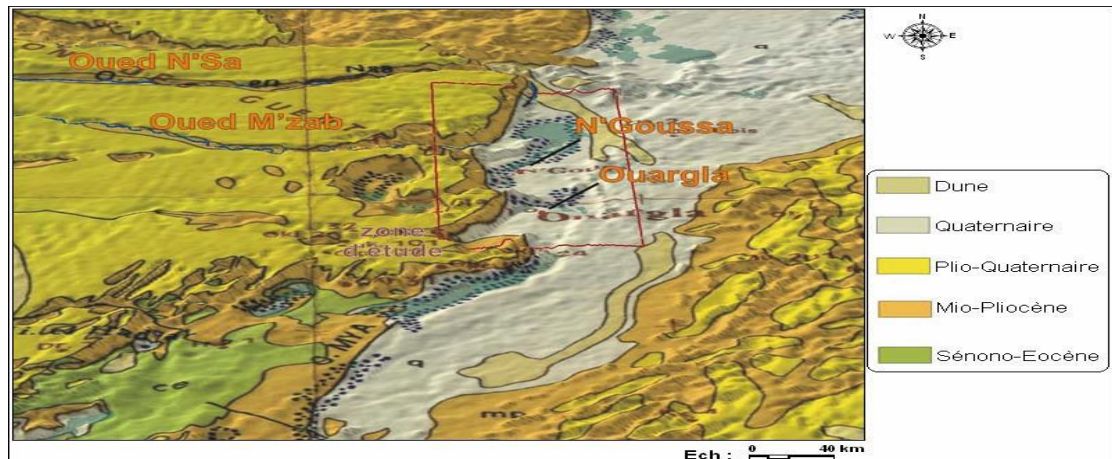


Fig1-3 : Relief géologique de la région d'Ouargla

La cuvette d'Ouargla est creusée dans les formations continentales du Mio-Pliocène. Il s'agit de sables rouges et de grès tendres à stratifications entrecroisées, avec nodules calcaires, entrecoupés de niveaux calcaires ou gypseux que l'on voit affleurer sur ses bords Est et Ouest.

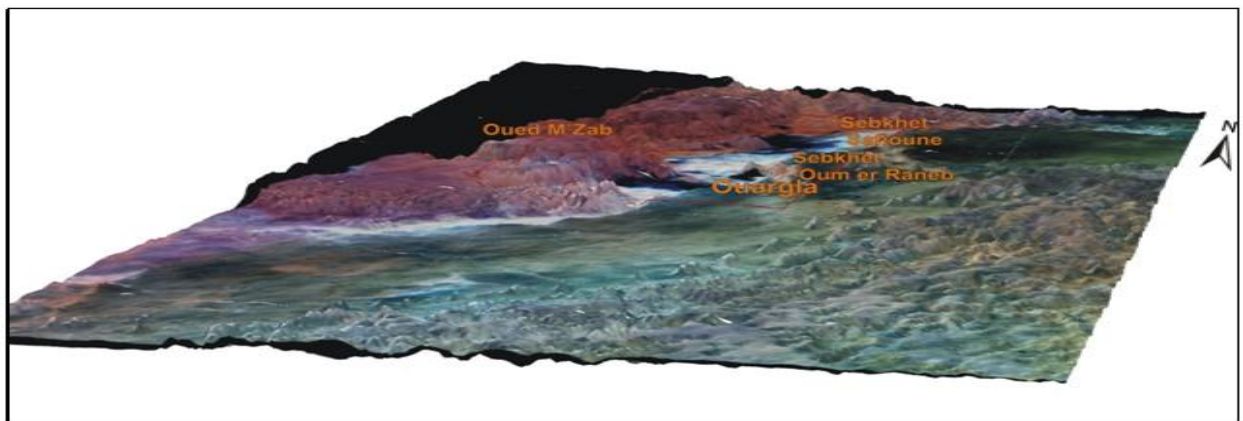


Fig.1-4: Image satellitaire, bandes 4, 2, 1 sur MNT

Après son creusement, la cuvette d'Ouargla a été occupée par un lac au fond duquel se sont déposés des sédiments fins argileux ou d'origine chimique, craies, calcédoine et évaporites (fig1-4), Quaternaire (indifférencié). Un niveau charbonneux a été daté de – 17'000 ans. Des oueds, descendant de la dorsale mzabite à l'Ouest (oueds M'Zab, N'Sa, Z'gag) ou du Tadmaït (oued M'ya) au Sud, se déversaient dans ce lac en abandonnant leurs alluvions en larges cônes (Ank Djemel pour l'oued M'Zab) ou barrant la vallée (oueds N'Sa et Z'Gag au Nord de la Sebkhete Safioune).ou se confondront avec la cuvette comme c'est le cas pour oued MYA.

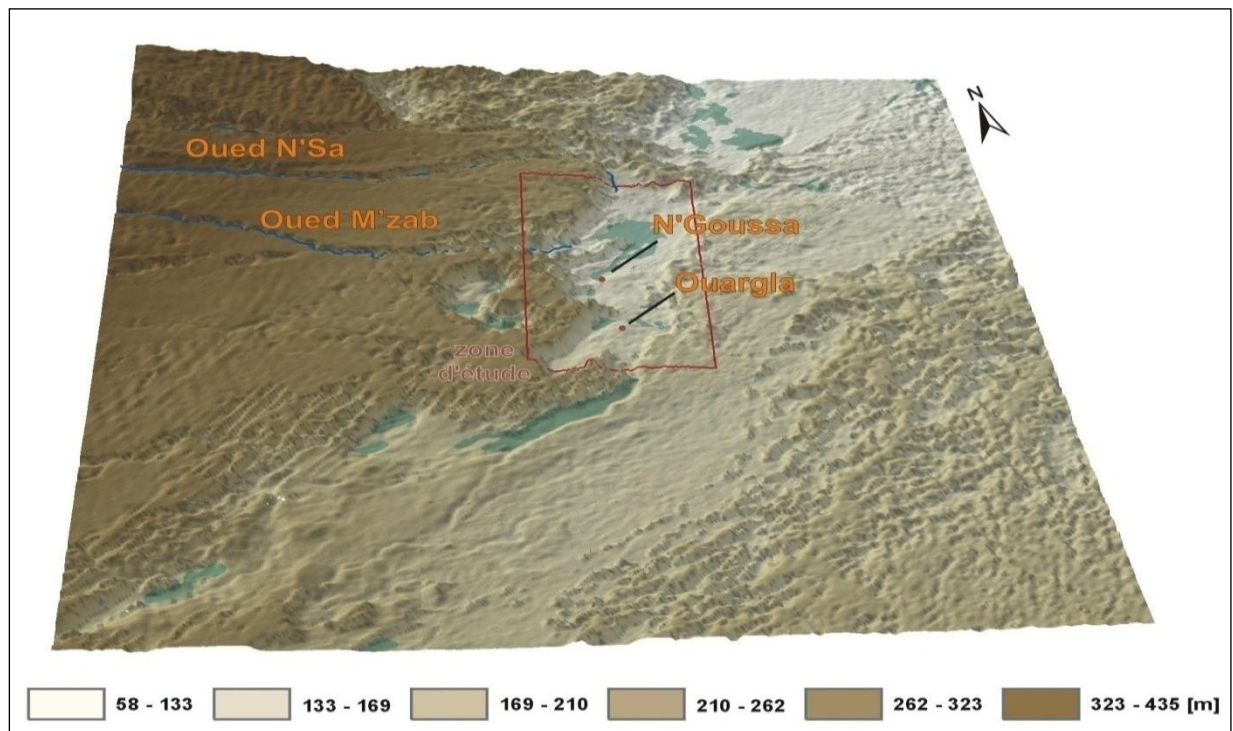


Fig.1-5 : Relief de la région d'Ouargla

La source: le rapport final de l'étude de BG

La cuvette d'Ouargla est bien visible au centre de la zone étudiée (fig. 1-5). Les alluvions des oueds N'Sa et Z'Gag ferment la vallée au nord de la Sebkhete Safioune, empêchant un écoulement vers l'aval. Cette fermeture s'est rompue dans sa partie Est et les eaux du lac ont pu s'échapper vers le nord-est, en direction de Touggourt et du Chott Melrhir.



Actuellement, les plus grandes crues de l'oued M'ya s'arrêtent à 200 km à l'amont de Ouargla. Celles de l'oued M'Zab atteignent la Sebket Safioune deux fois par siècle, alors que celles de l'oued (N'Sa) semblent plus fréquentes.

Les travaux des archéologues confirment que la dépression de l'oued M'ya n'a été drainée par des cours d'eau qu'à une période très ancienne du Quaternaire et que les sebkhas n'étaient pas fonctionnelles à l'époque néolithique car certains gisements reposent sur elles. Les sebkhas sont apparues au cours d'une période humide antérieure, vraisemblablement le dernier grand pluvial contemporain de la glaciation de Würm.

I.3 Climatologie de la région

Le climat de la région d'Ouargla est un climat particulièrement contrasté malgré la latitude relativement septentrionale. L'aridité s'exprime non seulement par des températures élevées en Été, par la faiblesse des précipitations, mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air.

Ces paramètres hydro climatiques ont une grande importance pour toute étude hydrogéologique car ils ont une influence sur le comportement hydraulique et surtout le bilan hydrique des aquifères. La zone d'étude appartient au grand bassin d'Oued (M'ya), qui est caractérisé par un climat désertique.

Pour cette étude, les séries des données, qui sont à la base de la détermination de différents paramètres climatiques, ont été enregistrées à la station pluviométrique d'Ouargla.

Station	Coordonnées		altitude
	x	y	m
Ouargla	5° 19' 22"	31°57'17"	136



1.3.1 la température

C'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région. L'analyse des températures sera faite à partir des données recueillies de l'ONM-Ouargla période (1990-2006).

1.3.1.1 la température moyenne annuelle

La température moyenne annuelle pour un climat aride comme celui d'Ouargla, n'a pas une grande signification. Les plus intéressantes sont les températures moyennes mensuelles et les amplitudes thermiques.

Les valeurs moyennes enregistrées pendant les 16 dernières années, présentent une légère constance de 23°C. Cependant, ces valeurs cachent des valeurs mensuelles "dispersées", (exp : de 11°C en Janvier à 34°C en Juillet, soit 23°C de différence thermique entre les deux mois).

1.3.1.2 la température moyenne mensuelle

Le tableau ci-dessous récapitule les températures moyennes mensuelles, qui ont été reportées dans la figure – (1-6)

Tableau.1-1: Températures moyennes mensuelles (Station de Ouargla, 1990-2006)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	AN
T moy	30	24	16,5	12,5	11,5	14	17,5	21,5	26,5	32	34,5	34	23

On remarque que les températures estivales sont très élevées, avec une moyenne comprise entre 32 et 34°C. Le maximum se situe en Juillet. Pour la température hivernale, elle varie entre 11 et 14°C et le mois de Janvier est le plus froid. Ceci nous amène à dire que la région d'Ouargla a un Hiver doux et un Eté très chaud.

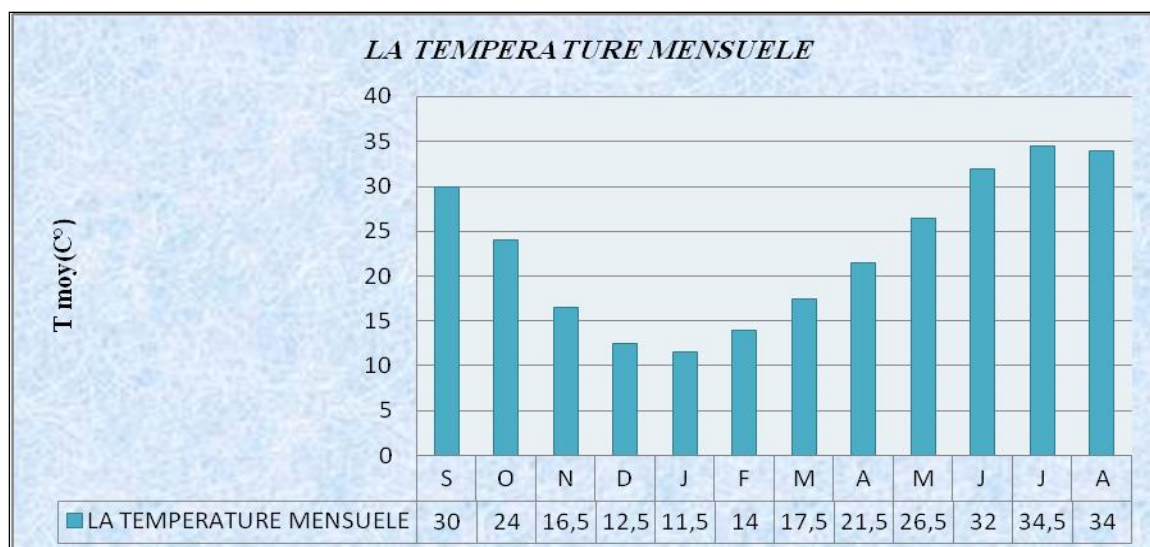


Fig.1-6 : la température mensuelle

I.3.1.3 les températures extrêmes

Nous indiquons ci-dessous la moyenne mensuelle des maximas et des minimas.

"Les moyennes mensuelles sont considérées par les statisticiens, en tant que données à tendance centrale, c'est-à-dire qu'elles ne donnent qu'une idée sur la situation moyenne des températures".

C'est pourquoi l'étude des températures extrêmes est très importante dans notre région, elle nous renseigne sur le caractère de "dispersion" de ces données.

Tableau. 1-2 : Températures extrêmes (station de Ouargla, 1990-2006)

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	AN
<i>T moy (max C°)</i>	37	31	23	19	18	21	25	29	34	39	42.5	42	30
<i>T moy (min C°)</i>	23	17	10	6	5	7	10	14	19	25	26.5	26	16
<i>Écarts</i>	14	14	13	13	13	14	15	15	15	14	16	16	14

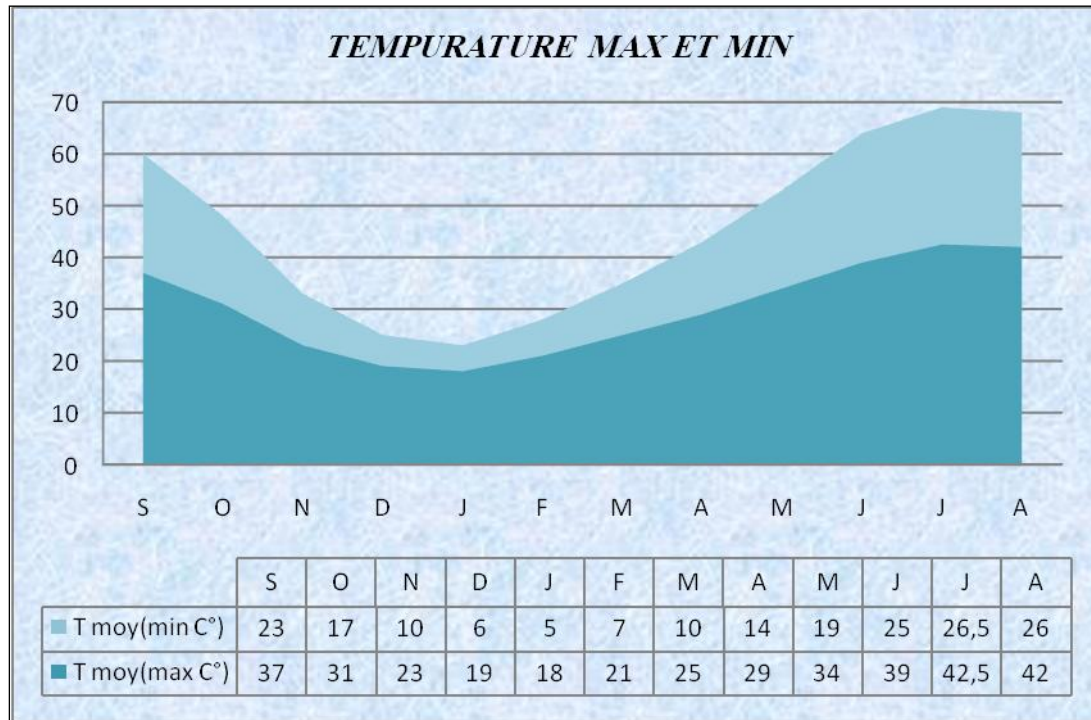


Fig.1-7 : les températures extrêmes

De l'étude de ces courbes, il ressort que :

- ✓ Les valeurs de ces températures, sont plus élevées aux mois de Juillet et Août (42°C).
- ✓ Pour les températures moyennes des minimas extrêmes, une valeur de 5°C a l'été signalée.

On pourra dire que les plus faibles valeurs se rencontrent en Décembre et Janvier (6-5°C), alors que les plus hautes apparaissent en Juillet et Août (26°C). Ceci est caractéristique de toute la zone septentrionale du Sahara Continental;

- ✓ Les écarts de température sont également assez élevés, comme dans tout le Sahara. Au mois de Juillet les variations des valeurs extrêmes ont l'amplitude la plus forte : 26 et 42°C, soit 16°C de différence thermique.

Ces variations sont évidemment beaucoup plus fortes lorsque l'on considère non plus la température de l'air mais celle du sol.

Tableau. 1-3 : Valeurs caractéristiques de la température

	Maximum (juillet)	Minimum (janvier)	Moyenne annuelle
station Ouargla	42.5C°	5C°	23C°

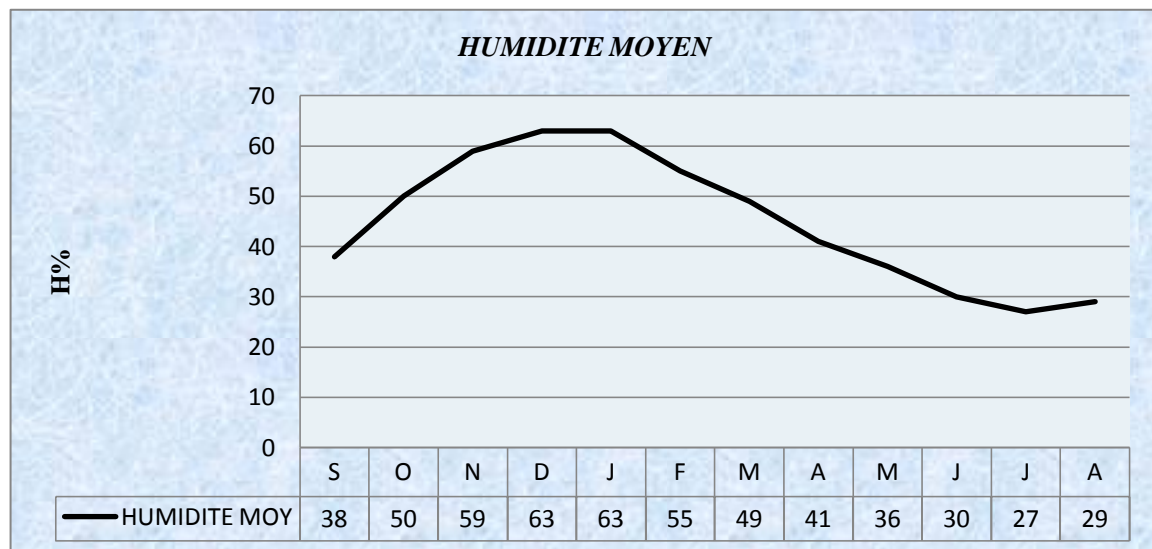
I.3.2 L'humidité de l'air :

Le degré hygrométrique de l'air (ou humidité relative) c'est le rapport de la tension de vapeur effective à la tension de vapeur saturante dans les mêmes conditions de température et de pression.

Nous avons indiqué dans le tableau 1-4 ci-dessous la moyenne mensuelle de l'humidité mesurée à Ouargla (période 1990 - 2006).

Tableau.1-4 : l'humidité mensuelle (Station de Ouargla, 1999-2006)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	AN
H (%)	38	50	59	63	63	55	49	41	36	30	27	29	45

**Fig.1-8 : variation de l'humidité d'air**



On relève que l'humidité est faible dans l'ensemble de l'aire d'étude. Ceci est dû notamment au fait que la température de l'air en augmentant suite à l'importance de l'insolation, fait accroître la capacité de contenance en eau de l'air.

L'humidité relative dépend dans une large mesure de la température qui elle aussi dépend de la quantité de rayonnement reçue sur le sol, il demeure que celle-ci n'est pas la seule, car d'autres facteurs interviennent aussi, notamment les vents, les nuages et l'ensoleillement. L'humidité moyenne annuelle est de 45%.

I.3.3 L'insolation :

Il s'agit de l'insolation effective c'est-à-dire de la période en heures durant laquelle le soleil a brillé.

Tableau. 1-5 : Insolation moyenne mensuelle (station de Ouargla, 1990-2006)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	AN
INSO (heur)	233.5	236.4	209	176	206.2	197	237.4	273	280.8	300.8	340	318	3008

La variation annuelle de l'insolation concorde avec celle de la nébulosité, elle est de type méditerranéen présentant un maximum estival. Selon les valeurs mentionnées au tableau 1-5, la durée moyenne d'ensoleillement journalière peut être supérieur à 8 h/j, elle peut dépasser légèrement 12 h/j en été, tandis qu'elle ne dépasse pas 8 h en Hiver, alors que l'insolation mensuelle, la plus grande, correspondant aux mois les plus chauds "Juin-Août". Le minimum en Novembre à Février

Correspondant à une durée d'ensoleillement plus basse de 176 h.



D'une manière générale, la durée moyenne est de l'ordre de 3008 h/an, soit 125 jours de soleil par an.

I.3.4 Le vent

Nous pouvons dire que le vent c'est le paramètre climatique le plus régulier dans la région de Ouargla. Il est déterminé par sa direction et sa vitesse.

Tableau. 1-6 : Vitesse moyenne mensuelle du vent (station de Ouargla, 1990-2006)

<i>Mois</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>
Vitesse (m/s)	3.9	3.4	2.7	2.7	3	3.2	3.9	4.5	5	4.8	4.5	3.8

Les vents les plus forts se produisent durant les mois d'Avril à Juillet avec un maximum de 5 m/s en Mai, tandis que le reste des mois ils ont une vitesse faible (2 m/s).

Généralement, les vents les plus fréquents sont ceux qui ont une direction S-N et SW-NE, tandis que les vents dirigés vers le Sud et le Sud-Ouest ne dominent qu'au mois de Janvier.

Il peut être noté grossièrement que l'orientation N-S de la vallée joue un rôle dans la direction des vents.

I.3.5 La pluviométrie

La faiblesse de la pluviosité est le caractère fondamental du climat saharien.

I.3.5.1 La pluviométrie moyenne annuelle

Les valeurs moyennes annuelles enregistrées depuis 1990 jusqu'à 2006 varient de 5 à 117 mm, ce qui explique l'irrégularité des précipitations d'une année à l'autre. Durant cette période, la valeur moyenne enregistrée est de l'ordre de 35 mm/an. La carte de la répartition spatiale des pluies (Fig. 1-9), indique une diminution de la pluviométrie du Nord au Sud, notre région se trouve dans la gamme 30 à 50 mm/an.

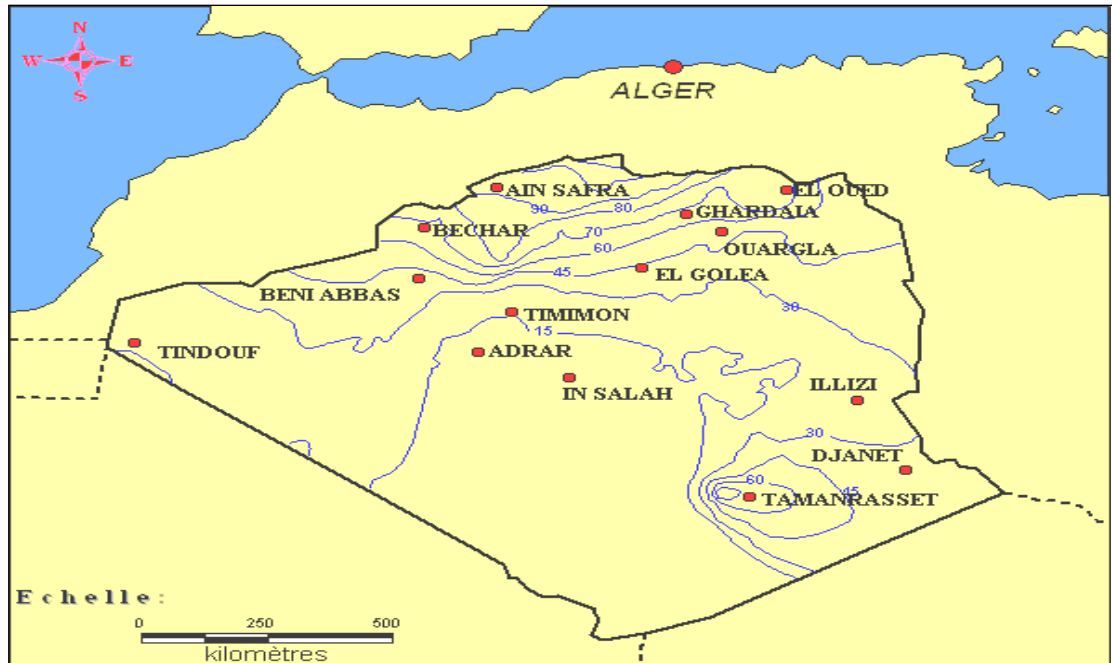


Fig.1-9: Carte des isohyètes moyennes annuelles du Sahara algérien
I.3.5.2 La pluviométrie mensuelle :

Le tableau 1-7 et la figure 1-10 ci-dessous montrent la répartition des hauteurs moyennes mensuelles de la précipitation.

Tableau.1-7 : le pluviomètre moyenne mensuelle (Station de Ouargla, 1990-2006)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P (moy) (mm)	2	5	6	3	5	2	7	2	2	0	0	0

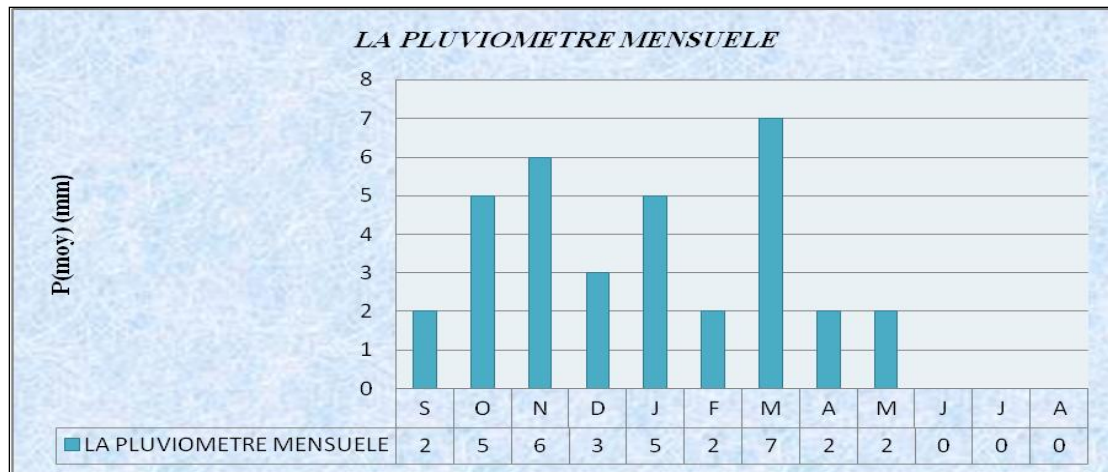


Fig.1-10: la pluviométrie mensuelle

On remarque une grande irrégularité de la pluie; faible pendant l'Hiver et presque nulle en Eté. Leur provenance en Hiver est due aux dépressions accompagnants la migration vers le Sud des fronts polaires, en Eté elles sont dues aux dépressions de mousson, alors que pendant la période intermédiaire, ces précipitations sont due aux dépressions Soudano-Sahariennes du Sud vers le Nord (Du bief, 1963).

En règle générale les pluies sont d'intensité plutôt faible pour la région.

1.4 hydrologie de surface

Malgré les faibles précipitation et le faible nombre de jours de pluies dans la région du Sahara 12 jours en moyenne, les écoulements sur les versants occidentaux peuvent alimenter les réseaux hydrographiques pendant quelques temps et parfois peuvent même causer des inondations très importantes.

Le réseau hydrographique traversant la région est composé des oueds suivant :

1-Oued M'ZAB

L'oued M'Zab coule d'ouest en est sur environ 320 kilomètres de la région de **Botma Rouila** à 750 mètres d'altitude jusqu'à la **Sebkha safioune** à 102 mètres située au nord de la cuvette de Ouargla.



La surface du bassin versant est de 5 000 km². Il n'y a pas d'écoulement pérenne. Les crues sont exceptionnelles, les dernières observées datent de 1901, 1951, 1991 et septembre 1994. Et la dernière crue 2008.

Le débit mesuré en 1994 a atteint 13,5 m³/seconde. Lors de la crue de 1991, la circulation de la route Frane-El Hadjira a été interrompue, cependant l'eau n'a pas franchi la route vers Hassi Debiche_.

2- Oued N'SA

Le bassin versant de oued N'sa couvre une superficie de 7 800 km². Il coule selon une direction ouest-est dans son cours supérieur, en direction Nord Nord ouest – Sud Sud Est dans son cours moyen sur une longueur d'environ 100 kilomètres et de nouveau vers l'est en son cours inférieur pour se déverser dans la sebkha safioune. Les crues sont également exceptionnelles. La dernière date de 1994, où le débit enregistré a été de 35 m³/seconde.

3-Oued M'YA

Le bassin de l'oued M'Ya couvre une superficie de 19 800 Km². Les écoulements sont plus fréquents en novembre, octobre, mai et juin.

Les crues de l'oued M'Ya se perdent à 200 kilomètres en amont de la ville de Ouargla.

Il est signalé que les oueds de la région sont des oueds saisonniers, est très souvent à sec.

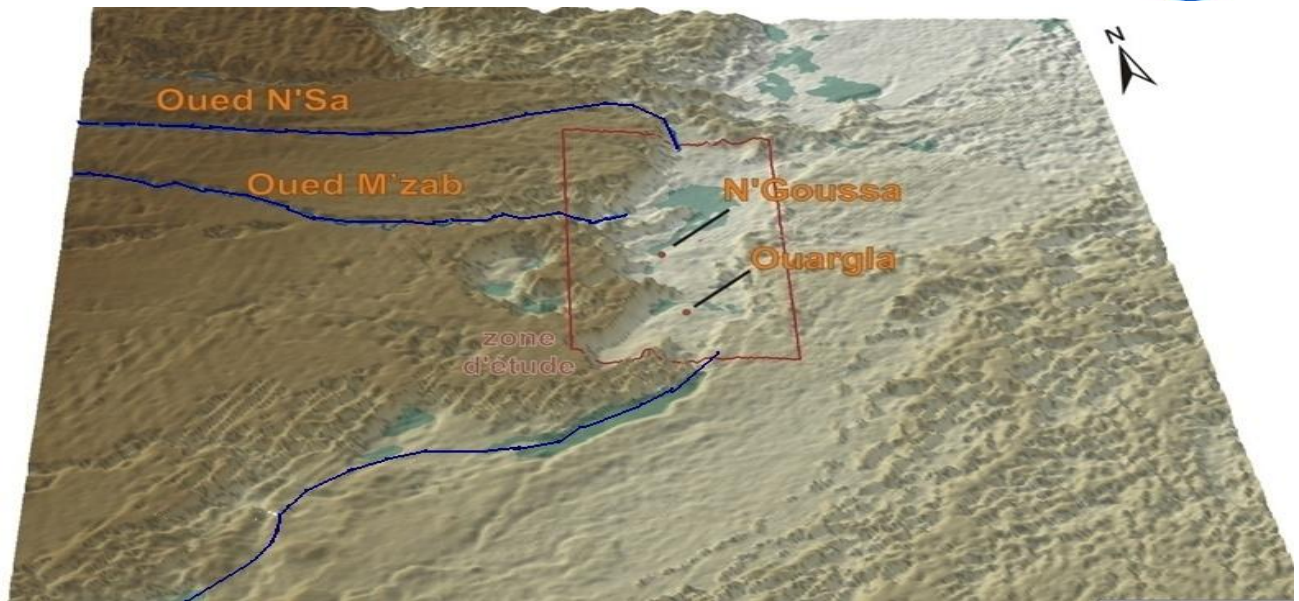


Fig.1-11 : les Oueds de la région de Ouargla

I-6 Qualités des eaux et des sols de la région :

la qualité des eaux à drainer est très importante pour notre projet .elle est en fonction de deux paramètre qui sont la qualité des eaux d'irrigation et la qualité des sol (la ressource en sol).

I-6-1: Ressource en eaux :

I-6-1.1 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du complexe terminal .

L'ANRH en novembre 2006 sur 104 forages captant le CT, ont permis d'identifier les caractéristiques suivantes:

Tableau.1-9 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du CT .Source : ANRH nov2008

éléments	mg/l	még/l
Ca^{2+}	93	4.65
Mg^{2+}	227	18.92
Na^+	480	20.87
Cl	895	25.21
SO_4^{2-}	725	15.1
HCO_3^-	102	1.68
CO_3^-	0	0
NO_3^-	14	0.23

**Tableau.1-10: Analyse des données**

Analyse des données	
Somme des cations	45.18 méq/l
Somme des anions	42.22 méq /l
Somme des ions	2565 mg/l
Résidu sec à 110°C	2916 mg/l
minéralisation	3241 mg/l
Conductivité électrique	4.27 ms/cm
PH	8.23
Turbidité (FTU)	2
Th° français	118
SAR	6.1

D'après les valeurs de la conductivité électrique et de la SAR, les eaux de complexe terminale appartiennent à la classe C4 S2 avec:

Classe S2 : le SAR varie de 10 à 18 donc la quantité de sodium est moyenne et l'eau pose des problèmes pour les sols à texture fine.

Classe C4 : la conductivité électrique varie de 2.25 mmhos/cm à 5 mmhos/cm, c'est-à-dire la salinité est très forte .cette eau n'est utilisable que si l' on pratique un lessivage intense et pour des cultures très tolérantes; sinon l'eau est inutilisable car elle est très dangereuse sur sols faiblement drainés et peut présenter dans une certaine mesure un danger sur la plupart des cultures.

I-6-1.2 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du continental intercalaire (albien).

Depuis la mise en exploitation à l'échelle de la région d'Ouargla, les forages captant le C.I ont fait l'objet de plusieurs prélèvements et d'analyses chimiques afin de suivre l'évolution de la qualité chimique des eaux. Nous présentons dans le tableau suivant les résultats d'analyse effectuée par l'ANRH (novembre 2006) sur six forages de CI :



Tableau.1-11 :Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du CI
(Source ANRH nov2008)

Paramètres	Valeurs moyennes
<i>PH</i>	7,34 – 7,64
<i>Température</i>	47,4 – 54,5 °C
<i>Conductivité</i>	2– 2,9 mmhos/cm
<i>Faciès chimiques</i>	Sulfate. Chlorure Alcalin $SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3^-$ et $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$
<i>La minéralisation totale</i>	1,8 - 2,5 g/l

I-6-1.3 Caractéristiques hydro-chimiques des eaux de la nappe phréatique

Les mesures hydro chimiques effectuées par l'ANRH en 2007, ont permis d'apprécier:

- ✓ Les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique;
- ✓ Faciès chimiques des eaux ;
- ✓ Des cartes iso-teneurs en différents paramètres, tel que la minéralisation totale, les rapports en ions caractéristiques (SO_4^{2-} / Cl^- , Mg^{2+} / Ca^{2+}).

Nous donnons ici les principaux résultats de ces mesures :

I-6-1.4 Paramètres physico-chimiques des eaux : Le tableau 1-4 présente les caractéristiques chimiques de la nappe phréatique des différents points dans la cuvette d'Ouargla.

Nappe captée : Phréatique

Profondeur : 1 à 2 m

Date d'analyse : Juin 2007.

Tableau.1-12: Paramètres physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique

paramètre	Ba-Mendil	Saïd	Ruissat	ADjadja	N'goussa
	(Ouargla)	(Ouargla)	(Ouargla)	(Ain Baida)	
PH	7.8	7.3	7.9	7.5	7.4
Conductivité mmhos/cm	20	40	5	6	6,7
Température °C	18	18	18	23	24
Minéralisation totale mg/l	5700	10 000	2800	26 10	2 300
Calcium mg/l	1202	1162.3	641.28	601.2	681.3
Magnésium mg/l	89.9	651.37	77.7	658.2	133.6
Sodium+potassium mg/l	177.2	100	36.2	92.8	57.4
Chlorures mg/l	2700	6320	940	20 560	520
Sulfates mg/l	673.4	1250.5	744.7	3 606.3	395.6
Bicarbonates mg/l	703.84	230.2	0	114.4	351.9
TAC °F	57.6	18.8	0	91.3	28.8
Fer mg/l	14.6	12.4	11.4	15.2	14.2
Zinc mg/l	TRC	TRC	0.2	TRC	TRC

I-6-2 Ressource en sol

La ressource en sol est très importante pour avoir la qualité des eaux drainées pour ce la on a fait des études pour défèrent type de sol dans la région.

I-6-2 -1 Les sols de Sahara

la formation et l'évolution des sols dans ce vaste territoire sont essentiellement conditionnées par le climat et la salinité.

le climat très aride influe sur la pédogenèse par la très forte évaporation, ce qui a' engendré dans certaines zones de fortes accumulations salines surtout après la mise en irrigation (jusqu' a 50mmhos/cm).ce phénomène est aggravé le plus souvent par une topographie généralement plane , qui ne facilite pas le



drainage naturel des eaux excédentaires et par une eau d'irrigation relativement chargée en sels .

La roche mère des sols de ces régions est le plus souvent (Sahara septentrional) du continental intercalaire, elle se caractérise par des formations gréseuses plus ou moins compactes avec des passées argileuses.

Ces formations sont hétérogènes : elles présentent une texture le plus souvent saleuse .mais on peut rencontrer des textures limono sableuses des dépôts marneux ou un plan d'eau à une profondeur variable ces sols ne sont pas généralement calcarifères. Mais, ils sont tous affectés plus ou moins de salinité. Ces caractères de sols expliquent en grande partie la prédominance de ces facteurs pédogénétiques sur l'évolution des sols du Sahara .qui sont principalement : la texture, la structure, la salinité (halomorphe) et l'action de l'eau (hydromorphie).

1-6-2 -2 Spécificités de la classification des sols d'oasis :

les Sols d'oasis constituent un groupe particulier .qu'il est difficile de le rattacher globalement a' la classification utilisée en Algérie. La classe des sols halomorphes illustre parfaitement cette particularité , en effet la teneur en sels relativement important dans les sols des oasis et ce , comparativement a' ceux du nord du pays , elle est inappropriée et a' cet égard ,est le plus souvent modifiée .ce phénomène de salinisation , qui affecte la majorité des sols du Sahara est associé dans la majorité des cas a' une texture grossière (sableuse) ce qui accélère la migration (lessivage) des sels dans les sols .ce processus d'évolution rend ce facteur pédogénétique de classification de salinités selon le degré d'halomorphe .

En effet, la salure des sols d'oasis est étroitement liée au mode d'irrigation et aux méthodes culturales le plus souvent la salure des sols dans des parcelles mitoyennes peut être très différente.la classification des sols salés d'oasis. N'apparaît qu'au niveau de faciès, car on ne pas applique au sol d'oasis les même normes que pour les autres sol (nord de pays) et ce de leur



teneur élevée en sels ; sinon les sols d'oasis seraient tous classés dans la classe des sols halomorphes

Les sols sales du nord du pays sont classés selon la classification adoptée en Algérie. Notamment par l'ANRH .il est à remarquer que la salinité de sol en Algérie est due généralement aux nombreux massifs à affleurement gypso-salins. L'excès des sels dans les sols des périmètres irrigués .notamment ceux du nord du pays a pour origine la nature des alluvions du quaternaire. La qualité de l'eau d'irrigation et la remontée des niveaux des nappes phréatique : ce phénomène étant aggravé par l'absence de réseau de drainage efficace.

1-6-2 -3 Relation Sol -Nappe – Salinité:

Une interprétation des résultats d'analyses des sols de certaines régions notamment en palmeraies a permis de constater qu'il existe, d'une manière générale une relation directe et très étroite entre la salinité des eaux et des sols. A cet égard, dans les palmeraies ou l'on enregistre une diminution de la salinité .les sols se caractérisent généralement par la classe des sol halomorphes avec une nappe phréatique à une profondeur d'environ 80 cm de profondeur

Le phénomène d'halo morphisme dans les milieux saturés en eau est caractérisé par des floculations à une grande amplitude. ce qui explique en grande partie les variations de salinité enregistré dans les sols de différentes palmeraies des région étudiées.

En effet les paramètres (nappe –sol- salinité –évaporation) son intimement liés et le plus souvent la courbe linéaires de la salinité dans un graphique est inversement proportionnelle au plan d'eau (niveau hydrostatique de la nappe phréatique : lorsque le niveau de la nappe décroît (drainage naturel) la salinité de l'eau et de sol augmentent principalement en surface (concentration) .par contre lorsque le niveau de l'eau augmente vers la surface du sol .la salinité des sols et des eaux diminuent.



1-6-2 -4 Sol hors palmeraies (destine a la mise en valeur):

Généralement ces sols sont situés sur des terrasses d'apport faisant la transition entre la terrasse d'érosion au-dessus et les sebkhas au-dessous. Du point de vue pédologique ces sols peuvent présenter des profondeurs supérieures à 80 cm. de matériaux d'apport éolien formé par des accumulations sableuses à sablo-limoneuses v. dans certains sols les dépôts colluviaux et éoliens se sont formé simultanément.

Dans ces sols contrairement aux sols irrigués. Il n'ya pas de processus d'accumulation des sels ou du moins faiblement, la salinité des horizons et relativement moins élevés et l'accumulation des carbonates ou du gypse est peu visible dans ces sols .

1-6-2 -5 Caractérisation d'un sol représentatif

Le profil direct se situé sur une terrasse d'érosion avec des micros dunes et des taches pulvérulentes blanches gypseuses. La topographié est plane, la nature lithologique est les grés, la végétation naturelle est nulle .Sur les quarante premiers centimètres le sol se caractérise par une texture grossière.

(Recouvrement sableux éolien) une structure particulière, une faible compacité, une bonne porosité, une faible salinité et une faible effervescence

1-6-2 -6 Sol des palmeraies

Les sols des palmeraies sont les plus souvent cultivés, leur matière minérale n'a pas subie d'altération sensible. par contre elle a pu se désagréger et se fragmenter par des phénomènes physiques ; les sels minéraux y compris les carbonatés et les sulfates ainsi que les cations peuvent avoir des redistributions et des migrations.

Ces sols présentent une faible teneur en matière organique et en éléments fertilisant : le PH est voisin de la neutralité à légèrement alcalin.



De point de vue classification pédologique les sols des palmerais se regroupent généralement dans les classe des sols peu évolués, halomorphe , l'apport est le plus souvent éolien ou anthropique.

1-6-2 -7 Les sols de la cuvette de Ouargla:

Du point de vue pédologique, la cuvette de Ouargla se caractérise par des sols , dans la majorité se regroupent dans les classes pédologique des sol peu évolués d'apport alluvial et éolien avec des caractères de salinité et d'action de nappe et les classe des sols halomorphes et hydro morphes .

Ces sols d'origine éolienne ont généralement une texture sableuse ou sablo-limoneuse. La stratification des ces dépôts éoliens , n'est pas toujours nette , elle surtout visible en surface par des alternances de lits de sable grossier et de sable fin La texture de ces sol est généralement sableuse ou sablo-limoneuse, la structure est particulière, parfois avec un structure polyédrique mal développée leur compacité est faible . leur couleur est brun-rougeâtre , brun clair ou beige . le PH varie de 7.6 à 8.4 .les sols sont donc à réaction moyennement basique , certainement a cause d'une forte proportion d'ions Na dans la solution du sol .le gypse est fréquent dans de nombreux sols.

En profondeur l'accumulation de gypse se présente différemment, soit par une grand quantité en petits cristaux (forme fibreuse , roses de sable) conférant au sol un aspect poreux ,spongieux , soit par des nombreuse taches (diffuses ou en mycélium) ou amas de gypse pulvérulent .la teneur en calcaire totale est variable est dans certains sols les accumulation calcaire , en surface sont de l'ordre de 8 à12% et rarement de très fort accumulations existant en profondeur .

Généralement les sols aussi bien en surface que sur toute la profondeur, ne contiennent que de faibles taux de calcaire car les roche parentales ne sont généralement pas ou peu calcaire. tous les sols de la cuvette ont une forte salinité variant de 15 à 38 mmhos /cm (surtout pour les sols irrigués) dans l'horizon de surface ou dans l'horizon d'altération des roches en profondeur,

elle est variable et ce indépendamment de la profondeur .la teneur en P2O5 assimilable est de 43-136 PPM pour les horizon de surface et de 24-28 PPM , pour les autres horizon plus profonds . ces sols sont théoriquement bien pourvus en phosphore la teneur en K2O est fort aussi bien en surface que sur toute la profondeur des sols, soit de 1.3 à 4.9% elle est en corrélation avec la teneur en sels .en effet les horizons les plus salés sont aussi les plus riches en K2O .la matière organique est quasi absente, l'azote lui aussi en quantité négligeable.

I-7 Le système de drainage :

Le drainage est l'évacuation des eaux de surface ou souterraines excédentaires par des moyens naturels ou artificiels en vue de l'assèchement d'un terrain trop humide ou inondé, afin de le valoriser pour l'agriculture, l'élevage ou la construction. Pour notre zone d'étude on a seulement des drains par fosses implantés dans toute la région , avec une longueur totale des drains et enivrante de 70 KM , on a trois systèmes de drainage qui sont implantés à l'est ,l'ouest et des drains au centre de la zone. Tous les drains sont évacués l'excès d'eau vers la station de pompage

I-7-1 DRAINAGE PAR FOSSES :

C'est une technique consistant à creuser dans le sol à intervalles réguliers des fossés de profondeur pouvant atteindre 2 m ou plus.



Fig.1-12: drainage par fossé OUARGLA



I-7-2 L'état actuel des drains et leur dimensionnement:

Le réseau de drainage actuel et en très bon état il été réhabilité durant les dernières années et suive par l'ONA (office nationale d'assainissement).

Les drains sont destinés seulement pour capter l'excès des eaux de la nappe mais a cause de l'implantation de réseaux des drainage on peut recevoir des eaux usé, car le réseau et parallèle aux réseaux d'assainissement et pace accoté des stations de pompage, si en a une urgence les eaux sont débordé dans les draine.

Les démentions des drains sont basés sur le débit caractéristique qui est de 6,15mm/j.

I-7-2-1 profondeur des drains :

La profondeur des fossés ou des drains dépend principalement de l'enracinement des cultures, et la topographie. De ce fait nous avons opté pour une profondeur des fossés de 2 m car le niveau des racines des palmiers est de 1.5 m.

I-7-2-2 L'écartement des draines :

la valeur de l'écartement théorique calculé est de 105m c'est-à-dire chaque 105m il devrait y avoir un drain (toutes les 18 ranges de palmiers)

I-7-2-3 Pente des fossés:

La pente de drainage est généralement comprise entre 0,3 à 3 ‰ avec certaine exception pour des raisons de topographie.

Donc les drains évacuent un débit total à l'entrée de la station de pompage, 294m³/ s, la hauteur géométrique et 5,7m, et la distance entre les deux pointe de relevage et de 1500m.

Conclusion:

Dans cette partie nous avons analyse les données nécessaires concernant notre zone de point de vue topographie, géologie, climatologie, la qualité des eaux ainsi que la situation des draines et leur dimensionnement.



Chapitre II

Dimensionnement De La station De Pompage

Introduction:

En se basant sur les données existantes, cette partie permet de faire le dimensionnement de la station de pompage: Le choix des pompes, la définition des ouvrages et des appareillages, choix du mode de fonctionnement et la protection de l'installation.

II-1 Exigences principales soumises à la station de pompage:

Touts projet de station de pompage doit tenir compte des recommandations suivantes :

- Diminution possible du coût de génie civil.
- Organisation de l'exécution des travaux en phases.
- utilisation des matériaux de conception récente.
- normalisation des solutions techniques.
- utilisation des projets-types.
- il faut éviter les zones inondables.

II-2 choix de l'emplacement de la station de pompage :

L'implantation et le type de la station de pompage sont établis suivant des considérations techniques et économiques :

1. Assurant l'accès des voitures, des engins, des pompiers, à tout le bâtiment et à tout ouvrage (visite et réparation).
2. Elle dépend du relief d'accès de l'alimentation en énergie électrique ; des conditions géologiques.
3. prévoir les moyens de dérivation des eaux pluviales.
4. prévoir de la verdure autour de la station.
5. la station de pompage doit être située au mieux :

Par rapport :

aux besoins à satisfaire

- à la ressource en eau.
- aux contraintes liées à la nature de la ressource en eau
- et notamment : (des plus basses eaux, des plus hautes eaux

D'après la disponibilité du terrain et des eaux, des conditions topographiques et géologiques, et tant que la station doit recevoir les eaux drainé à partir de deux collecteurs des drainages de différente direction ,l'une et planté pour draine tout la zone agricole est et pour capté les eaux de la nappe, et le deuxième pour la zone ouest , à la

intersection des drains est et ouest on a planté la station de pompage pour refouler les eaux vers le rejet (sebkhet sefion).

II-3 Données de base initiales :

Les données nécessaires à l'élaboration de notre station de pompage sont les suivantes :

- Notre station reçoit un débit total de pointe des eaux drainées qui est égale à 294 l/s
- D'après le chapitre I.
- le plan topographique : ce plan permet de faire le choix de l'emplacement de la station et du tracé de la conduite de refoulement avec les différentes côtes topographiques.
 - la source d'énergie électrique : elle permet de faire le choix technico-économique de certains équipements (il existe une ligne de Haute tension qui traverse la région).
 - la nature du sol : permet de faire le choix du bâtiment de la station et du type de matériau

II-4 Type de bâtiment de la station :

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

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

Le type de bâtiment choisi devra en premier lieu satisfaire aux facteurs suivants :

- mode de raccordement prise d'eau – Station de refoulement
- but de la station de pompage (AEP, Assainissement ou Irrigation)
- les matériaux de construction et leur disponibilité
- Conditions de (climat, relief, géologie, hydrogéologie...) de la région
- L'encombrement dû à la pompe et ses accessoires. On distingue donc les types bâtiments résultants de ces conditions, d'où on a :
 - Bâtiments type Bloc
 - Bâtiments type bache sèche
 - Bâtiments type bache mouillée – pompe submersible
 - Bâtiments type enterrée
 - Bâtiments type semi enterrée

Vu les conditions géologiques et topographiques du site de la station, on opte pour un bâtiment type Bâtiments type bache sèche tel

que la partie souterraine est constituée par :

- Bâche d'aspiration.
- Fosse des pompes.
- Chambre pour les vannes.

Avantage du bâtiment:

- Installation des pompe est vertical à sec.
- Le cout de réalisation n'est pas très élevé.
- Facilité de la réalisation et de la maintenance.

II-5 Dimensionnement de la bâche de stockage :

Sachant que le débit arrivé à la station est un débit total $Q = 0,294 \text{ m}^3/\text{s}$, pour notre station la bâche de stockage a deux fonctions la première est de stocker les eaux drainé qui arrivent du 2 collecteur , et la deuxième d'être une bâche d'aspiration pour les pompes de refoulement.

II-5-1 Dimensions de la bâche :

a) volume de la bâche :

Le volume du réservoir de stockage de la station est adopté égal au débit total qui arrivant en un temps déterminé.

On a : $Vt = Q * t$

Vt : volume de la bâche en (m^3)

Q : débit total qui arrivées à la station de refoulement.

t : temps de stockage des eaux dans la bâche pendant l'arrêt des pompes, Pour un meilleur fonctionnement des pompes, et un bon entretien du matériel, la durée du cycle s'échelonne entre 6 et 15 min.

Donc : on fixe $t = 12$ minutes. $Vt = 0,294 \times 12 \times 60 = 211,68 \text{m}^3$

Le volume total de la bâche sera $V = 212 \text{m}^3$

b) surface de la bâche :

On a : $S = \frac{V}{H}$ (la forme de bâche est rectangulaire).

S : surface de la bâche en (m^2) ; V : volume de la bâche en (m^3)

H : la hauteur de la bâche en (m), on fixe cette hauteur à $H = 3\text{m}$

c) Longueur et largeur de la bache :

On a : $S = B \cdot L$ (la forme de la bache est rectangulaire).

L : la longueur de la bache en (m)

B : la largeur de la bache $B = \sqrt{S}$ en (m)

Tableau N°II-1 : Dimensions de la bache d'aspiration

Dimensions	la bache
Volume (m ³)	212
Hauteur (m)	3
Surface (m ²)	71
Longueur (m)	10
Largeur (m)	7

II-6 Calcul de la hauteur manométrique totale:

La hauteur manométrique totale c'est donnée par la formule suivant :

$$H_{MT} = H_g + \sum hpL(ref) + \sum hpS(ref)$$

H_g : la hauteur géométrique est la différence de cote entre la cote de niveau min du puisard et la cote du point le plus élevé de cette conduite de refoulement.

La cote du terrain naturel de du puisard = 134.26 m.

Pour le coté d'aspiration, on propose initialement une profondeur d'aspiration moyenne égale à 5m, et les pertes de charge totales à d'aspiration $\sum hp = 5m$.

La cote de niveau min du puisard = $134,26 - 5 = 129,26m$.

La CTN du point le plus élevé (cote de la station d'épuration) = 134,96 m.

Donc la hauteur géométrique $H_g = 134,96 - 129,26 = 5.7m$

$\sum hp$: les pertes de charge totales $\sum hp = \sum hpS + \sum hpL$

$\sum hpL$: pertes de charge linéaire a refoulement.

$\sum hpS$: pertes de charge singulière a refoulement.

Calcul de perte de charge a refoulement:

$\sum hpS$: pertes de charge singulière elles représentent 10% des pertes de charge linéaire.

$$\sum hpL = \frac{8 \times L_{ref} \times \lambda \times Q^2}{g \times \pi^2 \times D^5}$$

Avec : $\lambda = [1,14 - 0,86 \times \ln(\varepsilon / \varnothing)]^2$; $L_{ref} = 1500$ m ; $Q = 0,294$ m³/s ; $\varepsilon = 0,0002$ m.

Le diamètre de refoulement est calculé par la formule de BONIN : $D = \sqrt{Q}$

Q : Débit de pointe des eaux drainé (m³/s) ; Q=0,294m³/s ; D=0,542m

Alors on prend D = 0,6 m ; et $\lambda=0,0155$ $\sum hpL = \frac{8 \times L_{ref} \times \lambda \times Q^2}{g \times \pi^2 \times D^5} = 2,13m \Rightarrow$

$$\sum \Delta hp = 1.1 \times \Delta hpl = 1.1 \times 2,13 = 2,35m$$

Donc la $H_{MT} = 5,7 + 2,35 + 5 = 13,05m$

On admit une **HMT = 13 m**

II-7 Choix de nombre et de type de pompes :

La station de pompage doit être équipée d'un nombre suffisant de pompes assurant le débit demandé tel que $N_{ins} = N + nps$

Où : N: nombre de pompe de fonctionnement.

Le nombre des pompes de secours varie suivant le nombre total des pompes installées, pour un nombre inférieur à 4 le nombre de pompes de secoure est égale à 1.

Compte tenu des exigences d'exploitation, il est conseillé de projeter le minimum de groupes possible dans la station, ce qui rendra les dimensions de la station plus raisonnables et le fonctionnement des pompes se fait avec une souplesse.

Critères du choix du nombre de pompes sont suivants :

- nombre minimale de pompes.
- puissance absorbée minimal.
- (NPSH)_r minimal.
- meilleur rendement.
- la vitesse de rotation élevée.

Critères du choix du nombre de pompes sont suivants :

- assurer H_{MT} et Q (débit totale).
- doit être facile à l'entretien et anti cavitationnelles.
- vitesse de rotation élevée.
- encombrement faible et un poids faible.
- doivent répondre à la construction la plus économique de bâtiment.
- meilleur rendement et la puissance absorbée minimale.

Pour le choix du type de pompe dans notre projet, on utilise un logiciel de KSB.

Et les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau N°II-2 : Variantes pour le choix du nombre de pompes :

N	Q_{cal} (m^3/s)	H_{cal} (mce)	Pompe choisie	η (%)	(tr/mi)	P (Kw)	SH)r (m)
1	0.294	13	Sewatec K300-400/G3E-N	85	980	55	4,5
2	0.098	13	Sewatec K250-400/G3E-N	85,6	973	49,3	2,28
3	0.059	13	Sewatec D150-315/G3E-N	78,1	980	31,9	2,9

Remarque :

On remarque qu'on a des bonnes caractéristiques pour la variante N° 2 donc on prend une installation de 2 pompe (sans prendre en considération les pompe de secours).

II -8:choit le nombre de pompe de secours:

D'apre le choit de nombre de pompe. On déterminer le nombre de pompe de secoure.

Les intervalles de nombre de pompe :

SI :

$N < 4 \rightarrow 1$ pompe de secours

$4 < N < 6 \rightarrow 2$ pompe de secours

$N > 6 \rightarrow 3$ pompe de secours

Pour notre projet on à une seul pompes de secours.

II -9:Courbes caractéristiques de la pompe choisie :

La courbe caractéristique de la pompe est tirée à partir du logiciel des pompes, sachant que les courbes caractéristiques, nous donne toutes les informations nécessaires pour la bonne installation et calage, et meilleur rendement, ainsi une longue durée de vie.

Les différentes courbes caractéristiques fournies avec la pompe sont :

- Courbe de la hauteur manométrique en fonction du débit Q.
- Le rendement en fonction de débit Q.
- La puissance absorbée en fonction du débit Q.
- La courbe de NPSHr en fonction du débit Q.
- La courbe caractéristique du réseau.

a): La courbe caractéristique de la conduite :

$H_c = H_g + \sum hp$; H_g : la hauteur géométrique ; $H_g = 1,2$ m

$\sum hp$: les pertes de charge ; $\sum hp = 1,1hp_{lin}$

Les pertes de charge linéaire seront calculées par la formule suivante :

$$\sum hpL = \frac{8 \times L_{ref} \times \lambda \times Q^2}{g \times \pi^2 \times D^5}$$

Q : débit refoulé en (m³/s)

L : longueur de la conduite en (m) L = 1500 m

λ : coefficient de frottement.

D: diamètre de la conduite.

D = 0,6 m ; et $\lambda = 0,0155$

Donc : $H_c = 11,21 + 1,1(32,42 \times Q^2)$ **$H_c = 10,7 + 24,73 \cdot Q^2$**

Tableau N°III-4 : courbe caractéristique du réseau (Hcond-Q)

2xQ(m3/S)	0	0,0722	0,1678	0,2372	0,29	0,3889
$\sum hp_t$	0	0,186	1,0039	2,0068	2,9992	5,3933
H _{con}	12,21	12,396	13,2139	14,2169	15,2092	17,6033

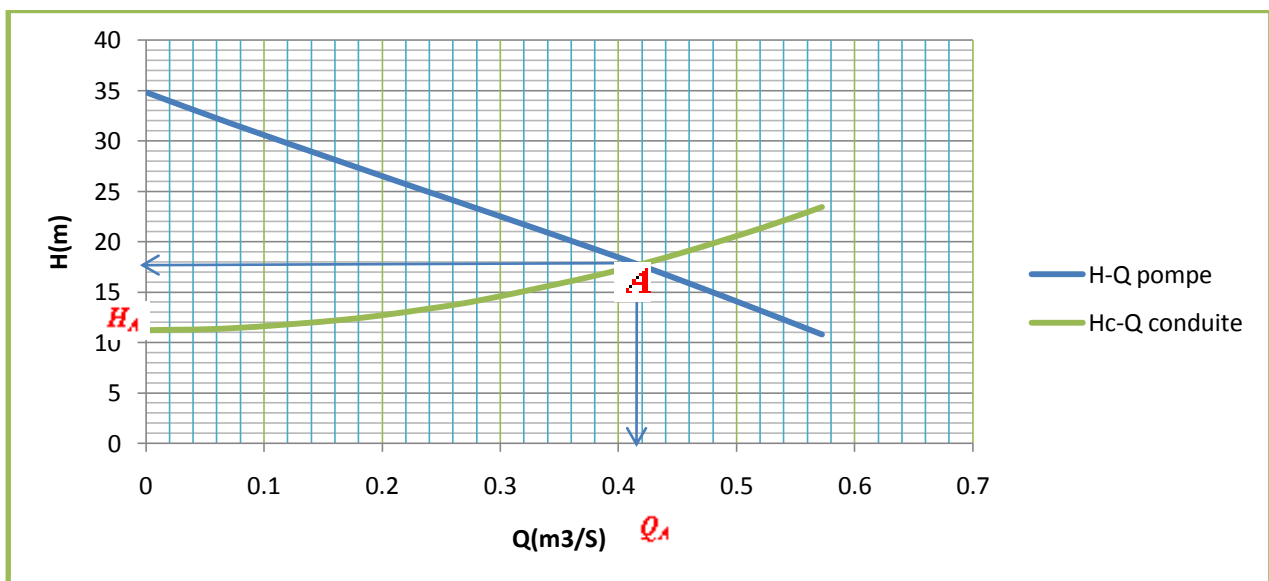


Figure II-1 : Courbes de point de fonctionnement.

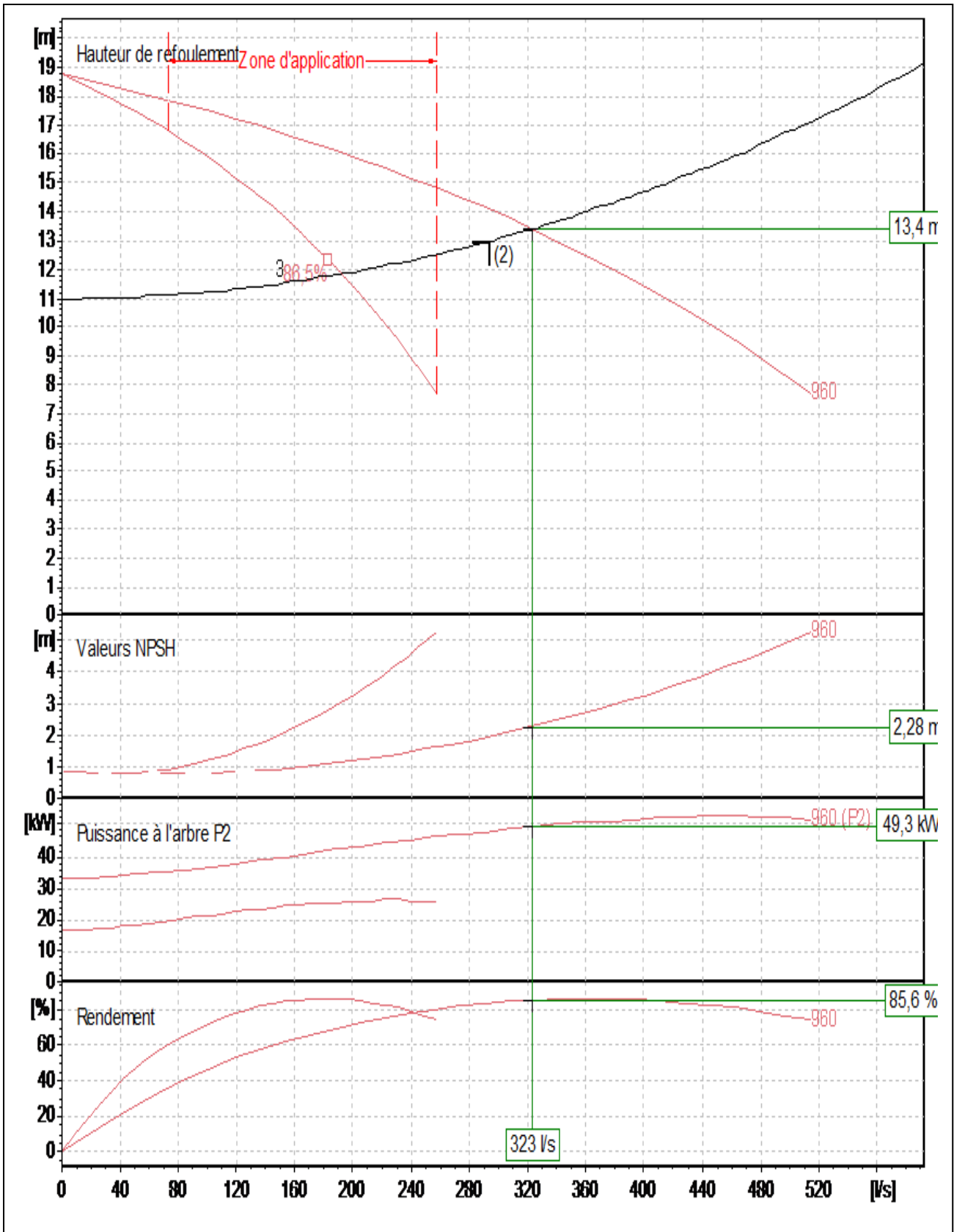


Figure II-2 Les courbes caractéristiques de la pompe et du réseau

b): Détermination de pointe de fonctionnement :

D'après la figure ci-dessus on trouve le pointe de fonctionnement, sous les coordonnées suivants $Q_p = 1170 \text{ m}^3/\text{h}$ $H_p = 13 \text{ m}$.

Les pompe fonctionne alors dans les condition optimales. Ces condition dans la plupart des ces ne sont pas généralement satisfaites, c'est pourquoi on sera contrant d'introduire des modifications dans le fonctionnement ou dans le dimensionnement de la pompe. A fin de l'adapter à des conditions de marche données .a cet effet, plusieurs solutions sont à envisager:

- Modification de la vitesse de rotation
- Modification du temps de pompage
- rognage, la réduction du diametre de la roue,pour réduire la hauteur et le débit de la pompe

II-10 Les modes de réglage pour un régime de fonctionnement :

Dans le cas où le débit demandé est inférieur à celui correspond au point de fonctionnement, et pour satisferez un régime de fonctionnement d'une pompe on procède un mode de réglage parmi les suivants:

a): Rognage :

C'est la diminution du diamètre de la roue, en gardant la même vitesse de rotation, et la même distance entre les deux flasques, on utilise ce type de réglage dans le cas ou $Q < Q_A$.

Q : débit appelé par la pompe

Q_A : débit du point de fonctionnement

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

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

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

La droite de rognage: $h = a \cdot q$

En outre

$$\frac{Q_E}{Q} = \left[\frac{D}{d} \right]^2 \Rightarrow \boxed{d = D \cdot \sqrt{\frac{Q}{Q_E}}}$$

E (Q_E, H_E) : c'est le point intermède entre le point de fonctionnement de la pompe A (Q_A ; H_A) et le point demandé D (Q ; H).

D : diamètre de la roue à rogner (mm)

d : diamètre de la roue après rognage (mm)

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

m : coefficient de rognage

R% ≤ 15 : c'est bon, si non il faut opter pour une autre solution.

Si R à l'intérieur des cette intervalles donc le rognage admissible si non changes un autre type de réglage.

b): Réglage qualitatif :

C'est la variation de la vitesse de rotation, consiste à diminuer le nombre de tours de la pompe en gardant les mêmes dimensions, ce type de réglage est utilisé pour les deux cas (pour Q < Q_A et Q > Q_A) et pour calculer la nouvelle vitesse de rotation, on utilise toujours les lois de similitude :

$$\begin{cases} \frac{Q_E}{Q} = \lambda \dots\dots\dots \rightarrow (1) \\ \frac{H_E}{H} = \lambda^2 \dots\dots\dots \rightarrow (2) \end{cases}$$

E (Q_E, H_E) : c'est le point intermède entre le point de fonctionnement de la pompe A (Q_A ; H_A) et le point demandé D (Q ; H).

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

La courbe de proportionnalité : $H = a \cdot Q^2$

En outre $\left[\frac{Q_E}{Q} \right] = \left[\frac{N}{n} \right]$

Si Q_A > Q → $n = N \cdot \frac{Q}{Q_E}$ Si Q_A < Q → $n = N \cdot \frac{Q_E}{Q}$

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

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

c): Réglage quantitatif (vannage) :

Le vannage est la fermeture progressive de la vanne, donc l'ajout des pertes de charge singulières supplémentaires qui vont augmenter la courbe caractéristique du réseau, ce type de réglage est utilisé pour le cas où $Q > Q_A$.

Le rendement de l'installation va chuter, et on peut calculer le nouveau rendement comme suite :

Avec :

$$\eta_{inst}(\text{après vannage}) = \frac{P_u}{P_{eff}}$$

η_{inst} : Rendement de l'installation après vannage (%)

P_u : puissance utile = $\varpi \cdot Q \cdot H$ P_u (kw). ϖ : Poids volumique de l'eau (kg/m^3)

Q : débit demandé (m^3/s) H : hauteur d'élévation demandée (m)

P_{eff} : puissance effective (kw)

$$P_{eff} = \frac{\varpi \cdot Q \cdot (H - h_v)}{\eta(\text{avant vannage})}$$

h_v : Différence entre la hauteur d'élévation après vannage et l'HMT. Donc on aura :

$$\eta_{inst}(\text{après vannage}) = \eta_{inst}(\text{avant vannage}) \frac{h}{h + h_v}$$

II -11: Choix du moteur électrique :

Puisque la pompe demande un moteur électrique pour la faire tourner il fut avoir des critères pour choisir le moteur le plus adapté avec la pompe choisi, et parmi ces critères on peut citer les suivants :

- Prendre en considération la puissance absorbée
- Position de l'arbre de moteur (vertical ou horizontal)
- Vérification de nombre de tours de moteur, il faut qu'elle sera égale, plus 200 tr/min ou moins 200 tr/min par rapport à la vitesse de rotation de la pompe.
- La tension d'alimentation du moteur électrique.
- Prendre en considération la variation de la vitesse.

Caractéristique du moteur:

Type de moteur 225M 6- 30.

Puissance nominale P2 30 KW.

Tension nominale 400 V .

Fréquence de réseaux 50 Hz .

Nombre de pole 6 .

Vitesse nominale 973 .

Puissance absorbée 32,6 KW .

Rendement 92 % .

Intensité de démarrage 348 A .

II -12): Choix de nombre de collecteurs d'aspiration et de refoulement :**Optimisation des diamètres :**

- Le nombre de conduites d'aspiration est égal au nombre des pompes installées, et la matière de construction de ces conduites c'est la fonte.
- Le nombre des collecteurs de refoulement dépend de l'étude technico-économique, cette étude est basée sur la longueur de la conduite de refoulement, le coût, la nécessité des accessoires.

Pour les collecteurs d'aspiration on a 2 pompes donc on doit installer 2 collecteurs d'aspiration.

Pour la conduite de refoulement on a une distance qui égale à 1500 m, on peut installer une seule conduite de refoulement.

II-12-1): Détermination du diamètre économique de refoulement :**2 Calcul du diamètre :**

En première approximation, on détermine le diamètre économique d'après les formules ci-dessous. Par suite on le détermine par une étude technico-économique

Le diamètre approximatif est calculé par la formule de BONIN :



Où : D est le diamètre de la conduite en (m)

Q : est le débit véhiculé en (m³/s). Le débit total : Q = 0,294 m³/s. En appliquant la formule de BONIN : on trouve :

D = 0,542m.

En appliquant la formule de BRESSE on trouve :



D = 0,813m

L'utilisation simultanée de ces deux formules fournit l'intervalle des diamètres optimaux suivant [500, 550, 600, 650, 700, 750, 800].

II -12-2): Frais d'exploitation :

Il faut tout d'abord déterminer les pertes de charge engendrées dans les canalisations. Connaissant la hauteur géométrique, on peut déterminer les hauteurs manométriques totales (HMT) correspondantes à chaque diamètre

La hauteur géométrique Hg est calculée dans le paragraphe (III-6) Hg = 5,7m

Les pertes de charge pour chaque diamètre seront calculées par la formule de Darcy Weisbach :

$$\sum h_p = \frac{8\lambda L Q^2}{\pi^2 g D^5}$$

Le coefficient des pertes de charge λ est évalué par la formule :

$$\lambda = [1,14 - 0,86 \times \ln(\epsilon / \varnothing)]^2$$

Où :

ϵ : rugosité de la conduite. ($\epsilon = 0.0002 \text{ m}$) ; \varnothing : diamètre de la conduite.

On a $F_{exp} = E_a \times e$; F_{exp} : frais d'exploitation

E_a : énergie consommée annuellement par l'installation de pompage en (Kwh) donnée par :

$$E_a = P_t \times 24 \times 365 \quad ; \quad P_t = n \times p$$

n = nombre de pompes en fonctionnement $n = 2$

p = puissance absorbée par l'installation de pompage, donnée par

La formule suivante :
$$P = \frac{9,81 \cdot Q \cdot HMT}{\eta_p} \text{ (Kw)}$$

Q : le débit à refouler.

HMT : la hauteur manométrique totale.

η_p : Le Rendement de pompage (79,2%).

e : le tarif de l'énergie électrique. $e = 5,231 \text{ Kw/h}$ (SONELGAZ).

Les résultats du calcul sont groupés dans les tableaux suivants

Tableau II-3) : frais d'exploitation (deux pompes).

D (mm)	λ	Σhp (m)	HMT(m)	Pt (kw)	Ea (kwh)	Fexp (DA)
0,5	0,01615	5,542	11,242	81,880	717269,422	3095429,987
0,55	0,01582	3,371	9,071	66,064	578721,311	2497515,220
0,6	0,01553	2,141	7,841	57,109	500271,477	2158959,080
0,65	0,01526	1,411	7,111	51,788	453664,580	1957823,520
0,7	0,01503	0,959	6,659	48,497	424829,879	1833385,204
0,75	0,01481	0,669	6,369	46,388	406361,079	1753681,714
0,8	0,01461	0,478	6,178	44,997	394171,515	1701076,737

II -12-3): Frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement augmentent avec le diamètre de la canalisation, on doit tenir compte de l'annuité (A) d'amortissement, qui amortit un capital investi au taux (i) pour une période en principe égale à la durée de vie du matériel (conduite) qui est égale à 25ans.

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i$$

i : taux d'annuité (8 à 12 % en Algérie) en fonction du type d'investissement.

n : nombre d'année d'amortissement n = 25 ans

$$A = \frac{0.08}{(0.08 + 1)^{25} - 1} + 0.08 = 0.093679$$

Les résultats de calcul sont groupés dans les tableaux suivants

Tableau II-4 : frais d'amortissement. (Deux pompes).

Diamètre	L	Prix	Prix total	A	Fam
D (mm)	(m)	(DA/ml)	(kw)		(DA)
0,5	1500	5012,88	7519320		744412,68
0,55	1500	5514,16	8271240	0,09368	818852,76
0,6	1500	6015,45	9023175		893294,325
0,65	1500	7388,66	11082990		1097216,01
0,7	1500	8367,57	12551355		1242584,145
0,75	1500	9085,19	13627785		1349150,715
0,8	1500	9881,96	14822940		1467471,06

II -12-4): Le coût total :

Le coût total est calculé par la formule suivante : $C_t = F_{exp} + F_{am}$

Tableau II -5 coût total (deux pompes).

Diamètre D (m)	F _{exp} (DA)	F _{am} (DA)	C _t
0,5	3095429,987	744412,68	3839842,667
0,55	2497515,220	818852,76	3316367,980
0,6	2158959,080	893294,325	3052253,405
0,65	1957823,520	1097216,01	3055039,530
0,7	1833385,204	1242584,145	3075969,349
0,75	1753681,714	1349150,715	3102832,429
0,8	1701076,737	1467471,06	3168547,797

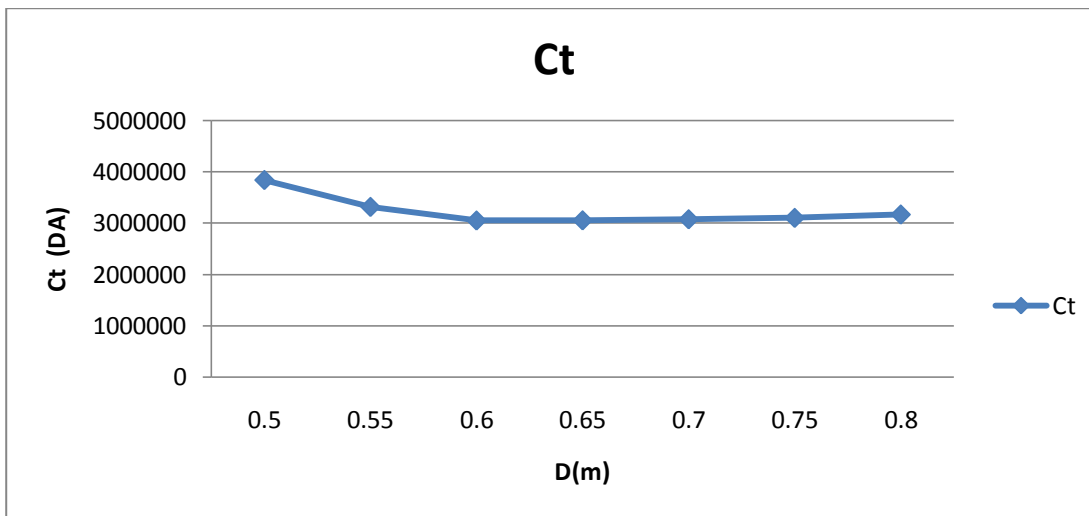
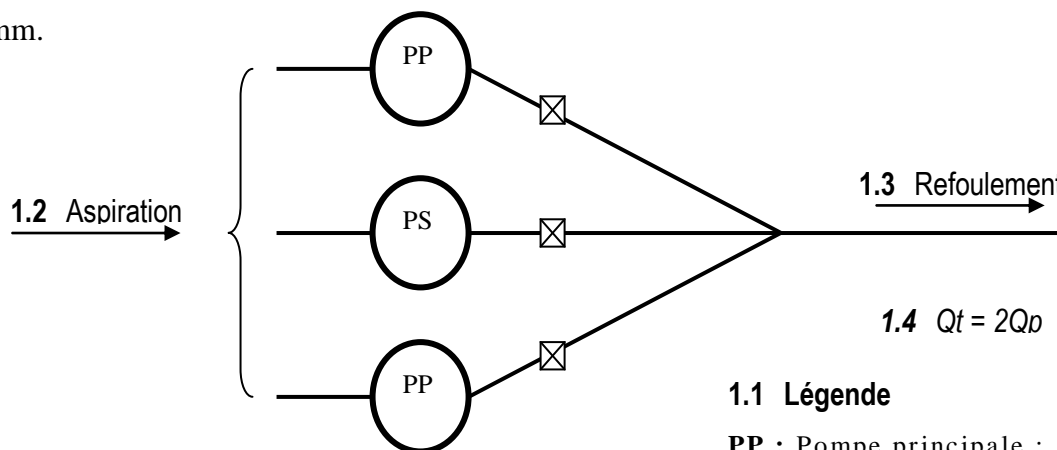


Figure II-3 : graphique du choix du diamètre économique (deux pompes)

D'après les résultats de cette étude technico-économique, on constate que le bilan d'exploitation et d'amortissement est minimal pour le diamètre de la conduite principale de 600mm.



1.5 Figure II-4 : Schéma de raccordement des pompes

1.1 Légende

PP : Pompe principale ;

PS : Pompe de secour

⊗ : Robinet vanne

⊗ : Débit collecteur

Q_p : Débit pompe

Les caractéristiques des conduites dimensionnées sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau II-6 caractéristique de la conduite de refoulement

caractéristiques	Parties de la conduite (refoulement)
Longueur	1500m
Diamètre	600mm
Matériau	PEHD

II-11): Calcul du rendement de la station :

Le rendement de la station de est déterminer comme suit :

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

Avec η_p : rendement de la pompe choisie qui est égale à 0,79.

η_m : rendement du moteur électrique qui est égale à 0,92.

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

$\eta_{rés}$: rendement du réseau électrique qui est égale à 0,99.

$$\eta_{sp} = 0,92 * 0,79 * 1 * 0,99 \quad \eta_{sp} = 0,72 \quad \eta_{sp} = 72 \%$$

Le temps de pompage sera : T= 24 heure/jour.

II-12): Equipements hydrauliques en amont et en aval des pompes :

Dans chaque station de pompage on distingue des équipements principaux tel que : les pompes, moteurs principaux, robinets vannes, clapet anti-retour...etc.

Les équipements secondaires (auxiliaire) comportent : les pompes d'incendie, système de levage et de manutention, etc.

II-12-1 Equipements en amont :

On amont des pompes, on a seulement

- ✓ les conduites d'aspiration
- ✓ les robinets vannentes
- ✓ les convergents
- ✓ les joints

II-12-2 Equipements en aval :

Les équipements du coté refoulements sont :

- ✓ les tuyaux de refoulement

- ✓ les robinets vannent
- ✓ les clapets anti- retour
- ✓ les divergents
- ✓ les joints.

II-12-3 Définitions et Conditions techniques :

Pour le choix des équipements cités au dessus il faut tenir compte des exigences suivantes :

- Il est largement conseillé de projeter la canalisation en font pour des considérations tant techniques qu'économiques.
- Nombre de conduites d'aspiration doivent être logiquement égale à celui du nombre de pompes.
- La longueur de la conduite d'aspiration doit être la plus courte possible (<5m), elle doit être conçue de façon a évité les coudes, et elle doit relier le plan d'aspiration à l'entrée de la pompe en présentant une pente de 5% (au minimum).
- La vanne montée à l'aspiration de la pompe pour les travaux d'entretien ou de démontage sans arrêter les pompes. Elle sert aussi au réglage des débits.
- Espacement entre les conduites d'aspiration est égale à $(1,5 \div 2)$ fois le diamètre
- Une attention particulière sera donnée au joints afin de supprimer toutes possibilités des fuites, en générale on préfère les joints soudés, pour le raccordement sur les appareillages, (vanne, pompe, clapet) on utilisera les joints a brides pour l'entretien ou réparation des appareillages.

Le convergent permet d'avoir une accélération progressive de l'écoulement, favorisant ainsi la bonne répartition des vitesses à l'entrée de la pompe au lieu d'une variation brusque du diamètre qui engendre une perte de charge singulière, donc, sa longueur est déterminée par :

$$Lc = (3.5 - 4) (Dasp - da)$$

Où : Dasp : diamètre de la conduite d'aspiration

da : diamètre de la tubulure d'aspiration.

- Contrairement à ce qui se passe à l'aspiration, la vitesse de l'eau à la sortie de la pompe peut être (3-7) m/s, par conséquent il faut ralentir

l'écoulement afin de garder une vitesse dans la plage des vitesses admissibles en plaçant un divergent.

La longueur du divergent est déterminée par :

$$Ld = (3.5 - 4) (Dr - dr)$$

Où : Dr : diamètre de la conduite de refoulement.

dr : diamètre de la tubulure de refoulement.

- Après chaque pompe, on place un clapet anti-retour dont le rôle sera d'empêcher l'inversion de l'eau lors de l'arrêt de la pompe.

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

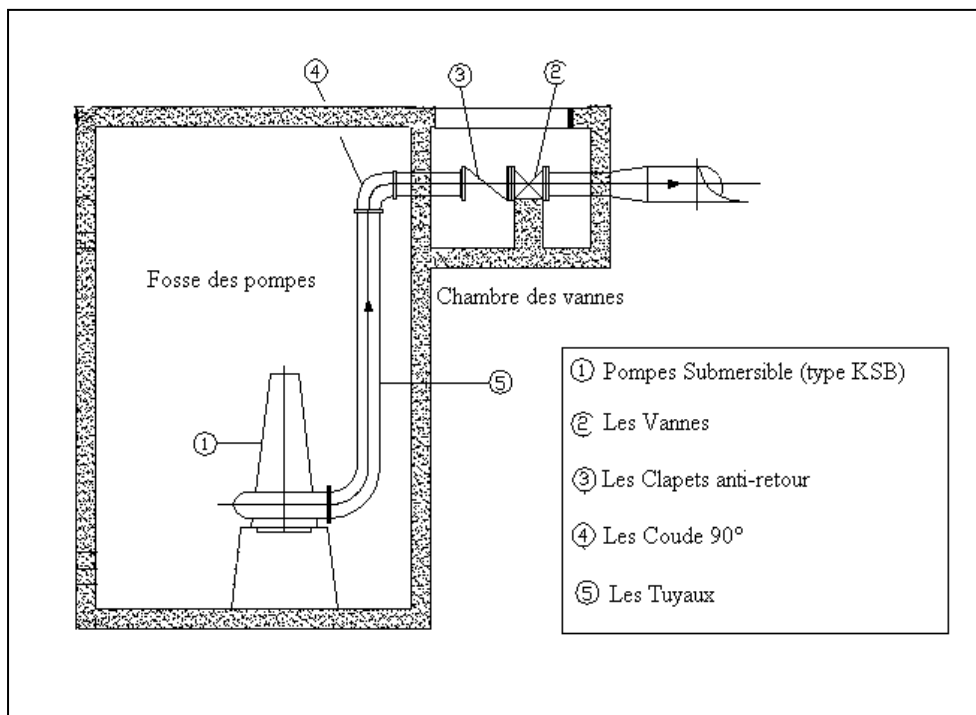


Figure II-5 : Schéma de représentation des équipements en aval.

II-13): le dimensionnement:

Le dimensionnement de la station est basé généralement sur l'encombrement des équipements qu'elle abrite, à cela s'ajoute une surface de réparation, qui se calcule par considération de l'équipement le plus encombrant. Il faut tenir compte aussi de normaliser les dimensions et l'espacement entre les groupes soit standard.

II-13-1 Consignes a respecté lors du dimensionnement:**a) Disposition des groupes :**

Les consignes de sécurité dans les installations électriques et les stations de pompage recommandent de respecter un passage admissible de 1m au moins entre les rangs des groupes.

On dispose sous chaque groupe un socle dont les dimensions sont supérieures à celle des pompes.

b) Disposition des conduites :

En conformité avec les règles de sécurité du travail, les installations des conduites doivent être de 50cm au moins sur le plancher

c) Disposition du système de levage:

En hauteur, la salle de la station est menée d'un mécanisme de levage, il est choisi en fonction du poids de l'équipement le plus lourd et la possibilité de déchargement sur la plateforme.

Entre les murs et l'extrémité du chariot, il faut laisser au moins 10cm.

d) Disposition des portes et fenêtres

Les portes principales ont des dimensions de (3x3), (3,6x3, 6), (4x3) ou (4,2x3, 2).

La surface des fenêtres de la salle des machines et des locaux de service constitue au moins 12.5m de celle de la surface du plancher de la salle lui-même et du bureau à ce propos les dimensions des fenêtres de la salle des machines prend (1.5x1.5) et celles du local du personnel prend (1x1).

e) Locaux de service de la station :

Afin de faciliter les travaux d'exploitation et de contrôle des équipements de la station, le bâtiment est équipé de locaux de personnel. Les dimensions sont déterminées selon l'importance de la station, comme notre station est de moyenne importance on trouve :

- Poste de garde :

$$H = 3\text{m}, S = 2.25 \times 2.25 = 5.06\text{m}^2$$

- Salle électrique (Armoires des puissances et de contrôle) :

$$H = 3\text{m} \quad S = 2 \times 2.25 = 4.5\text{m}^2$$

- Magasin d'entretien et de stockage :

$$H = 3\text{m}; S = 3 \times 2 = 6\text{m}^2$$

- Salle sanitaire :

$$H = 3\text{m} \quad S = 2.25 \times 1.5 = 3.37\text{m}^2$$

f) La chambre des vannes:

Les dimensions de la chambre des vannes sont en fonction des dimensions de :

- robinets vannes d'aspiration
- les clapets anti-retours

1- Robinet vanne :

Le robinet vanne installé avant et après la pompe est de type à cage méplate en fonte avec tige filetée extérieure les dimensions de ce robinet vanne son dans le tableau si dessous :

Tableau II.7: représente les dimensions de robinet vanne :

Diamètre nominal DN	Pression nominale PN	Raccord à bride PN	L	h ₁	h ₂	b ₁	Bride de raccordement							course	tige d ₂	p ₃	Poids kg	
							d ₁	k	e ₀	b ₂	f	Boulons						
												filet	des					
200	4	10	230	525	0	365	340	295	268	22	3	8	0	23	45	24	250	85

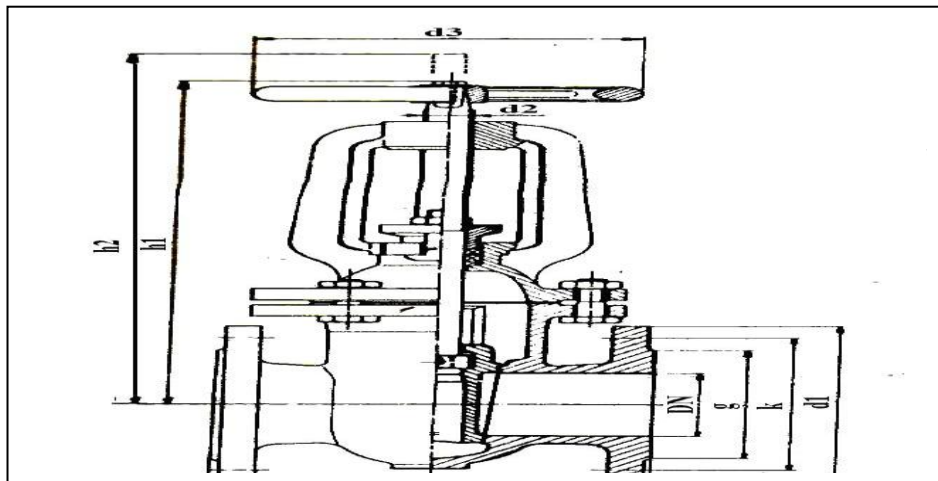


Figure II-6: robinet vanne de type à cage méplate.

2-Clapet anti-retour:

Le clapet anti-retour avec axe de battant intérieur est installé après la vanne, ses dimensions sont dans le tableau suivant :

Tableau II.7: représente les dimensions de clapet anti-retour :

Diamètre nominal DN	Pression nominale PN	Raccord à bride PN	L	H	Bride de raccordement						Poids kg	
					d ₁	k	s ₀	b ₂	F	Boulons		
										Nombre		e des filets
200	8	10	500	255	340	295	268	26	3	8	23	126

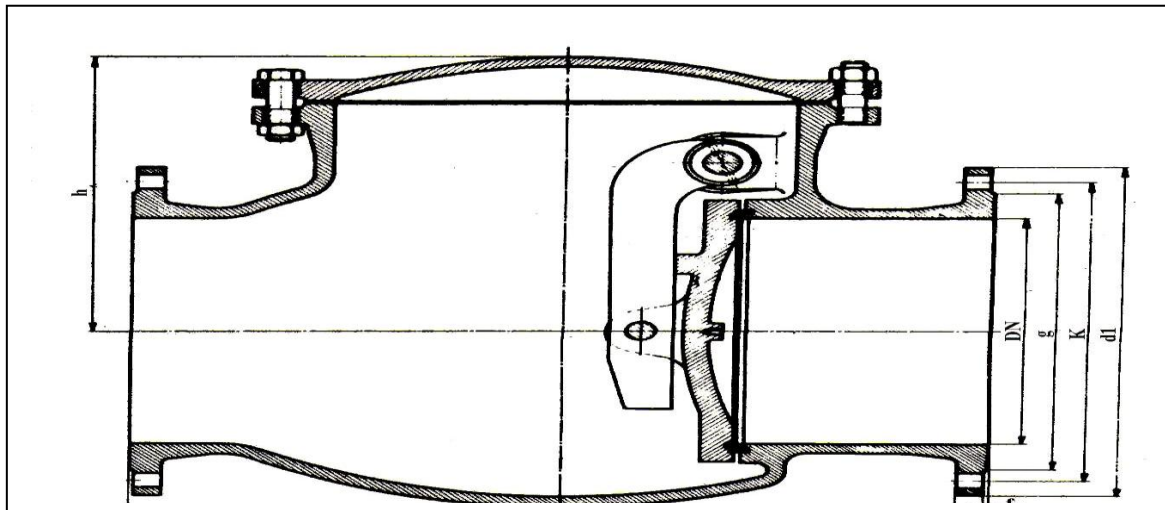


Figure II-7 : Le clapet anti-retour avec axe de battant intérieur.

g) La salle de la station:

g-1. Hauteur du bâtiment

Il est en fonction de la hauteur du système de levage $H_b = h_p + h_s$

h_p : Hauteur du système de levage ($h_p = 3m$)

h_s : Hauteur de sécurité = 0,8m

D'où $H_b = 3 + 0,8 = 3,8m$, on prend **$H_b = 4m$** .

g-2. Longueur et Largeur du bâtiment :

- Ils sont en fonction des dimensions de la bache de stockage et de la chambre de vannes, les dimensions de chaque partie de la station sont comme suivant :

Tableau II.8 : représente les dimensions de la station

	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)
Bâche de stockage	10	7	3
Chambre des vannes	10	3,5	1,5
Salle de la station	16	12,5	4

II-14): Les équipements auxiliaires de la station :

Quand on dit station de pompage c'est que les éléments principaux dans cette station sont les pompes et les moteurs, viennent par la suite les équipements en amont et en aval de la pompe. Mais une station de pompage sans équipements auxiliaires ne peut jamais fonctionner dans de bonne condition.

C'est pour cela qu'on a projeté dans notre station des équipements auxiliaires nécessaires à la bonne gestion de cette dernière, et qui sont les suivants :

- Un système de levage
- Un système de dégrillage.
- Un système anti-incendie.
- Un système d'éclairage.
- Equipement sanitaire.
- Un système de ventilation.
- Un système de drainage.

III-14 -1- Le système de levage :

Afin d'assurer le bon fonctionnement de la station de relevage des entretiens périodique doit être faites, ces entretiens généralement nécessitent des appareils tel que le système de levage, ce système est installé dans le bâtiment de la station afin de permettre de surélever et de transporter à l'intérieure de la station les groupes de pompage tels que : les pompes, les vannes, les moteurs, ... etc. sur la plate forme de démontage, le choix du dispositif se fait en fonction des pièces lourdes à déplacer et des dimensions du bâtiment.

Et comme tout autre appareil le système de levage nécessite des entretiens périodiques pour assurer le bon fonctionnement.

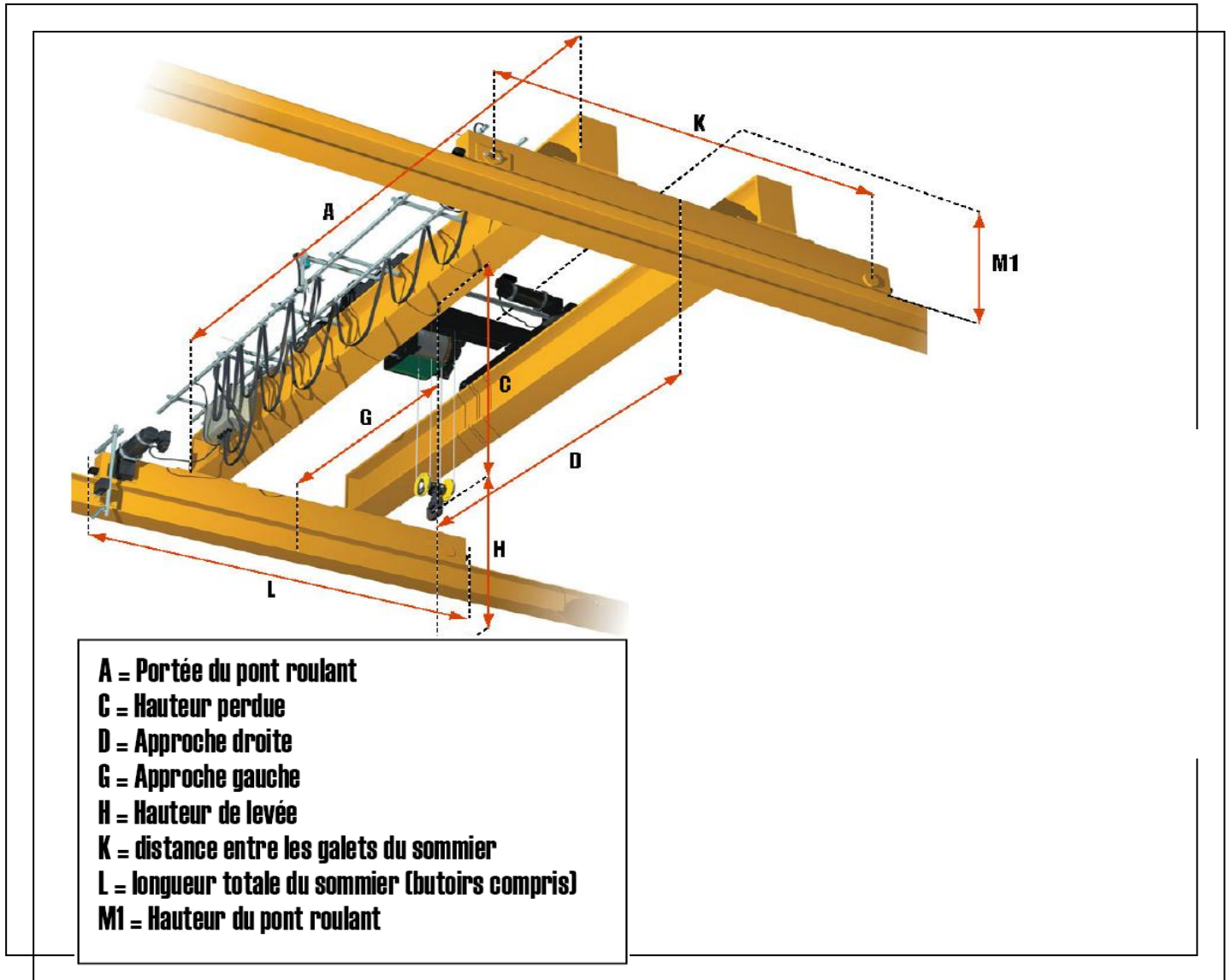


Figure II-8 : un système de levage (pont roulant).

Pour le montage et le démontage. Les équipements hydromécaniques de notre station, on propose un pont roulant qui sera choisi suivant les deux critères :

- ✓ Dimensions du bâtiment.
- ✓ Le poids de l'élément le plus lourd dans la salle des machines.

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

P : poids de l'élément le plus lourd, dans notre cas c'est la pompe $P = 1095$ kg

$$C = 1,2 * 775 = 1314 \text{ kg.} \quad \quad \quad \mathbf{C = 1314 \text{ kg}}$$

Dans cette stations de pompage en le poids de la pièce à soulever non dépasse pas de une tonne on fera appel au portique (palan à commande manuelle).

Les caractéristiques du pont choisi sont dans le tableau suivant (tirés à partir du catalogue).

Tableau II.9: représente les dimensions du pont roulant

			Dimensions (mm)					Dim chariot (mm)		Puissance KW				
Longueur (m)	Capacité de charge (t)	Traie (m)	L	C, B	H	H1	Γ	longueur	largeur	Ch	br	Api	N°	Poids (Kg)
3,6	1,314	3	300	5700	590	220	150	300	100	60	9,2	2,9	18	274

II-14 -3-Système anti-incendie:

Si par malheur un incendie se propage dans la station, un dispositif de lutte contre les feux et indispensable pour l'arrêter.

Pour l'arrêter il faut disposer des équipements suivants :

- Des bacs à sable mis aux prés des moteurs d'entraînements
- Des extincteurs mis dans des endroits accessibles par le personnel de gestion
- Une bouche d'incendie alimenté par le réseau d'AEP local ou d'une filière de la conduite d'aspiration.
- Pompes d'incendie.

Pour un volume du bâtiment inférieur à 5000m³ :

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

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

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

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

$$H_{Pinc} = H + H_{bat} + h_p$$

Ou : H : la hauteur du bâtiment.

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

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

Dans notre cas $H = 4\text{m}$, $H_b = 20 \text{ m}$, $h_p = 2 \text{ m}$.

$$H_{Pinc} = 26 \text{ m.}$$

Un débit $Q = 54\text{m}^3/\text{h}$, et la charge calculée $H = 26\text{m}$, d'après le catalogue des pompes centrifuges de l'ENSH, notre choix de la pompe d'incendie s'est fait sur une pompe en porte à faux avec les caractéristiques suivantes :

Tableau II-11: caractéristiques de la pompe d'incendie

Type	BD 250 200 370
Nombre de tours	1450tr / min
Puissance absorbée	21 Kw
Rendement	60 %

II-14 -4- Système d'éclairage :

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

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

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

II-14 -5- Equipement sanitaire :

On sait qu'une station de pompage ne fonctionne pas sans gestion des personnels,

- Un chef d'exploitation
- Un technicien en électricité industrielle
- Un électromécanicien qualifié
- Trois agents de surveillance qui travaillent (8/24) pour chaqu'un.

Alors le débit des eaux usées doit être rejeté par un équipement sanitaire. Donc on peut calculer le débit d'égout de la station par :

$$q_{\text{ég}} = K_j \cdot W \frac{n}{t \cdot 3600}$$

Ou :

K_j : coefficient d'irrégularité horaire $K_j = 2 \text{ à } 3$

On prend $K_j = 2.5$

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

n : nombre de personnes au cours d'une relève $n = 4.$

t : temps d'une relève $t = 12\text{h}$

Donc: $q_{\text{ég}} = 2,5 * 45 \frac{4}{12.3600} = 0,01 \text{ l/s}$ $q_{\text{ég}} = 0,01 \text{ l/s}$

Ces eaux usées seront évacuées par des conduites en PVC vers Le réseaux d'assainissement de la station.

II-14 -6- Système de ventilation :

Le débit d'air nécessaire à la ventilation est calculé de trois méthodes qui sont :

- La méthode d'alimentation minimum.
- La méthode du taux de ventilation.
- La méthode de l'accroissement de chaleur.

Pour calcul le débit d'air en choisies la méthode de l'alimentation minimum.

II-14 -6-1- par la méthode de l'alimentation minimum :

Cette méthode consiste à assurer une alimentation minimum de 30m^3 par personne et par heure, ceci permet le renouvellement de l'air.

$$Q = N. 30$$

N : nombre de personnel = 4

$$Q = 4. 30 = 120 \text{ m}^3/\text{h}. \quad \mathbf{Q= 120\text{m}^3/\text{h}.}$$

II-14 -6-2-Calcul du débit d'air nécessaire à la ventilation par la méthode de taux de ventilation :

Ce procédé consiste à calculer le volume total de la salle des machines et à le multiplier par le coefficient K qui est le taux de renouvellement.

$$Q=V/K$$

Avec:

Q: débit d'aire en (m^3/h).

K:taux de ventilation K=(3 à 6) heures .

V: volume de la station (salle+ bache + fosse des pompes + chambre de vannes)/.

$$V = (10 \times 7 \times 3) + (10 \times 3,5 \times 1,5) + (16 \times 12,5 \times 4) = 210 + 52,5 + 800 = 1062,5 \text{ m}^3.$$

K = 3 heures.

Donc: $Q = 1062,5 / 3 = 354,2 \text{ m}^3/\text{h}.$

II-14 -6-3-Calcul de la ventilation basée sur les accroissements de chaleur.

Il est recommandé de baser les calculs par rapport au mur qui reçoit le maximum de chaleur solaire au moment le plus chaud de la journée c'est à dire lorsque la différence entre températures extérieure et intérieure est minimale.

La ventilation nécessaire pour évacuer la chaleur pourra être calculée à partir de l'accroissement total de chaleur en Kcal/h par la formule suivante.

$$Q = \frac{\sum L}{0,288 \times (t_i - t_e)}$$

Avec: $\sum L$: somme des accroissements de la chaleur dues aux murs, toitures, fenestres et électromoteurs:

t_i : température intérieure

t_e : température extérieure

Calculons l' accroissement de la chaleur due aux moteurs :

$$L = 860 \times P_m \times N \times K \times (1 - R_m / R_m)$$

Avec :

L: chaleur produite par les moteurs en (Kcal/h).

P_m : puissance installée du moteur $P_m = 32,6$ Kw.

K: coefficient de la charge de moteur $K = P_p / P_m$

P_p : puissance absorbée par la pompe $P_p = 27,3$ Kw.

$$K = 27,3 / 32,6 = 0,84$$

R_m : rendement moyen de moteur $R_m = 0,92$

Donc: $L = 860 \cdot 32,6 \cdot 2 \cdot 0,84 \cdot (1 - 0,92) / 0,92 = 4096$ Kcal/h .

Accroissement de la chaleur à travers les murs :

$$L_m = S \cdot \alpha_m$$

Généralement , on considère que la chaleur produite par les murs, et les fenêtres et de 10% celle des moteurs.

Donc :

$$\sum L = 1,1 \cdot 4096 = 4505 \text{ (kcal/h).}$$

La température de sortie de l'aire =45C°

La température extérieure =43C°

$$Q = 4505 / 0,288 \cdot (45 - 43) = 7821 \text{ m}^3/\text{h}.$$

II-14 -7 - Système de drainage :

Le système de drainage est conçu pour l'évacuation des eaux en cas de fuite, de réparation, de nettoyage ou de n'importe quel apport d'eau dans la salle des machines.

- des caniveaux projeté aux extrémités de la station qui mènent l'eau vers des regards
- des groupes motopompes pour la vidange de la salle, si on a un débordement important

II-14 -8 - Alimentation en eau de la station de pompage :

Le débit nécessaire pour l'alimentation en eau de la station de pompage est q tel que : $q = m \cdot Q_j$; d'où Q_j : débit journalier en fonction de la dotation et le personnel ;

m : Coefficient dépendant de Q_j ;

Tableau II-12-Dans le tableau suivant on a les valeurs de Q_j et m

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

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

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

Conclusion :

A partir de ce que nous avons vu, on peut dire que nous avons pu déterminer le type de pompe favorable aux conditions de refoulement et le diamètre économique de la conduite de refoulement ainsi que les dimensions des différents équipements en amont et en aval de la pompe et les dimensions du bâtiment, on a pu équiper notre station par des équipements auxiliaires afin d'améliorer le mode de fonctionnement de la station et d'assurer une durée de vie appréciable pour la station à travers la bonne gestion.



Chapitre III

Les matériaux des organe de la pompe



Introduction:

Pour améliorer la durée de vie de fonctionnement d'une station de pompage, doit être prévue des matériaux et les différents alliages qui peut à besoin pour les différents organes de la pompe.

III-1):La corrosion des métaux :

La corrosion, au sens large du terme, peut s'exprimer comme étant la détérioration d'un matériau par le milieu dans lequel il se trouve. La corrosion peut être défini par la dégradation de l'état métallique initial pouvant aller jusqu'à sa destruction sous l'action du milieu ambiant et par un processus autre que mécanique ».

Les Romains connaissaient déjà la corrosion. Au premier siècle apr. Jésus-Christ, Pline (23 à 79 après J.C.) mentionne des méthodes de protection pour éviter la corrosion du fer et du bronze : de l'huile ou du bitume pour le bronze, de la poix, du gypse ou de la céruse pour le fer. L'étude de la corrosion a débuté aux environs du 17^e siècle, mais ce n'est qu'au cours du 19^e siècle que l'on a étudié scientifiquement les moyens de lutter contre cette corrosion.

III-2):Les facteurs de corrosion ont diverses origines :

Physiques, dues à l'érosion du vent, au sable, ou résultat de choc ... Chimiques, liées à des produits chimiques, du à la présence d'oxygène en atmosphère sèche à haute température Biologiques, les altérations étant liées au développement de micro-organismes (bactéries, champignons, algues ...) Electrochimiques, la corrosion se développe alors en présence d'un électrolyte composé par exemple d'eau, de sels et d'oxygène.

Dans les monuments historiques, la majorité des altérations des métaux est liée à l'action électrochimique ayant lieu dans des couches minces d'électrolyte, constituées d'eau atmosphérique plus ou moins polluée avec des concentrations en oxygène plus ou moins variées. En deçà d'une humidité relative d'environ 55%, la vitesse de corrosion est négligeable. Pour une humidité relative supérieure à 60%/70%, la vitesse de corrosion s'accélère mais dépendra de la nature du métal et des problèmes de condensation formés, de la température et de la pollution atmosphérique.

Cette corrosion, liée à l'humidité relative, est bien sûr accentuée en cas de brouillard et de pluies, et de pollution. Elle dépend également des différentes zones atmosphériques : zone industrielle, zone marine ou zone rurale.

Elle est susceptible d'entraîner un autre type de corrosion : la corrosion galvanique.

La corrosion se présente sous plusieurs formes. Certaines sont visibles par l'observation microscopique ; d'autres nécessitent une observation au microscope optique ou électronique. La corrosion des métaux est dans la grande majorité des cas une réaction électrochimique (une oxydoréduction) qui fait intervenir la pièce manufacturée et l'environnement. Cela conditionne le type de corrosion et la vitesse de corrosion ; dans les installations industrielles, on définit ainsi des zones de risque de corrosion appelées boucles de corrosion. La forme de la pièce et les traitements subis — mise en forme, soudure, vissage — jouent un rôle primordial. Ainsi, un assemblage de deux métaux différents (par exemple deux nuances d'acier, ou le même acier traité différemment) peut créer une corrosion accélérée ; on voit d'ailleurs souvent des traces de rouille au niveau des écrous. Si la pièce présente un interstice (par exemple entre deux plaques), cela pourra former un milieu confiné qui évoluera différemment du reste de la pièce et donc pourra aboutir à une corrosion locale accélérée. Toute hétérogénéité peut conduire à une



corrosion locale accélérée, comme par exemple aux cordons de soudure. L'hétérogénéité de l'environnement auquel est soumise une pièce métallique de composition régulière peut susciter une corrosion dite par 'pile de concentration'. Il en est de même pour une pièce métallique localisée dans une solution de composition identique mais connaissant des agitations non-uniformes. Une plaque métallique partiellement immergée subira une corrosion localisée dite 'à la ligne d'eau'.

III-3):Choix du matériau:

La première idée est de choisir un matériau qui ne se corrode pas dans l'environnement considéré. On peut utiliser des aciers inoxydables, des aluminiums, des céramiques, des polymères (plastiques)... Le choix doit aussi prendre en compte les contraintes de l'application (masse de la pièce, résistance à la déformation, à la chaleur, capacité à conduire l'électricité...). Dans l'absolu, il n'existe pas de matériau réellement inoxydable. Le terme d'«acier inoxydable» est impropre pour deux raisons : ce type d'acier contient des éléments d'alliage (chrome, nickel) qui s'oxydent (c'est cette couche d'oxyde qui protège l'acier), et d'autre part, il n'est protégé que pour certains types d'environnement, et sera corrodé dans d'autres environnements. Il existe de multiples nuances d'aciers dits «inoxydables» désignés par des noms tels que «304», «304L», «316N» etc., qui correspondent à la norme américaine AISI, appelés aussi sous la norme AFNOR respectivement Z6CN18-10, Z3CN18-10 Z6CN17-12Mo. Z indique la teneur en carbone (Z6 = 0.06 %) C le pourcentage en chrome et N en nickel. Le Z6CN17-12Mo contient du molybdène, il est plus passif que le Z6CN18-10. Chaque acier correspond à certains types d'environnements, son utilisation dans d'autres environnements pourrait être catastrophique.

III-4):Conception de la pièce:

Dans la conception, il faut s'attacher à éviter les zones de confinement, les contacts entre matériaux différents et les hétérogénéités en général. Il faut aussi prévoir l'importance de la corrosion, et le temps au bout duquel il faudra changer la pièce (maintenance préventive).

III-5):Maîtrise de l'environnement

Dans un environnement fermé (par exemple un circuit fermé d'eau), il devient possible de maîtriser les paramètres ayant une influence sur la corrosion : composition chimique (notamment acidité et dureté de l'eau), température, caractère plus ou moins abrasif et vitesse ou pression du fluide transporté, etc... Il existe également des produits dits « inhibiteurs de corrosion ». Ce type de solutions est inapplicable en milieu ouvert (atmosphère, mer, bassin en contact avec le milieu naturel, circuit ouvert).

III-6):Empêcher la réaction chimique

Il existe deux moyens d'empêcher la réaction chimique d'avoir lieu :

- On peut tout d'abord isoler la pièce de l'environnement (par une couche de peinture, de matière plastique, ou par un traitement de surface : nitruration, chromatisation, projection plasma).

-Il est aussi possible d'introduire une autre pièce pour ralentir ou empêcher la réaction ; c'est le principe de la protection cathodique. Un premier moyen de la réaliser est d'utiliser une « anode



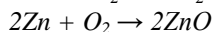
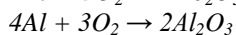
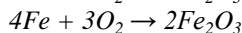
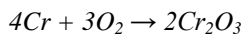
sacrificielle ». Cette nouvelle pièce (souvent en zinc ou magnésium) abaisse en effet le potentiel électrochimique de la pièce protégée en dessous du potentiel où il peut s'oxyder, et va se corroder à la place de la pièce à protéger. En milieu aqueux, il suffit de visser ou de mettre en contact l'anode sacrificielle sur la pièce à protéger. Si la pièce est de grande dimension, il faut cependant tenir compte d'une déperdition de protection liée à la chute ohmique. Celle-ci est provoquée par la résistance au passage du courant dans le milieu environnant, et elle augmente avec la distance du point de la pièce protégée au contact avec l'anode sacrificielle. Au-delà d'une certaine distance, qui dépend de la conductivité du milieu, la pièce n'est plus protégée. Il faut donc positionner les anodes à distance régulière de manière à ce que tout point se situe en dessous du potentiel où le métal peut se corroder. C'est ce qui est réalisé sur les grandes structures, par exemple les plateformes pétrolières offshore. Ces anodes sacrificielles se consomment et ont donc une durée de vie limitée, et nécessitent un remplacement périodique. À l'air, il faut entièrement recouvrir la pièce de zinc, c'est le principe de la galvanisation. Un deuxième moyen de réaliser la protection cathodique est d'abaisser le potentiel du métal avec une source électrique externe, en imposant un potentiel ou un courant entre la pièce et une anode externe positionnée au regard de la surface, mais sans contact direct avec le métal. Dans ce cas, l'anode ne se consomme pas et n'a pas besoin d'être remplacée.

III-7):Corrosion aqueuse:

III-7-a): Corrosion généralisée:

L'eau contient du dioxygène dissout (ce qui permet aux poissons de respirer). Le métal M peut donc s'oxyder par réaction avec ce dioxygène : $2M + O_2 \rightarrow 2MO$

L'écriture ci-dessus est une écriture générique, chaque métal réagissant avec des proportions différentes, par exemple :



Par ailleurs, le métal peut aussi réagir avec l'eau, produisant un dégagement de dihydrogène : $M + H_2O \rightarrow MO + H_2$

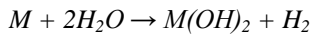
Ce phénomène est aggravé par la présence d'ions chlorure, notamment par la présence de sel dans l'eau (eau de mer, salage des routes).

L'oxydation du métal peut former

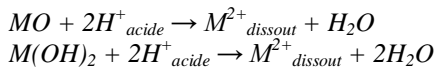
- une couche d'oxyde protectrice (adhérente, compacte) : cette couche isole le métal de l'environnement et ralentit considérablement la corrosion, c'est la passivation ; c'est le cas du cuivre, de l'aluminium et des inox ;

-une couche poreuse et/ou peu adhérente, donc non protectrice, c'est le cas de la rouille.

Il peut aussi se former un hydroxyde métallique



Les ions métalliques se dissolvent dans l'eau, notamment dans l'eau acide



Donc en milieu acide, la corrosion est accélérée. On remarque par exemple que les pièces métalliques du placard de cuisine contenant la bouteille de vinaigre rouillent plus vite que les autres.

La corrosion décrite ici touche la totalité de la surface d'une pièce. On parle de corrosion généralisée.

III-7-b): Corrosion galvanique:

- Principe de la corrosion galvanique

Lorsque l'on met deux métaux différents en contact, il se produit un phénomène de pile électrique :

-un des métaux sert de support à une décomposition de l'eau grâce à l'apport d'électrons (électrolyse) ; il « pompe des électrons » pour pouvoir réaliser cette réaction ;

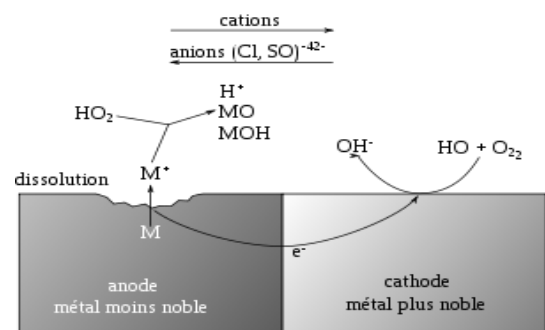
- l'autre métal s'oxyde pour pouvoir fournir ces électrons.

On parle de corrosion galvanique ou de pile de corrosion ; c'est une corrosion très rapide. On peut voir cela de la manière suivante : la corrosion est une oxydation, c'est-à-dire une perte d'électrons ; un métal « fournit des électrons » et empêche l'autre métal d'en perdre, donc de s'oxyder. Le métal qui ne se corrode pas est appelé « métal noble » ; il est totalement protégé de la corrosion par le métal moins noble. On peut faire des essais deux à deux et déterminer un classement, appelé série galvanique, du métal le plus noble vers le moins noble :

Au > Ag > Ti > acier inox > bronzes, laitons > Cr > Ni > Cu > acier, fonte > Pb > Sn > Al > Zn > Mg

Ce classement est donné pour de l'eau pure peu aérée. Il dépend des conditions : composition de l'eau, température, ... La série galvanique est différente dans l'eau salée, dans tel ou tel acide, pour telle température, ... Ainsi, si on met une vis en acier dans de l'aluminium, l'aluminium va se corroder rapidement : l'aluminium est réputé inoxydable car il forme une couche d'oxyde protectrice, mais c'est un des métaux les moins noble et est donc très sensible à la corrosion galvanique. Par contre, si on utilise une vis d'acier galvanisé, c'est-à-dire recouvert de zinc, alors l'aluminium est en contact avec le zinc : la couche de zinc sur la vis va s'oxyder très vite, mais l'aluminium sera protégé.

Notons qu'un métal noble est protégé naturellement contre la corrosion (or, argent) ; mais un métal peu noble, comme l'aluminium, peut lui aussi être protégé, par sa couche d'oxyde (passivation).



III-7-c): Corrosion localisée:

Mais on peut aussi avoir une pile de corrosion lorsque l'on n'a qu'une seule pièce :

- en raison de variations dans le métal : précipités, inclusions, soudure.
- en raison de la variation du milieu, on parle de pile de concentration.



On a donc une corrosion qui touche en priorité les interfaces entre les pièces (soudures, vissage, emmanchements, ...). La corrosion est ici localisée. La conception joue un rôle primordial : une bonne conception, en évitant de multiplier les interfaces ou en concevant bien celles-ci, permet de limiter considérablement les risques de dégradation et de rupture.

1.1 III-8): Corrosion atmosphérique:

La corrosion atmosphérique est la corrosion à l'air libre. Il peut s'agir :

- d'une réaction d'oxydation avec le dioxygène de l'air, et avec d'autres gaz réactifs éventuels : proximité d'activité volcanique (vapeurs soufrées), effluents gazeux d'un site industriel.

- d'une réaction avec l'eau de pluie, de ruissellement, les embruns, on est alors dans le cas de la corrosion aqueuse (cf. corrosion aqueuse), mais l'évacuation des produits de corrosion est plus faible qu'en milieu immergé.

Un des principaux problèmes est celui du sel : embruns, salage des routes, pluies, ... les vents entraînent le sel à plusieurs centaines de kilomètres à l'intérieur des terres. Pour évaluer ceci, on fait des tests en brouillard salin : la pièce est soumise à des cycles d'aspersion de saumure (eau salée) et de séchage, et l'on mesure la corrosion.

Un autre problème important est celui de la pollution, et en particulier des pluies acides. La limitation des teneurs en soufre des carburants limite cette pollution.

Les mesures de lutte contre la corrosion atmosphérique sont similaires à celle utilisée pour la corrosion aqueuse, avec deux spécificités :

- maîtrise du milieu : on peut simplement mettre l'objet à l'abri de l'humidité (hangar) .
- protection cathodique : l'eau ne permet plus la circulation de courant, on ne peut donc pas utiliser de protection par courant imposé ; par ailleurs, l'anode sacrificielle doit couvrir toute la pièce, on utilise donc la galvanisation (recouvrement par du zinc) ou une peinture anti-rouille.

1.2 III-9): Corrosion à chaud:

La corrosion à chaud se fait à une température supérieure à 100 °C à pression atmosphérique. On a donc :

- une absence d'eau liquide ;
- des phénomènes de diffusion qui s'accélèrent.



-La corrosion par sels fondus, ou fluxage

Le sel est apporté par l'air (proximité de la mer) ou le combustible, et il se dépose sur le métal ; il s'ensuit une dissolution du métal, le sel fondu étant un solvant.

a): Mécanisme de la corrosion sèche:

il s'agit de la formation de calamine (couche d'oxyde friable) par réaction avec les gaz : O_2 , S_2 , H_2O (vapeur), V_2O_5 , atmosphère carburante (metal dusting, le métal devient friable et part en poussière). La dégradation par corrosion sèche se fait en quatre étapes :

-adsorption du dioxygène sur la surface ;

-germination d'îlots d'oxyde et croissance latérale ;

-croissance en épaisseur d'un film continu (calamine)

-rupture sous l'effet des contraintes générées par la croissance ou par les cycles chauffage/refroidissement (dilatation/contraction) : le volume de l'oxyde est supérieur à celui du métal consommé (sauf pour le magnésium), ce qui entraîne un gonflement.

Certains métaux ont des oxydes volatils (comme par exemple le platine) ou bien poreux ou non adhérents (comme le fer), on a alors une dégradation très rapide.

1.3 III-10):Protection contre la corrosion:

a): Protection par choix d'un matériau adapté à l'environnement

- *aluminium, acier inox : pas de corrosion généralisée, mais risque de piqûration ;*
- *maîtrise du matériau : homogénéité, traitement après soudure, choix de la nuance (milieu chloruré : 316L/X2NiCrMo17-12-2) ;*
- *isoler électriquement les pièces de métaux différents (p. ex. douilles plastique) pour éviter la corrosion galvanique, mais on n'assure plus l'équipotentialité (protection contre électrocution).*

Concernant les métaux passivables (aciers inoxydables, alliages d'aluminium) : les opérations de fabrication — usinage, perçage, sciage, limage, meulage, et de manutention peuvent dégrader la couche passive ; il faut la laisser se reformer avant de mettre la pièce en service. Pour cela, il faut s'assurer que l'air arrive bien à la surface :

- *dégraissier, éliminer l'huile de coupe ;*
- *éliminer les particules métalliques étrangères ; en particulier, si l'on se sert d'outils (foret, lame de scie, lime, meule) ayant servi pour un acier non-inoxydable, cela laisse des particules ; ces particules vont rouiller, ce qui forme des taches inesthétiques, mais surtout empêche l'air de venir former la couche passive ; une précaution simple consiste à réserver des outils pour les seuls inox ;*
- *éventuellement, aider la formation de la couche passive avec un oxydant — acide nitrique (HNO_3), acide citrique — ou par opération électrolytique — anodisation ; mais il suffit en général de laisser la pièce à l'air libre.*



Concernant les soudures, il faut travailler si possible sous atmosphère neutre (TIG : tungstene inert gas), et éliminer la couche d'oxyde qui aurait pu se former malgré tout (coloration similaire aux irisations de l'huile sur l'eau, calamine) : elle n'est pas protectrice. L'élimination se fait par meulage, ou bien avec un produit à base d'acide fluorhydrique (HF) : bain, projection, application d'un pâte au pinceau.

La pâte de décapage contient parfois de l'acide nitrique pour aider à la repassivation.

b): Protection par maîtrise de l'environnement:

- conception (design) : éviter l'effet de confinement (forme des pièces), faciliter l'écoulement, homogénéiser le milieu ;
- en circuit fermé : on peut choisir le liquide utilisé, par exemple de l'eau ultra-pure (centrale nucléaire), ou bien on peut ajouter un produit appelé inhibiteur de corrosion ;
- béton « naturellement » basique : l'acidité aggrave la corrosion, or, le béton contient de la chaux qui est basique et donc empêche l'acidité, ce qui protège les fers à béton ; notons que, la rouille provoquant un gonflement, les fers sont laissés à rouiller avant d'être utilisés.

c): Protection par modification de l'interface:

- conception initiale : éviter les effets de confinement, éviter l'accumulation d'eau (pente pour permettre l'écoulement) ;
- barrière : peinture ; elle a une durée de vie limitée en raison de sa fragilité (rayures) et de la diffusion d'ions à travers la peinture ;
- couche de conversion : le métal est modifié par réaction chimique, par exemple phosphatation.

d): Protection par modification des conditions de réaction:

L'oxydation d'un métal fournit des électrons, qui doivent être consommés par une autre réaction chimique. Si l'on fournit des électrons d'une autre manière, on empêche le métal de se corroder : il ne peut plus libérer ses électrons puisqu'il y en a déjà trop, donc il ne s'oxyde pas. On parle de protection cathodique. Ces électrons peuvent être fournis par une pièce qui elle-même se corrode ; cette pièce est appelée « anode sacrificielle » ou « anode soluble ». On peut aussi fournir des électrons en imposant un courant avec une électrode plongée dans le liquide. Les méthodes utilisées sont:

- anode sacrificielle (Zn, Mg, Al) : simple et bon marché, mais provoque des rejets environnementaux (métaux dissouts) ;
- peinture anti-rouille (charge de Zn) : durée de vie limitée ;
- courant imposé : nécessite une infrastructure (générateur de courant) et une maintenance.

e): Protection contre la corrosion à chaud:

- protection par choix du matériau : choix d'un alliage réfractaire, en général un alliage formateur d'une couche d'oxyde résistante, p.ex. contenant de l'aluminium ($\rightarrow Al_{20}<3$),



du titane ($\rightarrow \text{TiO}_2$) ou bien du nickel ($\rightarrow \text{NiO}$) ; par exemple des superalliages à base nickel (Inconels), alliage de titane (TiAl6V4/TA6V), aciers spéciaux ;

- protection par maîtrise de l'environnement : filtrage de l'air (sel), contrôle de la composition des carburants ;
- protection par modification de l'interface : dépôt d'une couche de céramique.

III-11):Maintenance

- prévision d'une surépaisseur et remplacement programmé ; « tourner les tuyaux » : la condensation dans une conduite d'air comprimé provoque de la corrosion dans la partie basse, on peut simplement tourner le tuyau d'un quart de tour à chaque maintenance afin de répartir la corrosion ;
- suivi du potentiel électrique de la pièce : la tension électrique que prend la pièce par rapport à une électrode normalisée et le courant qui circule renseignent sur la vitesse de corrosion ;
- inspection de la pièce ;
- suivi d'un témoin : on place une petite plaque de même nature et on suit la corrosion sur cette plaque, ce qui permet d'éviter le démontage du dispositif.

Il faut donc prendre en compte

- le matériau :
- composition chimique.
- traitements de surface ;
- l'environnement :
- composition chimique,
- pression,
- température.

La corrosion des métaux est un phénomène naturel. Il existe de rares cas de métaux présents à l'état natif naturellement :

- l'or et plus généralement tous les métaux nobles : platine, or, iridium, osmium, ruthénium, rhodium, palladium et argent ; ceci est dû à leur potentiel standard d'oxydo-réduction positif ;
- cuivre, argent, fer de provenance météoritique.

1.4 III-12): Alliage:

Un alliage : est une combinaison d'un métal avec un ou plusieurs autres éléments chimiques. Un métal pur a des caractéristiques mécaniques relativement faibles. Le fait d'ajouter d'autres éléments permet de « durcir » (augmenter les caractéristiques mécaniques). Ces ajouts permettent également de modifier les caractéristiques chimiques des métaux (en particulier leur comportement à la corrosion) ou d'améliorer d'autres caractéristiques (facilité de mise en œuvre : coulabilité par exemple).

Le métal principal, la plus importante partie du mélange, est appelé « métal de base » ou « base ». Les éléments ajoutés volontairement sont appelés « éléments d'alliage » (ou d'addition) et les éléments non désirés sont appelés impuretés.



Les éléments d'alliages sont le plus souvent des métaux, mais peuvent également être d'autres éléments chimiques : le carbone dans l'acier ou la fonte, le silicium dans l'aluminium, etc.

Généralement, quand l'élément d'alliage n'est pas un métal, sa proportion reste faible. Ainsi, la concentration de carbone est inférieure à 2 % en masse pour l'acier et inférieure à 7 % en masse pour la fonte, alors qu'il est possible de faire un alliage cuivre-zinc (laiton) avec 50 % de chacun des éléments.

Un alliage peut être naturel, par exemple l'électrum, alliage d'or et d'argent natifs

1.5 a): Nickel et ses alliages:

Les applications exigeantes nécessitant une haute résistance à la corrosion, ou une haute résistance à la température ont souvent besoin des alliages de nickel. La famille du nickel et de ses alliages comprend: différents nickel pur, des alliages binaires de Ni-Cu, Ni-Si ou Ni-Mo, des alliages ternaires de type Ni-Cr-Fe, Ni-Cr-Mo, etc. et les superalliages.

Le nickel pur commercial se caractérise par une excellente résistance à la corrosion dans les environnements réducteurs.

Le nickel et le cuivre forment une solution solide dans toutes la gamme de compositions. Ces alliages ne peuvent donc être durcis que par écrouissage et présentent une résistance à la corrosion excellente, meilleure que le nickel pur dans des atmosphères réductrices et meilleure que le cuivre dans les atmosphères oxydantes.

Les alliages de nickel et de chrome, les alliages de nickel, chrome et fer ainsi que les alliages de nickel et de molybdène sont des alliages présentant une haute résistance des propriétés mécaniques à la température.

1.6 b): Aciers inoxydables:

L'histoire des aciers s'est heurtée, pendant des siècles à un problème majeur de résistance à la corrosion, qui n'a pu être résolu que dans les années 1910. Pour être classé dans la catégorie inoxydable, un acier doit contenir au moins 10,5% de chrome et moins de 1,2% de carbone. La norme européenne prévoit deux désignations pour les aciers inoxydables:- La désignation symbolique commence par la lettre "X", suivie par la teneur en carbone x100, puis par les symboles chimiques des éléments d'alliage dans l'ordre décroissant de leurs teneurs. Les teneurs moyennes en ces éléments sont ensuite indiquées, séparées par des tirets, dans le même ordre décroissant.- La désignation numérique, provenant de l'ancienne norme DIN, comporte 5 chiffres et commence par 1.4 ; le troisième chiffre correspond à une famille particulière de nuances et tient compte de la composition chimique. Du point de vue technique les aciers inoxydables sont classés, en fonction de leur structure en quatre familles principales: ferritiques, martensitiques, austénitiques et à durcissement par précipitation Les aciers inoxydables ferritiques sont des alliages fer/chrome ou fer/chrome/molybdène dont la teneur en chrome varie de 10,5 à 28% et dont la teneur en carbone n'excède pas 0,08%. Ces aciers ne contiennent en général pas de nickel et ne se durcissent que par écrouissage. Les aciers inoxydables martensitiques et à durcissement par précipitation contiennent en général 12 à 19% de chrome et peuvent contenir du nickel, du molybdène ainsi que d'autres éléments d'addition. Ces aciers présentent une bonne résistance à la corrosion ainsi que des propriétés mécaniques équivalentes à celles d'aciers alliés non inoxydables. Ces propriétés sont obtenues après un



traitement thermique approprié : trempe et revenu pour les aciers martensitiques, trempe et vieillissement pour les aciers à durcissement structural

Les aciers inoxydables austénitiques, sont les plus connus et les plus employés parmi ces aciers. Ils contiennent, outre une teneur en chrome de l'ordre de 17%, du nickel et des additions éventuelles de molybdène, titane, niobium. C'est l'adjonction de nickel qui permet d'obtenir une structure austénitique qui favorise la résistance à la corrosion. En fait l'absence d'une seconde phase, comme la martensite induite par la déformation ou la ferrite, est favorable à la résistance à la corrosion. Le rôle du molybdène dans ce contexte est d'augmenter la résistance aux chlorures, à l'acide sulfurique et aux acides organiques.

1.7 c): Alliages cuivreux:

c-1): Les laitons:

sont des alliages de cuivre et de zinc qui peuvent contenir jusqu'à 45% de zinc et éventuellement d'autres éléments d'alliage tel que le plomb, l'étain, le manganèse, l'aluminium, le nickel, etc. Ils présentent une combinaison unique de propriétés mécaniques et de facilité de fabrication des pièces. Les alliages de Cu et de Zn sont amagnétiques et présentent un bon comportement tribologique. Plus la teneur en Zn est élevée, plus les propriétés mécaniques augmentent, mais inversement la capacité à la déformation à froid diminue. Ceci est d'autant plus vrai lorsque les teneurs en zinc dépassent environ 36% et que la phase bêta apparaît. Dans beaucoup d'applications, les laitons sont limités par leurs faibles résistances mécaniques et dans le domaine de la connectique par leur faible résistance à la relaxation thermique. Les laitons présentent une usinabilité excellente lorsqu'ils contiennent du Pb.

c-2): Les bronzes:

sont des alliages de cuivre et d'étain, bien que cette dénomination soit improprement utilisée parfois pour désigner d'autres alliages comme ceux de cuivre et d'aluminium ou de béryllium. Dans le domaine de la connectique, où les bronzes sont couramment utilisés, on parle souvent de bronzes au phosphore. Ceci provient du fait que lors de la coulée, la désoxydation se fait avec du phosphore et que ceux-ci en renferment toujours une certaine teneur résiduelle. Les bronzes contenant 4, 6 ou 8% d'étain présentent une bonne aptitude à la déformation à froid et de meilleures caractéristiques mécaniques que les laitons mais leur résistance à la relaxation thermique n'est guère meilleure.

c-3): Les maillechorts :

sont des alliages ternaires de cuivre, de nickel et de zinc. Certaines nuances contiennent du plomb afin d'en augmenter l'usinabilité. Les caractéristiques mécaniques des maillechorts sont supérieures à celles des laitons, leur résistance à la corrosion est bien supérieure et les maillechorts monophasés se comportent aussi bien que les laitons lors de la déformation à froid. Les nuances disponibles, sous forme de bandes et feuilles laminées à froid minces, sont toujours monophasées à l'exception de celles qui contiennent du plomb.

1.8 d): Alliage d'aluminium:

L'aluminium et ses alliages présentent un ensemble de propriétés qui dans bien des circonstances en font des matériaux irremplaçables. Parmi celles-ci citons sa faible densité -



près de trois fois plus faible que les aciers -, sa résistance à la corrosion - grâce à sa couche d'oxyde Al_2O_3 qui se forme à sa surface -, sa facilité de mise en forme et sa conductivité électrique qui dans l'état commercialement pur atteint 62% de celle du cuivre.

Les alliages d'aluminium et de magnésium, contiennent en général moins de 4% de magnésium et ne sont pas sujets au durcissement structural. La majeure partie du magnésium se trouve en solution solide dans ces alliages, Certains alliages d'aluminium, comme les alliages contenant du cuivre et du magnésium, peuvent présenter un durcissement structural. possède des caractéristiques mécaniques moyennes, comparativement AlCuMg2 mais se soude facilement et présente une très bonne résistance à la corrosion atmosphérique.

1.9 e): Principaux alliages:

Alliages de fer:

- fonte : fer + carbone (à plus de 2,1 % et jusqu'à 6,7 % en masse de carbone)
- acier : fer + carbone (à moins de 2,1 % en masse de carbone)(+ des traces éventuelles de Ni,Cr,Mo en faible pourcentage (< 4 %))
- acier inoxydable : fer + carbone + nickel + chrome, et parfois, molybdène, vanadium
- cuani : (2,7 de fonte et 2,8 de nickel)

Alliages de cuivre:

- bronze : cuivre + étain ; l'airain est l'ancien nom du bronze
- laiton : cuivre + zinc
- billon : cuivre + argent ; utilisé principalement pour frapper des monnaies de faible valeur

1.9.1 *Alliages moins connus:*

- **alliage plomb-étain : pour la soudure**
- **amalgame : mercure + un autre métal, par exemple or ou cuivre ; le terme désigne également un mélange de métaux utilisé pour les soins dentaires (« plombage »)**
- **mailechort : cuivre + zinc + nickel**
- **monel® (nom commercial) : nickel + cuivre**
- **régule : étain ou plomb + antimoine**
- **ruolz : nickel + argent + cuivre**
- **zamak : zinc + aluminium + magnésium + cuivre et autres « ZL » (composant principaux : zinc et aluminium)**

1.10 f): Les bronzes avec éléments d'addition:

Dans certains alliages on ajoute : du phosphore, du zinc, du plomb.

Le phosphore permet d'augmenter les caractéristiques mécaniques. Le zinc augmente la coulabilité ainsi que la malléabilité de l'alliage. Le plomb (jusqu'à 6 %) permet une meilleure usinabilité. Les bronzes utilisés pour les pièces de frottement peuvent contenir jusqu'à 30 % de plomb. Enfin, le béryllium apporte une dureté exceptionnelle au bronze, qui se rapproche de la dureté des aciers, tout en gardant toutes les qualités de frottement spécifiques au bronze



III-13): Les avantages et les inconvénients des divers matériaux utilisés pour les canalisations :

a): La fonte ductile est pérenne et dispose d'une profusion de pièces pour les branchements et raccordement mais,

... présente un nombre de joints important et nécessite des butées "béton" lors des changements de direction pour les joints standards.

La fonte ductile (1,7 à 5 % de carbone) :

le carbone de la fonte grise se présente sous forme de graphite lamellaire qui peut entraîner la formation de fissures. La fonte ductile a une meilleure résistance mécanique car elle est à graphite sphéroïdal (GS) ce qui élimine tout risque de propagation des fissures. Pour éviter la corrosion, elle est revêtue intérieurement de mortier de ciment et extérieurement de zinc métallique et de peinture bitumineuse. Lorsque que l'eau est très agressive, les revêtements sont renforcés. Les raccords entre tuyaux se font par emboîtement avec joint élastomère, tous les 6 à 8 m (selon le diamètre). Ces joints permettent des orientations angulaires importantes mais exigent des butées en béton ou des systèmes de verrouillage adaptés pour les changements de direction. L'installation de la fonte nécessite un remblai plus soigné que pour l'acier. Par rapport au PVC, les coûts de manutention sont plus chers car la fonte est plus lourde, tout comme les coûts hors pose pour les diamètres < 400 mm.

b):L'acier permet une réduction importante du nombre de joints et est concurrentiel à la fonte au niveau du prix mais,

... nécessite une protection cathodique contre la corrosion.

L'acier (0,1 à 1,7 % de carbone) :

L'élasticité de l'acier, déterminée par l'épaisseur du corps et la nuance d'acier utilisée, est plus importante que celle de la fonte. Les risques d'ovalisation sont donc plus grands pour des tubes plus légers. Deux types de revêtements intérieurs sont appliqués pour assurer une protection contre la corrosion : le mortier de ciment pour les petits diamètres (80 à 600 mm) et la résine époxy pour les grands diamètres (500 à 2500 mm). Les revêtements extérieurs sont tri-couches : résine époxy de forte adhérence à l'acier et de bonne résistance chimique ; adhésif copolymère ; polyéthylène (ou polypropylène). Malgré cela, l'acier nécessite une protection cathodique contre la corrosion extérieure. L'assemblage, réalisé par soudure est plus cher que les raccords pratiqués sur la fonte mais assure une bonne étanchéité ainsi qu'une continuité de la résistance mécanique et de la flexibilité de la conduite sans point faible aux joints. L'absence de joint dans les grandes portions rectilignes permet une pose plus rapide que celle de la fonte.

c): Le béton est un bon compromis entre l'acier et la fonte (pose continue sans joint, protection cathodique inutile) mais,

... peut affecter les caractéristiques organoleptiques de l'eau.



Le béton âme-tôle :

les tuyaux en béton, utilisés pour des diamètres de 400 à 4000 mm, ont un tube médian en acier mince terminé par des bagues d'about pour permettre leur assemblage soit par joints soudés et rejointement au mortier, soit par joints à garniture en élastomère (petits diamètres). Dans le cas des joints soudés, l'acier garantit l'étanchéité absolue et immédiate de la conduite et participe à sa résistance mécanique. Le béton assure quant à lui une protection contre la corrosion intérieure et extérieure. Le coût hors pose est moins élevé que celui du PVC au delà de 300 mm de diamètre. L'inconvénient du béton est qu'il peut affecter les caractéristiques organoleptiques de l'eau par relargage de produits (retardateur de prise, anti-gel...).

d): Le PVC n'est pas cher pour les petits diamètres, résiste à la corrosion, permet une manutention plus aisée mais,

... se dégrade à la lumière et au gel et relargue certaines substances dans l'eau.

Le PVC :

le polychlorure de vinyle a une bonne résistance à la corrosion et sa flexibilité permet de mieux résister aux mouvements de terrain. Il est disponible à des longueurs et diamètres variés mais il se vend surtout pour ceux < 300 mm. Les raccords entre tubes sont faciles : le collage (aujourd'hui abandonné car il entraîne des fuites) et l'emboîtement avec des joints en caoutchouc. La légèreté du matériau facilite sa pose donc en réduit le coût. Par contre, le PVC se dégrade à la lumière et au gel, il est perméable aux composés gazeux et à certains solvants (cétone, éthers, hydrocarbures, pesticides...) et il peut relarguer des chlorures et des additifs de fabrication (colorant, lubrifiant de démoulage, anti-oxydant, anti-UV, stabilisants thermiques...).

e): Le PE résiste à la corrosion, à la casse et aux UV, permet une manutention plus aisée mais,

... demande un savoir faire spécifique pour les raccords, a des risques d'ovalisation pour les gros diamètres, coûte cher et relargue certaines substances.

Le PE :

le polyéthylène se divise en deux classes selon le procédé de fabrication et les additifs utilisés : le PE haute densité (PEHD) et le PE basse densité (PEBD), plus souple et moins cher. Les diamètres peuvent aller jusqu'à 2500 mm. Pour les petits diamètres, le PE peut s'enrouler en couronne sur des centaines de mètres ce qui permet de diminuer le nombre de raccords et donc le risque de fuites. Sa souplesse lui donne également une grande adaptabilité au sol et une grande résistance au choc mais peut en contrepartie entraîner des risques d'ovalisation pour les plus gros diamètres. Le PE est plus cher que le PVC et de l'ordre de grandeur de la fonte . Il est inerte chimiquement et donc ne se corrode pas. Il résiste aux UV grâce au noir de carbone et est reconnaissable par son liseré bleu spécifique à l'eau potable. Par contre, les raccords demandent un savoir faire spécifique car le collage n'est pas possible : il faut une fusion. Elle se fait par soudure bout à bout (au miroir) pour les diamètres < 315 mm et par électrofusion pour les diamètres inférieurs (chère pour les gros diamètres). La soudure bout à bout a une meilleure résistance mécanique mais sa mise en œuvre sur le terrain est plus lourde.

d): Le PRV résiste excellente à la corrosion, à la mécanique élevée, étanchéité parfaite.

Coute très cher a cause ces tu une nouvelle technique.

Le PRV:

le plastique renforcée en fibre de verre est une mâtereaux très répondu dans le monde vu ces qualités incomparables et ses avantage par à rapport à d'autre matériaux , et les avantage sont les suivent:

Grande résistance à la corrosion

- *Effluent de pH 1 à 10.*
- *Longue durée de vie.*
- *Faibles coûts de maintenance.*
- *Caractéristiques hydrauliques constants.*

Poids léger.

- *4 fois plus léger que la fonte.*
- *7 fois plus léger que le béton.*
- *Longue durée de vie.*
- *Faibles coûts de manutention et de pose.*
- *Mise en œuvre rapide.*

Autres avantages :

- *Résistance mécanique très élevé.*
- *Surface intrne parfaitement lisse.*
- *Etanchéité parfaite.*
- *Très bon coefficient hydraulique.*
- *Transformation aisée sur site "par simple coupe".*



Fig III 1: une Simple coupe



Fig III 2: Facile à transportée même pour les grands diamètres (léger).

CONCLUSION:

Les pompes se composent de différentes organe et chaque une à son fonctionnement dans différentes condition, chaque organe nécessite un type de matériaux qui S'adapte aux conditions affecté pour amélioré la duré de vie , c'est à dire amélioré le rendement de notre pompe et la station en générale.

Et pour cela il faut prendre en compte différents paramètres qui sont :

- *le matériau.*
- *composition chimique.*
- *traitements de surface .*
- *l'environnement.*
- *pression.*
- *température.*
- *Economique.*

Les différents matériaux des organes de notre pompe :

La Roue : bronze

Le corps de la pompe : la fonte

Arbre: acier inoxydable

Supporte de pailler: la fonte grise

Le choix de type de canalisation est très important et il est basé sur différentes conditions (type et caractéristiques du sol et du liquide à transporté, économie du cout de canalisation).

Pour notre projet en choisir le (PEHD) pour le canal de refoulement, et la font pour la conduit d'aspiration



Chapitre IV

La variation de débit par variation de vitesse

Introduction:

L'énergie électrique consommée par les pompes représente une part importante de l'énergie électrique consommée dans le monde, Des économies d'énergie substantielles peuvent être réalisées dans ces applications par l'entraînement des pompes à vitesse variable, par rapport à des solutions où la régulation des débits ou pressions est réalisée par des moyens mécaniques, ou électrique.

IV-1): variation de débit à vitesse fixe :

Dans la plupart des applications, la débit de fluide à transporter est variable dans le temps, selon les besoins des utilisateur, en utilisant la pompe a vitesse fixe, différent méthode sont employées.

A): Utilisation de vanne en aval de la pompe:

Le principe consiste à réduire la section utile de la canalisation en aval de la pompe. Il en résulte une augmentation des pertes en charge dans le circuit, ce qui se traduit par une augmentation de la pression en sortie de la pompe, et une dissipation d'énergie dans le fluide. La figure suivante présente le phénomène.

Le point de fonctionnement A correspond au débit nominal Q_n , le point B et le point de fonctionnement au point réduit Q_r . Le optimale de fonctionnement du circuit pour ce débit Q_r serait le point C. la puissance colorée représente donc la puissance perdue par ce mode de fonctionnement.

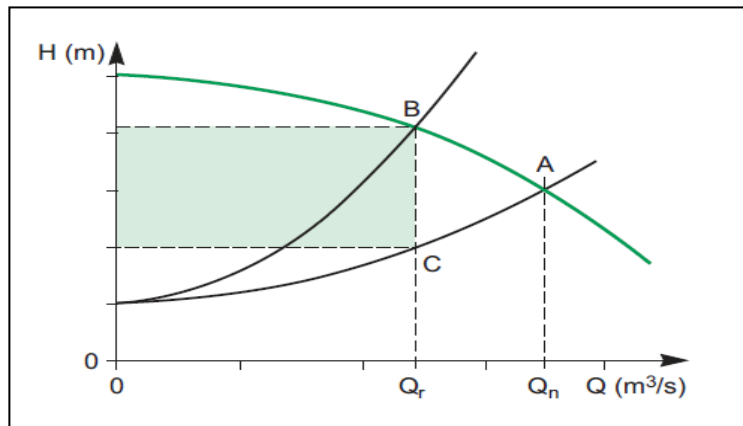


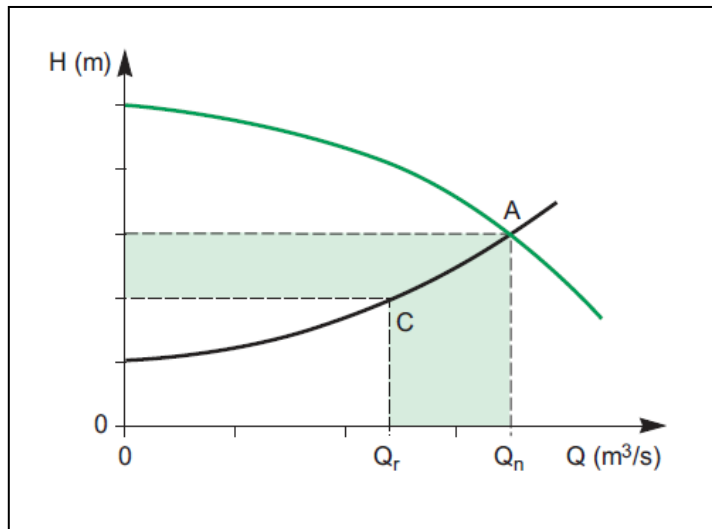
Fig IV. 1: Variation de débit par utilisation d'une vanne

B): Utilisation d'une circuit de dérivation (by-pass):

Le principe consiste à renvoyer une partie du fluide pompé vers la source, par une vanne de dérivation. Ce dispositif permet un contrôle précis du débit mais présente l'inconvénient d'une faible efficacité énergétique.

Sur la figure suivante le point A est le point de fonctionnement correspondant au débit nominal Q_n . le point optimal de fonctionnement de ce circuit pour un débit réduit Q_r serait le

point C. la vanne de dérivation située en aval de la pompe ne modifie pratiquement pas le point de fonctionnement de celle-ci la surface coloré représente donc la puissance perdue avec ce mode de fonctionnement .ce mode de fonctionnement permet d'obtenir une faible valeur de débit utile sans risquer une augmentation excessive de la pression à la sortie de la pompe .



FigIV. IV.2 : Variation de débit par utilisation d'une vanne de dérivation

C): Fonctionnement intermittent:

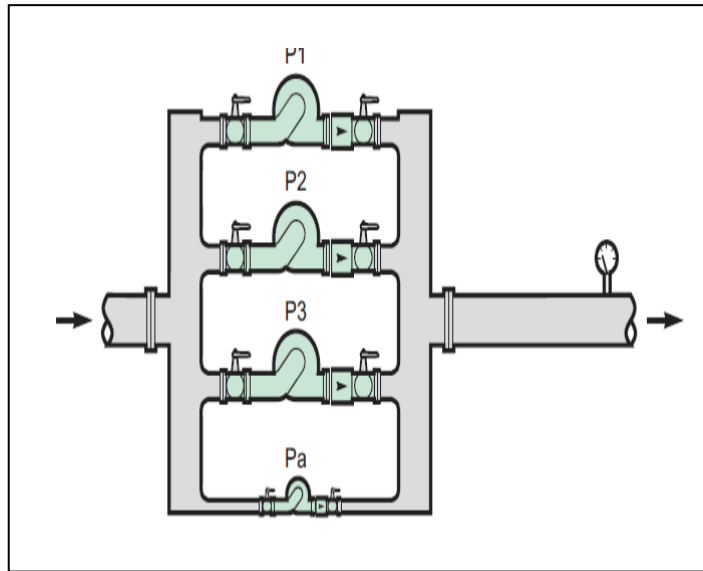
Ce mode de fonctionnement est couramment utilisé pour le remplissage d'une réservoir d'accumulation, comme un château d'eau .la pompe st choisir pour fonctionner à son rendement optimal pour la hauteur d'eau dans le circuit considéré, et le débit maximal nécessaire .la pompe est mis en fonctionnement pendant les période ou l'électricité et le moins chère. L'inconvénient de cette méthode est de faire fonctionner la pompe à son débit maximal et donc d'avoir des pertes en charge maximal dans le circuit.

D): Couplage des pompes:

Lorsque le débit dans un circuit doit varier dans de grandes proportions, il est intéressant de mettre en œuvre plusieurs pompes en parallèle.

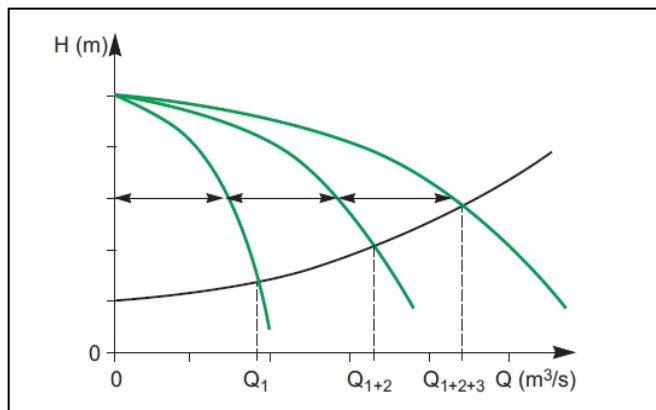
Cette configuration, illustrée sur la figure suivent de faire fonctionner les pompe au plus près de leur meilleur rendement.

Si par exemple trois pompes identiques sont installées en parallèle, la courbe de HMT résultante est obtenue point par point en additionnant les débits correspondant à une hauteur manométrique donné. Sur un circuit donné, il existe donc trois points de fonctionnement possible, en fonction du nombre de pompe en service, comme représenté sur la figure suivent



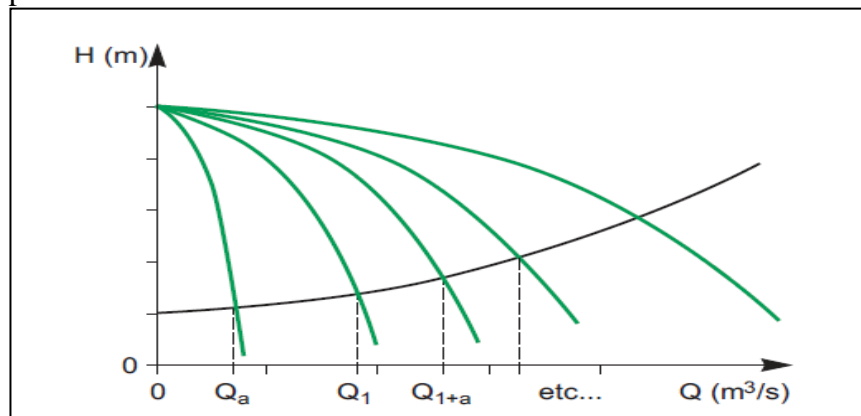
FigIV. 3 : Association de pompes en parallèle

Des point de fonctionnement intermédiaire peuvent être obtenus par la mis en œuvre d'une pompe d'appoint le plus faible puissance, comme illustré sur la figure suivante:



FigIV. 4 : Association de pompes identiques en parallèle.

Suivent le même principe, il est courant de mettre en œuvre une pompe de faible puissance, dite "pompe jokey", qui permet de maintenir le circuit sous une pression minimal lorsque les pompes principales sont à l'arrêt.



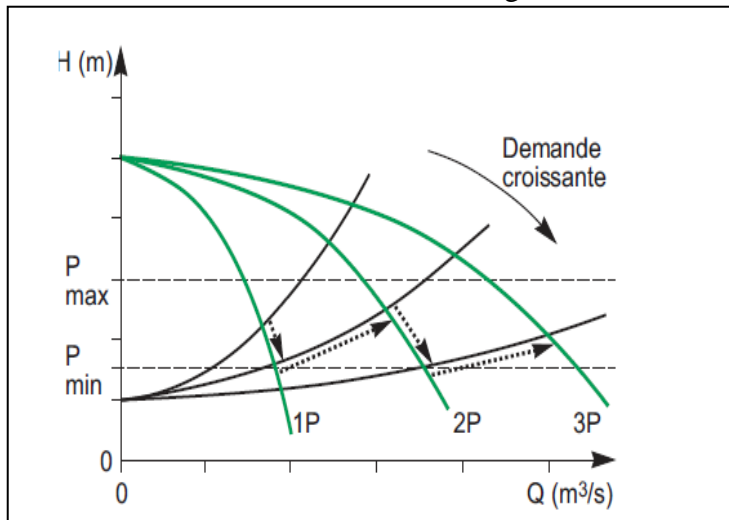
FigIV.5 : Utilisation d'une pompe d'appoint.

E): Fonction supprimeur:

Les ensembles des pompes couplées en parallèle sont en général associées à une régulation manométrique, afin de maintenir la pression dans le circuit entre deux valeurs, minimale et maximale.

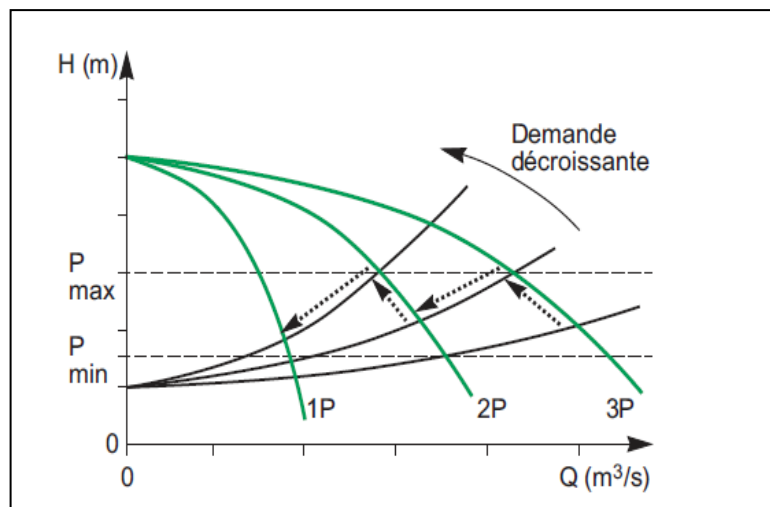
Une demande croissant se traduit par une diminution des pertes en charge, résultant de l'ouverture des robinets en aval, et une diminution de la pression.

Lorsque la pression minimale est atteinte, la mise en service d'une pompe supplémentaire est nécessaire. Ce fonctionnement est illustré sur la figure suivant :



FigIV. 6 : *Fonctionnement d'un supprimeur à débit croissant.*

Inversement, une demande décroissant se traduit par une augmentation des pertes en charge, résultant de la fermeture des robinets en aval, et une augmentation de la pression .lorsque la pression maximale est atteinte , la mise hors service d'une pompe est nécessaire. Ce fonctionnement est illustré sur la figure suivant:



FigIV. 7 : *Fonctionnement d'un supprimeur à débit décroissant*

IV-2): Fonctionnement à vitesse variable:

les caractéristiques fondamentale d'une pompe centrifuge sont directement liées à sa vitesse de rotation en considérant la pompe isolément (sans tenir compte de hauteur de colonne d'eau), pour une vitesse de rotation N autre que la vitesse nominale N_n :

le débit Q est proportionnel à (N/N_n) .

La hauteur manométrique set proportionnel $(N/N_n)^2$.

La puissance P est proportionnel $(N/N_n)^3$.

A partir de la caractéristique à vitesse nominale, les caractéristique (HMT- Q) pour une vitesse différent peut être tracée point par point , les point homologues étant situées sur une parabole.

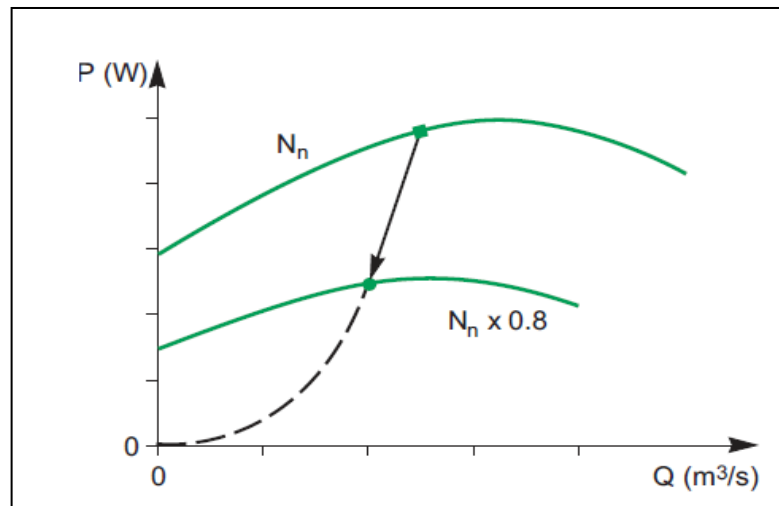


Fig IV. 9 : Caractéristiques (P-Q) d'une pompe centrifuge pour deux valeurs de vitesse.

De même, les caractéristiques (P-Q) peut être tracée point par point , les point homologues étant situés sur une courbe cubique, comme illustré sur la figure suivent :

A): Variation de débit dans un circuit donné:

Nous avons vu plus qu'il était possible de faire varier le débit d'une pompe fonctionnant à vitesse fixe, en utilisant une vanne placée en aval. Ce mode de fonctionnement, la figure IV.10 Permet d'illustrer le gain de puissance réalisé lorsque la variation de débit est obtenue en faisant varier la vitesse de rotation de la pompe. La puissance utile fournie par la pompe étant proportionnelle aux surfaces rectangulaires colorées, on observe une nette réduction de la puissance lors du fonctionnement à vitesse variable.

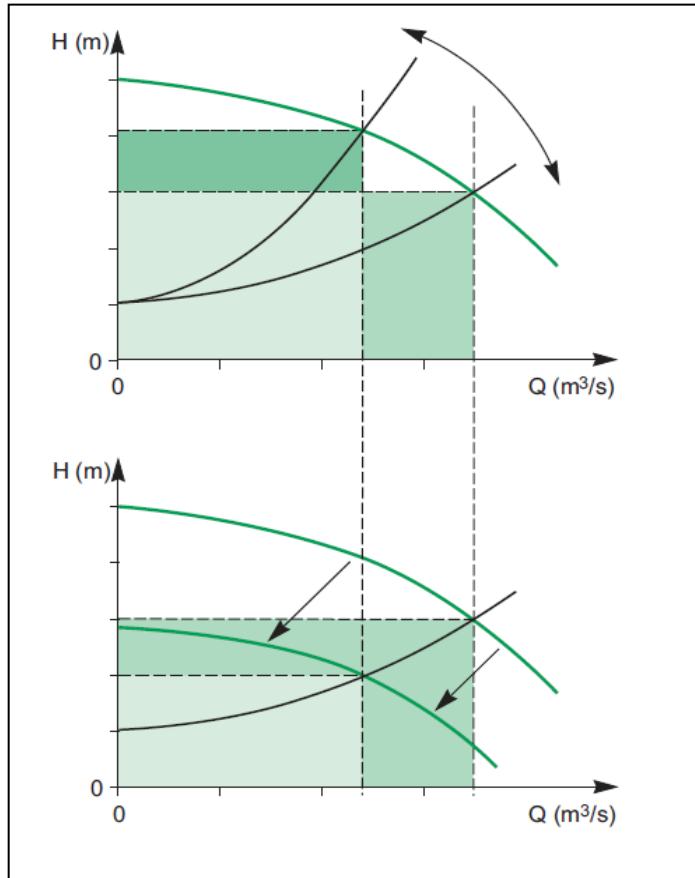


Fig IV. 10 : Variation de débit à vitesse constante et à vitesse variable.

La variation de vitesse de rotation permet d'utiliser la pompe constamment à son meilleur rendement. Les surfaces rectangulaires colorées sont donc dans ce cas directement proportionnelles à la puissance absorbée par la pompe. La variation de la puissance absorbée dans cet exemple est illustrée sur la figure suivante :

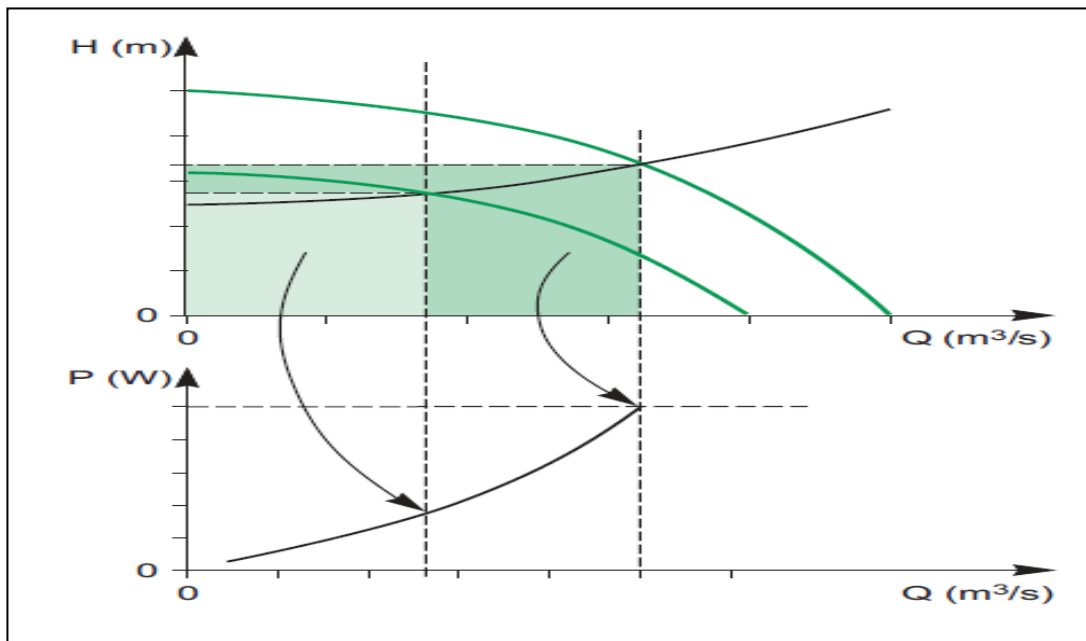


Fig IV. 11 : Variation de puissance à vitesse variable.

**IV-3): Les différentes solutions:**

les différentes possibilités de réduction de débit sont:

- utilisation de vanne.
- Utilisation d'une circuit de dérivation (by –passe).
- Couplage des pompes.

IV-4): Variateur de vitesse:

Un variateur de vitesse est un équipement électrotechnique alimentant un moteur électrique de façon à pouvoir faire varier sa vitesse de manière continue, de l'arrêt jusqu'à sa vitesse nominale. La vitesse peut être proportionnelle à une valeur analogique fournie par un potentiomètre, ou par une commande externe : un signal de commande analogique ou numérique, issue d'une unité de contrôle. Un variateur de vitesse est constitué d'un redresseur combiné à un onduleur. Le redresseur va permettre d'obtenir un courant quasi continu. À partir de ce courant continu, l'onduleur (bien souvent à Modulation de largeur d'impulsion ou MLI) va permettre de créer un système triphasé de tensions alternatives dont on pourra faire varier la valeur efficace et la fréquence. Le fait de conserver le rapport de la valeur efficace du fondamental de la tension par la fréquence (U_1/f) constant permet de maintenir un flux tournant constant dans la machine et donc de maintenir constante la fonction reliant la valeur du couple en fonction de ($n_s - n$).

IV-5): FONCTIONNEMENT DU MOTEUR :**IV-5.1): Démarrage:**

Lors d'un démarrage d'une machine asynchrone, le courant d'enclenchement peut atteindre plusieurs fois le courant nominal de la machine. Si l'application utilise un variateur ou un démarreur, c'est ce dernier qui se chargera d'adapter les tensions appliquées à la machine afin de limiter ce courant. En l'absence de variateur de vitesse, il existe plusieurs méthodes permettant de limiter le courant de démarrage. Elles ont été développées avant l'apparition de l'électronique de puissance mais sont encore utilisées de nos jours dans les installations anciennes ou par mesure d'économie pour des applications ne nécessitant pas de variateur en dehors du démarrage.

IV-5.1.a): Démarrage sous tension réduite:

Plusieurs dispositifs permettent de réduire la tension aux bornes des enroulements du stator pendant la durée du démarrage du moteur ce qui est un moyen de limiter l'intensité du courant de démarrage. L'inconvénient est que le couple moteur est également diminué et que cela augmente la durée avant laquelle la machine atteint le régime permanent.

IV-5.1.b): Démarrage étoile-triangle:

Lors d'un démarrage étoile-triangle, la machine est d'abord connectée au réseau avec un couplage étoile, puis une fois démarrée, on passe sur couplage triangle. Le fait de démarrer avec un couplage étoile permet de diviser par $\sqrt{3}$, la tension appliquée. Ainsi, le



maximal absorbé est trois fois plus faible que lors d'un démarrage directement avec un couplage triangle. Le couple de démarrage est lui aussi trois fois plus faible que lors d'un démarrage en triangle. La surintensité lors du passage étoile-triangle est inférieure au courant d'appel d'un démarrage effectué directement en triangle.

Réalisée simplement à l'aide de contacteurs, cette méthode de démarrage est très économique.

IV-5.1.c): Démarrage par autotransformateur:

Dans ce mode de démarrage, le stator de la machine asynchrone est relié à un autotransformateur qui permet d'effectuer un démarrage sous tension variable. La tension est progressivement augmentée, l'intensité du courant ne dépassant pas la valeur maximale désirée.

IV-5.1.d): Démarrage résistif:

Lors d'un démarrage résistif, on insère des résistances en série avec les enroulements statoriques ce qui a pour effet de limiter la tension à leurs bornes. Une fois le démarrage effectué, on court-circuite ces résistances. Cette opération peut être effectuée progressivement par un opérateur à l'aide de rhéostats de démarrage.

IV-5.2): Freinage:

On distingue plusieurs types de freinage :

- **Arrêt en roue libre** : (mise hors tension du stator)
- **Arrêt piloté** : Tension statorique progressivement passée à tension nulle
- **Freinage hypersynchrone** :

Lorsque la vitesse du rotor est supérieure à la vitesse du champ tournant, le moteur freine. Couplé à un variateur de fréquence qui diminue progressivement la vitesse du moteur on peut arrêter un moteur. Le couple de freinage est faible : la courbe du couple en fonction de la vitesse, pour différentes valeurs du glissement montre que le couple résistant n'est pas très important pour un glissement compris entre 0 et -1. Cette méthode n'est donc pas très efficace pour freiner rapidement une machine asynchrone.

- **Arrêt par injection de courant continu** :

L'alimentation en courant continu du stator crée un champ fixe dans la machine qui s'oppose au mouvement. C'est la méthode la plus efficace pour freiner la machine, mais les contraintes en courant sont également très sévères. La commande de l'intensité du courant continu permet de piloter le freinage.

- **Arrêt à contre-courant** :

Le principe consiste à inverser deux phases pendant un court instant. Ceci est donc équivalent à un freinage hypersynchrone, mais à fréquence fixe. Le couple résistant est donc faible et le courant appelé est également très important (de l'ordre de 10 à 12 fois l'intensité nominale). La conséquence en est que les enroulements du moteur risquent un sur-



échauffement : on peut prévoir des résistances supplémentaires afin de diminuer l'intensité. Enfin, avec cette méthode, le couple décélérateur reste négatif même lorsque la vitesse est égale à 0 tr/min, il faut donc prévoir de couper l'alimentation quand la vitesse est nulle (temporisation, contact centrifuge), sinon la rotation s'inverse.

- **Freinage mécanique par électro-frein :**

ce système est constitué d'un frein à disque solidaire de l'arbre de la machine asynchrone et dont les mâchoires initialement serrées hors tension sont commandées par un électroaimant. Après alimentation de l'électroaimant, les mâchoires se desserrent laissant la rotation libre. La coupure de l'alimentation provoque le freinage. Ce dispositif aussi appelé « frein à manque de courant » est souvent prévu comme dispositif d'arrêt d'urgence .

IV-7): Applications:

- Machines-outils
- Ascenseurs
- Treuils
- Pompes
- Électroménager

Conclusion :

L'utilisation de la vitesse variable dans la circulation des fluides est. Le principal facteur de réduction de consommation d'énergie dans de nombreuses installations industrielles.

Les économies d'énergie sont particulièrement importantes si des débits partiels sont fréquemment utilisés. L'investissement d'un variateur de vitesse est très rapidement récupéré et permet des économies importantes par la suite.

En plus des économies d'énergie, les variateurs de vitesse apportent dans ces applications de nombreux avantages en termes d'efficacité Energétique. Ainsi les contraintes mécaniques comme les coups de béliers, la cavitation.

Par des accélérations et décélérations progressives et contrôlées du moteur. La durée de vie des équipements s'en trouve donc prolongée. La conduite du procès est par ailleurs largement améliorée et facilitée par un ajustement précis des besoins en débit et pression des fluides.



Chapitre V

Organisation De chantier

Introduction

Les terrassements représentent la partie notable de l'exécution de notre ouvrage (Partie souterraine, la conduite de refoulement ...)

En général l'exécution des terrassements n'est pas un travail difficile, elle se complique cependant dans certains cas naturels tels que les mauvais terrains, rencontre des venues d'eau ou autres telles que les voies ferrées, les routes, etc...

2. V-1 Choix des engins de terrassement :

Il est important de choisir pour chaque type de travaux, l'engin et le matériel, les mieux adaptés, de manière à obtenir un meilleur rendement. Pour notre cas on a envisagé de choisir les engins suivants :

2.1 V-1-1 Bulldozer :

Grâce à sa puissance qui est caractérisée par celle du tracteur et qui varie de 25 à 400 ch, ainsi que par la longueur de sa lame qui varie de 1,8 à 6m le bulldozer permet de préparer les terrains à excaver, et d'éliminer les obstacles.



Figure V-1 : Le Bulldozer

2.2 V-1-2 Pelle équipée en rétro :

On opte pour un excavateur à godet de 0,5m³, pelle équipée en rétro, vu ses avantages adaptés à la coupe transversale de la tranchée et qui se présente par les opérations suivantes

- Peut excaver dans la direction de la machine
- Creuser au-dessous de la surface d'appui
- Creuser à une profondeur importante
- Creuser rapidement et avec précision les tranchées à talus verticaux (Pente du talus nulle).



Figure V-2: Pelle équipée en rétro

2.3 V-1-3 Les chargeurs :

Ce sont des tracteurs sur lesquels montent à l'avant deux bras articulés, actionnés par des vérins et portent un godet.

Si les travaux ne sont pas très importants, on utilise le rétro chargeur.



Figure V-3 : Le Chargeur

3. V-2 Exécution des travaux de la station de pompage [15]

3.1 Calcul des volumes :

V-2-1 Décapage de la couche de terre végétale :

$$V_{cv} = L * B * e$$

Avec : V_{cv} : volume de la terre décapée en (m^3)

L : la longueur de la parcelle $L = 16$ m

B : la largeur de la parcelle $B = 19,5$ m

e : épaisseur de la couche $e = 15$ cm

$$V_{cv} = 16 * 19,5 * 0,15 = 47m^3$$

$$V_{cv} = 47 m^3$$



V -2-2 Déblais :

a) La bêche :

$$V_d = L * B * H$$

V_d : volume excavé en (m^3)

L : longueur de la bêche en (m)

B : largeur de la bêche en (m)

H : hauteur de la bêche en (m)

$$V_d = 10 * 7 * 3 \rightarrow V_d = 210 m^3$$

c) La salle de la station :

$$V_d = L * B * H$$

V_d : volume excavé en (m^3)

L : longueur de la chambre, L = 16m

B : largeur de la chambre, B = 12,5m

H : hauteur de la chambre, H = 4 m

$$V_d = (16 * 12,5 * 4) = 800 m^3$$

$$V_d = 800 m^3$$

d) Déblais total de la station :

$$V_t = \sum V_d * K_f$$

V_t : volume total des déblais de la station

K_f : Coefficient de foisonnement dépend de la nature de sol

Tableau V-1 : Coefficient de foisonnement

Type de sol	K_f
sable, matériaux fins	1.08-1.17
Limon argileux	1.14-1.28
Argile	1.25-1.3

Pour notre cas on a : $K_f = 1,15$.

$$V_t = (210 + 800) * 1,15 = 1161,5 m^3$$

$$V_t = 1161,5 m^3$$



4. V-3 Exécution des travaux de la conduite de refoulement :

Les principales opérations à exécuter par ordre chronologique sont :

- Vérification, manutention des conduites
- Décapage de la couche de végétation
- Emplacement des jalons des piquets
- Exécution des tranchées
- Aménagement du lit de pose
- La mise en place des canalisations en tranchée
- Assemblage des tuyaux
- Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints
- Remblaiement des tranchées
- Transport des sols excédentaires.

4.1 V-3-1 Calcul des volumes de terrassement :

a) Décapage de la couche de terre végétale :

Avant d'entamer l'excavation des tranchées, on doit tout d'abord commencer toujours par l'opération de décapage des terres végétales sur des faibles profondeurs

Le volume de la couche à décapier est :

$$V_{cv} = L * B * e$$

Avec : V_{cv} : volume de la terre décapée en (m^3)

L : longueur total des tranchées en (m), L = 1500 m

B : largeur de la couche végétale en (m), B = 2m

e : épaisseur de la couche en (m), e = 15cm

$$V_{cv} = 1500 * 2 * 0,15 = 450 m^3$$

$$V_{cv} = 450 m^3$$

b) Dimensions des tranchées :

La largeur de la tranchée, doit être au moins égale au diamètre extérieur de la conduite avec des surlargeurs de 30cm de part et d'autre. Si la nature des joints le rend nécessaire, leur confection doit être facilitée par la création de niches dans le fond et dans les parois des tranchées.



- **largeur de la tranchée :**

La largeur d'ouverture de tranchée est donnée par la formule :

$$B = d + (2 \times 0,3)$$

B : largeur de la tranchée en (m)

d : diamètre de la conduite en (m)

- **profondeur de la tranchée :**

La profondeur est donnée par la formule suivante :

$$H = e + d + h$$

H : profondeur de la tranchée en (m)

e : épaisseur de lit de sable en (m), e = 20cm

d : diamètre de la conduite en (m)

h : la hauteur du remblai au dessus de la conduite en (m).

c) Aménagement du lit de sable :

Le fond de la tranchée est normalement, arasé avec une couche du sable de 20cm d'épaisseur.

Le lit de pose doit être constitué de sable contenant au moins 12% de particules de diamètres inférieures à 0,1mm, c'est-à-dire bien gradué, de préférence soit rapproché des conditions granulométriques suivantes :

$$\frac{D_{60}}{D_{10}} \leq 4 \quad 1 \leq \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \leq 3$$

Avec :

D : étant l'ouverture des mailles qui laissent passer 10, 30, ou 60% de l'échantillon.

En terrain aquifère, le lit pourra être constitué de gravillons 5/15, il peut s'avérer nécessaire de le consolider en exécutant un drainage à l'aide de drains placés sous de la conduite.

Si le terrain est instable, des travaux spéciaux se révèlent nécessaires : exécution d'un béton de propreté, de berceaux ou même de dalles de répétition.

Le volume du sable est calculé par la formule suivante :

$$V_s = L \times B \times e$$

V_s = volume du sable en (m³)

L : Longueur de la tranchée en (m)

B : Largeur de la tranchée en (m)

e : épaisseur du sable, e = 20cm

**d) Volume des déblais :**

$$V_d = L * B * H.$$

V_d : Volume de déblais de la tranchée en (m^3)

L : Longueur de la tranchée en (m)

B : Largeur de la tranchée en (m)

H : Profondeur de la tranchée en (m)

e) Volume des Remblais :

$$V_r = V_d - (V_c + V_s)$$

V_r : volume de remblai de la tranchée

V_c : volume de la conduite = $[\frac{\pi D^2}{4}] * L$

f) Volume excédentaire :

$$V_{exc} = V_f - V_r$$

V_{exc} : Volume du sol excédentaire en (m^3)

V_f : Volume du sol foisonné en (m^3)

Tel que $V_f = V_d * K_f$

Remarque :

Les volumes de différentes opérations sont représentés pour chaque tronçon dans le

tableau suivant

Tableau V-2 : Calcul des volumes des tranchées de la conduite de refoulement

Désignation des tronçons	Longueur m	Diamètre de la conduite m	Profondeur moyenne m	Largeur de la conduite m	Volume occupé par la conduite m^3	Volume déblais m^3	Volume sable m^3	Volume remblais m^3	Volume Excédentaire m^3
1—2	230,43	0,6	1,7	1,2	65,15	470,08	55,3	349,63	237,97
2—3	846,61	0,6	1,7	1,2	267,65	1931,08	227,19	1436,24	977,62
3—4	54	0,6	1,7	1,2	15,27	110,16	12,96	81,93	55,77
4—5	206,76	0,6	1,7	1,2	137,66	993,23	116,85	738,72	502,82
5—6	162,2	0,6	1,7	1,2	70,91	511,61	60,19	380,51	259
Total	1500	-	-	-	-	4016,16	472,49	2987,03	2033,18



V -3-2 Emplacement des jalons des piquets :

Suivant les tracés du plan de masse, les jalons des piquets doivent être placés dans chaque point d'emplacement d'une tranchée à chaque changement de direction ou de pente.

V -3-3 Pose de canalisations en tranchées :

La mise en place des conduites dépend des opérations suivantes

- Les tuyaux doivent être posés à partir de l'aval, l'emboîtement, s'il existe, étant dirigé vers l'amont
- Le calage provisoire des tuyaux doit s'effectuer à l'aide de mottes de terre ou de coins en bois, l'usage de pierres étant proscrit
- Les éléments d'un même tronçon se présentent dans un même axe
- A chaque arrêt de travail, les extrémités des tuyaux non visitables sont provisoirement obturées pour éviter l'introduction des corps étrangers

V -3-4 Confection des joints :

Les joints doivent être confectionnés conformément aux prescriptions des fabricants de tuyaux. A noter que, dans le cas de joints en EPDM, produit suivant la norme est fabriqué de façon à garantir une parfaite tenue hydraulique que ce soit de l'intérieur vers l'extérieur, que de l'extérieur vers l'intérieur.

V-3-5 Remblaiement des tranchées :

Jusqu'à la hauteur du diamètre horizontal pour les tuyaux circulaires, le matériau de remblai doit être poussé sous les flancs de la canalisation.

Au dessus de l'assise et après les essais, le remblaiement et le damage doivent être poursuivis par couches successives jusqu'à une hauteur de 0.10m, au-dessus de la génératrice supérieure de l'assemblage.

L'exécution de l'assise et de l'enrobage doit être effectuée avec des matériaux purgés des éléments supérieurs à 30mm.

La seconde fraction du remblai peut être effectuée à l'aide d'engins mécaniques étant précisé que cette terre, qui doit être ré pondue par des couches successives et légèrement damée, ne doit contenir ni blocs de roche, ni débris végétaux ou animaux.

V -3-6 Traversée des routes :

En raison des charges qui peuvent causées des ruptures, et par conséquents des infiltrations nuisibles à la conduite, comme à la route. Il sera donc prévu des gaines (buses de diamètres supérieurs) dans lesquels les conduites seront introduites à fin de les protéger contre les chocs et les vibrations.



V -4 Planification des travaux

Les principales opérations à exécuter sont :

◆ Station de pompage :

- A. Décapage de la couche de terre végétale
- B. piquetage
- C. Excavation
- D. Construction des baches en béton armé
- E. Construction de chambre des vannes
- F. La dalle inférieure
- G. Les poteaux
- H. La dalle supérieure
- I. Les murs de surface
- J. Fixation de l'appareil de levage
- K. Clôture de sécurité

◆ Conduite de refoulement :

- A. Décapage de la couche de terre végétale.
- B. Piquetage
- C. Exécution des tranchées.
- D. Aménagement du lit de pose.
- E. La mise en place des canalisations en tranchée
- F. Assemblage des tuyaux.
- G. Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et joints.
- H. Remblai des tranchées.
- I. Travaux de finition.



Tableau V-3: Détermination du délai de la réalisation (station de pompage)

OPERATION	TR(jours)	DP		DPP		MT
		DCP	DFP	DCPP	DFPP	
A	1	0	1	0	1	0
B	1	1	2	1	2	0
C	12	2	14	2	14	0
D	35	14	49	14	4	0
E	30	14	44	19	49	5
F	21	49	70	49	70	0
G	14	70	84	70	84	0
H	21	84	105	84	105	0
I	10	105	115	109	11	4
J	7	105	112	112	119	7
K	14	105	119	105	119	0
L	15	119	134	119	134	0

Avec : TR: temps de réalisation, MT : marge totale.

DCP : date de commencement au plutôt.

DFP : date de finition au plutôt. DCPP: date de commencement au plutard.

DFPP : date de finition au plutard

Le chemin critique : **A-B-C-D-F-G-H-K-L** $\sum TR = 134$ jours

Tableau V-4 : Détermination du délai de la réalisation (conduite de refoulement)

OPERATION	TR(jours)	DP		DPP		MT
		DCP	DFP	DCPP	DFPP	
A	7	0	7	0	7	0
B	3	7	10	7	10	0
C	14	10	24	10	24	0
D	12	24	36	27	39	3
E	15	24	39	24	39	0
F	15	24	39	24	39	0
G	7	24	31	32	39	8
H	7	39	46	39	46	0
I	7	46	53	46	53	0

Les chemins critiques : **A-B-C-E -H-I-J / A-B-C-F -H-I-J** $\sum TR = 53$ jours

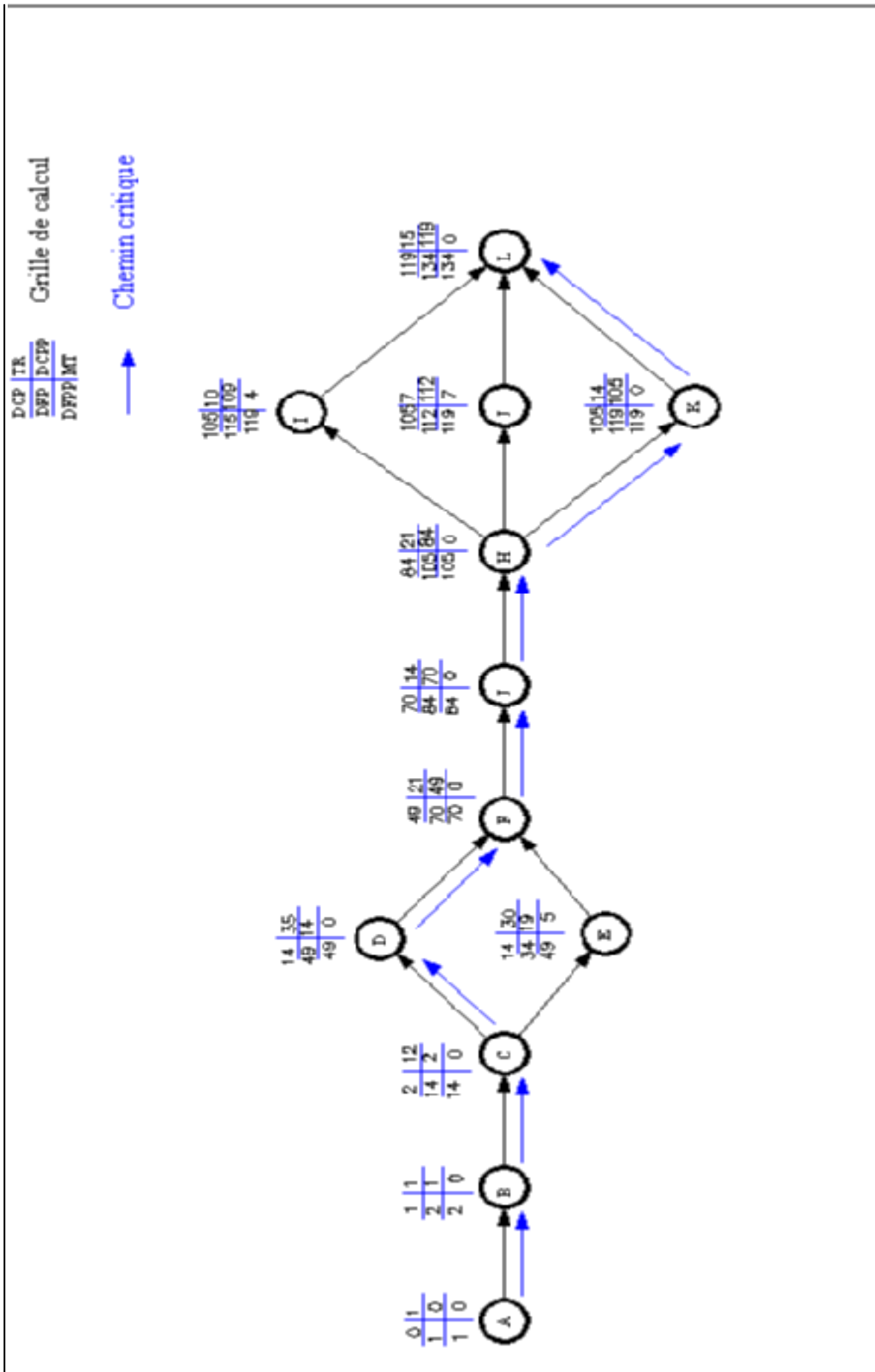


Figure V-4: Réseau à noeuds (station de pompage)

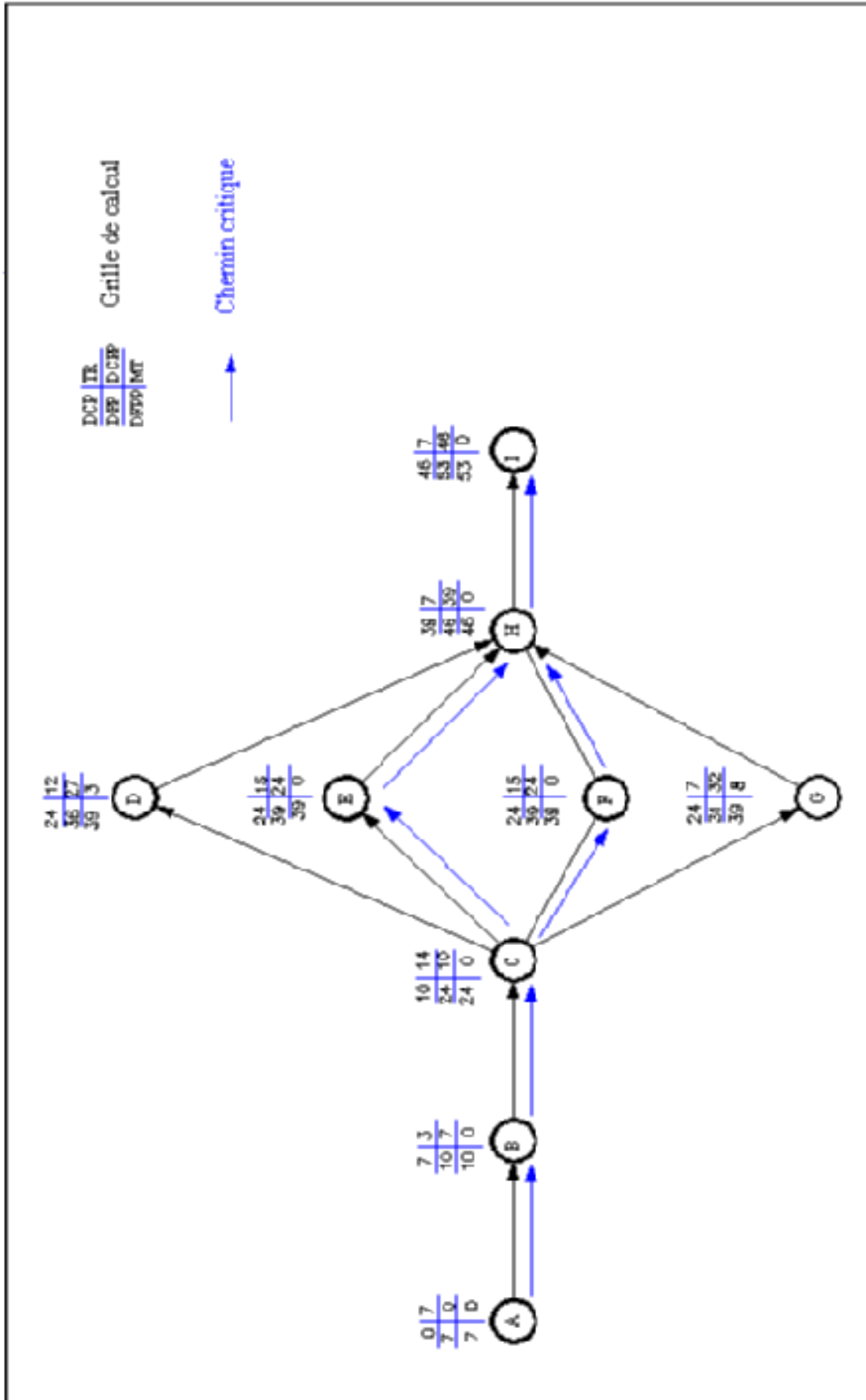


Figure V-5 : Réseau à noeuds (conduite de refoulement)

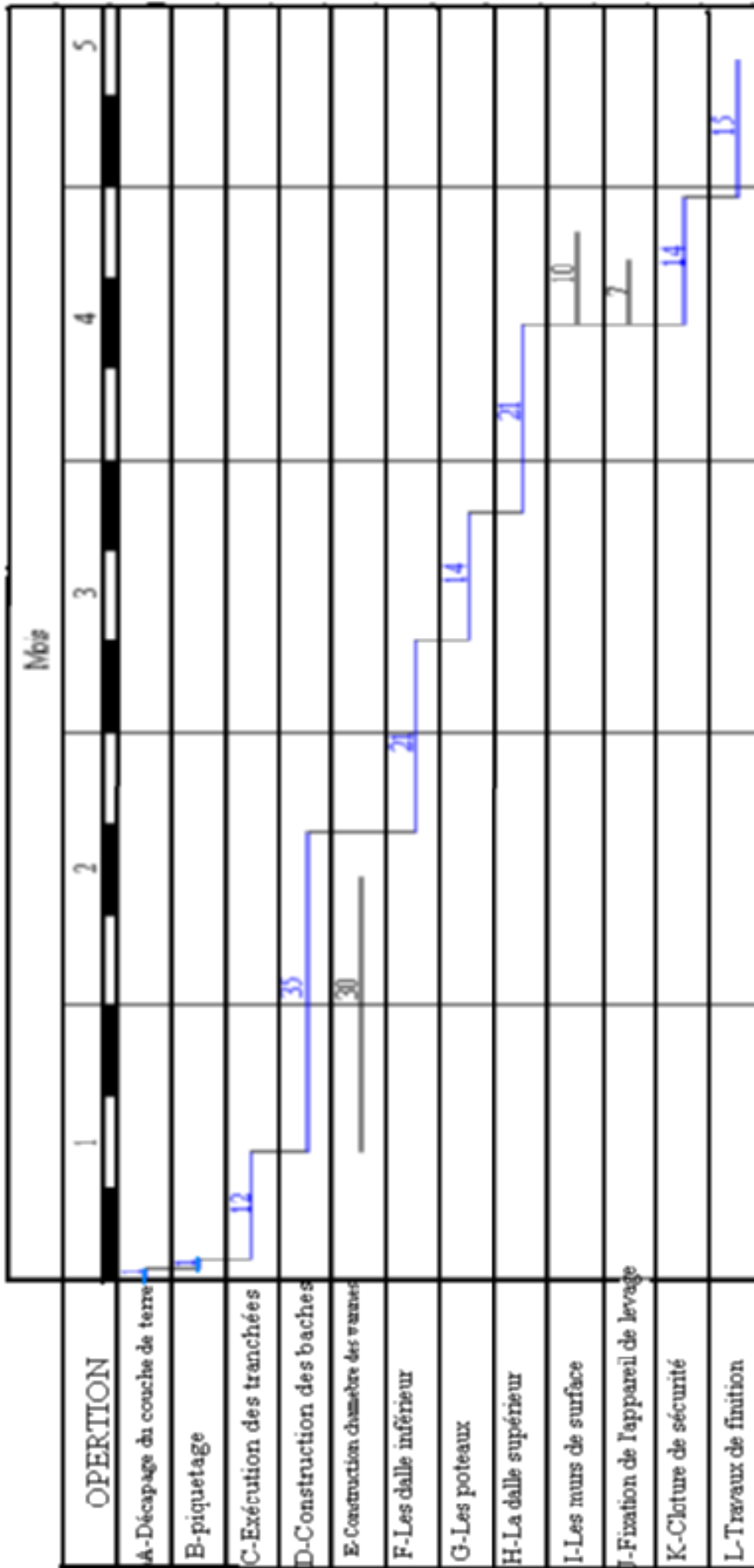


Figure V-6 : Planing des travaux (diagramme de Gantt) station de pompage

— Chemin critique

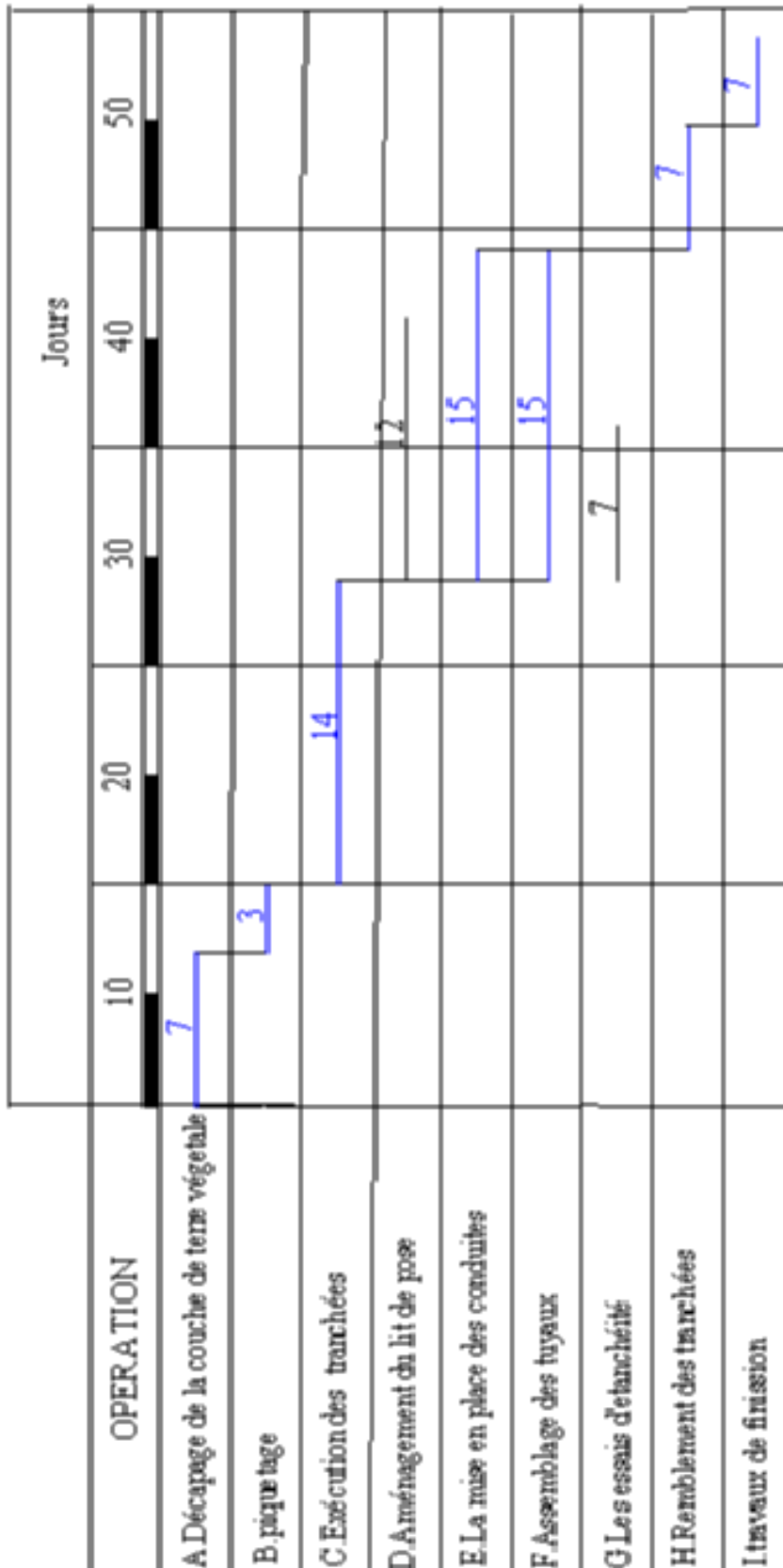


Figure V-7: Planing des travaux (diagramme de Gantt) conduite de refoulement

— Chemin critique

**V-5 Evaluation du projet :**

Cette évaluation consiste à déterminer les quantités de toutes les opérations effectuées sur le terrain pour la réalisation du projet, ensuite les multiplier par le prix unitaire correspondant, et enfin, on trouve le coût total du projet.

V-5-1 Devis estimatif d'établissement de la station et la conduite de refoulement

Tableau V-5 : Devis estimatif de la construction de la station de pompage et la conduite de refoulement

Désignation	Unité	quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Partie A : station de pompage				
Décapage	m3	26	150	3900
déblais (terrain ordinaire)	m3	645,47	300.00	1936441
évacuation des déblais	m3	628,125	600.00	376875
Maçonnerie	m ²	700	500.00	350000
Fenêtre (1x1) m ²	U	3	4000.00	12000
Fenêtre (1,5x1,5) m ²	U	8	6000.00	48000
Porte métallique (3x2.5) m ²	U	2	24000.00	48000
Porte métallique (1.9x0.75) m ²	U	2	10000.00	20000
Porte en bois (1.9x0.75) m ²	U	3	8000.00	24000
béton de propreté	m3	10	3000	30000
béton armé	m3	175	20000	3500000
THT				6349216
TVA 17 %				1079366,72
TTC				7428582,72



Partie B : conduites de refoulement				
1- terrassement				
Décapage	m3	450	150	67500
Déblais (terrain ordinaire 55%)	m3	4208,89	300.00	1262667
Pose de lit du sable	m3	460,49	600.00	276294
Remblaiement des tranchées avec du tout venant	m3	2987,03	400.00	1194812
évacuation des déblais excédentaires	m3	2033,18	150.00	304977
2- Fourniture, transport et pose de canalisations				
conduite ø 600 en PEHD	mL	1500	6015,45	9023175
THT				12129425
TVA 17 %				2062002,25
TTC				14191427,3

4.2 V -5-2 Devis estimatif des équipements :

Tableau V-6 : Devis estimatif des équipements de la station

Equipement	Unité	Nombre	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Pompe KSB Sewatec K	u	3	580000	1740000
Pompe incendie	u	1	57000	57000
Robinet vanne ø200	u	3	6000	18000
Clapet anti-retour ø200	u	3	4000	12000
Coudes	u	6	500	3000
Appareil de levage	u	1	160000	160000
Tableau de commande	u	1	600000	600000
Total				2590000



V -5-3 Devis global :

Tableau V-8 : Devis estimatif global

N°	Nature des charges	Charges en DA
01	Station de pompage (bâches et bâtiment)	7428582,72
02	Conduites de refoulement	14191427,3
03	Equipement de la station	2590000
Coût global		24210010

Conclusion :

L'organisation d'un chantier repose essentiellement sur plusieurs Critère, à savoir :

- ◆ Qualification du personnel assurant des tâches spécialisées.
- ◆ Compétence du staff technique dirigeant.
- ◆ Permanence et suivi des travaux à réaliser.
- ◆ Respect des normes techniques.
- ◆ Financement à payer à terme pour entrepreneur des travaux qui la déjà réalisés.
- ◆ Matériel de réalisation adéquat.
- ◆ La bonne planification des travaux

Aussi, pour une réussite totale du projet, l'organisation du chantier ne doit subir aucune défaillance à la fois technique ou humaine et qui par conséquent, cet ensemble de critère cités plus haut doit scrupuleusement être respectés.

Concernant la durée de la réalisation de ce projet, on peut déviser le chantier en deux équipes pour les deux parties (la station et la conduite) puis, on fait le raccordement. Donc la durée du projet est : 134 jours (4 mois et 15 jours)

Le coût total de la réalisation de notre projet de refoulement des eaux drainée vers le rejet en utilisant les pompes KSB s'arrête à : **(24210010DA)**.

CONCLUSION GENERALE:

En conclusion, Le relief topographique de la région d'étude qui est presque sous forme d'une cuvette celle-ci empêche le drainage de la nappe, ainsi que l'absence d'un exutoire remarquable et son éloignement de la région, influent sur le dimensionnement de la station qui a été fait pour refoulé une débit $0.294\text{m}^3/\text{set}$ une hauteur manométrique de 13m, les pompe choisis sont au nombre de 3 du type (Sewatec K250-400/G3E-N).

La haute salinité des eaux de la nappe dégradent les organes des pompes et sa duré de vie qui implique une chute de rendement celle-ci nécessite d'utiliser la font et la bronze comme des matériaux des organes.

Pour une bonne maitrise de la consommation de l'énergie il faut que la vitesse soit variable dans la circulation des fluides.

Ces facteurs touchent sensiblement le coût général de la station qui est estimé à 24210010,00DA.

Enfin on a clôturé cette étude en souhaitant qu'on a bien répondu a 'la problématique de la remontée de la nappe d'ans la cuvette de Ouargla et nous espérons que notre étude pourra servir comme un document préliminaire pour la réalisation de ce projet et sera guide pour les promotions futures.

Références Bibliographiques

- [1] - *Office National de l'Assainissement – ONA ; Vallée de Ouargla.*
- [2] - *ONID : office national de l'irrigation et de drainage (archive).*
- [3] *ANRH : Agence Nationale Des Ressources Hydriques (Touggourt) : archive*
- [4]- *:RNED-HA –les stations de pompage individuelle pour l'irrigation .*
- [5]- *Bureau d'étude BG « Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales*
- [6] - *P.Schulhof - Les stations de pompage d'eau / 5^{ème} édition TEC et DOC / Paris juillet 2002.*
- [7] *Rachid ZAGAIT (ENSH, 2009) : contribution a l'étude de drainage agricole du la cuvette de Ouargla.*
- [8] –*SAHRAOUI Imen (ENSH, 2009) :commande et analyse des performances d'une station de pompage*
- [9] - *catalogue des pompes « assainissement & liquides chargés » catalogue de KSB.*
- [10] - *Sonacome / Complexe – Vannes et les clapets anti-retour.*
- [11]-*Mr: OMAR KHODJET KESBA, cours pompe et station de pompage ENSH.2008/2009 .*
- [12]: *Mme :W.MOKRANE, cours pompe et station de pompage ENSH.2010/20011 .*

Sitographie :

www.FAO.com

www.Google.fr

www.riob.org/diverse/sahar

www.rove.com