

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME DU PROJET :

Dimensionnement du périmètre d'irrigation d'une superficie de (2872ha) situé dans la commune d'Oued El-Tlelat « la plaine de M'lita » w. d'Oran.

PRESENTE PAR

M^{lle} BOUDAA LILIA WARDA

Devant les membres du jury

Nom et prénom	Grade	Qualité
Mr RASSOUL Abd Elaziz	M.C.A	Président
Mme AZIEZ Ouahiba	M.A.A	Examinatrice
Mr YAHIAOUI Samir	M.A.B	Examineur
Mr KERID Rachid	M.A.A	Examineur
Mr AZIB MAKHLOUF	M.C.A	Promoteur

Juin - 2017

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Significations	Unités
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques	
Ce	Conductivité électrique	mmhos/
CPCS	Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols	
EAC	Exploitation Agricole Collective	
EAI	Exploitation Agricole Individuelle	
OMS	Organisation Mondial de la Santé	
ONID	Office national d'Irrigation et de Drainage	
STEP	Station de traitement et d'épuration des eaux	
ONA	Office national d'assainissement	
ONM	Office national de météorologique	
SAR	Rapport d'Absorption du Sodium	
Pe	Pluie efficace	mm
PN	Pression Nominale	
PU	Prix Unitaire	DA
PEHD	Polyéthylène à Haute Densité	
RFU	Fraction de réserve utile du sol	Mm
ETP	Evapotranspiration potentielle	mm/j
ET₀	Evapotranspiration de référence	mm/j
ETR	Evapotranspiration réelle	Mm
K_c	Coefficient culturale	
HT	Hors taxe	DA
TVA	Taxe sur Valeur Ajouté	DA
Total (TTC)	Total Tout Taxes Comprises	DA

Dédicaces

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,
A mes chères sœurs, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,
A mes amies pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,
Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,
Merci d'être toujours là pour moi.

Remerciements

Au terme de cette thèse je tiens à remercier :

Mr M. AZIB maitre de conférence à l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique (ENSH), d'accepté la direction de ce mémoire , de m'avoir encadré

Je tiens à remercier vivement:

Mr A. Rassoul maitre de conférence à l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique (ENSH) d'avoir accepté de présider le jury. Je le remercie pour l'intérêt qu'il a manifesté pour ce travail.

Je remercie Madame O. Aziez enseignante à l'ENSH (Blida), Mr S. Yahiaoui enseignant à l'ENSH (Blida), et Mr R. Karid enseignant à l'ENSH (Blida) d'avoir accepté de lire et de juger mes travaux, je les remercie pour leurs critiques et précieux conseils.

Je remercie le personnel de l'Office National d'Irrigation et de Drainage en particulier monsieur Lakhel pour sa disponibilité et ses encouragements, et de m'avoir bénéficié des données pour ce mémoire.

Je remercie également Mr M.Baskri ingénieur à la retraite à l'Onid , Mr Missoum ingénieur à l'Onid, pour leur aide et encouragements.

Je remercie toutes les personnes du département de l'Irrigation et Drainage, qui m'ont aidé durant cette année d'étude.

ملخص:

الهدف من هذا المشروع هو نص ميمشبكة الري التي من شأنه انزويد المنظوة الزراعيّة للتاليالت "سهل مليط" الموجود في إقليم اليزة وهران، وذلك انطالقاً من محطة المعالجة لمياه الصرف الصحي. ولهذا الغرض، يتم نابجرااء بدراسة عامة تلخص صائص المناخ إضافة إلى خصائص الأرضيّة محل الدراسة.

Résumé

L'objectif de ce projet est la conception du réseau d'irrigation qui alimentera le périmètre de la «plaine de M'lita» situé à la wilaya d'Oran à partir de la station de l'épuration des eaux usées d'une superficie de 2872 ha

Pour cela, nous avons fait une étude générale sur les caractéristiques climatiques ainsi que les caractéristiques du sol de l'étude.

Abstract

the objective of this project is the design of the network of irrigation which will feed the perimeter of tlelat "a plain of M'lita" located at the wilaya d'Oran starting from the station of waste water purification.

for that , we made a general study on climatic characteristics as well as the characteristics of the soil of the study.

Introduction générale & Problématique

L'Algérie couvre une superficie totale de 238 millions d'hectares, cependant seuls 7,5 millions d'hectares peuvent être considérés comme cultivables, dont quatre millions reçoivent moins de 300mm/an de pluie ce qui est généralement la limite d'aridité ; de plus sur l'ensemble du pays la pluie est très mal répartie, irrégulière d'une année à une autre et au sein de la même année.

Face à ces contraintes naturelles, et vu la demande accrue en produits alimentaires du fait de la démographie et de l'élévation du niveau de vie, l'agriculture en Algérie reste un secteur clé de développement économique et social, qui s'explique par l'importance des aménagements hydro-agricoles et de leurs exploitations et de gestion, puisque l'agriculture en sec n'offre que des rendements faibles et très aléatoires.

Le recours à l'irrigation est dans la plupart des cas nécessaire pour garantir le maintien d'un niveau de production suffisant dans de nombreuses régions du monde, et pour rentabiliser l'investissement consenti afin de se prémunir contre les aléas climatiques et sécuriser la production.

L'approche présentée dans le présent mémoire a été établie Dimensionnement du périmètre d'irrigation d'une superficie de (2872ha) situé dans la commune d'Oued El-Tlelat

« la plaine de M'lita » w. d'Oran.

Notre mémoire sera donc divisée en deux parties distinctes :

La première partie, sera consacrée à :

Détailler la zone d'étude, en particulier la composante climatique, dont la connaissance est indispensable pour définir l'action de ses éléments sur l'environnement et sur les plantes.

Apprécier les potentialités du sol à travers la détermination de ses caractéristiques physico-chimiques et son aptitude à recevoir les cultures.

Evaluer la qualité des eaux traitées, et enfin choisir les cultures à mettre en place, afin de conditionner la réussite technique et financière de système cultural, en déterminant les besoins en eau des cultures choisies.

La deuxième partie englobe l'étude technique, dans laquelle nous avons :

-Proposé et calculé l'adduction et les installations des systèmes d'irrigation au niveau des parcelles.

-Dimensionné le réseau de distribution et déterminer les équipements qui constituent ce réseau.

Nous espérons que le travail que nous présentons, aidera à concevoir et à mener à bien ce projet qui apparaît de plus en plus nécessaire pour diversifier et intensifier la production de ce périmètre.

Chapitre I :
Présentation de la zone d'étude

I.1 LOCALISATION :

A. Situation géographique de la région d'étude:

Le secteur objet de cette étude fait partie du bassin versant de la Grande Sebkhha d'Oran. Ce grand bassin versant est situé à la proximité immédiate Sud-ouest de la ville d'Oran. Son périmètre correspond à la ligne de partage des eaux alimentant la dépression endoréique dont la Sebkhha d'Oran constitue la partie centrale (Figure I-1). Ce bassin versant est limité :

- au Nord par la ligne de crête de direction SW-NE des massifs littoraux d'Oran (Djebel Murdjadjo) qui l'isolent de la Méditerranée,
- au Sud, par la ligne de crête des Monts Tessala,
- à l'Est, il se raccorde au plateau d'Oran et de Boufatis suivant une ligne Es-Sénia-Oued Tlelat,
- à l'Ouest, dans la région de l'Oued El Malah, il est séparé du bassin de l'Oued El Malah et de la mer par une ligne de basses collines.

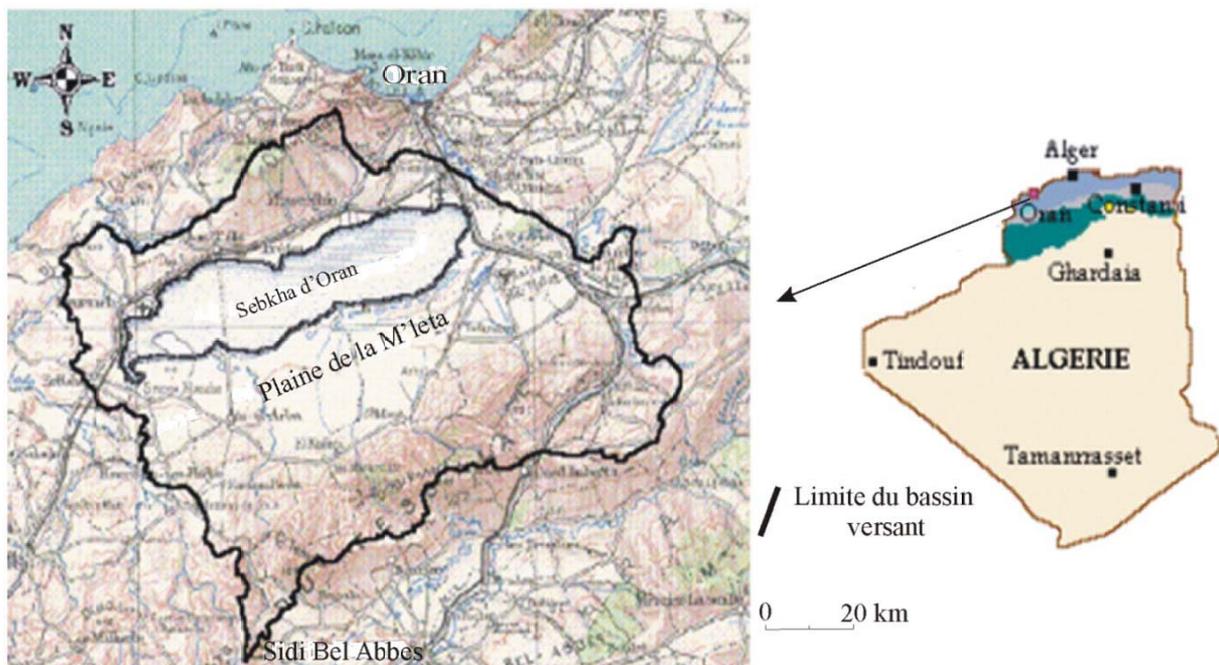


Figure I.1: Situation géographique de la région d'étude.

B. - Situation géographique du secteur d'étude:

Le projet d'aménagement hydro-agricole de la plaine de M'lita dans la wilaya d'Oran, qui s'articule autour de la création d'un périmètre irrigué à partir des eaux usées traitées de la STEP d'Oran à un double avantage économique et environnementale.

- Vu le climat semi aride de la région où le déficit en eau se fait ressentir, la réutilisation des eaux usées épurées, contribuera à la conservation de l'eau et de l'énergie, en libérant de ressources d'eau douce pour l'approvisionnement domestique et d'autres usages;
- Augmenter la production agricole et le revenu des agriculteurs, donc améliorer le niveau de vie
- Création d'emploi par l'extension des parcelles irriguées
- Diminution des rejets des eaux usées dans le milieu naturel.

C. Site du projet

Elle est située à l'Est de la sebkha d'Oran, à une vingtaine de Km au Sud de la ville d'Oran et à 7 Km du site de la station d'épuration (située aux environs d'El Kerma). Elle est aisément accessible par la RN4 qui traverse la zone d'Ouest en Est. De même, la RN13 passe par la zone en direction Nord-Sud. Par ailleurs, plusieurs chemins de Wilaya bordent ou traverse la zone La zone d'étude couvre une superficie brute d'environ 10 000 ha.

Sur le plan administratif, la zone d'étude est rattachée aux communes de Tafraoui et Oued Tlelat de la Wilayad'Oran

La plaine de la M'lita est située au Sud de l'agglomération oranaise. Le périmètre d'étude est une tranche de périmètre de M'lita situé à environ 20 kilomètres au Sud du chef-lieu de la wilayad'Oran.

Elle est limitée :

- au Nord Est, par la Sebkhad'Oran,
- au Sud, par les Monts Tessala,
- à l'Est, par la plaine de Tafraoui-Tlelat,
- à l'Ouest, par la plaine de Hammam Bouhadjar- ElMalah.

Les exploitations agricoles touchées par le projet sont situées dans la commune ***d'Oued Tlelat***

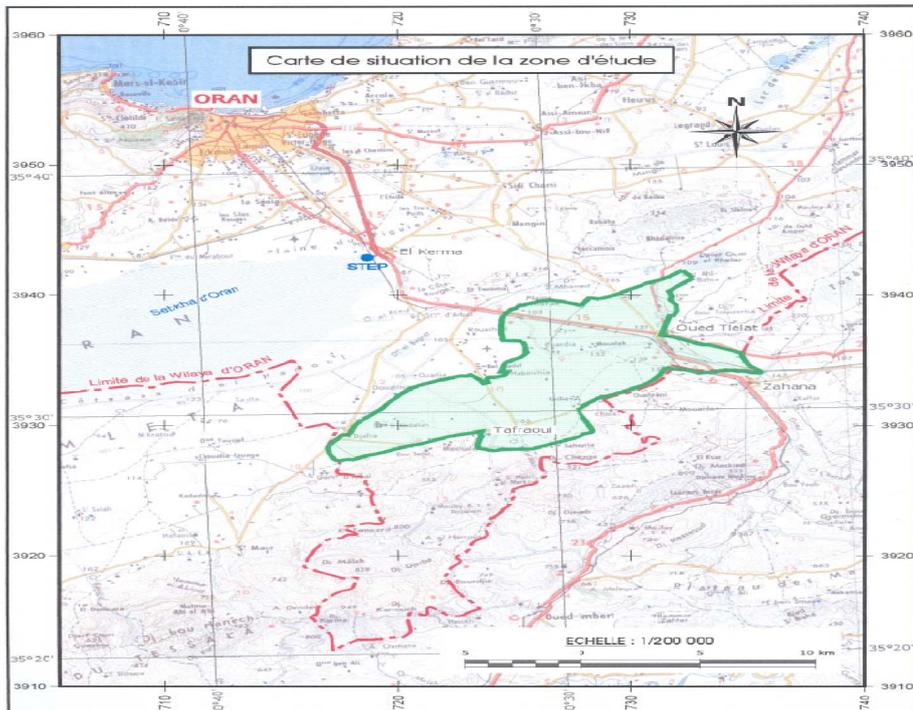


Figure I.2: situation géographique de la zone d'étude (Source ONID)

D. Hydrographie

i. Les eaux superficielles

a) Les oueds:

La zone d'étude est traversée par deux oueds qui sont :

- Oued Tlelat : long de 20 km, il prend naissance à la limite Nord-Ouest de la zone d'étude à pente modérée collectant les eaux de plusieurs Chaabets (Chaabet El Khaiel, Chaabet Hassi Ettouama, etc...). Il entraîne les limons dans un bassin de réception assez important : Oum ElGhelass.
- Oued Tafraoui : long de 14 km, il collecte les eaux de plusieurs affluents, de direction Nord- Ouest à Sud Est provenant des massifs de Tessala, il épand ses eaux dans la partie basse de la plaine de M'lita par manque d'exutoire naturel.

b) La grande Sebkhah d'Oran:

C'est une dépression fermée correspondant à une zone humide de 56 870 Ha qui se situe au sud d'Oran à 110 mètres d'altitude et à 8Km à l'Ouest du périmètre d'étude. Elle est limitée au Nord par le massif du Mardjadjo dont l'altitude maximale est de 589 mètres et au Sud par le massif de Tessala dont l'altitude maximale est de 1061 mètres. Les alluvions ont nivelé le fond de cette dépression à 80 mètres au dessus du niveau de la mer ²avec une légère dissymétrie dans la partie orientale. La Sebkhah est alimentée par les eaux de ruissellement de quatre bassins versants (Mediouni et Ravines, Mardjadjo, M'Lelat et Oued Tlelat), l'eau de cette zone humide est salée.

La sebkhah reçoit également plusieurs sortes de rejets pollués. Les différentes sources de pollution sont inventoriées comme suit :

Les rejets d'origine domestiques

Les rejets d'origine industrielle

Les déchets de la décharge publique d'El Kerma



Figure I.3 : la grande Sebkhah d'Oran

1) Ses caractéristiques physiques:**a) Géologie:**

La grande Sebkhah est une vaste dépression avec un écoulement endoréique. Elle serait d'origine tectonique et est apparue à la fin du pliocène (Villafranchien) et au début du quaternaire, époque où dominait dans le Tell Oranais une topographie en Bassins fermés (les

deux anticlinaux du Merdjadjo au Nord et le Tessala au Sud). Les eaux qui s'écoulent de ces deux massifs se sont rassemblées dans le synclinal qui forme aujourd'hui la grande Sebkha.

b) Géomorphologie

La Grande Sebkha d'Oran qui occupe le centre d'un bassin de sédimentation miocène, est une vaste zone de déflation éolienne.

Les produits de cette déflation qui a eu un paroxysme au Grimaldien, sont accumulés tout autour de la Sebkha et constituent des bourrelets de nature argileuse. Considéré comme étant endoréique, le bassin versant de la Sebkha d'Oran ne présente pas de grands oueds le traversant en longueur.

c) Hydrologie

Cette zone humide est alimentée en eau par le ruissellement d'un large bassin hydrographique de près de 189300 hectares. Un certain nombre des oueds ne présentent qu'un écoulement intermittent

L'écoulement des eaux de pluie provient pour la plus grande part des massifs de Tessala et de Merdjadjo. Ces derniers déversent dans cette zone de nombreux oueds: Misserghine, El Dalia, Tamselmat, Moguenne, Sidi Medioun. Le réseau qui vient des Monts de Tessala plus important, est constitué par les oueds Tfraoui, Tamrzoura, El haimour, El ghassoul et ElBesbès.

d) Pédologie

Les sols sont de type alluvionnaire à texture argilo- sableuse.

e) Qualité de l'eau

L'eau de cette Sebkha est salée, elle forme une pellicule de 10 à 30 cm qui varie en fonction de la pluviométrie. Cette pellicule s'assèche complètement durant l'été suite à une très forte évaporation et une sécheresse qui dure depuis une dizaine d'années.

Aucune donnée n'existe sur la qualité d'eau de la sebkha : la dépression est à sec une partie de l'année. L'autre partie de l'année, l'absence d'utilisation de l'eau (ex : baignade, irrigation, pêche) explique pourquoi aucun suivi n'est effectué. Les agglomérations, et certaines industries, bordant la dépression rejettent en partie leurs eaux usées dans la sebkha.

f) Climat:

Le climat est de type méditerranéen semi aride à variante chaude. La valeur annuelle des précipitations varie entre 378 et 473 mm de pluie. Cette zone humide est une zone de captage de sédiments et d'épandage des crues en raison de sa faible altitude.

g) Caractéristiques écologiques

La sebkha est formée par une mince pellicule d'eau dépourvue de végétation à l'intérieur.

Autour de la sebkha subsiste une végétation halophile. Et de petites touffes de *Chamaeropsis humilis*, quelques rares spécimens de tamaris se trouvent au niveau des rives.

- ✓ Flore La Sebkha qui n'a pas fait l'objet d'étude sur la végétation, ne semble pas renfermer une flore remarquable.
- ✓ Faune L'une des caractéristiques de la Grande Sebkha est la présence de flamants roses et du

ii. Les eaux souterraines

Les études géologiques structurales et les études géophysiques récentes menées en septembre 2003 nous ont permis de distinguer deux types de nappes phréatiques dans la zone d'étude :

- Nappes quaternaires : elles sont proches du sol et utilisées essentiellement pour l'irrigation. Les suivis effectués sur ces nappes montrent que la minéralisation a tendance à augmenter. Cette situation ne pourra que s'aggraver si le déficit de recharge perdure. De plus, il existe dans certains secteurs des échanges entre nappes quaternaires et nappes pliocènes; dans ces zones, toute sollicitation et baisse de pression des nappes pliocènes (nappe captive) par augmentation des pompages en nappe captive, aura pour effet d'accroître les échanges nappes quaternaires — nappes pliocènes
- nappes profondes (de 140m à 340m) : contenues dans des grès pliocènes marins localement en continuité hydraulique avec des faciès calcaires Miocène de type Murdjadjo. elles contiennent des réserves considérables 750Hm³

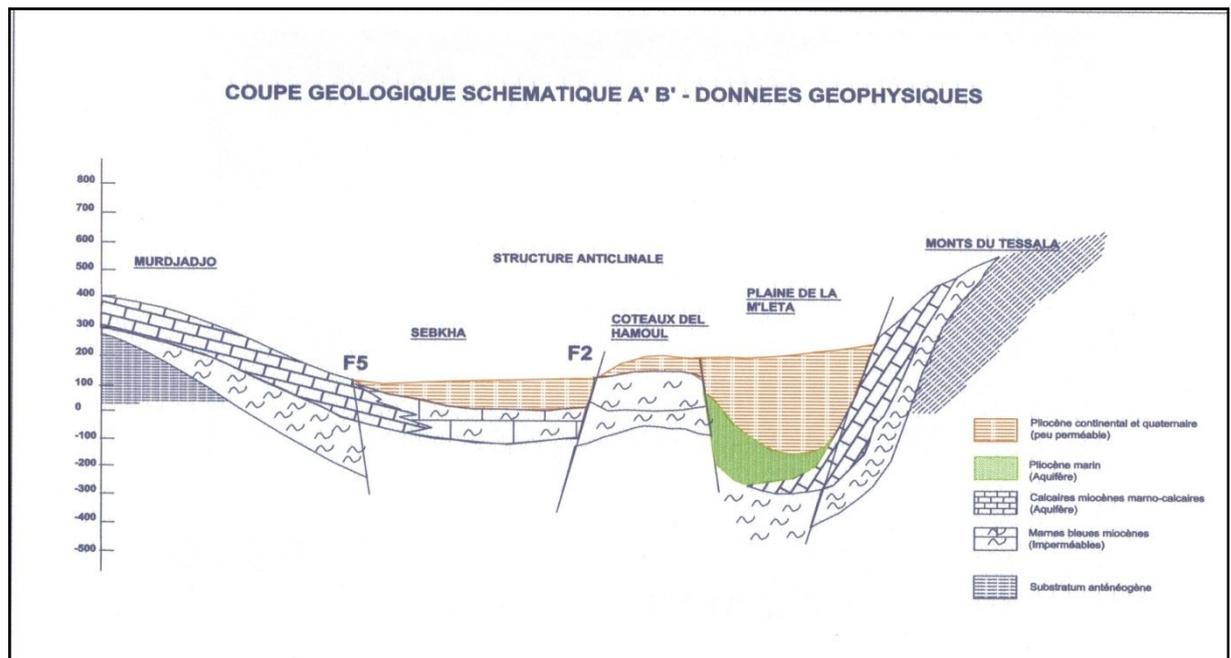


Figure I.4: coupe géologique de la région d'étude (Source ONID)

I.2 CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES

Les données météorologiques et climatologiques sont très importantes dans la planification et la gestion des activités de l'homme dont l'une des principales est l'agriculture. Elles permettent de délimiter une région en différentes zones agropédoclimatiques spécifiques

Dans un projet d'irrigation, les facteurs climatiques les plus déterminants sont les températures, l'humidité relative, l'intensité des vents et leur direction, la fréquence des jours de gelée et de sirocco ; ils constituent un ensemble d'éléments décisifs

I.2.1 Choix de la Station météorologique:

Les données météorologiques, utilisées dans cette étude sont extraites de la banque de donnée obtenue auprès de l'Office National de la Météorologie établis.

La station météorologique retenue comme étant représentative de la zone d'étude est celle d'Oran (Senia), ce choix se justifie par:

- la station d'Oran est située à proximité du périmètre et à une altitude proche de celle de la zone d'étude.
- disponibilité des diverses données climatiques sur une période récente

Tableau I. 1: Coordonnées de la station

Station	Latitude, N	Longitude W	Altitude Z, m
Sénia	35°38	00°36w	90

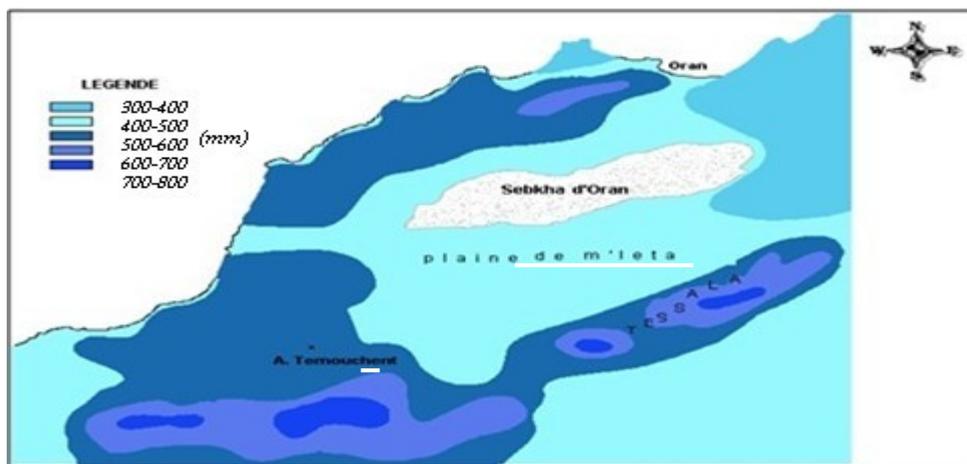
Source : ONM

I.2.2 Précipitations

A. Précipitations annuelles:

a) Carte des précipitations moyennes annuelles:

La carte des moyennes pluviométriques annuelles, montre une nette variation de la pluviométrie. En effet, l'influence de l'altitude se fait clairement sentir en comparant, par exemple, la pluviométrie caractérisant les cimes des Tessala (800 mm environ) à celle de la moyenne générale enregistrée dans la plaine (300 à 500 mm environ). En plus, la pluviométrie diminue considérablement en allant de l'Ouest vers l'Est en raison d'une meilleure exposition de la partie occidentale de la plaine aux vents d'Ouest et du Nord-Ouest, chargés en humidité, un caractère toutefois, typiquement local. D'un autre côté, l'éloignement à la mer ne peut être retenu comme facteur influant sur les précipitations

**Figure I .5 :** Carte pluviométrique de la région d'Oran pour la période 1997-2013.

b) Variation interannuelle de la pluviométrie (1997-2013):

la variabilité interannuelle des précipitations entre les deux stations de Tanzourah et d'Es-Senia est facilement remarquable..

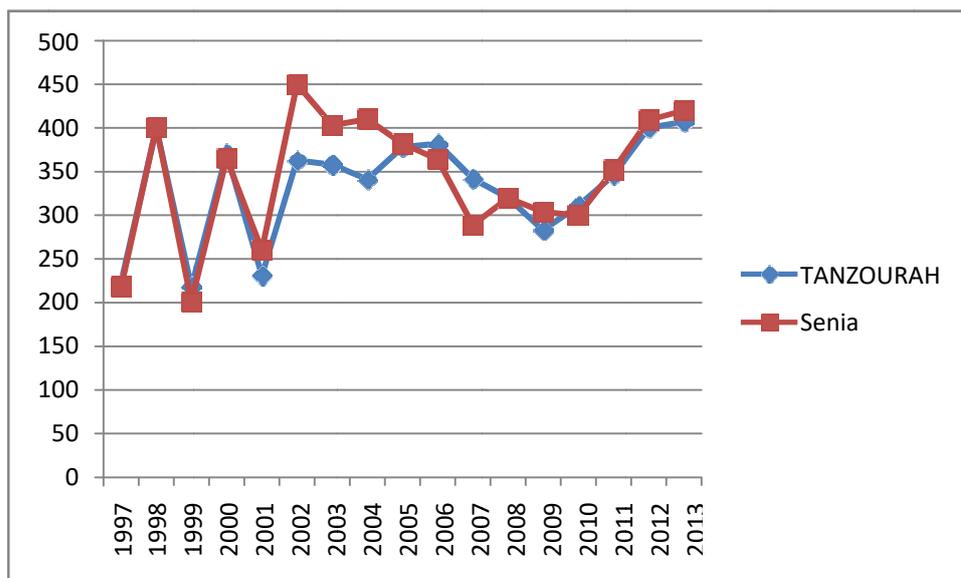


Figure I.6 : Précipitations annuelles pour la période 1997-2013.

B. Précipitations saisonnières:

Les plus grandes valeurs de précipitation sont enregistrées en automne.

Tableau I.2: Précipitations saisonnières pour la période 1997-2013.

Station	Saisons (mm)			
	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Es-Sénia	139	129	82	6,5

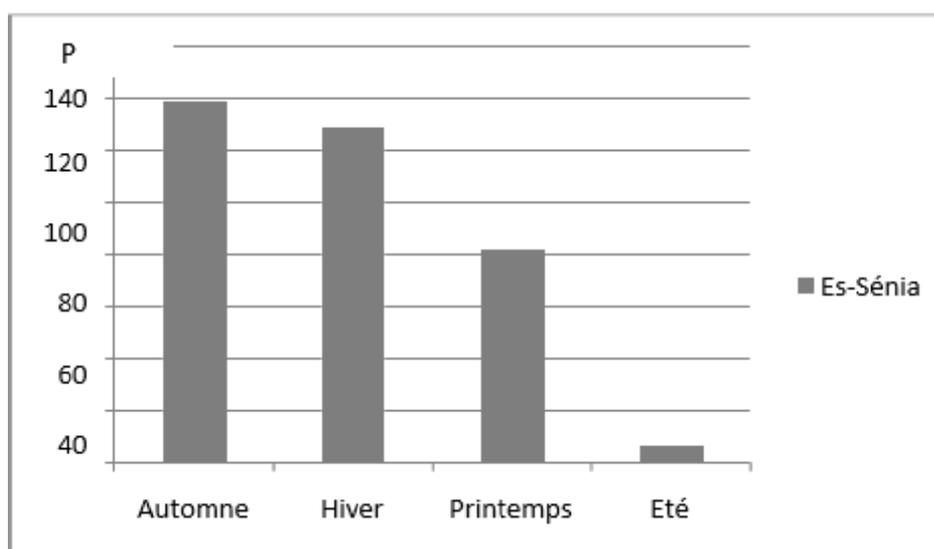


Figure I.7: Précipitations saisonnières pour la période 1997-2013.

C. Précipitations mensuelles:

Les précipitations moyennes mensuelles enregistrées au niveau de la station d'Es-Sénia pour la période de 1997 à 2013 sont reportées sur le tableau :

Tableau I.3 : Précipitations mensuelles pour la période 1997-2013.

	Mois(mm)												
Station	J	F.	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	totale
Es-Senia	44	44.5	24	33.5	25,5	3,5	0,5	2,5	13	60	66	40,5	358

Le tableau montre une baisse très importante du cumul annuel des précipitations au niveau de la station d'Es-Senia entre 1997 et 2013, par rapport à la période 1913-1963

Concernant les précipitations mensuelles, la figure I-9 permet de distinguer trois périodes

- une période humide, représentée par les deux mois d'octobre et novembre,
- une période sèche, comprise entre le mois de juin et le mois de septembre,
- la troisième et dernière période se caractérise par des valeurs de précipitations intermédiaires entre les deux premières.

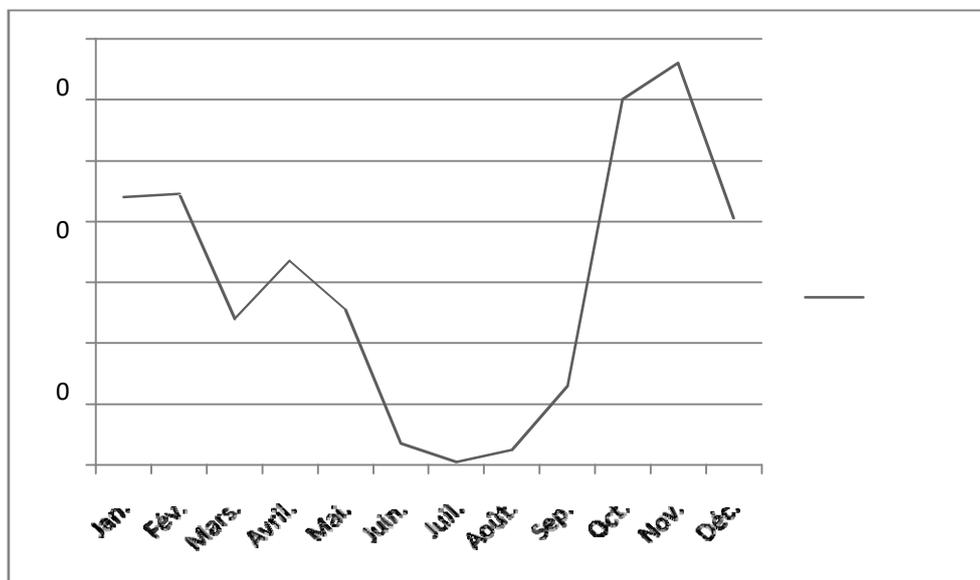


Figure I.8 : Précipitations mensuelles pour la période 1997-2013.

I.2.3 Etude des températures:

Les températures mensuelles présentées dans le tableau ci-dessous ont été enregistrées durant la

période de 1997 à 2013 au niveau de la station d'Es-Senia.

Tableau I.4 : Températures moyennes mensuelles pour la période 1997-2013.

Mois	J	F.	M.	A	M	J	J	A	S	O.	N.	D.	Moyenne
Es-Sénia°C	10	12	14	16	19	23	25	26	24	20	15	12	18

Du tableau, on remarque que le mois de janvier est le plus froid avec une température moyenne égale à 10 °C, tandis que le mois d'août est le plus chaud avec une température moyenne de 26 °C. La température moyenne annuelle est égale à 18 °C. Cette température est relativement faible, étant donné le climat semi aride caractérisant la région d'étude.

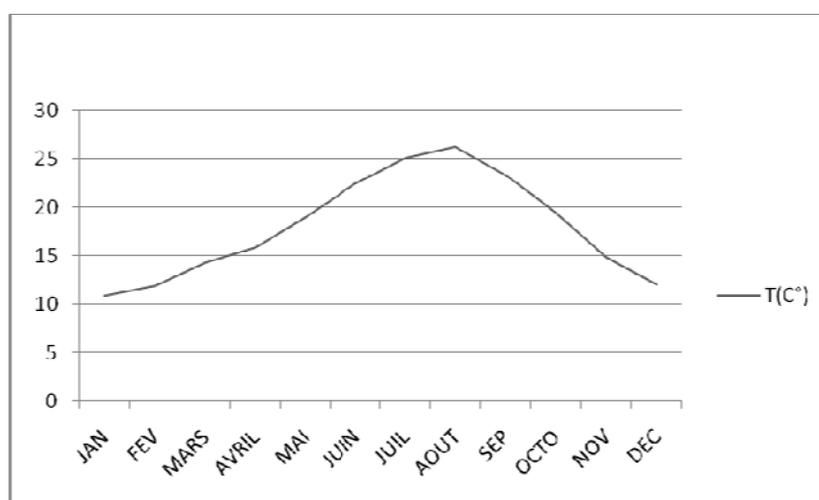


Figure I.9 : Températures mensuelles pour la période 1997-2013.

La figure I-9 permet de constater que la saison froide ($T < 15$ °C) débute en novembre et se poursuit jusqu'au mois d'avril. La saison la plus chaude s'étale sur six mois, commençant en mai et se terminant en octobre.

I.2.4 Humidité:

Les valeurs d'humidité enregistrées au niveau de la station d'Es-Sénia sont assez élevées. Cette tendance est surtout due à la proximité de la mer.

Tableau I.5 : Humidités mensuelles (1997-2013).

Mois	Jan.	Fév.	Mar	Avr	Mai.	Juin.	Juill	Aout	Sep.	Oc	Nv	Dec.
H%	71,7	70,6	70	64,7	65,9	64,4	64	62,8	64,6	68,3	71	72,7

I.4.5 Vent

Les moyennes mensuelles de la vitesse du vent à la station d'Es-Senia, relatives à la période 1997-2013, sont présentées dans le tableau suivant:

Tableau I.6 : Vitesses moyennes mensuelles du vent (1997 - 2013).

Es-	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
V _{moy}	7,28	4,55	4,95	4,9	4,74	4,74	4,47	4,31	4,18	4	4,33	4,4
DRT	W	W	W	W	W	W	WS	W	W	WS	WS	WS

L'étude des vents se base généralement sur deux caractères principaux, à savoir : la vitesse et la direction. Les vents dominants dans la région sont de direction W et à un degré moindre WS en automne. Pendant la période estivale, les vents de type Sirocco (vents chauds et secs de direction WS) soufflent pendant quelques jours par an (de 5 à 7 jours).

I.2.5 Evaporation:

A. Evaporation mensuelle :

Du tableau ci-dessous, l'évaporation atteint son maximum au mois d'août, égalant 171 mm. La valeur minimale (60.5 mm) par contre, est enregistrée au mois de décembre et janvier. Au cours de l'année, nous pouvons distinguer deux périodes, la plus affectée par l'évaporation se prolonge d'avril à octobre, tandis que l'autre occupe le reste de l'année.

Tableau I.7 : Evaporations mensuelles (1997-2013).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A.	S	O	N.	D
Evaporation	61	65	84	120	133	154	169	171	140	100	74	61

B. Evaporation annuelle :

Les variations interannuelles de l'évaporation sont remarquables à l'image de la grande différence observée entre la valeur maximale enregistrée en 2002 et celle minimale en 2009.

Tableau I.8 : Evaporations annuelles (1999-2009).

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Moy(mm)	1407	1453	1549	1643	1412	1511	1571	1561	1467	1133	1070

I.2.6 EVAPOTRANSPIRATION

Plusieurs méthodes de calcul sont utilisables pour l'estimation théorique de l'évapotranspiration potentielle utilisant des données climatiques différentes, nous allons utiliser la méthode de Penman-Monteith.

✓ La méthode de Penman-Monteith:

C'est la méthode d'évaluation théorique de l'ETP la plus précise mais, en contrepartie de sa précision, cette formule comporte un grand nombre de paramètres : température moyenne de l'air, pression de la vapeur d'eau, durée d'insolation, rayonnement global, vitesse du vent.

Le calcul effectué par la méthode de Penman-Monteith recommandée par la FAO La station météorologique source de données pour le calcul de l'ETP est la station d'Oran Senia. Les calculs de l'ETP à l'aide de cette formule ont donné les résultats suivants

Tableau I. 9: Résultats des calculs d'ETP de la zone du projet (en mm)

Désignation Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
ETP PENMAN-MONTEITH	145	96	50	54	58	66	102	137	159	169	188	199	1 423

I.2.7 Gelée blanche:

Il est à noter que la gelée blanche est connue par ses effets néfastes sur les cultures et exulte la pratique des cultures de primeur, les cultures sous serres (cultures protégées) et même des cultures précoces conduites d'une manière compétitive.

Tableau I.10 : Nombre de jours moyens de gelée à la station ES-SENIA

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Nombre	0	0	2	7	8	7	2	1	0	0	0	0

Source : ONM 2013

La période des gelées dans la zone du périmètre s'étale de Novembre à Mai ; les fréquences les plus élevées sont observées au cours des mois de Décembre, Janvier et Février avec respectivement 7, 8 et 7 jours de gelée. L'année totalise en moyenne 14 jours de gelée.

I.2.8 Grêle et Neige:

Nous disposons du nombre de jours de neige et de grêle sur 16 ans (1997-2013) à la station d'ES-SENIA.

Tableau I.11 : Nombre de jours de neige et grêle sur 16 ans (Station d'ES-SENIA).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Neige	0	0	0	3	4	3	1	0	0	0	0	0
Grêle	0	1	1	3	1	2	2	1	1	0	0	0

La neige n'est pratiquement pas fréquente dans cette région. Elle a été observée au maximum 4 fois sur 16 ans au mois de février. Quelques jours (entre 3 et 6) de neige ont été observés, sur une période de 16 ans, au mois de décembre, janvier et février.

La grêle est rare dans la région. Toutefois, le mois de décembre est celui où on a enregistré le plus de grêle (05 jours sur une période de 16 ans).

I.2.9 Le Sirocco :

En raison des propriétés que peut avoir le vent sec et chaud sur le pouvoir évaporant de l'air il est bon de signaler sa présence. Nous disposons du nombre de jours de sirocco sur 16 ans (1997-2013) à la station d'ES-SENIA.

Tableau I.12 : Nombre de jours moyens de sirocco à la station de d'ES-SENIA.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Nbre moyen	3,40	2,55	0,10	0,25	0,55	0,20	1,15	0,75	1,70	2,85	3,45	3,85

Source : ONM 2013

I.2.10 Tension de vapeur

La distribution moyenne mensuelle de la tension de vapeur d'eau est donnée au tableau

Tableau I.13 : Répartition mensuelle de tension de vapeur d'eau en

mbar

Paramètre	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anné
Tension vape mbar	10,0	10,5	12,2	11,8	14,6	17,9	20,7	21,9	18,8	16,5	12,8	11	14,9

Source : ONM

Les valeurs moyennes mensuelles minimales et maximales de la tension de vapeur d'eau se situent respectivement en mois de janvier (10 mbar) et au mois d'août (22 mbar).

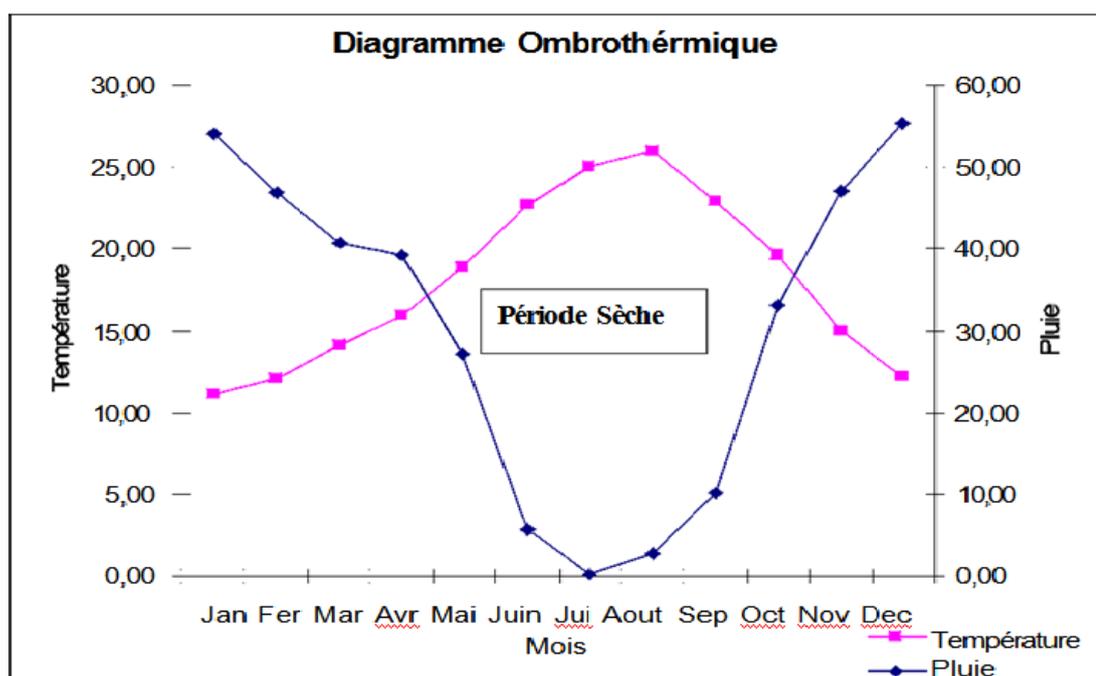
I.2.11 Ensoleillement

La quantité d'heures d'ensoleillement dans la région est assez élevée; la moyenne annuelle est de 8,3 heures par jour. L'ensoleillement annuel total est de 3040 heures réparties entre 1289 heures en hiver et 1751 heures en été.

Tableau I.14 : Ensoleillement en heures

Mois	Jan	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Moy(1993-	191	204	244	276	299	322	332	309	266	224	190	184	3040
Heure/jour	6,2	7,3	7,9	9,2	9,7	10,7	10,7	10	8,9	7,2	6,3	5,9	8,3

Source : ONM



I.2.12 DiagrammeOmbro-thermique

Figure I-10: diagramme Ombrothermique de GAUSSE

Le diagramme Ombrothermique permet de définir les mois secs de l'année. Les précipitations sont exprimées en mm. Lorsque celles-ci sont égales ou inférieures au double de la température exprimée en degrés centigrades ($P \leq 2T$). Le diagramme Ombrothermique fait ressortir une période sèche qui s'étale sur environ 6 mois, allant du mois de Mai jus qu'au

mois d'octobre.

I.3 Indices Climatiques:

❖ **Quotient pluviométrique d'Emberger:**

3,43

$$Q_3 = \frac{P}{M - m}$$

M-m

Q = Quotient d'Emberger

P = Moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm

M = Moyenne des températures maximales (°C) du mois chaud

m = Moyenne des températures minimales (°C) du mois le plus froid.

Le quotient d'Emberger calculé en utilisant les données de la station de Sétif, est le suivant:

Tableau I.15: paramètres et quotient d'Emberger.

P(mm)	M°C	m°C	Q3	Etage bioclimatique	Variante Thermique
329,93	26	11,1	83,45	Semi-aride	Chaud

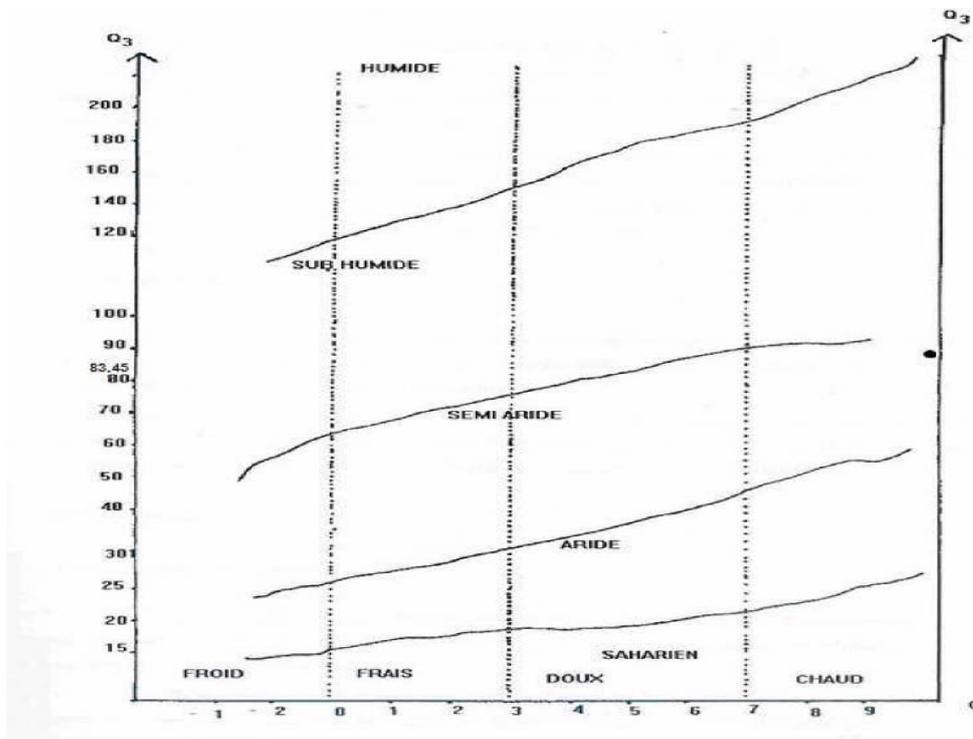


Figure I.11 : Climogramme pluviométrique d'Emberger. (Source: ONID)

Le Climagramme pluviométrique d'Emberger, spécifique au climat méditerranéen, classe la région de Mlita dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver chaud

I.4 Indiced'aridité:

a) Indice annuel:

$$A = \frac{PA}{T+10}$$

A = indice de Matone

PA = Précipitation moyenne annuelle PA=329,93 mm

T = température moyenne annuelle T=18.55

L'indice d'aridité annuel est de 11,96. Il est inférieur à 20 d'ou l'irrigation est indispensable.

b) Indice mensuel:

$$Am = \frac{Pm}{Tm+10}$$

Am = indice d'aridité mensuel

Pm = Pluviométrie moyenne mensuelle

Tm = Température moyenne mensuelle

L'application de la formule a permis de calculer les valeurs mensuelles de l'indice d'aridité qui sont indiquées dans le tableau suivant:

Tableau I.16: Indice d'aridité mensuel.

Mois	Pluie	Température	Indiced'Aridité	MensuelObservation
Janvier	54,12	11,10	30,78	Irrigation d'appoint
Février	46,75	12,10	25,38	Irrigation d'appoint
Mars	40,65	14,10	20,24	Irrigation d'appoint
Avril	39,30	15,90	18,21	Irrigation indispensable

Mai	27,09	18,80	11,29	Irrigation indispensable
Juin	5,83	22,70	2,14	Irrigation indispensable
Juillet	0,30	25,10	0,10	Irrigation indispensable
Août	2,73	26,00	0,91	Irrigation indispensable
Septembr	10,28	22,90	3,75	Irrigation indispensable
Octobre	33,06	19,60	13,40	Irrigation indispensable
Novembre	47,11	15,00	22,61	Irrigation d'appoint
Décembre	55,28	17,96	23,73	Irrigation d'appoint

On compte 5 mois humides de Novembre à Mars dont les valeurs de l'indice d'aridité supérieures à 20 et où l'irrigation n'est pas indispensable. Par contre, les mois secs s'étalent du mois d'Avril à Octobre avec des valeurs inférieures à 20 et où l'irrigation devient nécessaire.

I.5 Conclusion

Le périmètre De M'lita jouit d'un climat de type méditerranéen aride, caractérisé par un hiver frais, et un été sec, période où le déficit en eau se fait le plus sentir. la pluviométrie de la région avec une moyenne relevée sur 36 ans de 329,93mm/an, sa répartition durant l'année est irrégulière où plus de la moitié des précipitations annuelles tombe durant la période de Décembre-Mars, en été les précipitations sont presque nulles et le recours à l'irrigation des terres s'impose.

Chapitre II :
Etude Agro-pédologique

II.1 Introduction:

Le sol désigne l'ensemble hétérogène des matériaux issus de l'évolution d'un substrat minéral sous l'action combinée de facteurs climatiques (température, précipitation) et de l'activité biologique (racines de végétaux, animaux fousseurs, accumulation de matière organique en décomposition, micro-organismes) (Gobat et al, 1998).

Avec le climat, le sol constitue le milieu dans lequel la plante se développe. Le sol est le support de la plante, les racines en occupent un volume plus ou moins important et y fixent la plante. Il est également son réservoir alimentaire ; les racines y puisent l'eau et les sels minéraux indispensables.

L'étude pédologique du périmètre a pour objectifs :

- ✓ D'apprécier les potentialités des terres vis-à-vis de l'irrigation ; en mettant l'accent sur une hiérarchie d'aptitude des différentes zones et sur l'existence de contraintes éventuelle pour l'aménagement.
- ✓ De fournir à l'ingénieur d'irrigation les données fondamentales caractérisant les relations entre le sol et l'eau ; à savoir dose d'irrigation et vitesse d'infiltration, qui conditionnent la conduite et l'organisation des arrosages.

II.2 Classification des sols:

L'étude des ressources en sols menée au cours de l'étude sur environ 9400 ha (zone supérieure à l'emprise du futur périmètre retenu) a permis de distinguer quatre catégories d'aptitudes des sols à l'irrigation disponibles dans le périmètre d'étude (figure II-1).

- **Catégorie I : 1 016 Ha**

Potentialités en sol favorables, permettant une mise en valeur hautement productive sans aménagement au préalable, aptitude à l'irrigation très élevée, sols ne présentant pas de facteur limitant ni de contraintes majeure, où les sols sont profonds, des taux de calcaires faibles, une texture ni trop fine ni trop grossière et une salinité insignifiante $< 0,6$ dS/cm.

- **Catégorie II : 3 397 Ha**

Potentialités en sol favorables, permettant d'obtenir une production satisfaisante. Aptitude à l'irrigation élevée, les sols sont profonds avec des taux de calcaire moyen 7 %, une texture fine et une salinité oscillant entre 0,6 et 1,4 dS/m.

- **Catégorie III : 4 423 Ha**

Potentialités en sol de qualité moyenne, correspondant à des ressources édaphiques, avec

possibilité d'améliorations moyennant la pratique des travaux d'aménagement, aptitude à l'irrigation moyenne. Les sols sont moyennement profonds, des taux de calcaires variant entre 12 et 25 %, des textures fines générant ainsi des caractères vertiques et une salinité oscillant entre 1,4 et 2,4 dS/m.

▪ Catégorie IV : 550Ha

Potentialités en sol marginales correspondant à des sols à facteurs limitant pour une mise en valeur irriguée, aptitude médiocre à l'irrigation. Les sols pouvant avoir des profondeurs faibles, une texture très fine ou très grossière, un taux de calcaire élevé et une salinité pouvant dépasser les 2,4 dS/m.

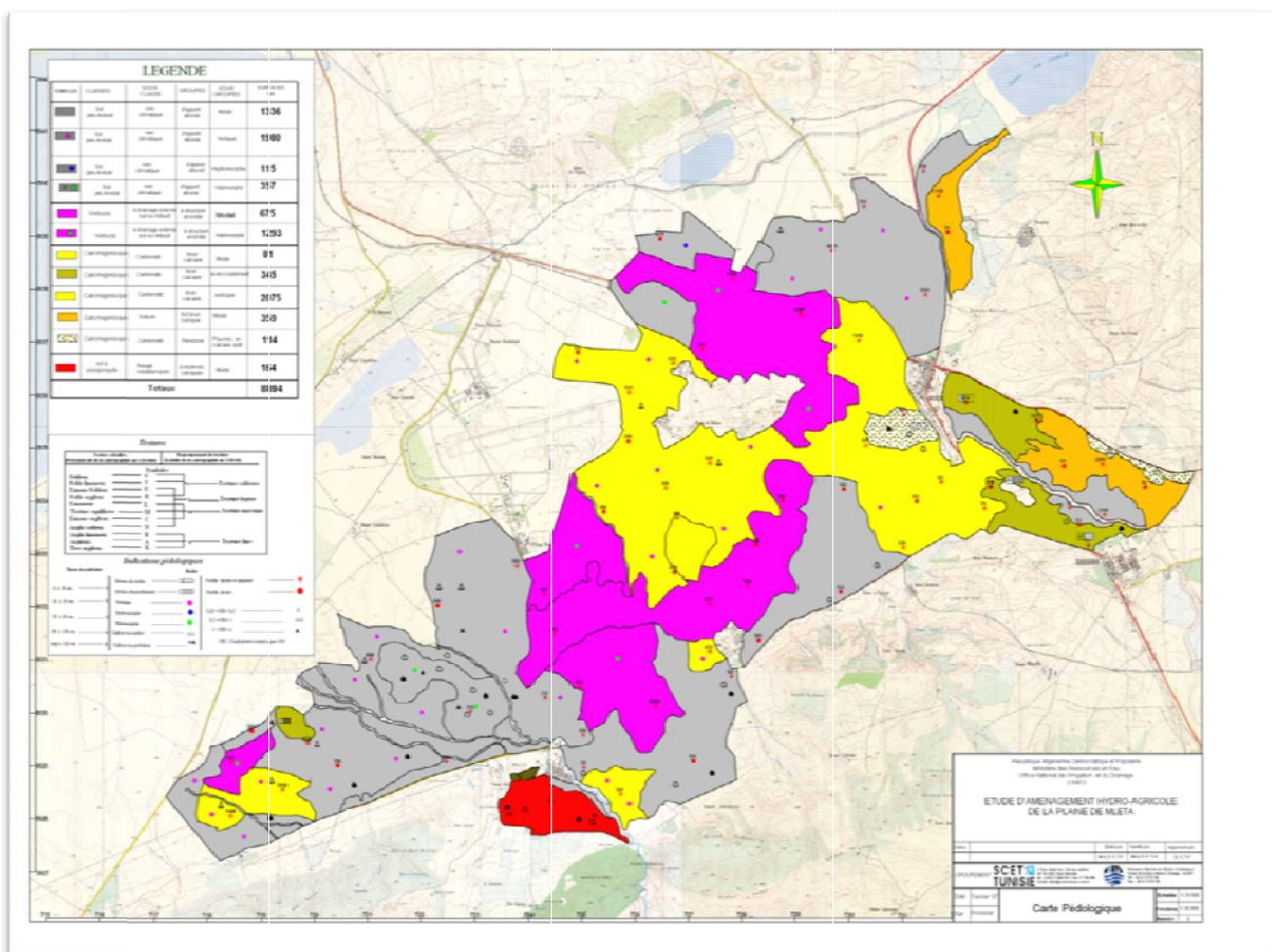


Figure II-1 : Carte Pédologique

II.3 Les Caractéristiques hydrodynamiques des sols dupérimètre

1. Perméabilité du sol de la plaine d'étude

Selon la classification FAO les sols sont moyennement perméables à perméables. Les superficies sont réparties comme indiquées dans le tableau suivant :

Tableau II-1 : Répartition des superficies par classe de perméabilité

Perméabilité (cm/h)	Superficie (ha)
Sols peu perméables	706
Sols moyennement perméables	4049
Sols perméables	3677
sol médiocre	485

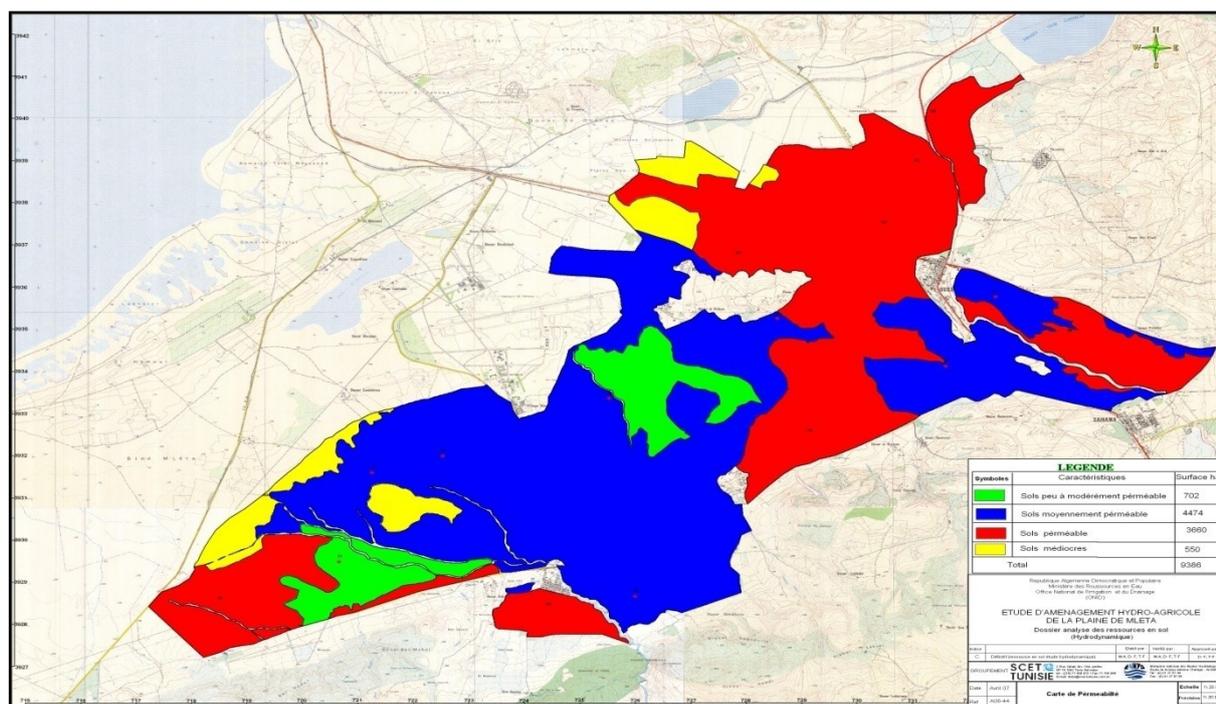


Figure II-2: carte de perméabilité des sols de la zone d'étude

2. La conductivité hydraulique

Selon la classification FAO, la majorité de ces valeurs indiquent que les sols sont caractérisés par une conductivité très faible à faible. Les zones en question sont des unités éparses localisées au nord de la localité de Oued Tlelat, au nord du village Kehailia. La

particularité de ces unités réside dans le fait qu'elles se situent non loin des zones de sebkha (milieux fortement salins).

Tableau II-2: Répartition des superficies par classe de conductivité

Conductivité hydraulique (m/j)	Superficie (ha)
Très faible	1358
faible	928

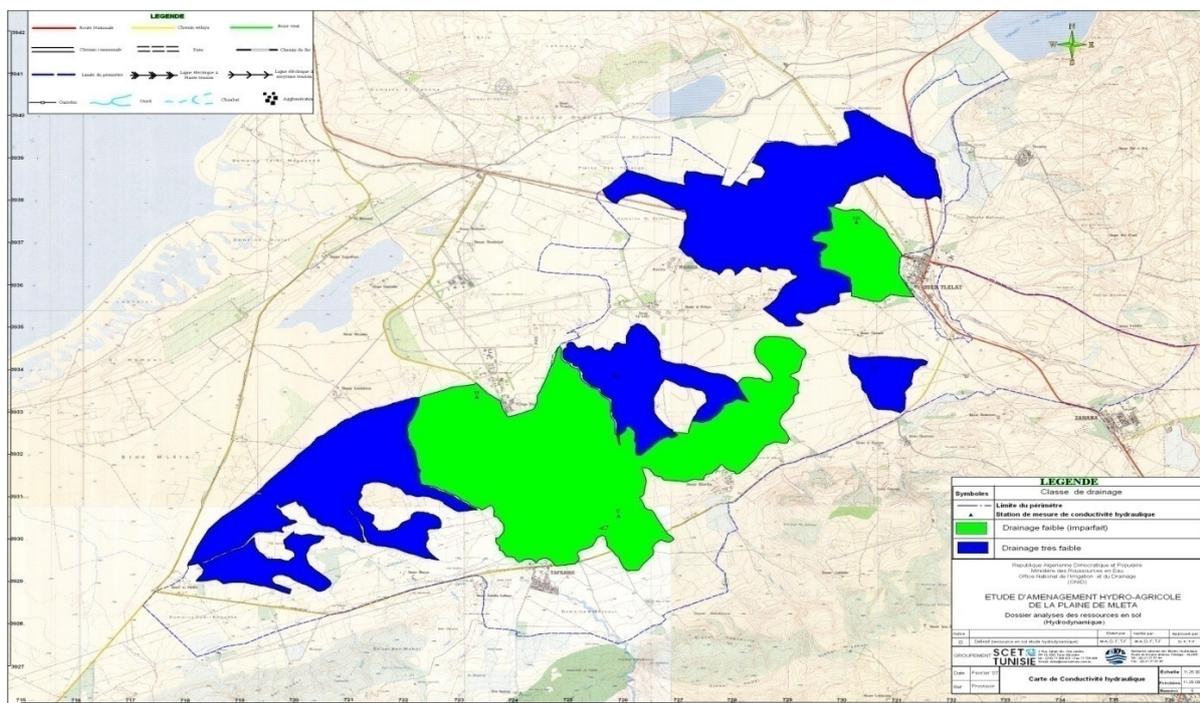


Figure II-3: carte de la conductivité hydraulique de la zone d'étude

3. Essais géotechniques

Une série d'essais géotechniques de laboratoires a été effectuée au niveau du laboratoire afin de déterminer les paramètres du sol.

Ces essais ont été réalisés au laboratoire sur des échantillons représentatifs de sols, afin de déterminer leurs propriétés physiques, mécaniques et chimiques. Il s'agit de:

Essais physiques :

- Teneur en eau naturelle
- Poids volumiques apparent.
- Poids volumiques des grains solides.
- Poids volumiques secs.

- Analysesgranulométriques
- Limitesd’atterberg.

Essais mécaniques :

- Cisaillementrectiligne.
- Compressibilité.
- Consolidation.
- Gonflement
- Pression degonflement.

Essai Chimique :

- Teneur encarbonate.

a) RESULTAS DES ESSAIS DE LABORATOIRE:

- **Teneur en eau :** W%=12
- **Poids volumique sec :** $\gamma_h (g/cm^3)=1,86$
- **Poids volumique des grains solides** $\gamma_s (g/cm^3)=2,86$
- **Analysegranulométrique**

Profondeur m	%sable	% limon	%d’argile
5,15 – 5,50	58	27	15
7,50 – 7,80	70	14	16
9,00 – 9,30	74	18	8

- **Teneur encarbonate**

L’essai de Calcimétrie a été réalisé selon la méthode DEUTSHRILING, les résultats sont cosignés dans le tableau suivant : $W_{CaCO_3}\% =35$

- ✓ **Essaionométrique**

les coefficients de compressibilité $C_c=0.17$ et de consolidation $C_v=7.096.10^{-7} m^2 / s$

Cc : indice de compressibilité

$$cc= 0.848 \frac{(h_i - \Delta h_{90})^2}{t \ 90}$$

Cv : coefficient de consolidation

$$cv= \frac{\Delta e}{\Delta \log \sigma}$$

✓ **Potentiel et pression de gonflement**

- Le Potentiel de gonflement maximum est définie comme étant égale à :

$$G\% = \frac{\Delta h}{h_i} * 100$$

Avec :

Δh : lecture de la déformation (mm)

h_i : hauteur initiale de l'échantillon égale à 20 (mm)

La pression de gonflement est mesurée par la méthode de gonflement a volume constant

Les valeurs du potentiel $G\% = 0,23$ et de la pression de gonflement $P_g = 0,075 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$

✓ **Cisaillement rectiligne**

L'essai de cisaillement à la boîte à donné des valeurs de cohésion $c = 1,47 \text{ (bar)}$ et angle de frottement $\phi = 27,59^\circ$

II.4 Aptitudes culturales des sols enirrigué**1) Étude de l'enquête foncière du périmètre d'étude**

L'enquête foncière, réalisée dans le cadre de la présente étude, a touché 734 unités foncières composées d'environ 880 parcelles et couvrant une surface totale d'environ 9 700 Ha.

Tableau II- 3: Surface et nombre de parcelles par commune

	Unités foncières		Parcelles		Surface	
	Nbre	%	Nbre	%	Ha	%
Oued Tlelat	221	30	296	34	4 421,3	46

Source : ONID

la distribution des superficies et des parcelles par commune fait apparaître que la taille moyenne des parcelles est plus élevée à Oued Tlelat. En effet, la taille moyenne des parcelles est 11,01 Ha pour la zone étudiée. L'examen des données détaillées issues de l'enquête foncière montre la présence de terres incultes ou occupées par des bâtiments (habitations et autres) ou appartenant à des structures publiques (APC, ministère de la Défense Nationale, Ministère de la Jeunesse et des Sports). Ces terres ne sont pas de vocation agricole et devraient donc être soustraites du périmètre.

Dans le cas de notre périmètre d'étude, en se basant sur les d'investigations ci-dessus que les vocations agronomiques suivantes ont été élaborées et établies:

○ **LacatégorieB25I12C11M15**

Il s'agit des sols sans contraintes au préalable, constituant un bon support pour toutes les espèces végétales. Cette catégorie regroupe essentiellement des sols profonds, à texture moyenne à fine, moyennement humifères, faiblement décalcariés et une salinité très faible. Nous avons regroupé dans cette catégorie de vocation, les sols peu évolués alluviaux, et les vertisols modaux ou à caractères vertiques peu accentués

○ **LacatégorieB34I12C11M15**

Les sols de cette catégorie peuvent constituer un bon support aussi bien pour les spéculations maraîchères les cultures annuelles, fourragères et industrielles et moyennement pour les espèces arboricoles. Nous avons regroupé dans cette catégorie de vocation les bruns calcaires et les peu évolués vertiques ayant des textures très fines, Il s'agit de sols profonds.

○ **La catégorie I21 C23M31**

Cette catégorie d'aptitude regroupe les sols qui peuvent constituer un bon support pour les cultures industrielles, céréalières et un support de qualité moyenne pour les cultures maraîchères. Dans cette classe nous avons regroupé les vertisols et les bruns calcaires vertiques.

○ **La catégorie I23 C23M25**

Cette catégorie d'aptitude regroupe les sols peu évolués à caractère vertique et halomorphe. Leur aptitude est bonne pour les cultures céréalières fourragères et industrielles et moyennes pour les cultures maraîchères.

○ **La catégorie I23 C31M43**

Cette catégorie d'aptitude renferme les sols peu évolués à caractère halomorphe. Leur aptitude est moyenne pour les cultures céréalières et industrielles, médiocre pour les cultures Maraîchères. Les cultures arboricoles sont à exclure.

○ **La catégorie C22M31**

Cette catégorie d'aptitude renferme les sols bruns calcaires sur croûte et encroûtement convient moyennement pour les cultures céréalières fourragères et maraîchères. La contrainte relevée dans ces sols est la faible profondeur liée à la présence d'une croûte

ou

encroûtement.

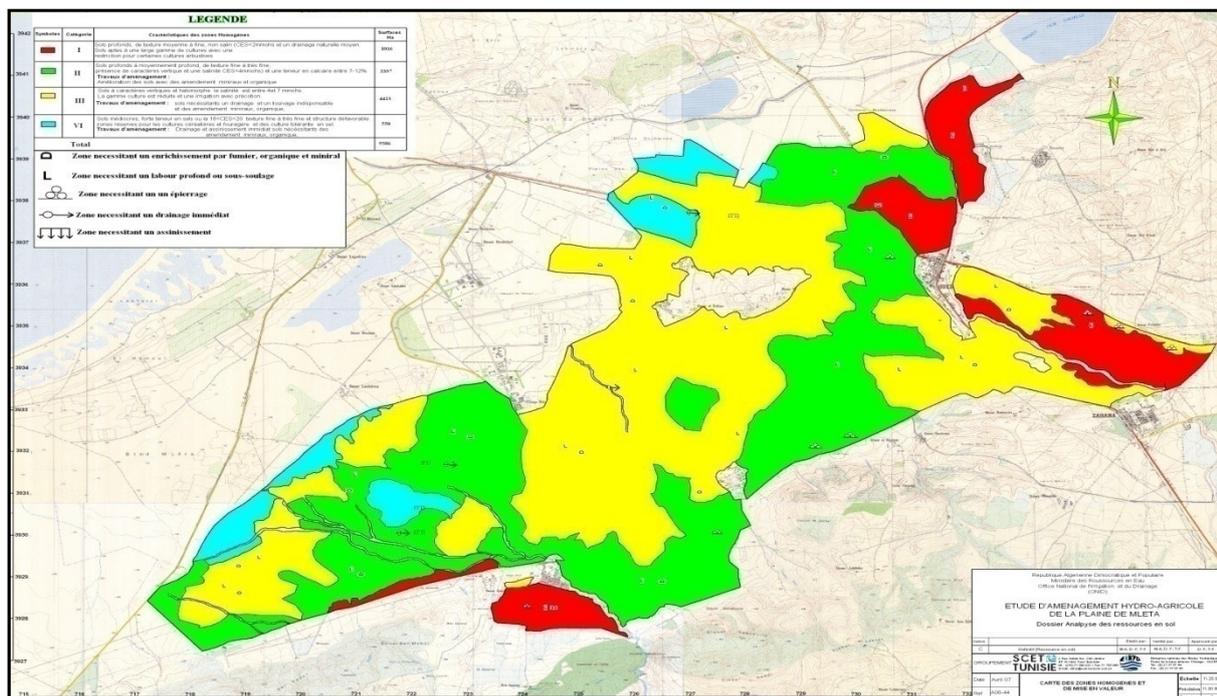


Figure II- 4 : Aptitudes culturales des sols en irrigué

2) Statut foncier des exploitations

La répartition de l’effectif des exploitations agricoles de la zone du projet, selon le statut foncier (EAC, EAI, Privé, ferme pilote et autres) est détaillée, dans le tableau ci-après, par commune.

Tableau II- 4: Répartition de la superficie des exploitations par commune

	Oued Tlelat		
	Nbre	Ha	%
EAC	8	2 018,3	47,0%
EAI	62	918,8	21,4%
Ferme Pilote	1	858,3	20,0%
Privé	59	485,6	11,3%
Autres	3	9,1	0,2%
Total	133	4 290,1	100,0%

Source : ONID

3) Occupation des parcelles

Les parcelles retenues sont quasiment cultivées, puisque la jachère n'occupe qu'environ 4 à 6 % seulement de la superficie totale.

Les grandes cultures occupent près de 89% des surfaces cultivées. Contrairement aux cultures maraîchères, qui ne réussissent qu'avec l'irrigation, ne profitent que d'une proportion dérisoire des superficies, ce qui traduit le manque d'eau dans la zone.

Tableau II-5: Occupation des parcelles

	Oued Tlelat	
	Ha	%
Grandes cultures	3 761,2	87,7
Maraîchage	34,0	0,8
Olivier	246,1	5,7
Vigne de table	2,0	0,0
Arbres fruitiers divers	75,3	1,8
Jachère	171,6	4,0
Total	4 290,1	100,0

Source ONID

Les cultures maraîchères, les oliviers et les arbres fruitiers divers sont exclusivement conduits en irrigué. Il en est de même pour 82,4 % des superficies occupées par les vignes de tables.

4) Assainissement agricole et brisesvents

La zone d'étude est caractérisée par l'absence d'assainissement agricole et de brises vent,

5) La population

La population résidente dans la commune est de 15 600 habitants à **Oued Tlelat** en 2008

La taille des ménages est en moyenne de 7,1 personnes. L'analyse des données de l'ensemble de la wilaya d'Oran permet de constater que la population de la zone est jeune .en faveur de la réalisation du projet et du développement agricole de la zone du projet.

6) Le secteur agricole

Les terres agricoles appartiennent soit à des privés, soit à l'Etat. En ce qui concerne le secteur public, deux statuts d'exploitations sont présents dans la commune d'Oued Tlelat. Le premier est l'Exploitation Agricole Collective (EAC) et le second est l'Exploitation Agricole Individuelle (EAI). Pour ces deux statuts, les exploitants ont un droit de jouissance perpétuelle de la terre et du patrimoine de l'exploitation autre que la terre.

7) Les productions végétales

La région du futur périmètre de Mlita est une région à vocation agricole limitée dans sa mise en valeur par le manque d'eau d'irrigation et de moyens financiers.

Les superficies importantes de cultures céréalières sont parfois associées à l'élevage. En effet, les fourrages occupent la seconde place parmi les cultures annuelles. Ils sont dominés par l'avoine et l'orge. En ce qui concerne le maraîchage, il est très peu développé dans la zone du projet, il occupe moins de 1 %. Il est composé de légumineuses (fèves, petit pois) et de melon et il devra être abandonné car l'irrigation à partir d'eaux usées traitées n'autorise pas l'irrigation des cultures maraîchères. Pour ce qui est de l'arboriculture, elle représente entre 1 et 21 % en fonction de la taille des exploitations. Elle est largement dominée par l'olivier, ensuite vient l'arboriculture à pépins et noyaux.

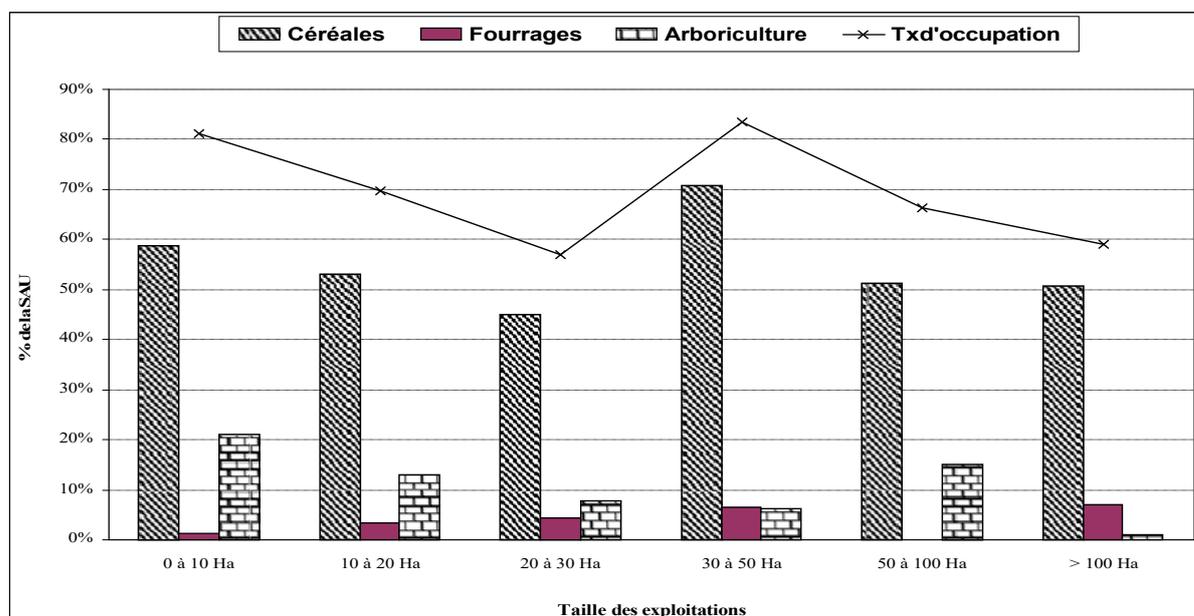


Figure II- 5: Occupation actuelle des Exploitations et taux d'intensification

Cette figure montre que :

L'occupation des sols par les cultures céréalières demeure largement dominante au

niveau de toutes les strates de taille d'exploitation ; La proportion des sols occupée par l'arboriculture est particulièrement significative au niveau de deux strates d'exploitation 0-10 Ha et 50-100 Ha ; La part des cultures fourragères dans les surfaces cultivées est insignifiante (strate 0-10 Ha), voire nulle dans les exploitations de taille importante (50-100 Ha). Le taux le plus élevé (environ 7 %) est constaté au niveau de deux catégories d'exploitation, à savoir : 30-50 Ha et > 100Ha

8) Les productions animales

L'élevage, dans la zone du projet, est largement dominé par les ovins puisqu'ils représentent plus de 90 % du nombre de têtes de gros élevage présentes dans les communes de Tafraoui et Oued Tlelat. En seconde position se place l'élevage bovin et en troisième l'élevage caprin.

En ce qui concerne le petit élevage

Tableau II-1: Effectif actuel du cheptel par espèce et taille d'exploitation

	Exploitation			Total
	Petite	Moyenne	Grande	
Bovins		90	181	271
Ovins	2 414	264	4 172	6 850
Caprins	12	132	647	791

Les petites exploitations ne pratiquent pas l'élevage bovin, ce qui traduit leurs faiblesses en termes de moyens financiers, et le manque des ressources fourragères. Ces exploitations sont spécialisées dans l'élevage des ovins (35%des effectifs).

II.5 Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'analyse agro-pédologique de la zone d'étude. Les sols appartiennent aux classes qui présentent des potentialités de mise en valeur importante.

Les analyses physico-chimiques des sols ont mis en évidence des propriétés adéquates. En effet, la majorité des sols présentent les caractéristiques suivantes :

- Texture argileuse argileux-limoneuse.
- Sol moyenne perméable, et à bonne activité biologique avec une matière organique décelable.

De façon générale les sols présentent de bonnes aptitudes culturales à diverses spéculations agricoles les plus cultivées dans la région, ce qui constitue un avantage agronomique et une opportunité socio-économique pour l'aménagement du périmètre du Mlita

Chapitre III :
la réutilisation des eaux usées épurées

III.1 Introduction:

On appelle réutilisation des eaux usées l'emploi nouveau des « eaux de deuxième main » pour un usage différent de celui de son premier emploi grâce à des actions volontaires.

La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte :

- La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration ; sans passage, ni dilution de ces eaux dans le milieu naturel,
- La réutilisation indirecte correspond à l'emploi, sous forme diluée, des eaux déjà utilisées, après leur rejet et dilution dans le milieu naturel.

La définition stricte de la réutilisation exclut donc le recyclage. Il s'agit, dans ce cas d'une réutilisation interne des eaux dans un cycle de production dans le but du contrôle de pollution et de l'économie des ressources en eau. Le recyclage est en conséquence l'affaire de l'utilisation initiale. La réutilisation des eaux sert à des usagers nouveaux par rapport aux usagers initiaux. Le nouvel usage nécessite en général un traitement des eaux pour les ramener à une qualité satisfaisante et compatible avec l'usage envisagé.

III.2 Objectif de la réutilisation des eaux usées:

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques. En fonction des exigences de qualité des consommateurs, deux grandes classes de Réutilisation peuvent être définies :

✓ Les usages potables qui peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirects, après passage dans le milieu naturel.

✓ Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriel et urbain Au plan mondial, l'utilisation de cette technique par l'agriculture, l'industrie et les usages domestiques couvre respectivement 70 %, 20 %, 10 % de leur demande en eau

La figure suivante résume les principales voies de réutilisation dans les pays ayant une expérience significative dans ce domaine. Il apparaît que la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen, le Sud des Etats-Unis. Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des Etats-Unis, l'espace méditerranéen, l'Australie, l'Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud.

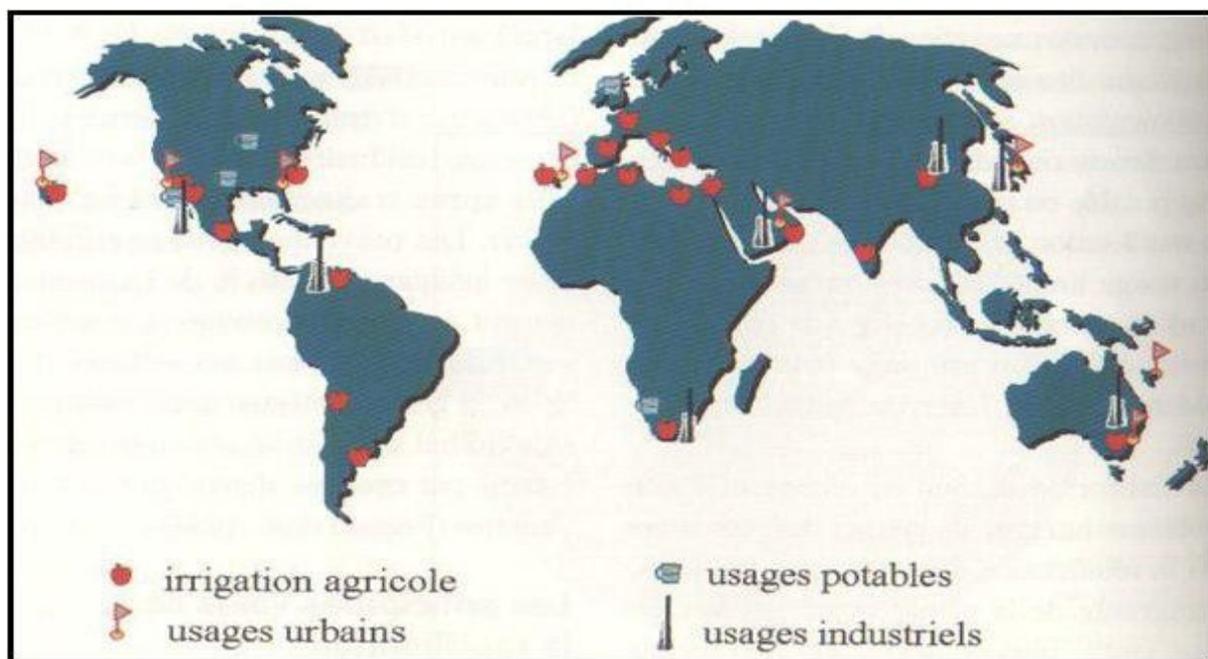


Figure III-1 : Répartition des expériences mondiales en réutilisation des eaux résiduaires urbaines.

Tableau III-1: Formes de réutilisation des eaux usées

Formes de réutilisation	Application
Production de l'eau potable	Production indirecte d'eau potable
	Production directe d'eau potable
Irrigation en agriculture	Culture maraîchère ou fourragère
	Arbres fruitiers
	Culture industrielle
	Aquaculture
Activité récréative	Augmentation des cours d'eau pour la

	pêche et la notation.
Utilisation industrielle	eau de refroidissement
	construction
	Papeterie
	industries textiles
L'utilisation urbaine	Irrigation des parcs d'écoles, terrain de golfs et espace vert des résidences.
	Protection incendie
	Recyclage en immeuble

Source : ONA

III.2.1 Historique de la réutilisation des eaux usées :

Les effluents urbains, ont été depuis longtemps, utilisés pour la production agricole (champ d'épandage du 19^e siècle, en Angleterre, Allemagne, les régions parisiennes).

A partir de 1910 sous l'influence de l'extension urbaine, les nuisances générées par l'épandage

d'eaux brutes, la pratique est entrée en régression sans que ce déclin soit dû à des considérations sanitaires objectives et précises

Au milieu du siècle, une meilleure compréhension des phénomènes biologiques et physico chimiques qui préside au processus de l'évolution et de la dégradation de la matière organique, a favorisé, dans les pays industrialisés, de techniques épuratoires, qui avaient pour but de protéger le milieu naturel et en particulier, les cours d'eau récepteurs.

Ces techniques ont été ensuite, peu à peu, utilisées pour le recyclage direct ou indirect, dans les pays semi arides, à déficit hydrique chronique.

C'est ainsi que les états comme la Californie, l'Arizona ont développé à partir des années soixante et, plus radicalement, ces deux dernières décennies, l'irrigation avec les eaux résiduaires, après traitement physico-chimique et biologique.

Aux états unis, un milliard de mètre cube était recyclé annuellement en 1975, dont 60% pour l'agriculture (7 milliards pour l'année 2000). En Californie environ 180 millions de mètre cube par an était réutilisés dans l'agriculture en 1975.

Des pays du bassin méditerranéen ont suivi rapidement l'exemple : Espagne, Chypre,

Grèce, Palestine, Tunisie (2000ha irrigués à partir des eaux usées épurées près de Tunis)

III.3. La réutilisation des eaux usées en agriculture

III.3.1. Exemple de réutilisation des eaux épurées en agriculture dans le monde

Les projets se concentrent autour de bassin méditerranéen et en Europe, aux États-Unis ou encore en Australie. Certains pays comme la Tunisie ont une véritable politique nationale de réutilisation des eaux usées épurées.

La Tunisie a développé un programme de réutilisation des eaux usées épurées dès les années soixante. La première utilisation d'eaux épurées a eu lieu aux alentours de Tunis, pour irriguer 600 ha de citronniers. La nappe qui alimentait autrefois les circuits d'irrigation avait été surexploitée et commençait à être envahie par l'eau de mer. Il a donc fallu trouver une solution alternative. A partir des années quatre-vingt, une politique de réutilisation a été mise en place. En 1993, 6.400 ha de terres agricoles étaient irrigués avec des eaux épurées, et ce chiffre devait atteindre 20 à 30.000 ha dans les années suivantes.

Le traitement préconisé est le bassin de maturation, le plus adapté aux conditions techniques et économiques locales. Les restrictions d'utilisation ne concernent que les légumes destinés à être consommés crus ou cuits, selon la réglementation tunisienne établie en 1989

États-Unis, 34 états disposent de réglementations concernant l'usage agricole des eaux usées. La Californie fait office de précurseur. Sa réglementation sur la qualité des eaux et leur utilisation, dénommée «Title 22 », est une référence au niveau international.

Respectivement 63 % (570.000 m³/j) et 34 % (340.000 m³/j) des eaux usées épurées des états de Californie et de Floride sont réutilisées pour l'agriculture. 70 % des effluents sont réutilisés pour l'irrigation agricole après un traitement type Titre 22 (filtration tertiaire et désinfection)

Au Mexique, en 1996, les eaux usées brutes (non traitées) de Mexico étaient utilisées pour irriguer 85 000 hectares de maïs, d'orge et de tomates, dans ce qui constituait le plus grand plan d'irrigation au monde. Les critères sanitaires de la réglementation ont depuis changé, ce qui est heureux au vu de l'étude épidémiologique réalisée dans cette région mettant en évidence une augmentation des maladies intestinales liées à l'irrigation par ces eaux brutes (Puil, 1998).

Des pays comme la Grèce, le Portugal, l'Italie, l'Espagne ont des programmes plus ou moins avancés de REUE pour l'agriculture. En Europe du nord, l'Allemagne et la Hongrie utilisent les eaux épurées pour irriguer des céréales, des pommes de terre, etc. mais à moindre échelle. Notons que, mis à part le cas exceptionnel de Mexico, aucun des rapports concernant ces différents cas de réutilisation ne fait état de problèmes sanitaires.

III.4 Expérience Algérienne dans le domaine de réutilisation des eaux usées

Le degré de vulnérabilité d'un pays pour l'eau dépend de la quantité d'eau, de sa répartition dans le temps, de sa qualité, et du niveau de la consommation et de la demande. Alors que le climat est le facteur principal déterminant la quantité d'eau et sa répartition dans le temps, la population et le développement économique sont les influences prépondérantes pour la qualité et la demande.

Quand les ressources internes renouvelables en eau sont inférieures à 1000 m^3 par habitant, le manque d'eau est alors considéré comme un grave frein au développement socio-économique et à la protection de l'environnement. (FAO, 1993).

D'après les statistiques de disponibilité en eau de quelques pays (année 2000), établis par la FAO sur la base de données de la banque mondiale et d'autres organismes, l'Algérie était sous la barre des 1000 m^3 par an et par habitant, avec des ressources internes renouvelables estimées à $570 \text{ m}^3/\text{an/habitant}$.

III.4.1 statistiques sur la réutilisation des eaux usées épurées en Algérie

Etant donné que les ressources en eau prélevées en 2000 sont estimées à 6.074 milliards de m^3 dont 3.938 milliards destinées à l'irrigation (65%) (FAO.1999. étude sur l'agriculture en Algérie). Et pour mieux analyser la situation, on citera les statistiques suivantes présentées par le Directeur de l'Hydraulique Agricole au Ministère des Ressources en Eau, dans le cadre d'une communication présenté à Rabat, du 09 au 12 juillet 2007, sous le titre « la réutilisation des eaux usées épurées en Algérie ».

Situation de la réutilisation des EE en Algérie:

- Surface Agricole Utile (SAU) : 8,5 millions ha soit 3,3 % de la superficie géographique.

- Potentiel de croissance à moyen terme : 01 million d'hectares.
- Superficie Irriguée (2006):
 - 900.000 ha soit 10,5 % de la SAU irriguées principalement à partir des eaux souterraines soit 78%.
 - 674.000 ha irrigués à partir de : 42.400 forages, 132.000 puits et 5.300 sources eaux superficielles (13%).
 - 109.000 ha irrigués à partir de : 59 barrages totalisant une capacité de 440 hm³, 318 retenues collinaires totalisant une capacité de 33,4 hm³ et 9.500 prises au fil d'eau,
 - 77.000 ha irrigués à partir de 1.120 points d'eau (Épandages de crues, foggaras, etc.)
- Irrigation avec les eaux épurées:
 - ✓ Superficie irriguée en 2006: 410 ha.
 - ✓ Superficie en projet: 12.000 ha.
 - ✓ Superficie à irriguer à terme: 60.000 ha

Au cours de ces dernières années, le Ministère des Ressources en Eau a entrepris la mise en œuvre d'un important programme d'investissement concernant la réalisation et la réhabilitation de STEP.

Les STEP conçues, répondent aux critères imposés par le Ministère des Ressources en Eau et qui consistent à :

- Protéger les eaux des retenues existantes contre la pollution et l'eutrophisation
- Protéger le littoral et les zones de baignades.
- Eaux usées produites
 - volume annuel: 730 hm³/an
 - volume annuel à l'horizon 2020: 01 milliard de m³/an.
- Eaux usées épurées
 - Capacité installée actuelle : 270 hm³.
 - Volume actuel épuré : 150 hm³.

- Capacité installée à l’horizon 2020: 972 hm³
- Capacité installée à l’horizon 2030 :1.271 hm³.

- STEP à boues activées

Cent une (101) STEP sont en service. Les capacités installées pour le traitement des eaux usées varient de 200 m³/j pour l’agglomération de H’Nancha (Souk Ahras) à 750000 m³/j pour la STEP de Baraki (Alger).

- Lagunage

Quatre-vingt treize (93) STEP de type lagunage dont 20 de type aéré sont en service. Les capacités installées varient de 320 m³/j pour l’agglomération de l’Émir Abdel Kader (Ain-Temouchent) à 42 000 m³/j pour la STEP de Ouargla.

Tableau III-2 : Nombre de STEP à l’échelle nationale.

Etat	Nombre
En exploitation dont six (6) en travaux de réhabilitation et une étude de réhabilitation	41
En travaux	51
En voie de lancement	33
En travaux de réhabilitation (hors service)	7
En étude de réhabilitation (hors service)	6
En étude de réhabilitation En cours d’études	56
Total	194

Source: ONID

III.4.2 Perspectives de réutilisation des EUE en agriculture

Travaux : Quatre projets totalisant une superficie de 3.000ha

- Périmètre de Hennaya à partir de la STEP de Tlemcen (wilaya de Tlemcen) sur une superficie de 912 ha.
- Périmètre de Dahmouni (wilaya de Tiaret) sur une superficie 1214ha.
- Périmètre d'irrigation à partir de la STEP de la ville de Bordj Bou Arrerridj sur une superficie de 350 ha.
- Périmètre d'irrigation à partir de la STEP de Hamma Bouziane à Constantine sur une superficie de 327 ha.

Étude : Trois projets totalisant une superficie de 9.000 ha.

- Périmètre d'irrigation de M'lita à partir de la STEP d'Oran sur une superficie de 8100ha.
- Aire d'irrigation à l'aval de la STEP de la ville de Médéa a sur une superficie de 255ha.
- Périmètre d'irrigation à partir de la STEP de la vallée d'oued Saida une superficie 330ha.

Cadre réglementaire d'usage des eaux usées épurées :

La loi n° 05 - 12 du 04 août 2005, relative à l'eau, a institué, à travers ses articles 76 et 78, la concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO n°60 - année 2005). Le décret n° 07-149 du 20 mai 2007 fixe que le concessionnaire (personne physique ou morale) qui se propose de distribuer, à des usagers, des eaux usées épurées à des fins d'irrigation) et les différents intervenants (direction de wilaya de l'hydraulique, de la santé, de l'agriculture et du commerce) sont tenus de procéder à un contrôle régulier de la qualité des eaux distribuées afin de s'assurer en permanence, que la qualité de eaux épurées est conforme aux normes fixées par la réglementation en vigueur (normes Organisation Mondial de la Santé (OMS) et Organisation de l'Alimentation FAO).

Tableau III-3: Perspectives de traitement et de réutilisation des EE en irrigation.

	2010	2015	2020	2025	2030
Volume d'eau usée intercepté (hm ³ /an)	501	708	972	1.208	1.271
Volume d'eau usée épurée (hm ³ /an)	257	399	561	705	762
Surface à irriguer par les EUE sans stockage (ha)	21.773	34.485	48.279	59.876	64.431
Surface à irriguer par les EUE avec 100% de stockage (ha)	36.288	57.476	80.466	80.466	107.385

Source: ONID

III.4.3 Normes actuellement en usage

➤ Normes et critères OMS

Les paramètres minimaux de qualité bactériologique des EE à la sortie de la STEP permettant d'assurer la protection sanitaire des agriculteurs et des consommateurs, sont ceux de l'OMS (1989, 2000 et 2006)

Tableau III-4 : Normes de réutilisation des eaux usées épurées.

		Normes OMS
pH		6,5-8,4
Turbidité	NTU	/
MES	mg/l	< 70
DCO	mg O ₂ /l	< 40
DBO ₅	mg O ₂ / l	<10
NO ₃ ⁻	mg/l	50
NO ₂ ⁻	mg/l	< 1
NH ₄ ⁺	mg/l	< 2
PO ₄ ⁻³	mg/l	< 0,94
HCO ₃ ⁻	mg/l	500
Cl ⁻	mg/l	1065
Ca ²⁺	mg/l	400
Mg ²⁺	mg/l	60,75

K ⁺	mg/l	50
Na ⁺	mg/l	920
SAR	meq/l	modérée

Source: ONID

III.5. Les risques liés à la réutilisation agricole des eaux usées épurées

III.5.1 Risque microbiologique

Dans le cas de l'agriculture, il est prouvé depuis longtemps que les microorganismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l'intérieur des plantes. Les microorganismes se retrouvent donc à la surface des plantes et sur le sol. Les feuilles et la plante créent un environnement frais, humide (évaporation) et à l'abri du soleil. Il peut donc y avoir une contamination pendant la croissance des plantes ou la récolte. Les trois voies de contamination que l'on retrouve classiquement sont :

- **La contamination par ingestion**

C'est la plus commune. D'une part, il y a l'ingestion directe, lorsqu'il y a consommation d'eau. Celle-ci peut être volontaire lors de la consommation d'eau potable, ou involontaire, par exemple « boire la tasse » en natation. D'autre part, il y a l'ingestion indirecte, par exemple quand les eaux épurées sont utilisées pour irriguer des cultures dont les produits sont ensuite consommés ;

- **La contamination par inhalation**

Elle est moins importante et n'est pas possible pour tous les polluants. Elle se produit lors de la formation d'aérosols, dans le cas de l'irrigation par aspersion ou de l'utilisation d'un karcher ;

- **La contamination par voie cutanée**

Un simple contact peut entraîner une contamination, souvent grâce à des microcoupures sur la peau. Seule la bactérie *Leptospires* est vraiment concernée par ce mode de transmission

III.5.2. Risques chimiques**III.5.2.1 Eléments traces**

Les éléments traces sont, en général, immobilisés dans les couches supérieures du sol, par adsorption et échange d'ions. Cette accumulation peut avoir pour conséquence à terme des risques pour le développement des plantes, la santé humaine et animale

Les métaux qui présentent les risques les plus notables sont:

- Le cadmium et molybdène, peuvent être toxiques pour les animaux et les humains, à des concentrations bien inférieures aux seuils de phytotoxicité
- Le nickel, zinc et cuivre sont d'abord phytotoxiques.

III.5.2.2. Substances nutritives

Ces impacts sont d'importance particulière puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement des terres.

➤ L'azote

En quantité excessive peut :

- ✓ Perturber certaines productions,
- ✓ Retarder la maturation de certaines cultures, abricots, agrumes;
- ✓ Altérer leur qualité, comme par exemple réduire la teneur en sucres des fruits;
- ✓ Accentuer la sensibilité des cultures aux maladies, la tendance à la verse pour les céréales,
- ✓ Limiter le développement des jeunes racines.

➤ Les nitrates

L'origine des nitrates dans l'eau souterraine est principalement due aux engrais et les eaux d'épuration. L'azote n'est pas absorbé par les plantes, volatilisé, ou emporté par le nettoyage des surfaces dans les eaux souterraines sous forme de nitrate. Ceci rend l'azote non disponible pour les plantes, et peut également augmenter la concentration dans les eaux souterraines au-dessus des niveaux admissibles pour la qualité de l'eau potable. Les systèmes septiques éliminent seulement la moitié de l'azote des eaux usées, laissant l'autre moitié dans les eaux souterraines, ceci conduit à une augmentation des concentrations en nitrate.

✓ **Méthémoglobinémie: une maladie causée par un excès en nitrate**

La condition clinique se produisant à partir de la conversion de l'hémoglobine en méthémoglobine, qui est incapable de relier ou de transporter l'oxygène. La méthémoglobine est formée lorsque le fer de la molécule d'hémoglobine est oxydé de Fe^{2+} en Fe^{3+} .

• **Le potassium**

La concentration en potassium dans les effluents secondaires varie de 10 à 30 mg/l. Un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium et une augmentation des pertes par drainage en sols légers.

• **Le phosphore**

Le principal problème causé par le phosphore est l'eutrophisation des milieux aquatiques, notamment des lacs. L'eutrophisation est "l'asphyxie des eaux d'un lac ou d'une rivière" due à un apport exagéré de substances nutritives - notamment le phosphore - qui augmente la production d'algues et de plantes aquatiques.

La décomposition et la minéralisation de ces algues, lorsqu'elles meurent, consomment de l'oxygène dissous. Autrement dit, plus il y a d'algues, moins il y a d'oxygène, particulièrement dans les eaux du fond. En dessous d'un certain seuil, on parle généralement de 4 mg d'oxygène par litre, les conditions de vie deviennent difficiles pour la faune et la flore.

II.5.2.3. la concentration saline des eaux

Au cours des irrigations successives, la plante prélève l'eau qui lui est nécessaire et abandonne dans le sol une large fraction des sels apportés. Ces résidus s'accumuleront et la salinité propre du sol s'élèvera en même temps que les volumes d'eau appliqués. Les eaux d'irrigation doivent, donc renfermer des quantités de sel notable inférieures au niveau de salinité de la solution de sol considéré comme dangereux. Dans le cas contraire, il faut pratiquer des irrigations supérieures aux besoins de la culture de manière que l'eau en excès entraîne en profondeur hors de portée des racines les éléments solubles.

Les risques de salinisation peuvent être minorés de 10 à 30% si la fraction de lessivage correspond à celle d'une irrigation bien réalisée (10 à 20% de lessivage).

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-).

➤ Le Sodium

Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation; le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau. Le sodium remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile et provoque la dispersion des particules du sol. Il y a donc éclatement des agrégats du sol ce qui conduit à une structure compacte lorsque cette dernière est sec et excessivement imperméable à l'eau.

La concentration de sodium dans l'eau d'irrigation est estimée par le ratio d'adsorption du sodium (SAR). Le SAR décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux, peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation. Le SAR (le sodium, le calcium, et le magnésium sont exprimé en meq/L):

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

III.5.2.4 Les eaux souterraines (nappes)

- Les nappes libres (nappes qui ne possèdent pas de couche imperméable au-dessus permettant leur protection) sont les plus exposées à la contamination par l'infiltration des eaux usées épurées après irrigation, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes.
- Les nappes captives (nappes qui ont une couche imperméable au-dessus qui empêche l'eau et donc les polluants de s'infiltrer) sont plus protégées mais peuvent être éventuellement contaminées par des forages ou une autre mise en communication avec la surface ou un autre aquifère pollué.

III.6. Stockage des eaux épurées

III.6.1 Recharge de nappes aquifères

Il y a deux possibilités de recharger des nappes aquifères :

- Déversement direct des eaux épurées après un haut degré de traitement par un forage.
- l'infiltration-percolation: cette technique utilise les capacités épuratrices des sols en combinant l'épuration complémentaire et recharge de nappes.

III.6.2 Réservoirs destabilisation

Ce sont des réservoirs de profondeur variable de 5,5 à 15 mètres, le stockage des eaux épurées dans ces réservoirs sur de longues durées (de quelques jours à quelques semaines voir des mois) constitue un véritable traitement complémentaire; il permet la diminution des matières en suspension, l'azote (nitrates) et les micro-organismes.

Ces diminutions sont très variables selon la qualité de l'eau d'entrée et la conception du réservoir (en particulier sa profondeur).

III.7. Les bénéfices et les contraintes de la réutilisation des eaux usées:

La Réutilisation des eaux usées peut être un atout important dans la politique d'aménagement du territoire des collectivités locales. Les avantages et les bénéfices les plus importants de la réutilisation de ces eaux, ainsi que les défis et les contraintes les plus fréquemment rencontrés dans l'exécution et l'exploitation de tels projets, sont les suivants:

III.7.1. Bénéfices et avantages de la réutilisation des eaux usées:**III.7.1.1. Ressources alternatives:**

- Augmenter la ressource en eau et la flexibilité d'approvisionnement tout en diminuant la demande globale;
- Différer le besoin de mobilisation d'autres ressources en eau;
- Assurer une ressource fiable, disponible et indépendante des sécheresses pour l'irrigation et les usages industriels;
- Dans certains cas, une exécution rapide et plus facile que la mobilisation de nouvelles ressources en eau de première main;
- Garantir une indépendance vis-à-vis du fournisseur d'eau potable (par exemple pour des raisons politiques).

III.7.1.2. Conservation et préservation des ressources:

- Economiser l'eau potable pour la réserver aux usages domestiques;
- Contrôler la surexploitation des ressources souterraines.

III.7.1.3. Valeurs économiques ajoutées:

- Eviter les coûts du développement, du transfert et de pompage de nouvelles ressources en eau fraîche;
- Dans certains cas, éviter les coûts de l'élimination des nutriments des eaux usées;
- Réduire ou éliminer l'utilisation des engrais chimiques en irrigation;
- Assurer des revenus complémentaires grâce à la vente de l'eau recyclée et des produits dérivés
- Assurer des bénéfices économiques pour les usagers grâce à la disponibilité de l'eau recyclée en cas de sécheresse
- Favoriser le tourisme dans les régions arides;
- Augmenter la valeur foncière des terrains irrigués.

III.7.1.4. Valeurs environnementales:

- Réduire les rejets de nutriments et de polluants dans le milieu récepteur
- Améliorer et maintenir les plans d'eau en cas de sécheresse
- Eviter les impacts négatifs liés à la construction de nouveaux barrages, réservoirs, etc.
- Améliorer le cadre de vie et l'environnement (espaces verts, etc.)
- Proposer une alternative fiable aux rejets d'eaux usées dans les milieux sensibles (zones de baignade ou conchylicoles, Réserves naturelles, etc.)
- Profiter des nutriments apportés par l'eau d'irrigation pour augmenter la productivité des cultures agricoles et la qualité des espaces verts.

III.7.1.5. Développement durable:

- Réduire les coûts énergétiques et environnementaux par rapport à ceux de l'exploitation des aquifères profonds, du transport d'eau à longues distances, du dessalement, etc.
- Assurer une ressource alternative à faible coût pour les régions arides, la protection des milieux sensibles et la restauration des zones humides;
- Augmenter la production alimentaire en cas d'irrigation.

III.7.2. Défis et contraintes de la réutilisation des eaux usées:**III.7.2.1. Aspects législatifs et sanitaires:**

- Problèmes de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non traitées
- Absences de réglementation et des incitations à la réutilisation;
- Droit sur l'eau: qui possède l'eau recyclée et qui récupère les revenus;
- Exploitation inappropriée et/ou qualité non-conforme.

III.7.2.2. Aspects sociaux:

Malgré les réticences psychologiques à utiliser les EUE, la rareté de l'eau et les réalités économiques poussent les agriculteurs de certaines régions à la REU;

Il faut établir un système de surveillance de la qualité des EUE pour instaurer une confiance entre le distributeur et l'utilisateur;

En vertu de l'incertitude des risques liés à la REU, des stratégies nationales de réutilisation des eaux usées pourraient s'orienter uniquement vers les espaces verts et l'agroforesterie (ex : Egypte)

III.7.2.3. Aspects économiques:

- Considérer la REU comme faisant partie de la trilogie : assainissement, épuration et réutilisation. Cette trilogie devrait s'insérer dans des stratégies nationales;
- Le coût de la réutilisation doit être comparé au coût de l'inaction qui a des impacts environnementaux, sanitaires et qui augmente le coût de traitement de l'eau potable

- Le coût de la réutilisation doit aussi être comparé à d'autres alternatives comme le dessalement;
- La réutilisation est devenue une nécessité et peut contribuer au développement de certains secteurs économiques (tourisme et loisirs);
- Le coût de la réutilisation varie d'un bassin hydrologique à un autre et en fonction de l'usage final souhaité.

III.7.2.4. Aspects environnementaux et agronomiques:

La présence de beaucoup de sels, bore, sodium et autres micropolluants peut avoir des effets négatifs sur certaines cultures et les sols.

III.7.2.5. Aspects technologiques:

- Une grande fiabilité d'exploitation est requise.
- Importance du choix de la filière de traitement.

III.8 Conclusion:

A travers ce chapitre, nous avons vu que la réutilisation des eaux usées est une pratique ancienne très répandue. Elle connaît une révolution ces dernières années surtout dans les pays à déficit hydrique. Des recommandations internationales et locales sont adoptées à cette pratique en vue de minimiser les risques sanitaires et environnementaux.

Chapitre IV :
Présentation de la STEP et caractéristiques
des eaux

IV.1 Localisation de la station d'épuration

Le site de la STEP est situé à proximité d'El Kharma, à environ 7 km au Sud de la ville d'Oran. Elle est implantée sur le bord de la Sebkhia d'Oran où il était prévu de rejeter les eaux usées épurées. Les eaux usées seront acheminées à la STEP par un réseau de transfert important constitués de conduites, galeries et stations de pompage.

La station d'épuration est prévue pour traiter les eaux usées du groupement urbain d'Oran.. Les données qui suivent sont tirés des documents obtenus auprès de la Direction du Projet au sein de la DHWd'Oran

IV.2 DONNEES DE BASE DE DIMENSIONNEMENT DE LA STEP

IV.2.1 QUALITE DES EAUX

D'après l'Etude d'assainissement du groupement urbain d'Oran pour l'analyse de la qualité des eaux usées du groupement urbain d'Oran plusieurs analyses ont été effectuées.

Une première série d'analyses a été réalisée en 1997, lors des études de la mission A du PDAA, dans le réseau de la ville d'Oran, en trois points C1, C2 et C3, avec des prélèvements d'analyses toutes les 6 h à 22 h.

Les tableaux suivants représentent les résultats de ces analyses effectuées en ces trois points représentatifs :

Tableau IV. 1: les résultats d'analyses effectuées au point C1

COLECTE	C1	date: 3 1/03/97						
heures	DBO5	DC	MES	NT	Pt	DCO/DBO	DCO/NT	DCO/Pt
6	76	220	192			2,89		
8	354	630	476			1,78		
10	697	120	1096			1,72		
12	427	760	824	70,	62	1,78	10,7	12,3
14	443	790	736			1,78		
16	282	610	376			2,16		
18	266	530	496			1,99		

20	281	560	448	60,	39	1,99	9,2	14,5
22	287	550	404			1,92		
Moyenne	346	650	561	66	50	2	9,97	13
écart type	170	263	275	7	17	0,4		
Maxi	697	120	1096	71	62	2,9		
Mini	76	220	192	61	39	1,7		
Valà95%	626	108	1015	77	78	1,73	14	14

Tableau IV. 2: les résultats d'analyses effectuées au point C2

COLECTEUR	C2	date : 31/03/97						
heures	DB5	DCO	MES	NTK	Pt	DCO/DB5	DCO/NK	DCO/Pt
6	331	550	96			1,66		
8	346	750	244			2,17		
10	2185	3640	1425			1,67		
12	521	1020	722	81,9	51	1,96	12,5	20,00
14	349	600	2260			1,72		
16	251	480	412			1,91		
18	438	810	396			1,85		
20	282	610	660	56,7	35	2,16	10,8	17,7
22	365	650	496			1,78		
Moyenne	563	1012	746	69	43	1,88	14,60	19
écart type	613	998	683	18	12			85,6
maxi	2185	3640	2260	82	51			71,4
Mini	251	480	96	57	35			13,9
Valà95%	1575	2660	1873	99	62	1,69	26,9	42,9

Tableau IV. 3: les résultats d'analyses effectuées au point C3.

COLECTEUR	C3	date : 3 1/03/97						
heures	DBO5	DCO	MES	NTK	Pt	DCO/DBO5	DCO/NTK	DCO/Pt
6	80	220	52			2,75		
8	399	710	238			1,78		
10	517	860	445			1,66		
12	409	850	505	72,1	50	2,08	11,8	17,00
14	320	550	588			1,72		
16	295	490	824			1,66		
18	240	520	396			2,17		
20	241	480	560	58,1	38	1,99	10,8	17,7
22	276	550	416			1,99		
Moyenne	309	581	447	65	44	1,98	14,60	17
écart type	125	200	218	10	9			85,6
maxi	517	860	824	72	50			71,4
Mini	80	220	52	58	38			13,9
Valà95%	514	912	807	81	58	1,77	11,2	42,9

Source : step d'ORAN

- pour C1, de la partie de la zone Sud de la ville parvenant à la cheminée du Petit Lac,
- pour C2, d'une partie limitée de la zone Sud-Est de la ville,
- pour C3, de l'ensemble de la zone Sud-Est et Est du réseau de la ville.

De très fortes pointes de pollution en C2, et une charge moyenne généralement plus élevée d'environ 70%, par rapport aux deux autres points, où les concentrations sont en général plus faibles que les valeurs habituelles, ainsi les valeurs moyennes journalières de DBO5 se situent autour de 350 mg/l pour les points C1 et C3, alors qu'elle atteint 560 mg/l pour C2. De même pour les MES et les DCO, mais le rapport DCO/DBO5 reste inférieur à 2, représentatif d'effluents très biodégradables, ces apports en C2 sont probablement dus à des industriels qui ont été identifiés

Les effluents retrouvant des concentrations habituelles au point C3, en aval des points C1

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

et C2, il est clair que l'incidence de ces rejets industriels apparaît faible en terme de concentration au vu de ces mesures et qu'il y a lieu, bien entendu d'établir avec ceux-ci des conventions de rejet afin de préciser les conditions de prise en charge de leurs effluents par le réseau collectif. Cela n'apparaît pas comme une condition impérative et urgente puisque leurs rejets n'ont pas les eaux difficiles à épurer, le rapport DCO/DBO5 restant inférieur à 2, ils sont bien biodégradables et assimilables sur ce plan à des rejets domestiques.

IV.3 CARACTERISTIQUES DE LA STEP

La station d'épuration du groupement urbain de la ville d'Oran est conçue pour permettre traiter les eaux usées d'une population équivalente de 1 526 000 pour l'année 2015.

Les débits de dimensionnement des équipements de la station d'épuration pour l'année 2015 sont:

- ✓ 16200m³/h qui représente le débit de pointe horaire par temps de pluie du dégrillage et du dessablage - déshuilage.
- ✓ 15400m³/h qui représente le débit de pointe horaire par temps de pluie relevant pour le dimensionnement des décanteurs primaires et les traitements biologiques.
- ✓ 201400m³/j qui représente le débit journalier en moyen annuel.

IV.3.1 SYSTEME STEP D'ORAN

Le système de traitement retenu est la boue activée à moyenne charge. En amont du pré traitement, il est prévu:

- Un bassin de dissipation de l'énergie
- Un canal de comptage
- Un échantillonneur automatique
- Une station de pré traitement mécanique et de dépotage des matières de vidange En option: une station de stockage et de dosage de chlorure ferrique pour lutter contre la production de H₂S.

IV.3.2 ÉTAPES DU TRAITEMENT

Le procédé d'épuration retenu est celui du traitement biologique par boues activées.

A. Prétraitement

Le prétraitement qui consiste en un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

constitueraient une gêne ultérieurement. Ces opérations sont: le dégrillage, le dessablage et le déshuilage.

B. Dégrillage

L'eau brute passe à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux varie de 6 à 100 mm; La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s.

Le nettoyage de la grille est généralement mécanique. Il est réalisé par un râteau solidaire d'un chariot qui se déplace de bas en haut le long d'une crémaillère ou entraîné par deux câbles, Les matériaux de dégrillage constituent un produit gênant qui est composté ou évacué par camions.

C. Dessablage

Le dessablage s'effectue sur des particules de dimensions supérieures à 200 μm La vitesse de sédimentation se calcule par la loi de Stokes (chute libre). On calcule la section du déssableur de manière que la vitesse de l'eau ne descende pas au-dessous de 0,30 à 0,20 m/s; on évite ainsi que les matières organiques se déposent en même temps que les sables.

Les ouvrages à prévoir pour obtenir une vitesse d'écoulement de 0,30 m/s sont :

— les dessableurs circulaires, à alimentation tangentielle ou à brassage mécanique ou à insufflation d'air (pour éviter le dépôt de matières organiques, en heures creuses, avec faible débit)

—les dessableurs rectangulaires à insufflation d'air. On insuffle de l'air qui provoque une rotation de liquide et crée ainsi une vitesse constante de balayage du fond, perpendiculaire à la vitesse du transit. Le sable est extrait soit mécaniquement par raclage

Vers un poste de réception, puis repris par pompage, soit directement par pompe suceuse montée sur pont roulant. Le sable séparé contient malgré tout des matières organiques et plusieurs dispositifs sont appliqués pour améliorer sa qualité : lavage par hydro cyclone, extraction des fosses de stockage par des moyens mécaniques qui font, en même temps, office de laveur de sable, Le volume de sable extrait par habitant et par an est de l'ordre de 5 à 12 dm^3 .

D. Déshuilage

Le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de natures très diverses et leurs quantités s'estime par la mesure des «matières extractibles par solvants ». La teneur des eaux usées en matières extractibles est de l'ordre de 30 à 75 mg/L.

Néanmoins, certains rejets industriels (abattoirs, laiteries...) peuvent élever ces valeurs à 300-350 mg/L. Les huiles et graisses, lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées, sont séparées sous forme de boues flottantes dans des ouvrages comportant une zone d'aération où les bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération. Le temps de séjour dans ce type d'ouvrage est de 5 à 12 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,2 m³/h. Souvent, les fonctions de dessablage et de déshuilage sont combinées dans un même ouvrage.

E. Décantation primaire

La décantation se distingue du dessablage en ce sens qu'elle enlève plus de la moitié des matières en suspension, alors que le dessablage ne vise que l'élimination du sable et des autres matières minérales (plus lourdes que les matières organiques). La décantation se déroule dans quatre décanteurs de 50m de diamètre chacun.

Le traitement des résidus récupérés par dégrillage - dessablage – déshuilage est composé de:

- Compactage des refus de dégrillage, ensachage et stockage dans une benne;
- Classification et lavage des sables récupérés par dessablage;
- Traitement biologique des graisses récupérées par déshuilage;

Le traitement biologique sera réalisé avec le procédé des boues activées par:

- Un ensemble de bassins d'activation biologique;
- Un ensemble de décanteurs secondaires

Une désinfection des eaux traitées au chlore est prévue.

Le traitement des boues sera composé de :

- L'épaississement gravitaire des boues primaires
- L'épaississement mécanique des boues activées en excès
- La digestion anaérobie

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

- L'épaississement gravitaire des boues digérées
- La déshydratation mécanique des boues digérées et le stockage des boues déshydratées
- Le chaulage des boues déshydratées et le convoyage des boues chaulées.

IV.4 OBJECTIF DE TRAITEMENT

Les principaux objectifs du traitement sont d'intercepter et d'épurer les eaux d'origine domestiques principalement afin de contribuer à l'assainissement des eaux et cela, dans l'esprit de préservation des ressources et de valorisation des résidus. Un traitement biologique à boues activées à moyenne charge avec décantation primaire a été retenu. Il est prévu que les boues seront stabilisées par voie anaérobie (digesteurs). Un dispositif de déshydratation des boues digérées permettra d'obtenir une siccité d'au moins 25 %. La zone d'implantation retenue présente une superficie de 21 ha.

Aussi le traitement des eaux usées du groupement urbain de la ville d'Oran vise à d'atteindre les principales valeurs récapitulées dans le tableau suivant:

Tableau IV-4 : Paramètres objectifs du traitement (qualité de l'eau épurée).

Paramètre	Concentration maximale au moins 340 j/an	concentration maximale au plus 25 j/an
DBO5	25 mg/l	85 mg/l
DCO	125 mg/l	50mg/l
MES	35 mg/l	250 mg/l

IV4.1 ELEMENTS DE DEFINITION DE LA QUALITE D'EAU

Les eaux usées transportent de nombreux micro-organismes, certains sont pathogènes, ce qui fait que le problème sanitaire se pose de manière cruciale lorsque ces eaux font l'objet d'une réutilisation.

L'appréciation du risque a fait l'objet d'études épidémiologiques, sur lesquelles se basent les recommandations énoncées au plan mondial par l'OMS.

Le risque sanitaire n'est pas imputable aux micro-organismes, il faut prendre en compte les risques dus aux éléments toxiques, exemple les métaux lourds qui peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire, ou contaminer les ressources en eau.

Les éléments chimiques contenus dans l'eau d'irrigation ont une influence sur la

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

composition des sols et les métabolismes des végétaux cultivés. Les paramètres ci-dessous permettent de juger la qualité de l'effluent vis-à-vis des problèmes agronomiques.

IV.4.1.1 Les MES

La perméabilité d'un sol peut être variée par la présence des MES et des graisses dans l'eau d'irrigation qui peuvent combler en surface les pores du sol et obstruer les systèmes d'irrigation utilisés.

Les teneurs indiquées dans la littérature sur la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles indiquent des valeurs limites entre 20 et 30 mg/l, qui correspondent en fait à des teneurs contenues dans un effluent urbain ayant subi un traitement secondaire; si cette teneur devait être abaissée, il serait nécessaire de pratiquer une filtration à la suite de la clarification qui est le dernier stade du traitement secondaire. En ce qui concerne l'obstruction de matériel d'arrosage, on peut y remédier par un choix adéquat de matériel, notamment pour le diamètre des orifices, ainsi qu'un entretien régulier.

IV.4.1.2 Les éléments fertilisants

Les fertilisants sont des composés des eaux usées, Ils sont indispensables à la croissance des végétaux, l'eau épurée apporte de l'azote, du phosphore et du potassium, ce qui est positif pour la plante et réduit les apports de fertilisation à faire par l'agriculteur.

IV.4.1.3 L'azote

Les besoins en azote des plantes sont de l'ordre de 1,5 à 3,5 % du poids de la matière sèche, si l'apport de l'azote est excessif, il y'a un risque de contaminer les eaux souterraines par les nitrates, perturbation de certaines productions, retardement de la maturation des cultures, provoquer des croissances végétatives, donc il est important de connaître les besoins en azote des cultures et la concentration des effluents utilisés pour l'irrigation. La teneur en azote de l'eau usée urbaine après traitement secondaire varie de 20 à 60 mg/l.

IV.4.1.4 Le phosphore

Les besoins en phosphore sous forme P_{2O_5} , varient entre 0,2 et 1,5 % de la matière sèche; ces besoins sont en principe couverts par l'apport contenu dans l'eau résiduaire, le phosphore est peu mobile dans le sol et l'excès y est retenu. Parfois, il est possible qu'une saturation des capacités de stockage du sol entraîne une pollution de la nappe. Le phosphore dans l'eau usée après traitement secondaire varie de 6 à 15 mg/l (15-35 mg/l P_{2O_5}) à moins qu'un traitement tertiaire l'élimine

IV.4.1.5 Le potassium

Le potassium a un rôle important dans les végétaux, il entre en jeu lors de la régulation de la pression osmotique de la plante, et activateur de certaines réactions enzymatiques qui interviennent dans le métabolisme de l'azote, la teneur est de 0,4 à 4% de la matière sèche,

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

exprimée en K_2O . En général, l'apport en potassium contenu dans l'eau d'irrigation soit généralement insuffisant ce qui oblige l'exploitant à effectuer des amendements complémentaires. Le potassium contenu dans l'eau usée n'occasionne pas d'effet nuisible sur les plantes ou l'environnement. C'est un macronutriment essentiel qui affecte favorablement la fertilité du sol, le rendement des cultures et leur qualité. La concentration en K dans l'eau usée traitée secondaire varie de 10 à 30 mg/l (12-36 mg/l K_2O). Cette quantité doit être prise en compte pour préparer le programme de fertilisation en fonction des besoins des cultures.

IV.4.1.6 Lasalinité

La salinité est un paramètre essentiel pour juger la qualité de l'eau d'irrigation. La présence de sel dans la zone racinaire diminue le potentiel osmotique de plantes et par conséquent, leur capacité à s'alimenter en eau. Dans les cas extrêmes, la solution de sol peut annuler la pression osmotique et entraîner pour la plante un phénomène de sécheresse physiologique.

Les principaux sels rencontrés sont les chlorures (Cl^-) et les sulfates (SO_4^{2-}), les carbonates (CO_3^{2-}). Les chlorures et les sulfates sont les plus solubles, le terme salinité inclut tous ces sels, et pour la concentration en NaCl seul, on parle de salure.

IV.4.1.7 Latoxicitédecertainsions

Certains ions principalement le sodium, le chlore et le bore, peuvent avoir une action spécifique négative sur les végétaux cultivés

IV.4.1.8 Les métaux lourds

En principe, les métaux lourds, autres que le bore, ne posent pas de problèmes compte tenu de leur faible concentration dans les effluents. Toutefois, dans le cas de rejets industriels, des effets toxiques peuvent se manifester.

IV.4.1.9 Lasodisation

Une minéralisation des eaux combinée à un SAR (sodium Absorption rate) important peut avoir des effets néfastes sur le sol tels que l'altération de la structure ce qui peut entraîner une réduction de la perméabilité.

IV.4.1.10 LepH

La réaction des eaux est un indice important, qui permet la prévision du caractère des processus chimiques et biochimiques et l'intensité de leur déroulement. Les limites optimales de pH de l'eau d'irrigation de la plupart des cultures sont de 6,0 à 8,5. Si le pH dépasse ces limites, la quantité et la qualité de la récolte diminuent.

IV.4.2 critèrescaractéristiquesdeseauxuséesbrutes

L'eau usée d'une collectivité à l'exclusion de tout apport d'origine industrielle présente les caractéristiques moyennes suivantes :

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

MES =400mg/l DCO =700mg/l DBO5 =360mg/l PH = 6,5 à7

Selon les recommandations du conseil supérieur de l'hygiène publique de France; la qualité chimique à laquelle doivent répondre ces eaux sont les suivantes:

Les effluents à dominante domestique [(de rapport DCO/DBO5 \leq 2,5, DCO<750 mg/l) et (NTK<100mg/l)].

IV.4.3 Eaux usées de la STEP

Les charges polluantes attendues au niveau de la STEP pour l'année 2015, pour un débit de pointe par temps de pluie de 16200 m³/h; d'après l'étude de dimensionnement de la STEP d'Oran sont reportées dans les tableaux suivants:

Tableau IV. 5: Comparaison des charges polluantes à l'entrée de la STEP d'Oran avec les valeurs moyennes des critères caractéristiques

Paramètre	Concentration en kg/j	concentration en mg/l	Valeurs moyennes
DBO5	91 560 kg/j	235 mg/l	360 mg/l
DCO	228 910 kg/j	588 mg/l	700 mg/l
MES	96 860 kg/j	249 mg/l	400 mg/l

Source : STEP D'Oran

Tableau III. 6: Caractéristiques des eaux usées (NTK, N et le phosphore totale)

Paramètre	Concentration en kg/j	concentration en mg/l
NTK	16 786 kg/j	43,17 mg/l
N _{org}	4578 kg/j	11,77 mg/l
Phosphore total	2 747 kg/j	7,06 mg/l

Source : STEP D'Oran

Calcul de la qualité chimique de l'eau usée.

- $DCO/DBO5 = 588,76/235,5 = 2,5$
- $DCO = 588,76 < 750 \text{ mg/l}$
- $NTK = 43,17 \text{ mg/l} < 100 \text{ mg/l}$

La comparaison des caractéristiques des eaux usées la DBO5, la DCO, NTK et les MES avec les valeurs moyennes des critères caractéristiques et les recommandations du conseil supérieur de l'hygiène publique de France, montre que les eaux usées d'Oran sont dans les normes de rejet.

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

Tableau IV.7 représente les caractéristiques des eaux épurées à la sortie de station d'épuration:

Paramètre	Concentration maximale au moins 340 j/an	concentration maximale au plus 25 j/an
DBO5	25 mg/l	85 mg/l
DCO	125 mg/l	50 mg/l
MES	35 mg/l	250 mg/l

Source : DAO STEP D'Oran

Tableau IV. 8: Niveaux de rejet pour les matières en suspension (MES) et Matières oxydables (M.O).

Niveaux (3)	Matières	Matières en suspension	DCO	DBO ₅
(d)	--	120	120	40
(e)	--	30	120	40
(f)	--	20	80	20

Source : DAO STEP D'Oran

D'après les normes françaises.

- (d) : traitement complet(traditionnel);
- (e) : traitement complet avec nitrification partielle de l'NH₃;
- (f) : traitement complet assorti d'un traitement tertiaire(Affinage).

On remarque que les concentrations maximales ≥ 340 jours/an sont bien adaptées aux normes de rejet.

IV.4.4 LESBOUESRESIDUAIRES

Les efforts pour réduire la pollution par le traitement des eaux usées, produisent une quantité croissante de boues résiduares; matières solides, qui sont enlevées de l'eau usée pour produire une eau usée épurée.

IV.4.5 Composition des boues

La composition et les microbes pathogènes qui sont les éléments clés définissant la pertinence d'une boue d'épuration pour un usage agricole (USDA, 1980) dépendent:

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

- de la source des boues (industriel ou domestique),
- du type de traitement des eaux résiduaires (prétraitement, primaire, secondaire, tertiaire ou avancé),
- du produit chimique utilisé pour la floculation,
- du type de traitement des boues.

Nous reprenons ci-après les quatre aspects principaux qui concernent la réutilisation des boues résiduaires.

1. **La teneur en métaux lourds** de la boue change avec le niveau des apports d'eau industrielle. Des concentrations élevées en métaux lourds (zinc, cuivre et nickel) peuvent tuer les plantes. Le cadmium peut être absorbé et accumulé par les plantes en concentration telle, qu'il peut être nocif pour les humains. Même l'eau usée domestique peut produire des boues contenant assez de métaux lourds pour limiter son utilisation continue. Par conséquent, les analyses de métaux lourds sont nécessaires pour évaluer la convenance des boues comme source d'engrais ou comme conditionneur desol.

2. **Les microbes pathogènes.** Virus, helminthes, protozoaires et bactéries. Dans la plupart des pays du Proche Orient, les microbes pathogènes sont le facteur principal d'inquiétude. En particulier, les œufs de quelques parasites à longue durée de vie et très résistants aux températures élevées peuvent être présents, même après le séchage des boues en couches minces ou après compostage. Les agriculteurs doivent être informés du risque, de façon à gérer l'utilisation des boues avec soin. Des mesures conservatoires telles que le port de gant et de bottes de protection devraient être considérées comme des mesures obligatoires.

3. **La salinité.** Dans certains cas, la salinité peut être élevée et l'apport total de boues sur les terres agricoles est calculé sur base du niveau de salinité et non pas sur base de la teneur en N de la boue.

4. **Les nutriments.** La boue peut contenir des niveaux élevés de certains éléments qui peuvent endommager les récoltes (B et autres métaux) et l'environnement (N). Ces constituants devraient être pris en considération, en particulier dans des zones sensibles, lorsque la quantité globale de boue est calculée par unité de surface et par an.

IV.4.6 Les boues comme engrais et conditionneur desol

La boue, appliquée de façon à apporter les besoins en azote de la culture, fournira la plupart des nutriments à la plante, excepté le potassium. Cependant, il est peu probable que la

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

boue d'épuration soit employée pour fournir tous les besoins nutritifs de la culture en raison des grandes quantités qui devraient être appliqués. D'autres facteurs peuvent limiter la quantité de boue appliquée annuellement.

La valorisation maximum des boues est réalisée lorsqu'elle est appliquée en combinaison avec les engrais minéraux ; de cette façon, les boues répondent partiellement aux exigences nutritives de la culture et servent également d'excellent conditionneur des terres agricoles et au maintien de la productivité du sol. La boue et le compost de boue sont connus pour améliorer les propriétés physiques de sol, comme démontré par une augmentation des agrégats, une aération accrue de sol, une densité apparente plus faible, moins de croûte de battance, ainsi qu'une augmentation de l'infiltration de l'eau dans le sol, de sa teneur et de sa rétention en eau. Les boues ajoutées aux sols sableux augmenteront l'eau disponible pour les plantes et réduiront le besoin d'irrigation à cause de l'accroissement de la capacité de rétention en eau du sol. Dans les sols lourds à texture argileuse, la matière organique supplémentaire dans le profil de sol, tout en réduisant au minimum le ruissellement des eaux en surface, et augmentera le développement des racines et la profondeur d'enracinement.

IV.4.7 Contraintes à l'utilisation

IV.4.7.1 Microorganismes pathogènes.

En raison de son origine, la boue d'épuration peut ne pas être acceptée par les agriculteurs du point de vue des aspects esthétique ou sanitaire. Les réserves sont généralement les odeurs répugnantes et l'apparence des boues. C'est une des raisons pour laquelle le compostage des boues est encouragé. En outre, si le compostage est correctement réalisé, il détruit ou ramène tous les microbes pathogènes primaires présents dans la boue d'épuration à un niveau insignifiant. Une fois détruits, les virus, les helminthes, les protozoaires et la plupart des bactéries ne peuvent pas repeupler le compost, puisqu'ils ne peuvent pas se développer à l'extérieur de leur hôte. Les salmonelles, un des organismes les plus communs à l'origine d'intoxications alimentaires, peuvent croître jusqu'à un degré limité dans le compost mûr, mais elles sont concurrencées par d'autres micro-organismes présents.

IV.4.7.2 Métaux lourds.

La boue d'épuration peut contenir, selon l'origine, de grandes quantités de métaux lourds, qui peuvent réduire la valeur des boues comme engrais pour application directe sur les terres agricoles ou pour le compostage. Des quantités excessives de ces métaux sont souvent trouvées dans les boues lorsque des effluents industriels sont déchargés dans les égouts sans

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

traitement primaire. L'application de boues riches en métaux lourds sur les terres agricoles a comme conséquence l'enrichissement du sol en métaux lourds. L'enrichissement du sol en zinc, cuivre et nickel peut causer des effets phytotoxiques directs qui se manifestent par la décroissance du rendement, particulièrement lorsque le pH est faible (pH 5,5) et les taux d'application sont élevés. Les métaux lourds peuvent également s'accumuler dans les tissus végétaux et entrer dans la chaîne alimentaire par l'ingestion directe par des humains ou indirecte par des animaux.

L'élément inquiétant pour la santé humaine, lorsque la boue d'épuration et le compost de boues sont appliqués sur le sol, est le cadmium (Cd), puisqu'il est aisément absorbé par la plupart des cultures et n'est généralement pas phytotoxique aux concentrations normalement rencontrées. Par conséquent, le Cd peut s'accumuler dans les plantes et entrer dans la chaîne alimentaire plus aisément que d'autres métaux tels que le plomb (Pb) ou le mercure (Hg), qui ne sont pas aisément absorbés et ne sont pas transférés à la partie comestible de la plante.

Des espèces ainsi que des variétés se sont avérées différentes dans leur capacité d'absorber et de transférer les métaux lourds, pour les accumuler dans les organes comestibles de la plante et pour résister à leurs effets phytotoxiques

Les études d'assimilation sur maïs, soja et céréale grain ont prouvé que les métaux lourds s'accumulent moins dans le grain comestible que dans les feuilles; des résultats semblables ont été trouvés pour les racines comestibles comme radis, navet, carotte, et pomme de terre, et les fruits, comme la tomate, la courge etc...

une concentration faible en Cd et un rapport Cd/Zn faible pour réduire au minimum les effets sur les humains.

Tableau IV. 9: Apports cumulatifs maximum recommandés en métaux lourds en provenance des boues et du compost de boues sur les terres agricoles (USDA, 1980).

Métal	Capacité d'Echange Cationique du sol (meq/100g)*		
	0-5	5-15	>15
(Apport Maximum en métaux, kg/ha)			
Pb	500	1000	2000
Zn	250	500	1000
Cu	125	250	500
Ni	50	100	200
Cd	5	10	20

Source: USDA

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

CEC déterminée avant l'application des boues, en utilisant l'acétate neutre d'ammonium (1 N) et est exprimée ici comme une moyenne pondérée sur une profondeur de 50cm.

IV.4.7.3 Interprétation des résultats physico-chimiques

Les eaux résiduaires urbaines brutes contiennent des matières organiques surtout de caractère biodégradables et des matières minérales. A ceci viennent s'ajouter des microorganismes susceptibles de dégrader les matières organiques. Ce procédé est essentiel pour l'épuration biologique des eaux. Le principal critère d'une eau usée est donc sa biodégradabilité qui est rendue possible par une composition de l'eau favorisant l'activité des microorganismes. Une eau usée urbaine satisfait en général ces conditions s'il n'y a pas trop de perturbations provoquées par des eaux résiduaires industrielles.

Les concentrations moyennes d'eaux usées obtenues au niveau de la cheminée Petit Lac d'Oran (20.07.2002) sont données par le tableau ci-dessous.

Tableau IV. 10: Rejets d'eaux usées Cheminée Petit Lac Oran

N° Laboratoire	37268	37269	37269	37269	37269	
Heures de prélèvement	06h00	09h00	12h00	15h00	18h00	Conc, Moy (mg/l)
Autres Indications	Eau brute					
Température (°C)	24,5	25,3	26,6	26,4	26,4	25,85
Conductivité (µS/cm)	2310	3100	3300	3100	4200	3202
pH in situ	7,90	8,20	7,70	7,70	7,80	7,90
DCO (mg/l)	180,00	810,00	1350,00	760,00	1030,00	826,00
DBO5 (mg/l)	86,60	389,00	756,20	289,00	535,80	411,35
DCO eau décantée (mg/l)	160,00	570,00	870,00	530,00	790,00	584,00
DBO5 eau décantée (mg/l)	57,80	205,40	348,20	201,60	284,60	219,50
Rapport (DCO/DBO5)	2,08	2,08	1,79	2,63	1,92	2,10
P total (mg/l)	7,50	26,75	37,50	33,75	26,75	26,45
MES (105 °C) (mg/l)	43,00	63,00	489,00	253,00	559,00	281,40
MES (600 °C) (mg/l)	22,00	40,00	212,00	182,00	310,00	153,20
NTK eau décantée (mg/l)	27,10	93,50	77,60	101,00	67,00	73,25
Chrome (Cr).décantée (mg/l)	0,073	0,121	0,164	0,811	0,847	0,41

Source : ONID

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

L'analyse de ce tableau montre que:

- le pH moyen est de 7,90 il se situe dans la zone optimale de 6 à 8 d'activité des microorganismes, prévues pour la plupart des procédés biologiques.
- rapport moyen (DCO/DBO₅) est de 2,10, selon la Norme NF U 44-04 de juillet 1985, pour les effluents urbains à prédominance domestique, ce rapport doit être inférieure ou égale à 2,5 donc la biodégradabilité des matières organiques présentes dans les eaux usées examinées est confirmée
- un taux de l'Azote Total: 17 % de la DBO₅,
- la présence d'une forte pollution phosphorée (P Totale: 26.45 mg/l), qui est très largement au dessus de la fourchette habituellement rencontrée pour ce type d'eau, soit 4 et 15 mg/l. L'origine de cette pollution est due non seulement aux rejets domestiques (secrétions humaines, utilisation des produits nettoyants), mais aussi aux effluents générés par certaines activités industrielles (agro-alimentaires en général) telles que les laiteries, les limonaderies, les conserveries, lavage des bouteilles (Utilisation des nettoyants),

Tableau IV. 11: caractéristiques et constituants spécifiques des eaux résiduaires de certaines activités industrielles avec les risques, et les recommandations de prétraitement nécessaires

N°	Secteur l'industrie	Nuisances du réseau d'assainissement	Nuisances de la station d'épuration	Nuisances possibles du milieu récepteur	Recommandations
	Industries	Chimiques			
1	Industrie pharmaceutique	pH < 6,0; pH > 10,0 Sulfates	Métaux lourds, Hydrocarbures halogénés, Biocides	Métaux lourds, AOX,	Séparateur de solvants et Neutralisation nécessaires; Traitements préalables sélectifs des composés halogénés organiques et des métaux lourds.
2	Industries de colorants	pH < 6,0; Sulfates	Métaux lourds; Hydrocarbures halogénés	Colorations	Neutralisation, Précipitation, Installations de séparation de solvants, Séparation des boues nécessaires.
3	Industrie des peintures et vernis	pH > 10,0; Sédiments Matières surnageantes	Charges de chocs (forte DCO); Métaux lourds	Colorations AOX	Retenue de solvants et des sédiments.
4	Industrie de savon	pH < 6,0; pH > 10,0 Matières surnageantes	Huiles et graisses écumantes		Dégraissage et Neutralisation nécessaires; Ne pas rejeter soudainement les bases.

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

5	Industrie des détergents	pH > 10,0 Matières surnageantes	Huiles graisses et écumantes	Tensioactifs	Neutralisation nécessaire.
6	Usine de papier	pH < 6,0; pH > 10,0 Sulfates; Hydrogène sulfure (H ₂ S)	Matières solides	Colorations AOX	Séparation des boues, également Neutralisation et Bassin tampon nécessaire.

Source: (ONID)

IV.4.7.4 Elémentstracesetmétauxlourds

Les métaux {cadmium (Cd), cuivre (Cu), molybdène (Mo), nickel (Ni) et zinc (Zn)} peuvent être présents dans les eaux résiduaires et constituer un risque sanitaire significatif pour les humains et les animaux qui se nourrissant de ces plantes. Pour ces raisons, beaucoup de pays développés ont établi des charges maximums admissibles en métaux lourds sur les terres agricoles. La charge en métaux lourds admise sur les terres agricoles dans quelques pays européens est donnée par le tableau ci dessous.

Tableau IV. 12: Charge maximum en éléments traces permise sur les terres agricoles en kg/ha.an (adapté de Biswas, 1987).

Pays	Cd	Cu	Cr	Pb	Hg	Ni	Zn
France	5.4	210	360	210	2.7	60	750
Allemagne	8.4	210	210	210	5.7	60	750
Pays-Bas	2.0	120	100	100	2.0	20	400
Angleterre	5.0	280	1000	1000	2.0	70	560

Source : ONID

Les concentrations limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation sont présentées au tableau suivant.

Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristique des eaux

Tableau IV.13: normes des éléments traces dans les eaux traitées destinées à l'irrigation

CONSTITUANTS	à long terme ^b (mg/l)	Court terme ^c (mg/l)
Aluminium	5.0	20.0
Arsenic	0.10	2.0
Béryllium	0.10	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10.0
Nickel	0.2	2.0
Sélénium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

Source : Académie nationale des sciences

a Adapté de: Académie nationale des sciences - National Academy of Engineering (1973)

b eau utilisée sans interruption sur tous les sols

c eau utilisée pendant une période d'au plus 20 ans des sols de texture fine, neutres ou alcalins

En général, les métaux lourds et les éléments traces ne devraient pas être considérés comme un problème extrême ou sérieux pour deux raisons principales:

- la concentration des métaux lourds dans l'eau usée urbaine est faible à cause de la faible activité industrielle lourde,

- les sols de la région ont la plupart du temps une forte concentration en CaO_3 et un pH supérieur à 7, ce qui inactive les métaux lourds et diminue leur mobilité et leur disponibilité pour les cultures.

IV.4.8 Fertilisants dans les eaux usées traitées

Le potentiel de fertilisation de l'eau usée traitée due à la présence de nutriments est un atout pour les cultures mais peut également être une source de pollution pour l'environnement, en fonction principalement de la gestion des eaux usées appliquées par les agriculteurs. Les nutriments constituent une caractéristique spécifique de l'eau usée traitée qui intéresse particulièrement les agriculteurs. Pour cette raison, un code de bonnes pratiques agricoles en matière de fertilisation devra être développé et présenté afin de donner une dimension à l'utilisation raisonnée, profitable et saine de l'eau usée traitée utilisée en irrigation.

D'autres macro- et micronutriments peuvent également être présents. En outre, la présence de matière organique dans l'eau usée peut, par son effet à long terme sur la fertilité du sol, contribuer également à la stabilité structurale du sol.

Concentration d'un nutriment dans les eaux usées (mg/l)								
5	10	15	20	25	30	35	40	50
Quantité de nutriments ajoutée (kg/ha.an)								
5	10	15	20	25	30	35	40	50
10	20	30	40	50	60	70	80	100
15	30	45	60	75	90	105	120	150
20	40	60	80	100	120	140	160	200
25	50	75	100	125	150	175	200	250
30	60	90	120	150	180	210	240	300
35	70	105	140	175	210	245	280	350
40	80	120	160	200	240	280	320	400
45	90	135	180	225	270	315	360	450
50	100	150	200	250	300	350	400	500

Source : ONID

Pour certaines cultures, aucun engrais additionnel n'est nécessaire. Par contre, lorsque les engrais sont nécessaires, les eaux usées pourraient être la réponse pour obtenir un rendement élevé de bonne qualité.

La teneur en azote de l'eau usée urbaine après traitement secondaire varie de 20 à 60 mg/l. L'azote dans l'eau usée traitée peut dépasser les besoins des cultures. La connaissance de la concentration en N dans l'eau usée et la gestion appropriée de la charge en NPK sont essentielles pour surmonter les problèmes associés à une éventuelle concentration élevée en N.

Le phosphore dans l'eau usée après traitement secondaire varie de 6 à 15 mg/l (15-35 mg/l P₂O₅) à moins qu'un traitement tertiaire l'élimine. L'évaluation de P dans l'eau usée traitée devrait être réalisée en concomitance avec les analyses de sol pour les conseils de fumure.

Le potassium contenu dans l'eau usée n'occasionne pas d'effet nuisible sur les plantes ou l'environnement. C'est un macronutriment essentiel qui affecte favorablement la fertilité du sol, le rendement des cultures et leur qualité. La concentration en K dans l'eau usée traitée secondaire varie de 10 à 30 mg/l (12-36 mg/l K₂O). Cette quantité doit être prise en compte pour préparer le programme de fertilisation en fonction des besoins des cultures.

Autres nutriments. La plupart des eaux usées contiennent habituellement des concentrations adéquates en soufre, zinc, cuivre et autres micronutriments. Une attention particulière doit être portée au bore. L'eau usée traitée contient assez de bore pour corriger toutes les déficiences en cet élément. Cependant, lorsque cet élément se trouve en excès, il peut provoquer des problèmes de phytotoxicité. Pour surmonter le problème de B, les mesures correctives similaires aux sels fortement solubles sont recommandées (choix de la culture, lessivage, programme des irrigations, et système d'irrigation).

Charge nutritive en NPK Sur la base de l'analyse chimique de l'azote élémentaire l'agriculteur pourrait calculer la quantité d'azote supplémentaire à apporter au sol par l'utilisation d'eau usée. Cette quantité devrait être soustraite de la quantité d'engrais nécessaire aux cultures.

IV.5 Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons déterminé et évalué la concentration des eaux de la STEP d'El Kharma en certains éléments définissant leur qualité ainsi que leur pouvoir fertilisant.

Nous avons aussi parlé des boues résiduaire, leur composition, et les risques de l'utilisation des eaux usées épurées

L'étude faite au niveau de ce chapitre nous a permis de connaître les étapes de traitement déroulant dans la station d'épuration (Dégrillage, dessablage déshuilage....) et les équipements utilisés. Ainsi que la production d'eau de la station d'épuration d'el kerma.

Chapitre V:
Hydrologie

V.1 Introduction

L'étude hydrologique est nécessaire dans les projets d'irrigation, elle permet de déterminer les pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, tels que :

- Le calcul des besoins des cultures projetées dans le périmètre.
- Le dimensionnement du réseau de distribution.

V.2 Étude Hydrologique

L'étude hydrologique est nécessaire dans les projets d'irrigation, elle permet de déterminer les pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, tels que :

- Le calcul des besoins des cultures projetées dans le périmètre.
- Le dimensionnement du réseau de distribution.

1) Choix de la station pluviométrique

la station pluviométrique retenue pour l'estimation des précipitations dans le bassin versant a été sélectionnée sur la base de l'emplacement géographique de cette station et la période d'observation de cette dernière

Notre choix se pose sur la station pluviométrique de SENIA. Cela, étant lié à une série de facteurs tel que:

- Localisation géographique, celle-ci étant très proche du périmètre.
- Les relevés de la station s'étalent sur une période d'observation acceptable (36 ans d'observations).
- L'altitude de la station pluviométrique à une valeur proche de l'altitude moyenne de la

Les données météorologiques utilisées dans cette étude ont été fournies par l'ANRH d'Alger.

La station climatique existante, susceptible d'être considérée comme représentative de la région d'étude, et possédante des données fiables.

Tableau V. 1: Pluies moyennes mensuelles observées à la station de SENIA

années	sept	oct	nov	Dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1978	33.1	52.4	21.5	54.3	96.1	11.4	15	30.8	53.6	0.8	0.4	0	369.4
1979	0.1	30.8	68.2	11.4	27.8	8.6	20.1	62.6	26.3	3.6	0	0.4	259.9
1980	8.7	9.7	27.5	140.1	34.8	40.9	20.5	35.5	11.7	20.6	0.2	0.3	350.5
1981	1.5	3.7	0.3	54	38	38.1	22	32	12	21	2.6	1.2	226.4
1982	2.1	25.7	12	58	41.6	38.1	29	12	26.5	11.3	2.3	2.7	261.3
1983	1.2	23.2	26.3	34	42	36	32	12.3	22.1	14.2	2.1	3.1	248.5
1984	5.3	31	28	32	45.5	29.5	25.8	16.2	22	8.9	0	1.2	245.4
1985	2.5	22	31.5	33	47.9	32.4	28	1.5	27	6.2	0.2	1.1	233.3
1986	47	13	38.5	33.5	35.5	36.5	1.4	1.5	10.5	0	22.5	6	245.9
1987	32.1	18.7	27.2	23.6	99.4	18.1	8.5	25.4	29.4	6.4	0	0	288.8
1988	21.3	1.5	29.4	2.6	19.5	37.2	97.7	39.7	21.8	15	0	0	285.7
1989	11.8	6.4	7.7	40.9	145.2	0	29.2	149.8	9	1.9	0	0	401.9
1990	4.8	18	93.9	32.3	58.9	54.3	146	6.2	30.7	2.3	0.1	5.5	453
1991	5.3	28.2	52.1	41	30.2	17.9	107.9	13.4	80	20.2	13.5	0	409.7
1992	0	28.9	20.9	28.7	0.3	74.4	43.5	28.8	18.6	2.3	2.8	0.6	249.8
1993	6.7	42.1	81.9	4.8	41.8	64	5.6	30.3	5.8	0	0	0	283
1994	23.5	40.1	22.7	7.8	14.8	77.1	74	24.1	4.3	12.3	0	9.5	310.2
1995	11.3	7.5	30.7	112.8	64.1	77.6	51.1	23.9	7.2	0	0	0.3	386.5
1996	32.3	4.8	9.6	38.3	58.9	4.6	0	61.6	9.4	0.9	0	6.5	226.9
1997	33	28.7	47.9	21.3	27.6	13.1	30.8	23.4	2.6	4.3	0	5	237.7
1998	33	20.7	45.2	69.8	71.3	63	30	0	0	1.3	0.6	0	334.9
1999	13.1	26.3	125.2	71.3	62	61	11.2	11.8	35.1	0	0	0	294
2000	13.7	44	107.3	17.6	49.1	95.9	0.5	15	28.2	0	0	0	371.3
2001	18.5	23.3	192.5	23.7	1.7	3.8	55.1	50.1	31.1	0	0	15.4	415.2
2002	0	11.3	67.8	0.4	84.3	85.4	8.9	22.9	26.8	0.4	0	10.3	318.5
2003	0	18.6	44.9	68.6	22.7	23.5	16.2	61.8	55.6	0	0	0	311.9
2004	3	36	69.8	68.9	12.5	59.5	23.1	6	0	7.6	0	0	286.4
2005	8.7	5.7	67.8	37.4	74.7	61.2	10.8	24.2	14.4	10.5	0	0	315.4
2006	8.9	0	27	105.6	27.2	34.1	44.3	76.1	0.8	0	0	0	324
2007	23.9	130.5	136.5	15.4	3.5	15.5	4.8	2.3	9.8	14.2	0	0	356.4
2008	82.4	83.7	55.3	109.6	21.7	28.4	13.6	41.4	6.8	0	0	0.5	443.4
2009	55.6	4.1	14.4	35.7	165.5	51.6	61	29.3	7.5	3.7	0	12.6	441
2010	10.5	48.6	35	15.3	25.3	21.2	14.1	45	39.6	10	0	0.6	265.2
2011	23.3	35	12.7	116	15.1	92	108.3	108	1	10.7	0	0	522.1
2012	9.2	76.2	15.6	0	8.8	46.9	125.7	159.5	22.3	0.3	0	2.4	466.9
2013	11.7	3.1	43.1	32.9	41.4	62	21.5	61	53.2	6.8	3.2	13.5	353.4

Source : ANRH Alger

D’après les résultats du tableau ci-dessus, on remarque une irrégularité dans la répartition des précipitations et aussi une variabilité mensuelle pour la période 1978 –2013. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août, elles sont moyennes durant les mois de printemps et relativement maximales en hiver.

Etude de l’homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l’homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon. La vérification de l’homogénéité d’une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé suivant :

- On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que : N1et N2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement N1> N2:
- On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d’origine par ordre croissant, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartientelle.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004), si la relation ci-dessous est vérifiée.

$$W_{min} < W_x < W_{max}$$

Avec :

$$W_x = \sum R_{x_i}$$

Wx : Somme des rangs desous-séries.

$$W_{min} = \left[\frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} - 1.96 \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \right]^{21}$$

$$W_{max} = [(N_1 + N_2 + 1).N_1 - W_{min}]$$

Rang	Série d'origine	Série Y(mm)	Série X(mm)	TRI(mm)	X union Y
1	369,4	369,4	283	226,4	y
2	259,9	259,9	310,2	226,9	x
3	350,5	350,5	386,5	233,3	y
4	226,4	226,4	226,9	237,7	x
5	261,3	261,3	237,7	245,4	y
6	248,5	248,5	334,9	245,9	x
7	245,4	245,4	294	248,5	y
8	233,3	233,3	371,3	249,8	y
9	245,9	245,9	415,2	259,9	y
10	288,8	288,8	318,5	261,3	y

11	285,7	285,7	311,9	265,2	X
12	401,9	401,9	286,4	283	X
13	453	453	315,4	285,7	Y
14	409,7	409,7	324	286,4	X
15	249,8	249,8	356,4	288,8	Y
16	283		443,4	294	Y
17	310,2		441	310,2	X
18	386,5		265,2	311,9	X
19	226,9		522,1	315,4	X
20	237,7		466,9	318,5	X
21	334,9		353,4	324	X
22	294			334,9	X
23	371,3			350,5	Y
24	415,2			353,4	X
25	318,5			356,4	X
26	311,9			369,4	Y
27	286,4			371,3	X
28	315,4			386,5	X
29	324			401,9	Y
30	356,4			409,7	Y
31	443,4			415,2	X
32	441			441	X
33	265,2			443,4	X
34	522,1			453	X
35	466,9			466,9	X
36	353,4			522,1	X

En se basant sur le test de Wilcoxon, on obtient :

$$W_x=313,65 \quad W_{\min}=215,92; \quad W_{\max}=339,083.$$

$$\text{Donc :} \quad 215,92 < W_x < 339,083$$

La condition de **M^r Wilcoxon** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de **SENIA** est homogène.

V.2.1 Ajustement statistique des pluies

Les données de pluies annuelles sont souvent ajustables à des lois statistiques nombreuses, ceci est dû à la faible variabilité interannuelle pour certaines stations. Dans notre cas, on utilise pour celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées dans le cas de pluies annuelles sont les suivantes:

- **Loi de Gauss ou loi normale.**

- **Loi de Galton ou loi log-normale.**

Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale

On dit qu'une variable appartient à la distribution normale lorsque sa fonction de répartition est de la forme :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2} \frac{u^2}{\sigma^2}} du \text{ (Fréquence au non-dépassement)}$$

u Est la variable réduite de Gauss .Elle est donnée par $u = \frac{s - \bar{s}}{\sigma}$

Le procédé d'ajustement consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale
- Variable réduite de gauss
- Calcul des caractéristiques empiriques de loi \bar{x}, σ, Cr, Cs
- Tracer la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien.

Avec :

L'équation de la droite de Henry est : $x_{p\%} = \bar{x} + \sigma \cdot u_{p\%}$

- \bar{x} : Moyenne arithmétique ;
- $x_{p\%}$: Précipitation de probabilité P% ;
- σ : Écart type;
- Cr : Coefficient de variation;
- Cs : Coefficient d'asymétrie ;

V.2.2 Ajustement à la loi log-normale (Galton):

On dit qu'une Variable aléatoire X a une distribution log normal lorsque : $Y = \ln X$ est normal. La loi de Galton résulte de la loi normale mais rendue dissymétrique par un changement de variable. Sa fonction de répartition est donnée par:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2} \frac{u^2}{\sigma^2}} du \text{ (Fréquence au non-dépassement)}$$

Avec la valeur réduite est donnée par : $u = \frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\sigma_{\ln x}}$.

L'équation de la variable réduite présente sous forme de : $\ln x = \overline{\ln x} + u \sigma_{\ln x}$ est l'équation d'une droite sur un papier Gausso-logarithmique en abscisse l'échelle gaussienne et en ordonnée l'échelle logarithmique.

Procédé de l'ajustement :

- Classement des valeurs par ordre croissant.
- Calcul de la fréquence expérimentale.
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série initiale : \bar{x} et σ ;
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série transformée en logarithmique $\overline{\ln x}$ et $\sigma_{\ln x}$;
- Report des valeurs sur papier Gauss-logarithmique;
- Détermination de la droite de Galton $\ln x_p \% = \overline{\ln x} + u \sigma_{\ln x}$.

Avec x_p % : précipitation probable à P%.

$\overline{\ln x}$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

$\sigma_{\ln x}$: La variance calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\sigma_{\ln x} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n < 30.$$

$$\sigma_{\ln x} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30. \text{(III-7)}$$

Test de validité d'un ajustement

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré (χ^2).

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour lequel une loi de répartition F(X) a été déterminée :

On divise cet échantillon en un certain nombre de classes K contenant chacune N_i valeurs expérimentales. Le nombre V_i est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

$$V_i = N \int_{x_{i-1}}^{x_i} f(X) dX = N [F(X_i) - F(X_{i-1})].$$

$f(X)$: étant la densité de probabilité correspondant à la loi théorique. La variable aléatoire χ^2 , dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l'expression suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$$

$\gamma : \gamma = k - 1 - m$

Avec : $\chi^2 = 2.92$

m : Nombre de paramètres de la loi, dont dépend la loi de répartition (m=2).

On calcule χ^2 , on calcule le nombre de degré de liberté $\gamma : \gamma = k - 1 - m$. On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson

Avec : χ^2 théorique = $g(\gamma, \alpha)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si : χ^2 calculé < χ^2 théorique

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

Tableau 0-2 : Test de validité des deux ajustements.

Loi normale	Loi log normale
χ^2 calculé = 2.61	χ^2 calculé = 2.22
Degré de liberté $\gamma = 5$.	Degré de liberté $\gamma = 5$.

Après examen des ajustements obtenus, il ressort que la **loi normale** ajuste mieux la série des pluies annuelles à la station de **Senia**.

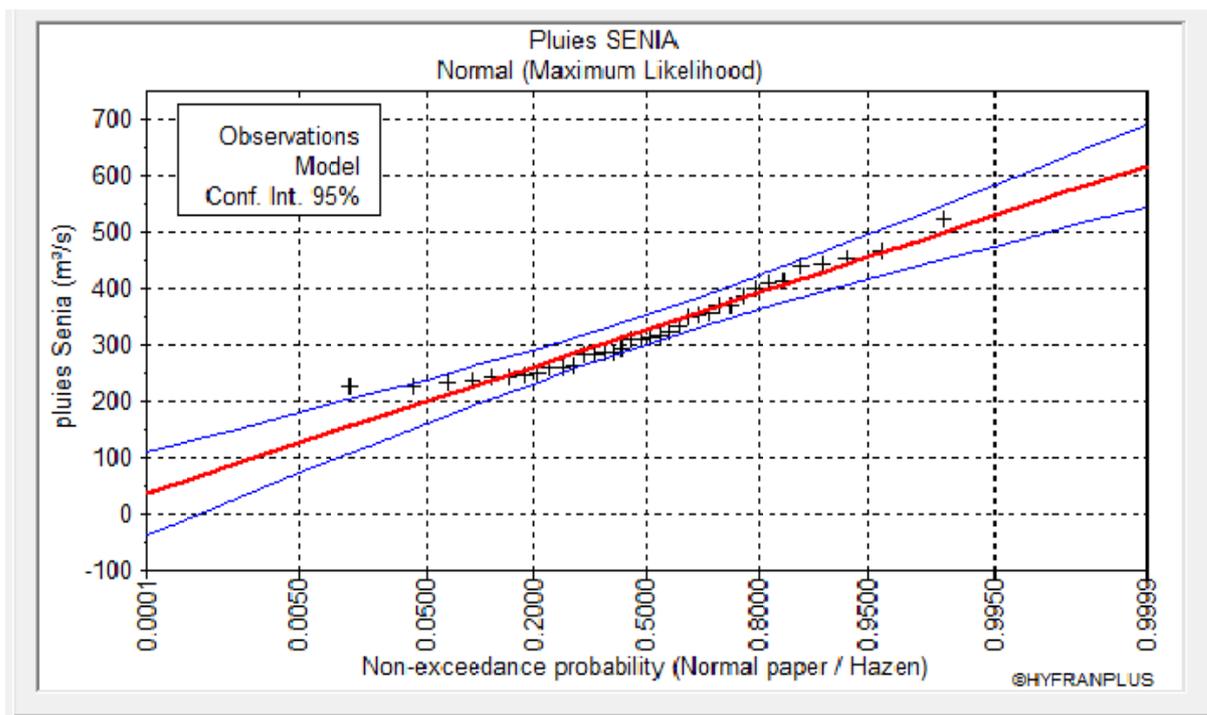


Figure 0-1: Ajustement des pluies annuelles à la loi normal.

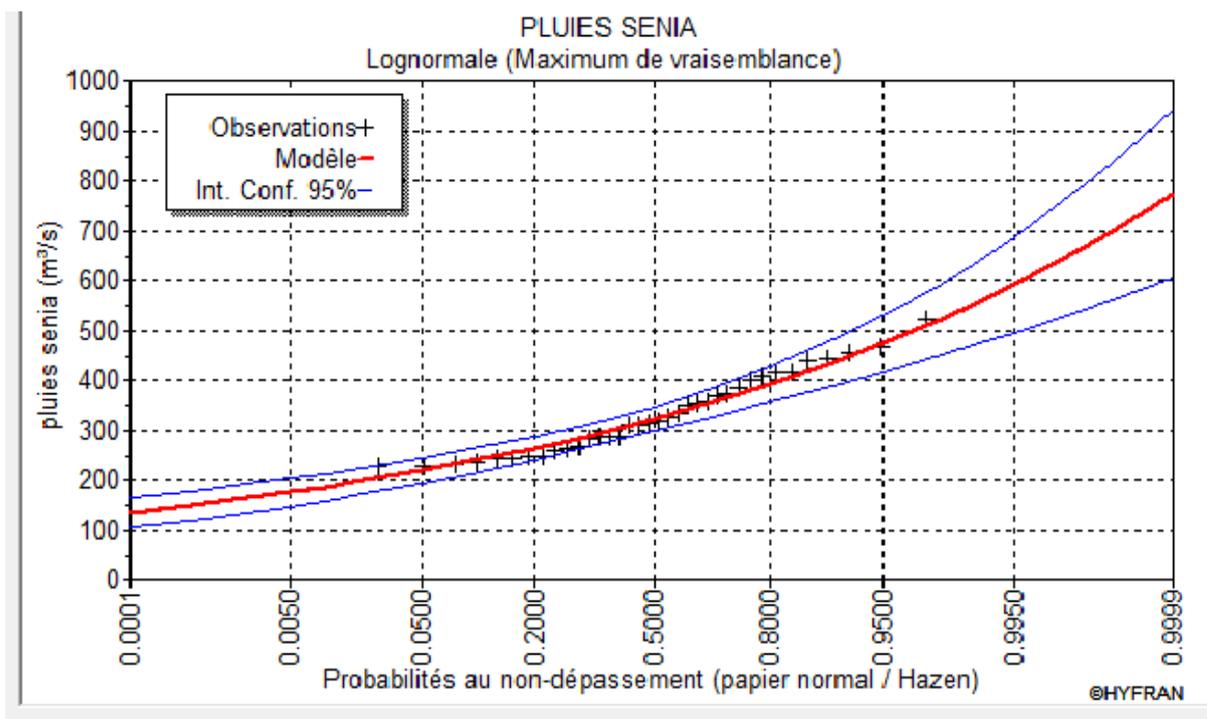


Figure 0-2: Ajustement des pluies annuelles à la loi lognormal.

V.2 Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle (fréquence 80%) représentative de la région.

Tableau V-3 : Ajustement à la loi de Gauss.

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
P. Retour	Fréquence	Quantile	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10	0.90	427	17.7	393	462
5	0.80	393	15.2	363	423
2	0.50	327	13.0	302	353
1.25	0.2	261	15.2	232	291

La probabilité pour laquelle on assure l'irrigation donnée souvent pour la fréquence 80 %.

$$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) annuelle}}}$$

$$P_{\text{théorique de 50\%}} = 327 \text{ mm}, \text{ et } P_{\text{théorique de 80\%}} = 261 \text{ mm};$$

$$P_{\text{moy } 80\%} = 0.8 \times P_{\text{moy-mensuelle}}.$$

Tableau V-4 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%)

Mois	Jan	Fév	Mars	avri	Mai	Juin	juil.	Aou	sept	Oct	nov	déc.
P _{moy} mm/mois	44	44.5	24	33.5	25,5	3,5	0,5	2,5	13	60	66	40,5
P _{moy80%} mm/mois	35,2	35,6	19,2	26,8	20,4	2,8	0,4	2	10,4	48	52,8	32,4

V.3 Conclusion:

L'irrigation est une application nécessaire pour compléter les faibles apports de précipitations naturelles pendant la période sèche, et pour assurer le bon développement des cultures, et d'obtenir de rendements meilleurs.

CHAPITRE VI :
Calcul des besoins en eau des cultures

VI.1 Introduction

Le sol sans eau, n'est qu'un support inerte pour la plante, car privé d'eau le végétal ne peut pas se développer. De plus les phénomènes de transformation et de décomposition de la matière organique ne se manifestent pas en absence de l'eau. Par conséquent, l'eau est un agent essentiel de la formation du sol et de sa productivité.

Dans les zones, ou les pluies sont insuffisantes. Il est nécessaire d'évaluer les besoins en eau des cultures, afin de déterminer les volumes d'eau à apporter par l'irrigation au cours de la saison de croissance pour assurer aux plantes un approvisionnement hydrique adéquat et continu. A chaque phase de la croissance d'une plante, les besoins en eau varient, pour chaque culture et selon les différents périodes de développement végétatif ; car la consommation en eau des cultures dépend de différents éléments climatiques : la température, l'humidité de l'air, le vent et l'ensoleillement.

VI.2 Qualité de l'eau d'irrigation des eaux

Pour donner un aperçu sur la qualité de l'eau qui traitée par la STEP d'Oran nous avons utilisé les données des analyses réalisées à l'ANRH sur des prélèvements à la sortie de la STEP

L'appréciation de la qualité de l'eau pour l'irrigation nécessite la connaissance du SAR (Sodium-Absorption-Rapport) et la salinité de l'eau.

Le SAR exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium.

Le SAR est défini par l'équation suivante:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Na : Sodium en mg équiv/l ;

Ca : Calcium en mg équiv/l ;

Mg : Magnésium en mg équiv/l.

D'autre part, à un SAR donné, le taux d'infiltration augmente avec la conductivité de l'eau donc le SAR et la conductivité devraient être utilisés en combinaison pour évaluer des problèmes potentiels. La conductivité électrique est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm.

Tableau 0-1: Résultats des analyses de l'eau de la Step d'Oran

<i>Elément</i>	<i>méq/l</i>
<i>Ca</i>	<i>1,56</i>
<i>Mg</i>	<i>0,89</i>
<i>Na</i>	<i>1,87</i>
<i>Conductivité mmhos/cm</i>	<i>1,91</i>

A.N : On trouve un SAR (méq/l) = 1,69.

VI.3 Classification des eaux pour l'irrigation :

➤ **Classification américaine:**

La classification américaine des eaux d'irrigation est basée sur deux paramètres : la Conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR.

Tableau VI-2 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique et de SAR

SAR en Méq/l		(CE) en mmho/cm	
0 – 10	Classe S1 : risque alcalin faible	≥ 0,25	C1 : risque faible de salinité
10 – 18	Classe S2 : risque alcalin moyen	0,25 < CE ≤ 0,75	C2 : risque moyen de salinité
18 – 26	Classe S3 : risque alcalin élevé	0,75 < CE ≤ 2,25	C3 : risque élevé de salinité
> 26	Classe S4 : risque alcalin très élevé	CE > 2,25	C4 : risque très élevé de salinité

Remarque :

Classe S1 : l'eau peut être utilisée sur pratiquement n'importe quel type de sol avec un risque minimal d'accumuler du sodium à un niveau dommageable.

Classe S2 : l'eau présente un danger appréciable d'accumuler du sodium à un niveau dommageable pour les sols ayant une texture fine et une capacité d'échange cationique (CEC) élevée.

Classe S3 : peut produire des niveaux dommageables de sodium dans pratiquement tous

les types de sols.

Classe S4 : cette eau est généralement inadéquate pour l'irrigation.

- **C1 :** convient pour toutes les cultures.
- **C2 :** convient pour les plantes moyennement tolérantes.
- **C3 :** ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes.
- **C4 :** eau difficilement utilisable sur sol bien drainé.

Selon cette classification l'eau comporte des risques alcalins faibles (S1) et un risque élevé de salinité. Pour déterminer la classe des eaux d'irrigation de notre STEP on se base sur le diagramme de Riverside, d'après l'US Salinity Laboratory Staff

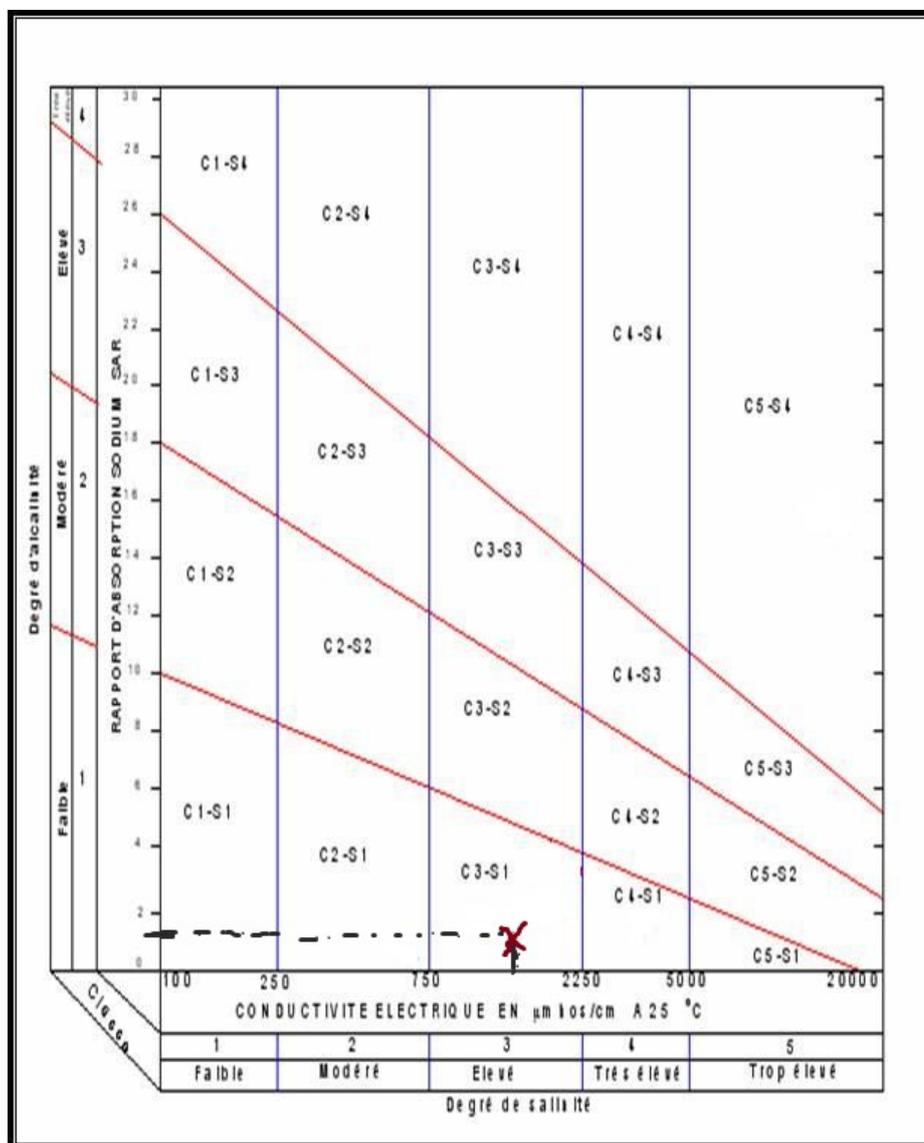


Figure VI-1: Diagramme de classification des eaux d'irrigation d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).

D'après ces valeurs moyennes de la conductivité électrique CE et le rapport d'absorption du sodium SAR, les eaux de la STEP appartiennent à la classe (C3.S1) cela implique un risque de salinité.

Il ressort que l'eau présente une salinité sur les eaux d'irrigation mais peut être utilisée pour l'irrigation avec certaines restrictions pour certaines cultures

VI.4 Besoins en eau des cultures

Les cultures pour se développer, puisent du sol, l'eau et les éléments nutritifs, la quantité d'eau donnée à la culture n'est pas totalement absorbée par la culture, une partie percole et se perd en profondeur.

L'eau qui constitue la plante est libérée par transpiration à travers l'appareil foliacé, le reste est évaporé par le sol ; l'ensemble de ces deux actions est l'évapotranspiration, ce phénomène conditionne et détermine les besoins en eau des cultures.

VI.5 Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées

Dans un premier temps, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite :

- La connaissance de divers paramètres concernant aussi bien la plante elle-même que les données climatiques et pédologiques de la région.
- Les données climatiques donneront les indications concernant les besoins en eau des cultures.
- Les paramètres pédologiques permettront d'estimer la réserve en eau utile du sol ; et les données culturales préciseront la réserve facilement utilisable par la plante.

VI.6 Calcul de l'évapotranspiration

En condition de stress hydrique, les stomates se ferment. Il y a alors arrêt de l'absorption de gaz carbonique et donc de la photosynthèse. Pour que la plante continue à fonctionner normalement durant la journée, elle doit prélever de l'eau dans le sol. Il existe donc pour les plantes une **demande en eau** qui ne pourra être satisfaite que si l'offre du sol le permet.

La demande est fonction des conditions climatiques ; elle est caractérisée par une **évapotranspiration de référence ET_0** exprimée en mm/j.

Pour une culture donnée, il existe une **évapotranspiration maximale ETM** différente de ET_0 car elle dépend du stade phénologique de la culture (une culture peu couvrante évapore moins qu'une culture pleinement développée).

La quantité d'eau perdue par une culture constitue l'**évapotranspiration réelle ETR**.

Elle varie à la fois avec les conditions météorologiques, le type de culture, les stades

phénologiques et les conditions d'humidité du sol. Selon que l'offre sera plus ou moins limitant, ETR sera inférieure ou égale à ETM.

▪ **Comment obtenir l'ET₀?**

L'évapotranspiration de référence (ET₀) était estimée à partir d'un gazon tondu fréquemment à 10 cm et bien alimenté en eau.

Il existe deux méthodes pour estimer l'ET₀:

- ✓ Les méthodes directes « instruments et appareils »
- ✓ Les méthodes indirectes « utilisation des formules empiriques ».

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle et à défaut de mesures directes, il est toujours préférable d'utiliser des formules empiriques suffisamment variées, et adaptées à différents climats.

Formule Modifiée de Penman Monteith

La formule la plus employée aujourd'hui est la formule de Penman-Monteith modifiée :

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Avec:

ET₀ : évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],

R_n : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹],

G : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹],

T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]

u₂ : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹],

e_s : pression de vapeur saturante [kPa],

e_a : pression de vapeur réelle [kPa],

e_s-e_a : déficit de pression de vapeur saturante [kPa],

Δ : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C⁻¹],

γ : constante psychrométrique [kPa °C⁻¹].

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Senia :

- Température : Les températures minimales et maximales mensuelles.
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage(%).
- Insolation journalière : donnée en heures d'insolation.
- Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en km/jour

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau VI-3.

Mois	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidité %	Vent m/s	Insolation heures	Ray. MJ/m ² /jour	ETo mm/jour
Janvier	5.6	17.2	71	7.2	6.2	10.2	2.67
Février	6.6	18.0	70	4.6	7.3	13.5	2.69
Mars	8.6	20.8	70	5.0	7.9	17.2	3.54
Avril	10.3	22.1	65	5.0	9.2	21.7	4.52
Mai	14.2	24.5	65	4.8	9.7	24.0	5.24
Juin	16.2	26.0	64	4.8	10.7	25.9	5.83
Juillet	20.0	28.5	64	4.5	10.7	25.5	6.22
Août	19.3	32.0	63	4.3	10.0	23.3	6.45
Septembre	17.7	29.0	65	4.2	8.9	19.3	5.24
Octobre	14.5	23.6	68	4.0	7.2	14.2	3.58
Novembre	10.3	20.3	71	4.3	6.3	10.7	2.64
Décembre	7.0	17.9	73	4.4	5.9	9.2	2.13
Moyenne	12.5	23.3	67	4.8	8.3	17.9	4.23

Tableau VI .3 : Evapotranspiration de référence (ET₀) de la zone d'étude

Comment obtenir l'ETM ?

Pour estimer l'évapotranspiration maximale (ETM) à partir de l'évapotranspiration de référence (ET₀), souvent appelée ETP, on utilise les coefficients culturaux (K_c), dépendant du type de la culture et de son stade de développement et des conditions climatiques qui y règnent.

L'évapotranspiration maximale (ETM) est mesurée expérimentalement et comparée à une évapotranspiration de référence (ET₀) d'où l'on tire :

$$K_c = ETM / ET_0$$

VI.7 La pluie efficace:

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations qui contribuent effectivement à la satisfaction des besoins en eau de la culture après déduction des pertes par

ruissellement de surface, et par percolation en profondeur etc.

Plusieurs méthodes permettent de calculer ces pluies, mais ici nous retenons la méthode de pourcentage détaillée comme suit :

$$\text{Pluies efficaces (en mm/mois)} = A \times \text{Pluies totales (mm/mois)}$$

Avec: **A** : coefficient estimé à 0,6.

Les valeurs moyennes mensuelles de P_{eff} sont regroupées dans le tableau suivant:

Tableau VI.4 : Précipitation efficace dans la zone d'étude.

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar	Avril	Mai	Juin	Juill	Août
P (mm)	10,4	48	52,8	32,4	35,2	35,6	19,2	26,8	20,4	2,8	0,4	2
P_{eff}(mm)	6,24	28,8	31,68	19,44	21,12	21,36	11,52	16,08	12,24	1,68	0,24	1,2

VI.8 Choix des cultures:

Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivants :

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses conditions du périmètre d'étude périmètre haut Senia, nous avons tenu compte :

- De la vocation agro-alimentaire de la région.
- Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.
- D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.
- Des disponibilités des moyens de production.
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs

VI.8 .1 Occupation des sols:

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturelle dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes d'ordre climatique, social, Agro pédologique.

Les scénarios d'occupation des sols retenus pour le projet sont donnés par le tableau ci-dessus

VI.8.2 Assolements descultures

L'assolement est la division des terres d'une exploitation agricole en parties distinctes, appelées soles consacrées chacune à une culture donnée pendant une saison culturale. Dans chaque sole, les cultures peuvent varier d'une année à l'autre.

La rotation est la succession culturale ou rotation, qui est une notion différente. Donc L'assolement est la diversité géographique des cultures à un moment donné.

La rotation culturale est un élément important du maintien ou de l'amélioration de la fertilité des sols et donc un atout pour l'augmentation des rendements. On peut ainsi avoir des rotations biennales, triennales, quadriennale... .

Avantages de la rotation des cultures

- ✓ Elle contribue à rompre le cycle vital des organismes nuisibles aux cultures, en particulier la succession de plantes de familles différentes (par exemple alternance de graminées et de plantes oléifères, type blé et colza) permet de rompre avec le cycle de certaines adventices;
- ✓ Grâce aux systèmes racinaires différents, le profil du sol est mieux exploré, ce qui se traduit par une amélioration des caractéristiques physiques du sol et notamment de sa structure, et donc de la nutrition des plantes;
- ✓ L'emploi de légumineuses permet l'ajout d'azote symbiotique dans le sol. D'une façon générale, la composition des différents résidus de cultures participe à la qualité de la matière organique du sol.
- ✓ Larotationcultureleadoncuneffetimportantsurlaviedusoletlanutritiondesplantes.

Tableau VI -5 : Système de cultures proposées à la zone.

	Vocation		Scénario
	Bonne	Moyenne	
Cultures d'hiver			
<i>Céréales</i>			
Blé dur	60	50	51,6
Blé tendre	60	50	51,6
Orge	60	50	51,6
Avoine	50	45	45,0
<i>Fourrages</i>			
Orge-bersem	480	400	400,0
Vesce-Avoine (foin)	85	70	70,0
<i>Légumineuses</i>			
Pois fourrager	120	100	100,0
Cultures d'été			
<i>Fourrages</i>			
Maïs fourrager	480	400	463,0
Sorgho Fourrager	600	600	600,0
<i>Cultures industrielles</i>			
Tournesol	35	30	30,3
Tabac	24	20	20,0

Pour notre part, nous avons choisi un assolement biennal, qui vise l'intensification des céréales, étant donné que le périmètre de Mlita est une entité agricole qui a pour objectifs l'intensification et la diversification des cultures céréalières et fourragères.

Les rendements prévisionnels, en régime de croisière, des spéculations pour l'ensemble du périmètre de Mlita correspondent aux moyennes pondérées des rendements par niveau de vocation selon les surfaces occupées.

Certaines spéculations (avoine, fourrages d'hiver, légumineuse, sorgho et tabac) seront

exclusivement pratiquées sur les sols de vocation moyenne, les rendements moyens prévisionnels correspondent aux niveaux préconisés pour cette catégorie d'aptitude. En revanche, les rendements des blés, orge, maïs fourrager et tournesol dans le périmètre correspondent aux moyennes pondérées.

Pour ce qui est de l'arboriculture, les pruniers sont prévus sur les sols de bonne qualité alors que l'abricotier, l'amandier, l'olivier et le figuier ne seront plantés que sur les sols moyennement aptes à l'arboriculture. Les rendements préconisés dans le périmètre sont ceux prévus pour les niveaux de vocation correspondant.

Définition des besoins en eau d'irrigation nette d'une culture

C'est la quantité d'eau nécessaire à fournir à une culture pour satisfaire les besoins en eau durant tout son cycle végétatif. Cette quantité ne comprend ni les apports naturels, ni les diverses pertes subies pendant les stockages, les transports et la distribution, ni les besoins de lessivage.

Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

$$B = ETM - (P_{eff} + K.RFU_{i-1})$$

Avec :

K : coefficient qui dépend des conditions climatologiques

B: besoin en eau d'irrigation (mm).

ETM : évapotranspiration (mm/mois).

P_{eff} : pluie efficace

RFU_{i-1} : c'est la réserve facilement utilisable par les cultures, dans cette approche elle exprime l'humidité du sol du mois précédent accessible aux cultures. Le calcul de la RFU se fait comme suit : $RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z$.

Y : degré de tarissement.

Da : densité apparente (1.35).

Z : profondeur d'enracinement mm.

H_{cc} : humidité à la capacité au champ, dans notre cas. On prend (35%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (19%)

P_{eff} : pluie efficace.

➔ L'irrigation est faite lorsque **B** (bilan hydrique) > 0

Les différents besoins des cultures pour l'assolement proposé sont calculés comme suit :

VI.8.3 Estimation des besoins en eau descéréales

Pour chaque culture on calcule les besoins suivant le stade végétatif :

Tableau VI-6 : Calcul des besoins en eau du Blé/Avoine.

blé/avoine									
Mois	Pmoy(mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	10,4	6,24	80,1		0	0			0
Octobre	48	28,8	80,7	0,1	14,256	4,752			0
Novembre	52,8	31,68	106,2	0,3	42,768	21,384	0,40	42,48	0
Décembre	32,4	19,44	135,6	0,5	71,28	71,28	0,70	94,92	47,616
Janvier	35,2	21,12	157,2	0,5	71,28	71,28	0,85	133,62	34,18
Février	35,6	21,36	174,9	0,6	85,536	85,536	0,95	166,155	66,395
Mars	19,2	11,52	186,6	0,6	85,536	42,768	1,00	186,6	85,704
Avril	26,8	16,08	193,5	0,6	85,536	42,768	1,05	203,175	119,617
Mai	20,4	12,24	157,2	0,6	85,536	28,512	1.03	161,916	74,532
Juin	2,8	1,68	107,4	0,6	85,536	0	0.5	53,7	17,578
Juillet	0,4	0,24	79,2			0			0
Août	2	1,2	63,9			0			0

Tableau VI-7 Calcul des besoins en eau de l'orge

Orge									
Mois	Pmoy(mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	10,4	6,24	80,1		0	0	0	0	0
Octobre	48	28,8	80,7		0	0	0	0	0
Novembre	52,8	31,68	106,2	0,3	32,4	16,2	0,3	31,86	0
Décembre	32,4	19,44	135,6	0,5	54	54	0,3	40,68	0
Janvier	35,2	21,12	157,2	0,5	54	54	0,5	78,6	0
Février	35,6	21,36	174,9	0,6	64,8	64,8	0,5	87,45	23,33
Mars	19,2	11,52	186,6	0,6	64,8	32,4	1	96,6	98,472
Avril	26,8	16,08	193,5	0,6	64,8	32,4	1,15	102,525	109,701
Mai	20,4	12,24	157,2	0,7	75,6	25,2	1	157,2	119,496

Juin	2,8	1,68	107,4		0	0	0	0	0
Juillet	0,4	0,24	79,2		0	0	0	0	0
Août	2	1,2	63,9		0	0	0	0	0

VI.8.4 Estimation des besoins en eau de l'Arboriculture :

Tableau VI-8 Calcul des besoins en eau del'olivier

Olivier									
Mois	Pmoy(mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	10,4	6,24	80,1	1,50	106,92	0	0,85	54,315	52,765
Octobre	48	28,8	80,7	1,50	106,92	35,64	0,85	68,595	30,195
Novembre	52,8	31,68	106,2	1,50	106,92	53,46	0,75	79,65	0
Décembre	32,4	19,44	135,6	1,50	106,92	106,92	0,65	88,14	0
Janvier	35,2	21,12	157,2	1,50	106,92	106,92	0,65	102,18	0
Février	35,6	21,36	174,9	1,50	106,92	106,92	0,65	113,685	0
Mars	19,2	11,52	186,6	1,50	106,92	53,46	0,65	121,29	0
Avril	26,8	16,08	193,5	1,50	106,92	53,46	0,65	125,775	50,875
Mai	20,4	12,24	157,2	1,50	106,92	35,64	0,65	102,18	32,4
Juin	2,8	1,68	107,4	1,50	106,92	0	0,8	85,92	48,04
Juillet	0,4	0,24	79,2	1,50	106,92	0	0,85	67,32	67
Août	2	1,2	63,9	1,50	106,92	0	0,85	68,085	59,715

Tableau VI-9 : Calcul des besoins en eau du pécher.

Pécher									
Mois	Pmoy(mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	10,4	6,24	80,1	1,50	106,92	0	0,55	44,055	35,735
Octobre	48	28,8	80,7	1,50	106,92	35,64	0,55	44,385	0
Novembre	52,8	31,68	106,2	1,50	106,92	53,46	0,55	58,41	0
Décembre	32,4	19,44	135,6	1,50	106,92	106,92	0,75	101,7	0

Janvier	35,2	21,12	157,2	1,50	106,92	106,92	0,75	117,9	0
Février	35,6	21,36	174,9	1,50	106,92	106,92	0,75	131,175	0
Mars	19,2	11,52	186,6	1,50	106,92	53,46	0,75	139,95	0
Avril	26,8	16,08	193,5	1,50	106,92	53,46	0,55	106,425	0
Mai	20,4	12,24	157,2	1,50	106,92	35,64	0,55	86,46	16,68
Juin	2,8	1,68	107,4	1,50	106,92	0	0,55	59,07	21,19
Juillet	0,4	0,24	79,2	1,50	106,92	0	0,55	43,56	43,24
Août	2	1,2	63,9	1,50	106,92	0	0,55	35,145	33,545

Tableau VI-10 : Calcul des besoins en eau du pommier.

POMMIER									
Mois	Pmoy(mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	10,4	6,24	80,1	1,50	106,92	0	0,7	56,07	47,75
Octobre	48	28,8	80,7	1,50	106,92	35,64	0,7	56,49	18,09
Novembre	52,8	31,68	106,2	1,50	106,92	53,46	0,7	74,34	0
Décembre	32,4	19,44	135,6	1,50	106,92	106,92	0,7	94,92	0
Janvier	35,2	21,12	157,2	1,50	106,92	106,92	0,7	110,04	0
Février	35,6	21,36	174,9	1,50	106,92	106,92	0,7	122,43	0
Mars	19,2	11,52	186,6	1,50	106,92	53,46	0,8	149,28	0
Avril	26,8	16,08	193,5	1,50	106,92	53,46	0,85	75,18	37,3
Mai	20,4	12,24	157,2	1,50	106,92	35,64	0,85	55,44	55,12
Juin	2,8	1,68	107,4	1,50	106,92	0	0,7	44,73	43,13
Juillet	0,4	0,24	79,2	1,50	106,92	0	0,7	164,475	89,575
Août	2	1,2	63,9	1,50	106,92	0	0,7	133,62	63,84

VI.8.5 Estimation des besoins en eau des cultures fourragères :

Tableau VI-11 Calcul des besoins en eau DuSorgho

Sorgho									
Mois	Pmoy(mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	10,4	6,24	80,1	0,4	28,512	0	0	0	0
Octobre	48	28,8	80,7	0,4	28,512	9,504	0	0	0
Novembre	52,8	31,68	106,2	0,7	49,896	24,948	0	0	0
Décembre	32,4	19,44	135,6	0,9	64,152	64,152	0	0	0
Janvier	35,2	21,12	157,2	1	71,28	71,28	0	0	0
Février	35,6	21,36	174,9	1,2	85,536	85,536	0	0	0
Mars	19,2	11,52	186,6	1,2	85,536	42,768	0	0	0
Avril	26,8	16,08	193,5	1,2	85,536	42,768	0,45	87,075	0
Mai	20,4	12,24	157,2	1,2	85,536	28,512	0,55	86,46	27,372
Juin	2,8	1,68	107,4	1,2	85,536	0	1,15	123,51	121,758
Juillet	0,4	0,24	79,2	1,2	85,536	0	0,9	71,28	70,96
Août	2	1,2	63,9	1,2	85,536	0	0	0	0

Tableau VI-12 Calcul des besoins en eau du Maïs

Maïs									
Mois	Pmoy(mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	10,4	6,24	80,1	0	0	0	0	0	0
Octobre	48	28,8	80,7	0	0	0	0	0	0
Novembre	52,8	31,68	106,2	0	0	0	0	0	0
Décembre	32,4	19,44	135,6	0	0	0	0	0	0
Janvier	35,2	21,12	157,2	0	0	0	0	0	0
Février	35,6	21,36	174,9	0	0	0	0	0	0
Mars	19,2	11,52	186,6	0	0	0	0	0	0
Avril	26,8	16,08	193,5	0,6	42,768	21,384	0,45	87,075	65,635
Mai	20,4	12,24	157,2	0,8	57,024	19,008	0,55	86,46	48,756
Juin	2,8	1,68	107,4	1	71,28	0	1,15	123,51	102,262
Juillet	0,4	0,24	79,2	1	71,28	0	0,9	71,28	70,96
Août	2	1,2	63,9	0	0	0	0	0	0

VI.8.6 Estimation des besoins en eau des cultures Industrielles

Tableau VI-13 Calcul des besoins en eau dutournesol

Tournesol									
Mois	Pmoy(mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	10,4	6,24	80,1	0	0	0	0	0	0
Octobre	48	28,8	80,7	0	0	0	0	0	0
Novembre	52,8	31,68	106,2	0	0	0	0	0	0
Décembre	32,4	19,44	135,6	0	0	0	0	0	0
Janvier	35,2	21,12	157,2	0	0	0	0	0	0
Février	35,6	21,36	174,9	0	0	0	0	0	0
Mars	19,2	11,52	186,6	0	0	0	0	0	0
Avril	26,8	16,08	193,5	0	0	0	0	0	0
Mai	20,4	12,24	157,2	0,3	21,384	7,128	0,4	62,88	46,56
Juin	2,8	1,68	107,4	0,5	35,64	0	0,8	85,92	76,552
Juillet	0,4	0,24	79,2	0,5	35,64	0	1	79,2	78,88
Août	2	1,2	63,9	0,6	42,768	0	0,45	28,755	27,155

Tableau VI-14 Calcul des besoins en eau du tabac :

Mois	Pmoy(mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	10,4	6,24	80,1	0	0	0	0	0	0
Octobre	48	28,8	80,7	0	0	0	0	0	0
Novembre	52,8	31,68	106,2	0	0	0	0	0	0
Décembre	32,4	19,44	135,6	0	0	0	0	0	0
Janvier	35,2	21,12	157,2	0	0	0	0	0	0
Février	35,6	21,36	174,9	0	0	0	0	0	0
Mars	19,2	11,52	186,6	0	0	0	0	0	0
Avril	26,8	16,08	193,5	0	0	0	0	0	0
Mai	20,4	12,24	157,2	0,3	21,384	7,128	0,4	62,88	46,56
Juin	2,8	1,68	107,4	0,4	28,512	0	0,8	85,92	76,552
Juillet	0,4	0,24	79,2	0,5	35,64	0	1	79,2	78,88
Août	2	1,2	63,9	0,6	42,768	0	0,85	54,315	52,715

VI.9 Calcul des besoins en eau pour lesAssolements:

Mois	Blé	Mais	Sorgho	orge	olivier	Pécher	pommier	tournesol	tabac	Bes/max
Septembre	0	0	0	0	52,765	35,735	47,75	0	0	52,765
Octobre	0	0	0	0	30,195	0	18,09	0	0	30,195
Novembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,596
Décembre	47,616	0	0	0	0	0	0	0	0	57,612
Janvier	34,18	0	0	0	0	0	0	0	0	49,168
Février	66,395	0	0	23,33	0	0	0	0	0	66,395
Mars	85,704	0	0	98,472	0	0	0	0	0	98,472
Avril	119,617	65,635	0	109,701	50,875	0	37,3	0	0	119,617
Mai	74,532	48,756	27,372	119,496	32,4	16,68	55,12	46,56	46,56	121,692
Juin	17,578	102,262	121,758	0	48,04	21,19	43,13	76,552	76,552	102,262
Juillet	0	70,96	70,96	0	67	43,24	89,575	78,88	78,88	89,575
Août	0	0	0	0	59,715	33,545	63,84	27,155	52,715	65,495
MAX	119,617	102,262	121,758	119,496	67	43,24	89,575	78,88	78,88	121,692

VI.9.1 Calcul du débitspécifique

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 20 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle.

$$q_s = \frac{B_{net} * 10 * 1000}{N_j * N_i * 3600 * E_i} \text{ l/s/ha}$$

Bnet : besoin net du mois de pointe en mm/mois.

Ni : nombre des heures d'irrigation=20h

Nj : nombre de jours du mois de pointe =22 jours

Ei : Efficience d'irrigation

D'où les besoins de pointe correspondent à la moyenne des débits donc 72,987mm/mois.

Calculons le débit spécifique on trouve :(q_s=0,64l/s/ha).

Pour y remédier, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

- ✓ Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures;
- ✓ Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante
- ✓ Prendre en considération la moyen des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes;

Pour notre cas, étant donné la surface importante du périmètre, la prise en compte du débit de la culture la plus exigeante risquerait d'aboutir à un surdimensionnement inutile.

VI.10 Estimation des besoins en eau totaux:

La connaissance des volumes totaux d'irrigation est indispensable, elle permet de prévoir les volumes d'eau stockés et d'effectuer un meilleur calendrier d'arrosage.

Étant donné, que nous avons pris en considération un assolement biennal, nous avons calculé les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant, en plus des besoins de l'arboriculture

Tableau VI-15 : Besoin en eau d'irrigation des cultures.

cultures	Besoins annuels (mm)	Superficies occupées (ha)	Besoins annuels (m ³)
Blé	119,617	100	159489,33
Mais	102,262	472	643568,85
Sorgho	121,692	200	324512,00
orge	119,496	100	159328,00
olivier	67	800	714666,67
Pécher	43,24	200	115306,67
pommier	89,575	200	238866,67
tournesol	78,88	400	420693,33
tabac	78,88	400	420693,33
SOMME	820,642	2872	3197124,85

VI.10.1 Comparaison entre le volume fourni par la STEP et les besoins des cultures:

la STEP fournit un volume annuel de 29 436 007 m³, et le besoin total de notre secteur est de **3197124,8m³** en moyen annuel. Donc on remarque que la STEP est capable de satisfaire les besoins de notre périmètre

Evaluation du débit caractéristique

Le calcul des débits caractéristiques permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante:

$$Q_{car} = q_s \cdot S$$

q_s : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)

S : la superficie nette à irriguer = 2872 ha

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 0,64 \cdot 2872 = 1838,08 \text{ l/s.}$$

VI.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé les besoins en eau de notre périmètre. Le choix des cultures s'est fait sur une base tenant compte les facteurs climatologiques. Après le choix de l'assolement des cultures, l'estimation des besoins en eau de chaque culture s'est fait sur la base de l'évapotranspiration par la méthode de Penman. Enfin, nous avons estimé les volumes d'eau à apporter par l'irrigation au cours de la période de la croissance pour assurer aux plantes un approvisionnement hydrique adéquat et continu.

CHAPITRE VII :
Etude du système d'adduction

VII.1 Introduction :

La conception d'un périmètre exige en premier lieu une gestion rationnelle et efficace d'un système d'irrigation et une organisation convenable de ce système, depuis sa conception jusqu'à sa gestion en passant par son exploitation et sa maintenance.

Le système d'adduction est la première tâche à laquelle doit se préoccuper l'ingénieur, puisque tous les systèmes d'irrigation dépendent du tracé et de la conception des conduites du réseau d'adduction.

VII .2 Réseaud'adduction:

Nous rappelons par ailleurs que par réseau d'adduction, nous désignons la partie du réseau servant exclusivement à transférer l'eau (par pompage ou gravitairement). Ce volet englobera bien évidemment les sites de stockage – lagunage ainsi que les réservoirs et Les stations de pompage

VII.3 Situation de la zone duProjet

La zone du Projet a été fixée au démarrage de l'étude sur la base de l'étude pédologique existante réalisée par l'ANRH en 2005 dont l'objectif était d'identifier les sols irrigables.

La proximité de la station d'épuration a été pris en compte dans la pré-délimitation de la zone d'étude. Nous avons ainsi privilégié les zones les plus proches de la STEP à condition que les sols soient de qualité convenable à l'irrigation. Nous avons limité la zone d'étude aux limites administratives de la Wilaya d'Oran, très peu concernées potentiellement par les sols aménageables

Sur ces bases, une zone d'étude potentielle couvrant une superficie brute d'environ 10.000 ha a été pré-délimitée. Elle est située à l'Est de la Sebka d'Oran, à une vingtaines de km au Sud de la ville d'Oran et à 7 km du site de la station d'épuration située aux environs d'EIKharma.

La zone d'étude est aisément accessible par la RN4 qui traverse la zone d'Ouest Est. De même, la RN13 passe par la zone en direction Nord -Sud. Par ailleurs,

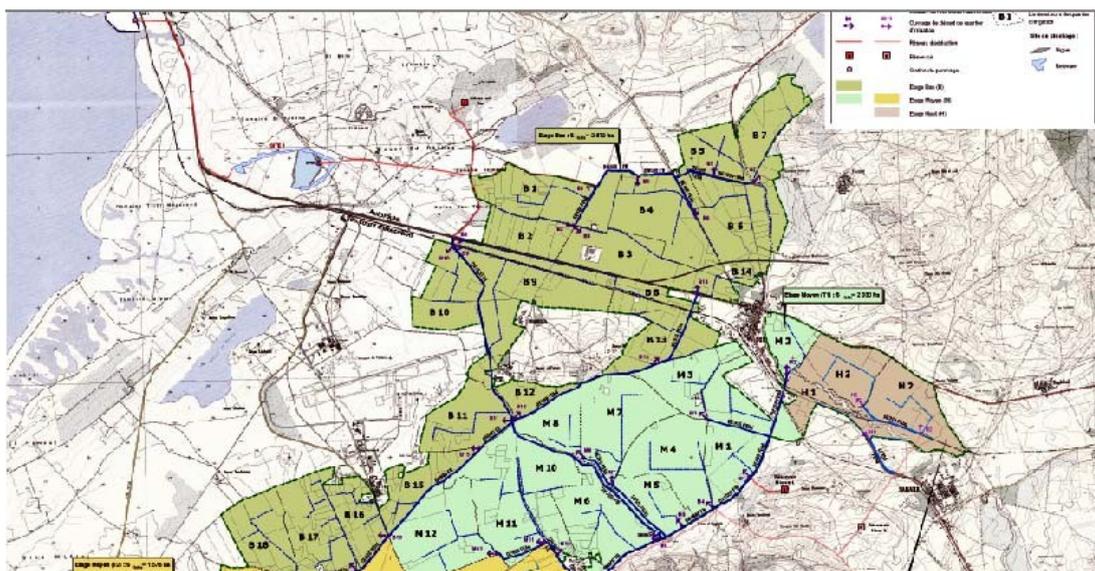


Figure 0II-1 : Présentation du périmètre de la plaine de m'lita

VII.4 Configuration générale du système d'alimentation dupérimètre

Le périmètre projeté sera alimenté à partir de la STEP d'Oran La surface totale du périmètre projeté sera de 7695 ha décomposé en cinq blocs hydrauliques dominés chacun par son propre réservoir. Ces blocs sont répartis en trois étages de pression, basse, moyenne et haute

Tableau VII-1: répartition du périmètre en blocs hydrauliques et besoins

blocs	SAU	TN mini mNGA	TN maxi mNGA	Réservoir M NGA	Besoins annuels m ³	Besoins jour de pointe m ³
bas	2 872	100	127	173	3197124,85	111 663
Moyen M	2 030	115	160	200	12 048 057	77 371
Tranche 1	4 902				29 436 007	189 035
Moyen M'	1 576	115	160	195	9 959 324	63 958
Haut	411	150	185	245	2 573 078	16 524
Haut 2	806	150	190	245	5 297 513	34 020
Tranche 2	2793				17 829 914	114 502
Total	7 695				47 265 920	303 536

En termes de bilan annuel, la demande annuelle moyenne de l'ensemble des deux tranches est de 130000m³/jour soit 65% de la capacité finale de la STEP.

Sur la base de ces principes, le schéma général d'aménagement ainsi que ses principales caractéristiques dimensionnées se présente comme suit d'amont en aval :

Conduite de refoulement SP1 – Site 1

Cette conduite alimente le site 1 (stockage – lagunage) à partir de la station SP1 située au niveau de la station d'épuration d'Oran. Cette conduite part de la station SP1, traverse la route goudronnée limitrophe à la STEP, puis traverse par fonçage le chemin de fer. et longe l'autoroute avant d'arriver au niveau de l'ouvrage de restitution vers les lagunes. La longueur totale de cette conduite est d'environ 4500 m

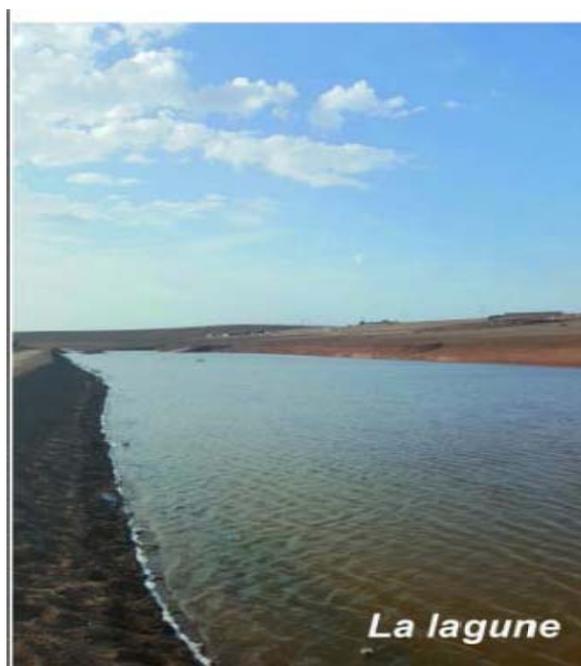


Figure VII.2 : bassin de lagunage

Site 1 : stockage lagunage

Le site 1 de lagunage stockage est situé à 5km environ de la STEP, vers le périmètre. Il s'agit d'une structure endoréique, d'un bassin versant total de 2km² environ.

En vue de l'aménagement, le site de stockage se présente entre la STEP et le périmètre à unecote autorisant un stockage sans rupture de charge ultérieure pour tous les étages du périmètre, il se prête en outre et de manière optimale à la création de lagunes nécessaires d'abord à la gestion de l'interface STEP-périmètre surtout de vue contrôle de qualité, mais permettant aussi une décontamination microbiologique

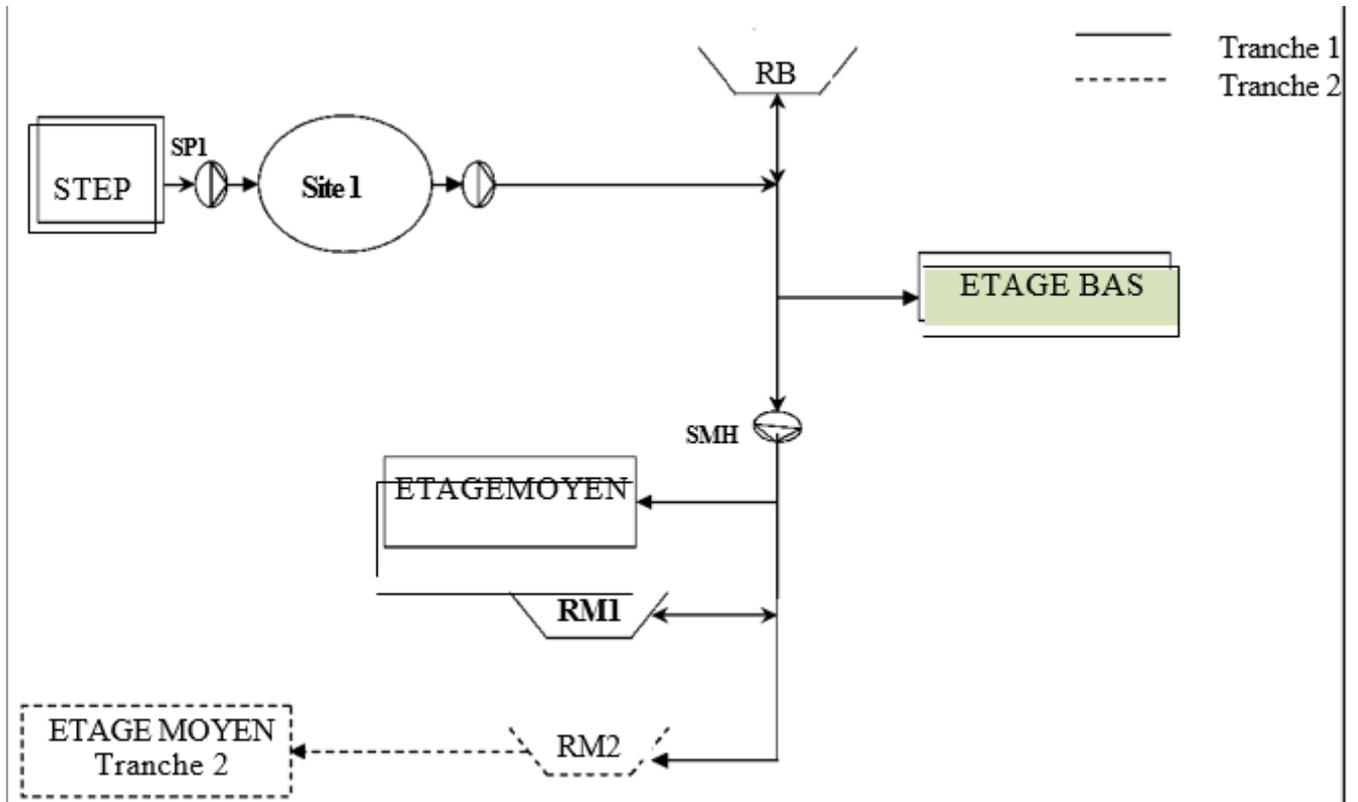


Figure VII.3 : différentes interactions entre les infrastructures

Le bassin de stockage :

Le bassin de stockage est sur le compartiment Est du site 1, il est limité par le système des lagunes ; sa limite est sur une ride du terrain séparant le site de stockage de la zone ouest du site 1 jugée dangereuse sur le plan géotechnique ; un traitement d'étanchéisation par épandage d'unecouched'argilede30cmsurlatotalitédubassindestockage..

VII.5 Organisation du périmètre : îlots d'irrigation

Le terme « îlot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimentée par une seule prise d'irrigation (borne) qui représente le point limite du système de distribution ou l'administration du réseau d'irrigation intervenant dans la gestion de l'eau.

Les secteurs sont partagés entre plusieurs îlots, choisis entre parcelles adjacentes. Les limites des îlots, répondent à la réalité territoriale, en respectant les marges des parcelles et les voies de communication.

En matière de superficie et nombre de parcelles, les critères établis sont décrits ensuite :

- La taille maximale des îlots sera comprise entre 50 et 70ha.
- L'îlot présentera un maximum de 10 parcelles (pour un même îlot).

La limitation de taille maximale des îlots répond aux critères hydrauliques et d'équipement. La limitation du nombre de parcelles par îlot répond, en outre, à critères de gestion. La plupart du périmètre est représentée par îlots de 4 ou 6 parcelles ce qui facilite la distribution des tours d'irrigation et le comptage de consommations.

VII.5.1 Implantation des bornes (Plan de bornage):

L'emplacement des bornes d'irrigation est le premier problème auquel doit s'attaquer le projecteur. En effet une forte densité améliore les conditions de travail des agriculteurs en diminuant les longueurs de canalisation mobile de surface, mais il en résulte une augmentation importante des frais d'installation du réseau fixe. Une trop faible densité accroît le travail de montage et de transport de canalisation mobiles. On admet généralement que l'implantation des bornes répond aux critères suivants :

- Pour les zones de petites et moyennes exploitations:
 - ✓ Une borne par îlot d'exploitations;
 - ✓ Quatre (04) prises maximum sur une même borne soit huit parcelles au maximum;
 - ✓ Bornes implantées en limites d'îlots ou des parcelles;
 - ✓ Dénivelée maximum de 5 m entre les points les plus hauts et les plus bas du bloc d'îlots.
- ✓ Pour les zones à grande exploitation:
 - ✓ La borne se situe au centre de l'îlot;
 - ✓ 4 prises sur les mêmes bornes.

Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

La borne d'irrigation constitue un appareil compact, plus particulièrement étudié pour les réseaux fonctionnant à la demande, et cumulant les fonctions suivantes :

- ✓ Desserte de l'eau à un ou plusieurs usagers disposant chacun d'une prise individuelle.
- ✓ Régulation de la pression aval, de manière à assurer un matériel mobile d'irrigation des conditions de

fonctionnement stable, quel que soit l'état de la demande sur le reste du réseau.

- ✓ Limitation du débit prélevé, et comptage des volumes débités par chaque prise.

Tracé du réseau

Une fois qu'on a établi le plan de bornage, il est exigé de relier le plus économiquement possible les différentes bornes à l'origine du réseau. La méthode classiquement mise en œuvre comprend trois phases successives :

a. 1ère phase : tracé par proximité

Nous recherchons tout d'abord le tracé de longueur minimum ayant pour sommets les seules bornes du réseau.

b. 2ème phase : Tracé à 120°

En créant de nouveaux sommets distincts des bornes, on peut améliorer le tracé précédent en diminuant sa longueur. Les sommets ont au maximum trois arêtes incidentes et les angles des arêtes incidentes sont égaux à 120°.

c. 3ème phase : le tracé économique

Le tracé à 120° correspond au tracé de longueur minimum après création éventuelle de sommets intermédiaires distincts des bornes. Il est possible de raccourcir la longueur des conduites de diamètre important, quitte à augmenter celles de petit diamètre.

VII.6 Modalités de distribution:

VII.6.1 Distribution à la demande :

Cette technique laissant le choix à l'agriculteur d'utiliser sa propre borne ou prise d'irrigation en temps opportun, ce mode est très complexe, car les appels de débits sont totalement aléatoires.

VII.6.2 Distribution au tour d'arrosage:

C'est un mode de desserte spécifique et très rigide, à module fixe et uniforme sur tout le réseau, chaque irrigant pourra irriguer au cours d'un tour d'eau, pendant une durée proportionnelle à la surface irriguée. On distingue :

- a) **Tour d'arrosage à la borne :** Chacune des bornes du réseau reçoit un débit correspondant au débit fictif continu des superficies irriguées qu'elles desservent, chaque borne est équipée d'un limiteur de débit commun aux différentes prises.
- b) **Tour d'arrosage à l'antenne :** Dans le cas des petites propriétés, les modules disponibles lors de l'application des modalités précédentes, pourront être trop faibles, d'où l'option de regrouper plusieurs bornes sur une seule antenne donnée.

Calcul du débit aux bornes :

Le débit de chaque borne pouvant desservir un ilot est formulé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S$$

Q_b = Débit de chaque ilot (l/s)

q_s = Débit spécifique (l/s/ha)

S = Superficie de l'ilot (ha)

Choix du diamètre de la borne

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont détaillés comme suit :

Tableau 0II-2 : Choix du diamètre de la borne.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	D= 65mm
$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s)	D= 100mm
$80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s) $< Q < 120 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	D= 150mm

Le calcul des débits des bornes est présenté dans le tableau suivant

Tableau VII-3 : Débits au niveau de chaque ilot

N° borne	Surface (ha)	Débit (l /s)	Diamètre Borne (mm)	Type de borne et bec de sortie
18B5	45,58	33,33	150	3x borne d'irrigation type c
18B1	10,18	11,11	100	1x borne d'irrigation type b
17B4	13,64	11,11	100	1x borne d'irrigation type b
18B8	13,17	11,11	100	1x borne d'irrigation type b
18B7	19,27	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
18B4	20,44	16,67	100	1x borne d'irrigation type c
17B12	6,41	6,94	65	1x borne d'irrigation type a
17B10	18,35	16,67	100	1x borne d'irrigation type c
17B7	27,79	23,03	150	1x borne d'irrigation type b
17B11	16,77	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
17B9	13,22	11,11	100	1x borne d'irrigation type b
17B2	51,88	33,33	150	4x borne d'irrigation type c
16B5	29,17	23,03	150	1x borne d'irrigation type b
16B2	6,21	6,94	65	1x borne d'irrigation type a
16B3	27,58	23,03	150	1x borne d'irrigation type b

16B1	16,08	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
17B1	6,95	6,94	65	1x borne d'irrigation type a
15B2	47,12	33,33	150	3x borne d'irrigation type c
15B3	12,45	11,11	100	1x borne d'irrigation type b
15B1	32,46	23,03	150	2x borne d'irrigation type c
11B5	25,57	23,03	150	1x borne d'irrigation type c
11B4	6,16	6,94	65	1x borne d'irrigation type a
11B1	52,57	33,33	150	4x borne d'irrigation type c
11B2	56,38	33,33	150	4x borne d'irrigation type c
11B3	25,5	23,03	150	1x borne d'irrigation type c
7B5	56,39	33,33	150	4x borne d'irrigation type c
7B4	40,25	33,33	150	2x borne d'irrigation type c
7B3	13,09	11,11	100	1x borne d'irrigation type b
7B2	18,58	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
1B5	14,42	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
5B5	4,59	4,17	65	1x borne d'irrigation type a
6B4	19,86	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
6B3	26,01	23,03	150	1x borne d'irrigation type b
6B2	13,05	11,11	100	1x borne d'irrigation type b
4B5	28,67	23,03	150	2x borne d'irrigation type c
4B1	13,94	11,11	100	1x borne d'irrigation type b
4B2	54,06	33,33	150	4x borne d'irrigation type c
2B4	27,28	23,03	150	1x borne d'irrigation type c
2B3	33,62	23,03	150	2x borne d'irrigation type c
1B3	10,32	11,11	100	1x borne d'irrigation type b
1B2	54,82	33,33	150	4x borne d'irrigation type c
2B2	30,96	23,03	150	4x borne d'irrigation type c
2B1	19,91	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
2B5	7,31	6,94	65	1x borne d'irrigation type a
8B1	57,94	33,33	150	3x borne d'irrigation type c
8B2	25,23	23,03	150	1x borne d'irrigation type c
8B3	14,94	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
13B4	39,24	33,33	150	2x borne d'irrigation type c
13B7	20,62	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
13B8	17,91	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
9B7	21,18	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
9B8	44,07	33,33	150	2x borne d'irrigation type c
9B9	18,62	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
13B6	8,74	6,94	65	1x borne d'irrigation type a
13B1	40,1	33,33	150	2x borne d'irrigation type c
13B3	26,25	23,03	150	1x borne d'irrigation type c
3B1	57,39	33,33	150	4x borne d'irrigation type c
3B2	58,61	33,33	150	4x borne d'irrigation type c
14B2	17,99	16,67	100	1x borne d'irrigation type b

14B3	17,99	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
4B4	57,61	33,33	150	4x borne d'irrigation type c
4B3	57,81	33,33	150	4x borne d'irrigation type c
1B4	24,24	16,67	100	1x borne d'irrigation type c
10B1	49,81	33,33	150	2x borne d'irrigation type c
10B2	32,35	23,03	150	1x borne d'irrigation type c
10B4	49,75	33,33	150	3x borne d'irrigation type c
10B5	22,97	16,67	100	1x borne d'irrigation type c
10B3	14,37	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
9B1	58,18	33,33	150	2x borne d'irrigation type c
9B2	23,96	16,67	150	1x borne d'irrigation type c
9B3	57,03	33,33	150	3x borne d'irrigation type c
12B1	19,8	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
12B2	50,61	33,33	150	4x borne d'irrigation type c
16B6	9,99	6,94	65	1x borne d'irrigation type a
9B5	19,86	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
4B7	24,88	23,03	150	1x borne d'irrigation type c
4B6	27,38	23,03	150	1x borne d'irrigation type c
4B5	29,79	23,03	150	1x borne d'irrigation type c
3B5	6,17	6,94	65	1x borne d'irrigation type a
6B1	31,91	23,03	150	1x borne d'irrigation type c
14B4	19,19	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
6B6	38,59	33,33	150	2x borne d'irrigation type c
14B5	9	6,94	65	1x borne d'irrigation type a
1B1	50,02	33,33	150	2x borne d'irrigation type c
13B5	28,05	23,03	150	1x borne d'irrigation type b
18B6	10,6	11,11	100	1x borne d'irrigation type b
7B6	47,29	33,33	150	3x borne d'irrigation type c
9B4	17,58	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
17B6	17,23	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
18B3	35,06	33,33	150	2x borne d'irrigation type c
9B6	28,53	23,03	150	1x borne d'irrigation type c
5B1	22,28	16,67	100	1x borne d'irrigation type c
6B5	51,2	33,33	150	3x borne d'irrigation type c
7B1	18,69	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
14B1	36,2	33,33	150	1x borne d'irrigation type c
3B4	30,48	23,03	150	2x borne d'irrigation type b
3B3	14,61	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
1B5	15,95	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
15B4	16,92	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
15B5	16,67	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
17B8	6,11	6,94	65	1x borne d'irrigation type a
16B7	4,63	4,17	65	1x borne d'irrigation type a
16B4	37,02	33,33	150	2x borne d'irrigation type b

17B5	21,11	16,67	100	1x borne d'irrigation type c
17B3	15,12	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
5B2	20,56	16,67	100	1x borne d'irrigation type b
Total	2872,01	1800,01		

Nombre de Bornes : 109

Nombre de Prises : 163

Le périmètre exige pour notre secteur 109 bornes pour permettre l'alimentation de l'ensemble des parcelles sur une surface de 2872 ha.

VII.7 Réservoir

Pour assurer une irrigation en continue, un réservoir de stockage est utile. Pour le dimensionnement de ce réservoir, on a les données suivantes :

Le volume du réservoir est calculé comme suit :

$$V = Q \cdot T_f$$

Q : est le besoin maximum journalier = **1800** l/s = 6480 m³/h

T_f : l'intervalle de temps, il correspond au temps de non fonctionnement de la pompe, puisqu'on a le temps de pompage est de 20h/j, donc **T_f=4h**

$$V = 24920 \text{ m}^3$$

Les principales caractéristiques dimensionnelles, présentées ci-après

Pente du talus interne	2/1
Dimension	60 m x 70 m
Hauteur totale	6m
cote radier	170,50 m
Volume total PHE Normale	24160m ³
Volume tranche morte (30 cm)	840 m ³
Volume net de stockage	25000m ³

Ce réservoir, sera alimenté par pompage à partir de la station SPB (au niveau du site 1).

Le réservoir aura les fonctions suivantes :

- **stockage** servant d'assurer le débit fictif continu pendant les quatre (04) heures d'effacement de la SONELGAZ.
- **Régulation** de fonctionnement et automatisation de la station SPB permettant aux pompes de fonctionner automatiquement.

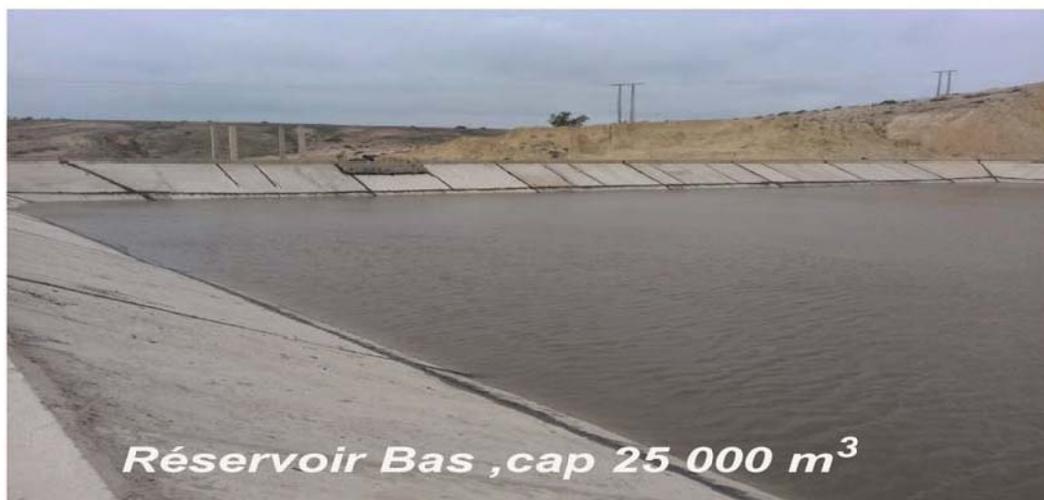


Figure VII-4: le réservoir bas desservant le périmètre

VII.8 Dimensionnement de la station depompage:

C'est un ouvrage génie civil ,elle abrite le bureau du chef d'exploitation ,bureau de personnel, le magasin ,salle d'équipement, moteur électrique ,toilette et la machine la plus importante dans la station: les pompes, qui ont pour rôle de refouler les eaux vers le réservoir.

❖ Les pompes:

Pompe , dispositif utilisé pour aspirer, pour déplacer ou pour comprimer des liquides et des gaz .Dans toutes les pompes ,il faut éviter la cavitation(formation des poches gazeuses),

❖ Les turbopompes (pompes centrifuge):

Il existe trois classes de turbo pompes: les pompes centrifuges, à écoulement radial; Les pompes axiales, à écoulement axial; les pompes semi axiales.

✓ Les pompes à écoulement radial :

Ce sont les pompes centrifuges au sens strict. Elles permettent de relever des faibles débits sur de fortes hauteurs. La hauteur de refoulement croit avec le diamètre extérieur de la roue.Danscecas,l'écoulementestradialetlesaubagessontdessurfacesplanes.

✓ Les pompes axiales:

Ce sont les pompes hélices où les pales sont constituées par des sur faces gauches .Ces pompes conviennent pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs.

✓ **Les pompes semiaxiales:**

Pour lever de forts débits sur de faibles hauteurs on montre que les vitesses d'entrée doivent être faibles. La hauteur de refoulement étant faible le diamètre de sortie est relativement faible d'où la construction d'une pompe hélico-centrifuge avec des dimensions importantes. Les diamètres d'entrée et de sorties ont comparables.

❖ **Détermination de la hauteur d'élévation calculée :**

La hauteur d'élévation se calcule comme suivant : $H_{cal} = h_g$

$$+ \Sigma h_p(asp) + \Sigma h_p(ref)$$

Avec :

h_g : Hauteur géométrique (m) ;

$\Sigma h_p(asp)$: Pertes de charges à l'aspiration (m) ;

$\Sigma h_p(ref)$: Pertes de charges au refoulement (m) ;

Hauteur manométrique totale:

La hauteur manométrique est donnée par la formule: $HMT = H_g + \Delta h_p$

Avec: HMT : Hauteur Manométrique Totale en(m).

H_g : Hauteur géométrique en (m). $H_g = h_a - h_r$

h_a : hauteur d'aspiration

h_r : cote du réservoir

Calcul des pertes de charge totales :

a) pertes de charge linéaires:

Les pertes de charge sont calculées comme suit :

$$\Delta H_l = I * L = \lambda \frac{L V^2}{D 2g}$$

L : longueur du tronçon en (m).

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

ΔH_l : Pertes de charge linéaires en (m) :

I: gradient hydraulique en (m/m)

Le coefficient λ est obtenu par les formules suivantes:

$$\lambda = (1,14 - 0,86 \operatorname{Ln} \frac{\xi}{D})^{-2} \quad (\text{Formule de Nikuradzé})$$

ξ : Rugosité absolue

b) Pertes de charge singulières :

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

$$\Delta H_s = 0,1 * \Delta H_l$$

❖ Choix de type et du nombre de pompe pour la station de pompage(SP)

➤ Critères du choix du nombre de pompes suivants

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

Les intervalles des nombres de pompes sont :

$$N_p \leq 4 \rightarrow 1 \text{ pompe de secours}$$

$$4 < N_p \leq 6 \rightarrow 2 \text{ pompes de secours}$$

$$N_p \geq 6 \rightarrow 3 \text{ pompes de secours}$$

D'après les données recueillies et le choix du diamètre économique, nous avons :

- Le débit d'équipement
- La hauteur manométrique totale nécessaire à l'adduction
- la conduite de refoulement

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour le choix du type et du nombre des pompes.

➤ *Les critères à respecter dans le choix*

- Nombre minimal de pompes et type de pompe.
- Meilleur rendement.

- NPSH requis minimal.
- Puissance absorbée minimale
- Le nombre de tours par minute plus important (vitesse de rotation)

VII.8.1 La station de pompage SP1

Cette station reprend les eaux usées traitées de la STEP et les restitue vers le site 1 de lagunage-stockage. L'implantation de cette station, aussi cette station disposera d'une emprise de 3000 m² environ et alimentation gravitaire à partir de la STEP, afin de limiter les interfaces de gestion entre les exploitants futurs du périmètre et de la STEP.

Cette station sera équipée de :

- Quatre groupes électropompes centrifuges multicellulaires à axe verticale
- Un ensemble d'équipement pour la manutention des GEP avec accessoires;
- Un ensemble de robinetterie au refoulement des pompes, avec accessoires;
- Un ensemble de conduites de refoulement, avec accessoires;
- Une protection anti-bélier;
- Un ensemble d'équipements électrique MT et BT;
- Un ensemble de câbles électriques de puissance, de commande et de contrôle;
- L'ensemble d'équipements d'éclairage intérieur et extérieur;

Tableaux VII-4 : données de la conduite de refoulement

Débit à refouler (l/s)	Linéaire total (m)	Matériaux	C _r (m)	C _{sp} (m)
1800	4370	Fonte	85	34.4

a) Calcul des diamètres:

Pour dimensionner la conduite de refoulement, on applique la formule de Bonin pour une première approximation :

$$D = \sqrt[3]{fQ}$$

Avec : **D** : Diamètre intérieur de la conduite en m

Q : Débit véhiculé par la conduite en m³/s

Donc on a : $D = \sqrt[3]{1.8}$ $D = 1,34\text{m}$

Le diamètre obtenu est 1350 mm. Cependant ce diamètre parait important , une étude technico-économique , incluant plusieurs paramètres , devra nous orienter vers un meilleur diamètre

b) Calcul de la HMT pour différents diamètres:

Tableau VII-5 : Calcul de la HMT pour divers diamètres de la conduite

D	L	Débit	Vitesse	Re	λ	ΔHl	ΔHt	Hg	Hmt
(mm)	(m)	(l/s)	(m/s)			(m)	(m)	(m)	(m)
1000	4370	1800	2,29	2292993,631	0,0074	8,65	9,51	50,6	60,11
1200	4370	1800	1,59	1910828,03	0,0072	3,38	3,72	50,6	54,32
1250	4370	1800	1,47	1834394,90	0,0071	2,74	3,02	50,6	53,62
1400	4370	1800	1,17	1637852,59	0,0070	1,53	1,68	50,6	52,28
1500	4370	1800	1,02	1528662,42	0,0070	1,07	1,18	50,6	51,78

c) Calcul des frais d'exploitations:

Tableau VII-6: Calcul des dépenses énergétiques annuelles en fonction des diamètres

Diamètre	Q	Hmt	Puissance	E	Prix du Kwh	F _{exploitation}
(mm)	(m ³ /h)	(m)	(KW)	KWh annuels	(DA)	(DA)
1000	216	60,11	44,228	322861,2609	4,69	1 514 219,3
1200	216	54,32	39,967	291760,9334	4,69	1 368 358,8
1250	216	53,62	39,448	287973,706	4,69	1 350 596,7
1400	216	52,28	38,468	280815,3504	4,69	1 317 024,0
1500	216	51,78	38,098	278113,4589	4,69	1 304 352,1

d) Calcul du prix de revient:

Tableau VII-7 : Calcul du prix de revient des diamètres de la conduite

D (mm)	Prix ML(TTC)	prix de pose	L (m)	Prix (DA)	ANNUITE	F _{Amort} (DA)
1000	3 150,00	350,00	4 370,00	15 295 000,00	0,09	1 361 255,00
1200	3 650,00	400,00	4 370,00	17 698 500,00	0,09	1 575 166,50
1250	4 461,00	420,00	4 370,00	21 329 970,00	0,09	1 898 367,33

1400	6 094,00	500,00	4 370,00	28 815 780,00	0,09	2 564 604,42
1500	7 745,00	600,00	4 370,00	36 467 650,00	0,09	3 245 620,85

e) *Choix dediamètre*

Tableau VII-8 : Bilan technico-économique des diamètres choisis

D (mm)	Amortissement	Exploitation	Bilan
1000	1361255	1 514 219,31	2 875 474,31
1200	1575166,5	1 368 358,78	2 943 525,28
1250	1 898 367,33	1 350 596,68	3 248 964,01
1400	2 564 604,42	1 317 023,99	3 881 628,41
1500	3 245 620,85	1 304 352,12	4 549 972,97

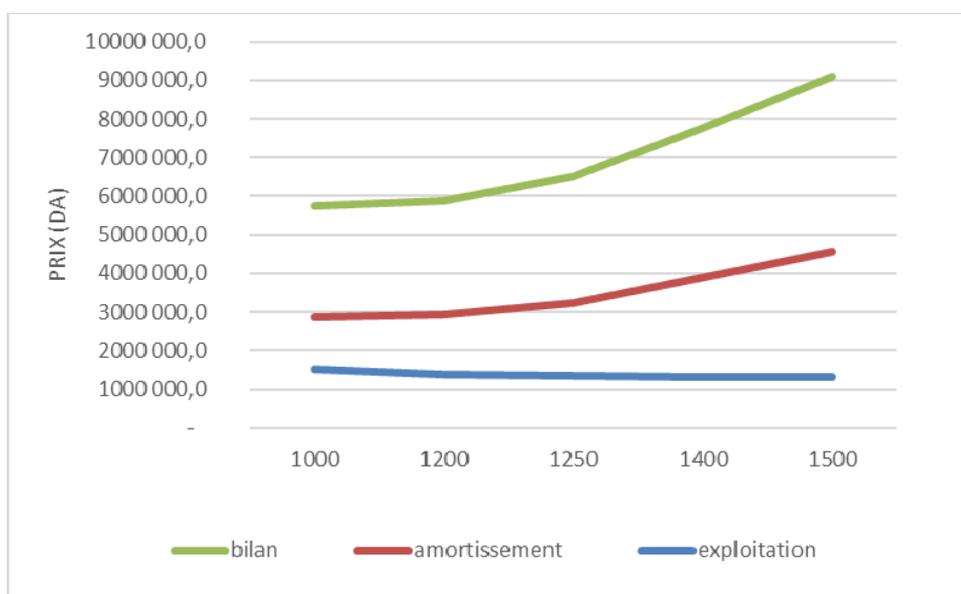


Figure VII-5 : Résultats de l'étude technico-économique

D'après le graphe précédent, on s'aperçoit que le diamètre optimal est de D=1250mm. On prend donc ce diamètre pour la conduite de refoulement, laHMT est 53.6m.

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour le choix du type et du nombre des pompes. Le tableau suivant englobe le type, le nombre et les caractéristiques de chaque pompe choisie.

Tableau VII- 9 : Caractéristiques des pompes disponibles

N	Q(l/s)	HMT(m)	Type de Pompe	Hauteur pompe(m)	n%	Vitesse (tr/min)	P _{abs} (K)	(NPS Hr)	Ø mm
1	920*2	70	E18S64/C4D+M1450	107	77	2900	370	13	450
2	882*3	56,6	P18C/14-18-55-2A	66	82.4	2900	200	5	250
3	403*5	57	E10S64/5K+M10200	71	78.6	2900	150	6	250

f) Groupes électropompes :

La station SP1 est dimensionnée pour un débit nominal total de 1800 l/s avec une HMT de 53,6 mCE, pour un fonctionnement de 24h/24h Elle sera équipée de 06 groupes électropompes identiques. Le choix adopté du mode de fonctionnement de ces groupes électropompes est **5 pompes en service +1 pompe ensecours.**

Chaque groupe électropompe sera constitué essentiellement de :

1. Un moteur 6,6 KV – 50HZ – IP55
2. Un supportmoteur
3. Une tête de pompe équipée de coude de refoulement installé sur le plan de pose
4. Une ligne d'arbre de transmission
5. Une colonne de refoulement
6. Un ensemble de turbine
7. Une crépine

❖ Pompes

Les pompes seront du type centrifuge, multicellulaire, à axe verticale entraînée par un moteur à cale sèche à travers une ligne d'arbre noyée . Le refoulement sera sur le même plan de pose que le moteur. Au point de fonctionnement nominal, (3 pompes en fonctionnement), le rendement de la pompe doit être supérieur ou égale à 80%, il ne doit jamais être inférieur à 75 % dans toute la plage de fonctionnement. Le corps des pompes seront en fonte, la roue en bronze sans zinc

❖ Moteurs électriques

Les moteurs seront à disposition verticales. Les moteurs seront du type asynchrone à cage d'écuriel. Ils sont prévus pour une vitesse de rotation de synchronisme ne dépassant pas 2900 tr/mn- Tension d'alimentation 6,6 KV (+/- 10%), 50 HZ (+/- 0,5). Le rendement minimum exigé 93%.

❖ Supportmoteur

Le moteur sera supporté par un châssis en acier largement dimensionné et sera installé pour permettre la fixation et un calage précis de la pompe et du moteur.

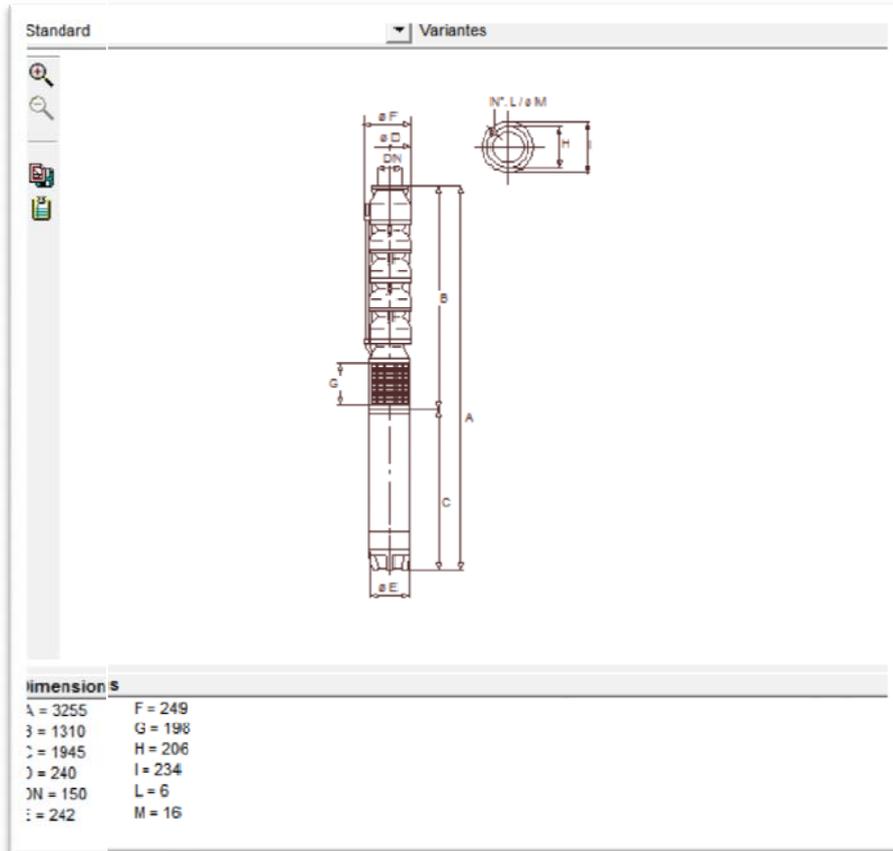


Figure VII-6 : Détails des pompes choisies

VII.8.2 Station de pompageSPB

Implantée dans la digue Est du site de stockage - lagunage, la station de pompage SPB est destinée à assurer la livraison d'eau à l'étage bas de la 1ère tranche dont les besoins journaliers globaux sont de 189 035 m³ à raison de 20h/24h de pompage en jour de pointe.

La station de pompage SPB est Elle sera équipée de :

- Six groupes électropompes centrifuges multicellulaires à axe
- Un ensemble de robinetterie au refoulement des pompes, avec accessoires;
- Un ensemble de conduites de refoulement, avec accessoires;
- Un ensemble d'équipements électrique MT et BT;
- Une protection anti-bélier;

- Un ensemble d'équipement pour la manutention des GEP avec accessoires;
- Un ensemble de robinetterie au refoulement des pompes, avec accessoires;
- Un ensemble de conduites de refoulement, avec accessoires;
- Une protection anti-bélier;
- Un ensemble d'équipements électrique MT et BT;
- Un ensemble de câbles électriques de puissance, de commande et de contrôle;
- L'ensemble d'équipements d'éclairage intérieur et extérieur;

Tableaux VII-10 : données de la conduite de refoulement

Débit à refouler (l/s)	Linéaire total (m)	Matériaux	C _r (m)	C _{sp} (m)
1800	1870	Fonte	170,5	127

a) Calcul des diamètres:

Pour dimensionner la conduite de refoulement, on applique la formule de Bonin pour une première approximation :

$$D = \sqrt[3]{\frac{4Q}{\pi v}}$$

Avec : **D** : Diamètre intérieur de la conduite en m

Q : Débit véhiculé par la conduite en m³/s

Donc on a : $D = \sqrt[3]{1.8}$

$$D = 1,341 \text{ m}$$

Le diamètre obtenu est 1341 mm. Cependant ce diamètre paraît important, une étude technico-économique, incluant plusieurs paramètres, devra nous orienter vers un meilleur diamètre

b) Calcul de la HMT pour différents diamètres

Tableau VII-11 : Calcul de la HMT pour divers diamètres de la conduite

D _{int} (mm)	L (m)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Re	f	ΔHl (m)	ΔHt (m)	Hg (m)	Hmt (m)
800	1870	1800	3,58	2866242,038	0,0076	11,67	12,84	43,5	56,34
1000	1870	1800	2,29	2292993,631	0,0074	3,70	4,07	43,5	47,57
1200	1870	1800	1,59	1910828,03	0,0072	1,45	1,59	43,5	45,09
1250	1870	1800	1,47	1834394,90	0,0071	1,17	1,29	43,5	44,79
1400	1870	1800	1,17	1637852,59	0,0070	0,66	0,72	43,5	44,22
1500	1870	1800	1,24	1860000,00	0,0070	0,46	0,51	43,5	44,01
1600	1870	1800	0,90	1433121,02	0,0069	0,33	0,36	43,5	43,86

c) Calcul des frais d'exploitations:

Tableau VII- 12: Calcul des dépenses énergétiques annuelles en fonction des diamètres

Diamètre	Q	Hmt	Puissance	E	Prix du Kwh	F _{exploitation}
(mm)	(m ³ /h)	(m)	(KW)	KWh annuels	(DA)	(DA)
800	6480	56,34	1243,610	9078356,495	4,69	42 577 492,0
1000	6480	47,57	1049,999	7664990,76	4,69	35 948 806,7
1200	6480	45,09	995,307	7265739,416	4,69	34 076 317,9
1250	6480	44,79	988,647	7217120,776	4,69	33 848 296,4
1400	6480	44,22	976,058	7125225,181	4,69	33 417 306,1
1500	6480	44,01	971,307	7090539,572	4,69	33 254 630,6
1600	6480	43,86	968,156	7067542,118	4,69	33 146 772,5

d) Calcul du prix de revient:

Tableau VII-13 : Calcul du prix de revient des diamètres de la conduite

D (mm)	Prix ML(TTC)	prix de pose	L (m)	Prix (DA)	ANNUITE	F _{Amort} (DA)
800	6 094,00	500,00	1 870,00	11 209 800,00	0,09	997 672,20
1000	7 745,00	600,00	1 870,00	14 186 500,00	0,09	1 262 598,50
1200	10 117,00	620,00	1 870,00	18 252 900,00	0,09	1 624 508,10
1250	15 266,00	650,00	1 870,00	27 057 200,00	0,09	2 408 090,80
1400	20 561,00	710,00	1 870,00	36 160 700,00	0,09	3 218 302,30
1500	23 890,00	730,00	1 870,00	41 854 000,00	0,09	3 725 006,00
1600	27 535,00	750,00	1 870,00	48 084 500,00	0,09	4 279 520,50

e) Choix de diamètre

Tableau VII-14: Bilan technico-économique des diamètres choisis

D (mm)	Amortissement	Exploitation	Bilan
800	997 672,20	56 519 860,90	57 517 533,10
1000	1 262 598,50	45 430 117,32	46 692 715,82
1200	1 624 508,10	42 297 456,81	43 921 964,91
1250	2 408 090,80	41 915 978,58	44 324 069,38
1400	3 218 302,30	41 194 934,80	44 413 237,10
1500	3 725 006,00	40 922 779,83	44 647 785,83
1600	4 279 520,50	40 742 334,06	45 021 854,56
			43 921 964,91

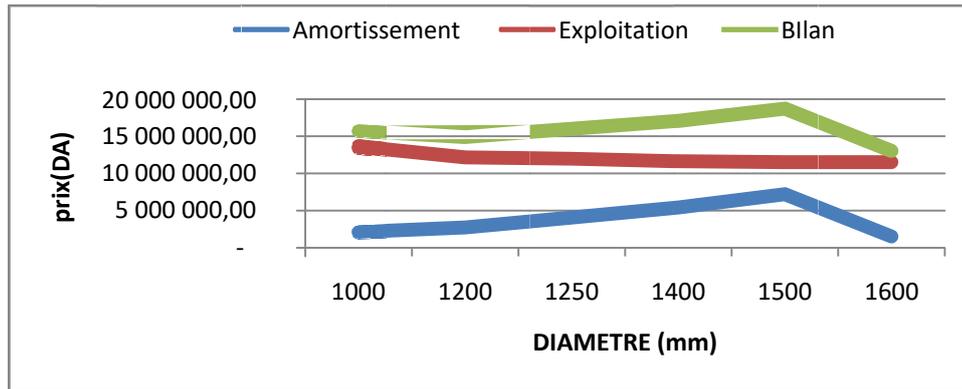


Figure VII-7 : Résultats de l'étude technico-économique

D'après le graphe précédent, on s'aperçoit que le diamètre optimal est de D=1200mm. On prend donc ce diamètre pour la conduite de refoulement, la HMT est 44,79m.

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour le choix du type et du nombre des pompes. Le tableau suivant englobe le type, le nombre et les caractéristiques de chaque pompe choisie

Tableau VII- 15 : Caractéristiques des pompes disponibles

N	Q(l/s)	HMT(m)	Type dePo pe	Hauteur pompe(m)	$\eta\%$	Vitesse (tr/min)	P_{abs} (Kw)	(NPSH) r	\varnothing mm
1	920*3	70	E18S64/C4D+M14500	107	77	2900	370	13	450
2	882*4	56,6	P18C/14-18-55-2A	66	82.	2900	200	5	250
3	589*5	49	E14SE44/4BC+M14500	140	80	2900	350	8.88	400
4	1000*	47	P18C/14-18/55/2A15	50	84	2900	200	4.58	500

e) Groupes électropompes :

La station SPB est dimensionnée pour un débit nominal 1800 l/s avec une HMT de 44,79 m.

Elle sera équipée de 02 groupes électropompes identiques. Le choix adopté du mode de fonctionnement de ces groupes électropompes est 2 pompes en service +1 pompe en secours.

Chaque groupe électropompe sera constitué essentiellement de :

- Un moteur 6,6 KV – 50HZ – IP55
- Un supportmoteur
- Une tête de pompe équipée de coude de refoulement installé sur le plan de pose
- Une ligne d'arbre de transmission
- Une colonne de refoulement et un ensemble de turbine et Unecrépine



❖ Pompe:

Les pompes seront du type centrifuge, multicellulaire, à axe verticale Moteurs électriques
 Chaque moteur sera de puissance nominale d'environ 200 KW

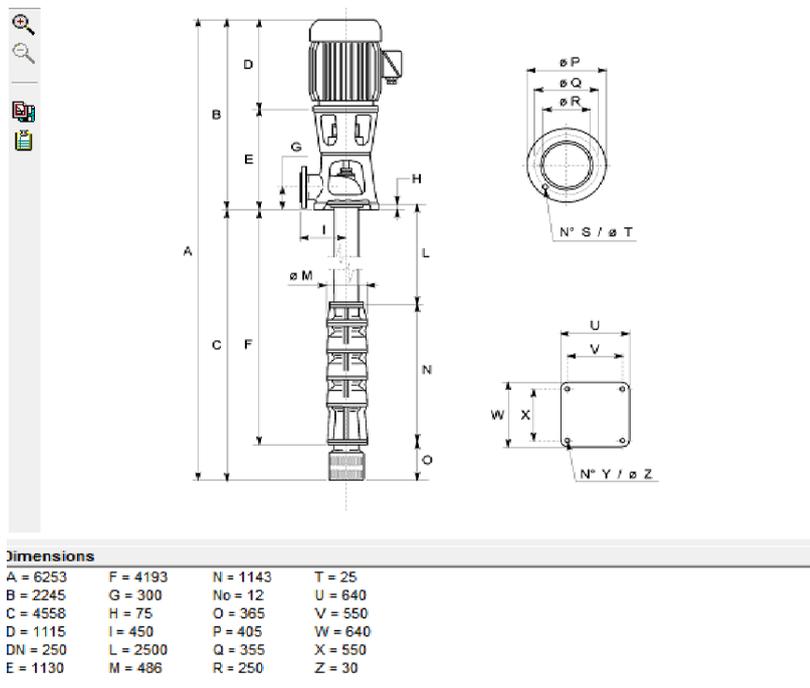


Figure VII-8 : Délais de la pompe choisie



Figure VII-9 : La station de pompage SPB

VII.9 Dimensionnement du réseau de distribution:

VII.9.1 Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire:

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, nous procédons à la deuxième étape de calcul celle du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les bornes.

VII.9.2 Vitesses admissibles:

La fixation d'un seuil de vitesse admissible dans les conduites, permet outre l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum, un compromis technique:

- De faire une économie sur le coût des canalisations ;
- D'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides).

La vitesse admissible est choisie entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.5 m/s comme vitesse maximale.

VII.9.3 Choix du matériau des conduites:

Le choix du matériau est l'un des compromis entre critères à voir :

- La satisfaction des conditions hydrauliques (débit, pression).
- La disponibilité sur le marché local.
- L'intérêt économique.
- Du type desol.

VII.9.4 Caractéristiques des canalisations:

a) Conduites en fonte:

Présentent plusieurs avantages :

- Bonne résistance aux forces internes;
- Bonne résistance à la corrosion;
- Très rigides et solides.

Leur inconvénient est:

- coût relativement important.

b) Conduite en acier :

• Les conduites en acier sont plus légères que les conduites en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose

- Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient est

- la corrosion.

c) Conduite en PEHD:

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants

- Bonne résistance à la corrosion
- Disponible sur le marché
- Une pose de canalisation facile
- Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est : le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 400mm et en PEHD dans le cas contraire.

VII.9.5 Calcul des diamètres:

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses.

La formule de "LABYE" nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000$$

Avec : Q : débit, exprimé en m³/s ;

D: diamètre exprimé en mm.

V : vitesse qui donne le diamètre économique est de 1.2 m/s

Estimation des pertes de charge :

Pour la détermination du diamètre de la conduite gravitaire du barrage vers la bêche, nous avons utilisé la formule de perte de charge de Darcy-Weisbach, détaillée comme suit :

$$J = \frac{f \cdot V^2}{D_h \cdot 2g}$$

Le facteur de proportionnalité étant le coefficient de frottement « f » Colebrook white :

$$f = \left[\frac{1}{-1.8 \cdot \log \left(\frac{(e/D)^{1.11}}{3.7} + \frac{6.9}{\text{Re}_{pipe}} \right)} \right]^2$$

Avec :

ΔH_t : Perte de charge totale (m) ;

L_g : Longueur géométrique de la conduite (m) ;($L_g=630m$)

V : vitesse d'écoulement (m/s)

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

e : coefficient de rugosité tenant compte du type du matériau.

Re : Nombre de Reynolds

tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Longueur (m)	Débit à la borne (l/s)	Surface irriguable (ha)	Débit d'équip (l/s)	Diamètre Extérieur (mm)	Nature	Vitesse (m/s)	Rugosité (mm)	Cote piézo (m NGA)	Cote TN (m NGA)	Charge Statique (m)
QUARTIER 1													
1	B1	1B1	280	33,33	47,52	103,47	400	PEHD	1,27	0,025	173	105,9	67,1
2	1B1	1B2	880	33,33	52,11	74,96	315	PEHD	1,49	0,025	173	102,5	70,5
3	1B2	1B3	340	6,94	9,80	43,69	250	PEHD	1,49	0,025	173	101,9	71,1
4	1B3	1B4	665	16,67	23,03	37,81	250	PEHD	1,31	0,025	173	100,1	72,9
5	1B4	1B5	470	33,33	39,99	23,99	200	PEHD	1,37	0,025	173	99,2	73,8
QUARTIER 2													
6	B2	2B1	45	11,11	18,91	67,91	315	PEHD	1,22	0,025	173	105,5	67,5
7	2B1	2B2	290	16,67	29,41	56,56	315	PEHD	1,03	0,025	173	104,5	68,5
8	2B2	2B3	690	22,22	31,94	38,91	250	PEHD	1,20	0,025	173	102,6	70,4
9	2B3	2B4	450	16,67	25,92	19,75	160	PEHD	1,51	0,025	173	101,5	71,5
10	2B4	2B5	175	6,94	7,00	4,20	90	PEHD	1,41	0,025	173	101	72
QUARTIER 3													
11	B3	3B1	370	33,33	54,52	95,41	400	PEHD	1,01	0,025	173	107,1	65,9
12	3B1	3B2	855	33,33	55,68	62,69	315	PEHD	1,08	0,025	173	110,3	62,7
13	3B2	3B3	305	11,11	13,88	29,29	250	PEHD	0,84	0,025	173	113	60
14	3B3	3B4	160	16,67	29,04	20,96	200	PEHD	0,85	0,025	173	115	58
15	3B4	3B5	635	4,17	5,89	3,53	90	PEHD	0,85	0,025	173	118,3	54,7
QUARTIER 4													
16	B4	4B1	35	11,11	13,24	167,80	400	PEHD	1,82	0,025	173	110,25	62,75
17	4B1	4B2'	325		0,00	159,86	400	PEHD	1,71	0,025	173	109,1	63,9
18	4B2'	4B2	590	33,33	51,36	30,81	200	PEHD	1,37	0,025	173	107,2	65,8
19	4B2'	4B3	70	33,33	54,91	129,04	400	PEHD	1,37	0,025	173	109,5	63,5
20	4B3	4B4	675	33,33	54,92	96,10	400	PEHD	1,02	0,025	173	110,98	62,02
21	4B4	4B5	290	33,33	55,56	63,14	315	PEHD	1,10	0,025	173	112,9	60,1
22	4B5	4B6	965	16,67	26,02	15,61	160	PEHD	1,07	0,025	173	115	58
23	4B5	4B7	515	16,67	23,66	14,20	160	PEHD	1,07	0,025	173	117,6	55,4
QUARTIER 5													
24	B5	5B1'	25	0,00	0,00	76,40	315	PEHD	1,56	0,025	173	114,4	58,6
25	5B1'	5B1	535	16,67	21,09	12,65	160	PEHD	1,07	0,025	173	113,1	59,9
26	5B1'	5B2	50	33,33	40,54	63,75	315	PEHD	1,29	0,025	173	114,65	58,35
27	5B2	5B3'	445	0,00	0,00	39,42	250	PEHD	1,16	0,025	173	111,8	61,2

28	5B3'	5B3	480	33,33	51,21	30,72	200	PEHD	1,37	0,025	173	110	63
29	5B3'	5B4	340	6,94	9,87	5,92	90	PEHD	1,41	0,025	173	109,8	63,2
30	5B3'	5B5	525	4,17	4,63	2,78	90	PEHD	0,85	0,025	173	114,5	58,5
QUARTIER 6													
31	B6	6B1'	25	0,00	0,00	117,55	400	PEHD	1,42	0,025	173	116	57
32	6B1'	6B1	1010	22,22	29,54	17,72	200	PEHD	0,91	0,025	173	123,94	49,06
33	6B1'	6B2	270	16,67	12,40	99,83	400	PEHD	1,19	0,025	173	117,85	55,15
34	6B2	6B3	145	33,33	49,68	92,39	400	PEHD	1,02	0,025	173	118,5	54,5
35	6B3	6B4	235	11,11	18,88	62,59	315	PEHD	1,10	0,025	173	117,5	55,5
36	6B4	6B5	485	33,33	48,64	51,26	315	PEHD	0,92	0,025	173	115,72	57,28
37	6B5	6B6	710	22,22	36,79	22,08	200	PEHD	0,91	0,025	173	125,5	47,5
QUARTIER 7													
38	B7	7B1'	30	0,00	0,00	109,61	400	PEHD	1,28	0,025	173	113	60
39	7B1'	7B1	175	11,11	17,72	21,18	200	PEHD	1,03	0,025	173	114,2	58,8
40	7B1	7B2	1000	13,89	17,58	10,55	160	PEHD	0,89	0,025	173	123,75	49,25
41	7B1'	7B3	200	11,11	12,64	88,44	315	PEHD	1,65	0,025	173	115,94	57,06
42	7B3	7B4	340	22,22	38,29	80,85	315	PEHD	1,47	0,025	173	113	60
43	7B4	7B5	505	33,33	51,68	57,88	315	PEHD	1,10	0,025	173	112	61
44	7B5	7B6	730	33,33	44,79	26,88	200	PEHD	1,37	0,025	173	105,32	67,68
QUARTIER 8													
45	B8	8B1	2035	33,33	55,01	55,91	315	PEHD	1,01	0,025	173	108,07	64,93
46	8B1	8B2	1290	16,67	23,97	22,90	200	PEHD	1,14	0,025	173	114,4	58,6
47	8B2	8B3	1015	11,11	14,20	8,52	160	PEHD	0,71	0,025	173	119,45	53,55
QUARTIER 9													
48	B9	9B1	1085	33,33	55,10	164,60	500	PEHD	1,20	0,025	173	104,74	68,26
49	9B1	9B2	320	16,67	22,80	67,17	315	PEHD	1,19	0,025	173	108,46	64,54
50	9B2	9B3	545	33,33	54,15	53,49	315	PEHD	0,92	0,025	173	111,15	61,85
51	9B3	9B4	785	11,11	17,10	21,00	200	PEHD	0,91	0,025	173	125,5	47,5
52	9B4	9B5	515	11,11	17,91	10,74	160	PEHD	0,71	0,025	173	116,1	56,9
53	9B1	9B6	460	16,67	27,55	64,36	315	PEHD	1,29	0,025	173	108,33	64,67
54	9B6	9B7	520	16,67	20,14	47,83	315	PEHD	1,01	0,025	173	107,6	65,4
55	9B7	9B8	510	33,33	41,90	35,75	250	PEHD	1,16	0,025	173	109,89	63,11
56	9B8	9B9	350	11,11	17,69	10,61	160	PEHD	0,71	0,025	173	112,55	60,45
QUARTIER 10													
57	B10	10B1	165	33,33	47,35	96,50	400	PEHD	1,19	0,025	173	102,65	70,35
58	10B1	10B2'	375	0,00	0,00	68,09	315	PEHD	1,38	0,025	173	105,5	67,5
59	10B2'	10B2	210	22,22	30,73	18,44	160	PEHD	1,42	0,025	173	101	72
60	10B2'	10B3	250	11,11	13,66	49,65	315	PEHD	1,01	0,025	173	105,8	67,2
61	10B3	10B4'	355	0,00	0,00	41,45	250	PEHD	1,31	0,025	173	108	65
62	10B4'	10B4	345	33,33	47,26	28,36	200	PEHD	1,37	0,025	173	106,95	66,05
63	10B4'	10B5	310	16,67	21,82	13,09	160	PEHD	1,07	0,025	173	108,6	64,4
QUARTIER 11													
64	B11	11B1	380	33,33	57,00	100,04	315	PEHD	1,58	0,025	173	116,8	56,2
65	11B1	11B2	20	33,33	54,15	65,84	315	PEHD	1,03	0,025	173	116,85	56,15
66	11B2	11B3	395	16,67	24,70	33,35	200	PEHD	1,20	0,025	173	120,4	52,6

67	11B3	11B4	770	4,17	6,18	18,53	160	PEHD	0,80	0,025	173	117,65	55,35
68	11B4	11B5	205	8,33	24,70	14,82	125	PEHD	0,87	0,025	173	118,91	54,09
QUARTIER 12													
69	B12	12B1	30	11,11	18,81	40,28	250	PEHD	1,27	0,025	173	119,15	53,85
70	12B1	12B2	420	33,33	43,48	26,09	200	PEHD	1,37	0,025	173	121,5	51,5
71	12B1	12B3	820	4,17	4,85	2,91	75	PEHD	1,22	0,025	173	115,58	57,42
QUARTIER 13													
72	B13	13B1'	25	0,00	0,00	110,87	500	PEHD	0,83	0,025	173	131,3	41,7
73	13B1'	13B1	75	22,22	38,10	22,86	200	PEHD	0,91	0,025	173	130,2	42,8
74	13B1'	13B2	725	4,17	4,61	2,76	90	PEHD	0,85	0,025	173	130,31	42,69
75	13B1'	13B3	125	16,67	24,94	85,25	500	PEHD	0,66	0,025	173	132,5	40,5
76	13B3	13B4'	240	0,00	0,00	70,29	400	PEHD	0,85	0,025	173	134,15	38,85
77	13B4'	13B4	825	22,22	37,29	22,37	200	PEHD	0,91	0,025	173	134,05	38,95
78	13B4'	13B5	580	22,22	26,65	47,91	400	PEHD	0,63	0,025	173	129,1	43,9
79	13B5	13B6	560	13,89	16,79	31,93	315	PEHD	0,64	0,025	173	131	42
80	13B6	13B7'	495	0,00	0,00	21,85	250	PEHD	0,66	0,025	173	134,42	38,58
81	13B7'	13B7	180	13,89	19,41	11,65	200	PEHD	0,57	0,025	173	129,09	43,91
82	13B7'	13B8	130	11,11	17,01	10,21	160	PEHD	0,71	0,025	173	131,75	41,25
QUARTIER 14													
83	B14	14B1'	25	0,00	0,00	52,56	315	PEHD	0,94	0,025	173	125,3	47,7
84	14B1'	14B1	110	22,22	34,71	20,83	200	PEHD	0,91	0,025	173	123,6	49,4
85	14B1'	14B2	280	11,11	17,16	31,73	250	PEHD	0,91	0,025	173	127,5	45,5
86	14B2	14B3	430	4,17	6,38	21,44	200	PEHD	0,97	0,025	173	125,9	47,1
87	14B3	14B4	420	11,11	18,22	17,61	200	PEHD	0,80	0,025	173	128,6	44,4
88	14B4	14B5	530	8,33	11,12	6,67	125	PEHD	0,87	0,025	173	131,1	41,9
QUARTIER 15													
89	B15	15B1	575	22,22	30,99	71,72	400	PEHD	0,92	0,025	173	123,35	49,65
90	15B1	15B2	1000	33,33	44,78	53,13	315	PEHD	1,12	0,025	173	124,3	48,7
91	15B2	15B3	110	11,11	11,85	26,26	250	PEHD	0,91	0,025	173	125	48
92	15B3	15B4'	395	0,00	0,00	19,15	200	PEHD	0,97	0,025	173	123,95	49,05
93	15B4'	15B4	45	11,11	16,08	9,65	125	PEHD	1,16	0,025	173	123,6	49,4
94	15B4'	15B5	270	12,50	15,84	9,50	125	PEHD	1,31	0,025	173	125	48
QUARTIER 16													
95	B16	16B1'	30	0,00	0,00	70,36	315	PEHD	1,42	0,025	173	127,7	45,3
96	16B1'	16B1	125	11,11	15,28	9,17	125	PEHD	1,16	0,025	173	128,35	44,65
97	16B1'	16B2	500	4,17	5,90	61,20	315	PEHD	1,24	0,025	173	124	49
98	16B2	16B3	390	16,67	26,16	15,70	160	PEHD	1,07	0,025	173	125	48
99	16B2	16B4	660	22,22	35,19	41,96	315	PEHD	0,89	0,025	173	122,5	50,5
100	16B4	16B5'	260	0,00	0,00	20,84	200	PEHD	1,31	0,025	173	120,1	52,9
101	16B5'	16B5	105	20,83	20,84	20,84	200	PEHD	1,31	0,025	173	119,44	53,56
102	16B5	16B6	180	6,94	9,50	8,34	125	PEHD	1,16	0,025	173	121,38	51,62
103	16B6	16B7	130	4,17	4,40	2,64	90	PEHD	0,85	0,025	173	119,25	53,75
QUARTIER 17													
104	B17	17B1	45	4,17	6,60	123,77	500	PEHD	0,87	0,025	173	133,94	39,06
105	17B1	17B2'	715	0,00	0,00	119,81	500	PEHD	0,84	0,025	173	126,06	46,94

106	17B2'	17B2	340	33,33	48,55	47,51	315	PEHD	0,96	0,025	173	124,9	48,1
107	17B2	17B3	610	11,11	14,25	18,38	250	PEHD	0,66	0,025	173	132,1	40,9
108	17B3	17B4	125	13,89	16,39	9,83	160	PEHD	0,89	0,025	173	130	43
109	17B2'	17B5	365	13,89	20,07	72,30	400	PEHD	0,88	0,025	173	122,5	50,5
110	17B5	17B6	435	13,89	16,20	9,72	160	PEHD	0,89	0,025	173	122,82	50,18
111	17B5	17B7	300	16,67	26,41	50,54	315	PEHD	0,96	0,025	173	122,42	50,58
112	17B7	17B8	135	4,17	5,80	34,69	250	PEHD	1,09	0,025	173	119,6	53,4
113	17B8	17B9'	350	0,00	0,00	17,99	200	PEHD	0,91	0,025	173	118,88	54,12
114	17B9'	17B9	320	11,11	12,56	7,54	160	PEHD	0,71	0,025	173	120,82	52,18
115	17B9'	17B10	190	11,11	17,43	10,46	160	PEHD	0,71	0,025	173	117,8	55,2
116	17B8	17B11	310	6,94	10,37	13,21	160	PEHD	0,98	0,025	173	116	57
117	17B11	17B12	280	8,33	11,65	6,99	125	PEHD	0,87	0,025	173	115,5	57,5
QUARTIER 18													
118	B18	18B1'	30	0,00	0,00	98,99	400	PEHD	1,17	0,025	173	130,36	42,64
119	18B1'	18B1	75	6,94	9,67	9,06	160	PEHD	0,71	0,025	173	129,74	43,26
120	18B1	18B2	315	4,17	5,43	3,26	90	PEHD	0,85	0,025	173	126,5	46,5
121	18B1'	18B3	475	22,22	33,20	89,92	400	PEHD	1,05	0,025	173	128	45
122	18B3	18B4	860	11,11	19,42	70,00	315	PEHD	1,33	0,025	173	116,5	56,5
123	18B4	18B5'	110	0,00	0,00	58,35	315	PEHD	1,15	0,025	173	114,85	58,15
124	18B5'	18B5	20	33,33	44,16	39,86	250	PEHD	1,24	0,025	173	115	58
125	18B5	18B6	380	13,89	22,28	13,37	160	PEHD	0,89	0,025	173	112,5	60,5
126	18B5'	18B7	280	11,11	18,31	18,49	200	PEHD	0,91	0,025	173	113,5	59,5
127	18B7	18B8	495	11,11	12,51	7,51	160	PEHD	0,71	0,025	173	113,79	59,21

Interprétations :

D'après les calculs exposés dans le tableau ci-dessus on voit que les pressions aux bornes très satisfaisantes, et sont généralement supérieures à trois bars, (pour les pressions très importantes on installe des brise charge), ce qui est très satisfaisant et permet l'implantation de plusieurs systèmes d'irrigation.

VII.9 Pièces spéciales :

A.Vannes de sectionnement:

Elles sont nécessaires pour l'exploitation des réseaux et permettent d'en isoler une partie pour l'intervention sans arrêter totalement l'irrigation. Il est prévu d'installer des vannes de sectionnement au départ de toutes les branches et des sous branches importantes.

B.Ventouses:

Elles sont destinées à évacuer les poches d'air et sont placées aux points hauts des adductions et systématiquement entre deux vannes.

Le choix de la ventouse est fait directement en fonction du diamètre de la conduite.

Elle est portée sur le profil en long et désignée par le diamètre de l'orifice assurant l'évacuation de l'air .La mise en place de ventouses à chaque point haut, espacées de 500 mètres au maximum, est également indispensable.

Le tableau ci-après précise le choix de la ventouse en fonction du diamètre de la conduite.

Tableau 0II-12 : Choix de la ventouse

DIAMETRE DE LA CONDUITE	TYPE DE VENTOUSE
D < 500 mm	D 80 mm
600 < D < 900 mm	D 100 mm
900 < D < 1200 mm	D 150 mm
D > 1200 mm	D 200 mm

C.Vidange:

Les vidanges sont placées en des points bas pour permettre l'évacuation gravitaire de l'eau. Pour les branches extrêmes de petit diamètre la vidange sera faite par pompage vu les faibles volumes à évacuer ou par des bornes placées à des pointsbas.

Le tableau ci-après précise le choix de la vidange en fonction du diamètre de la conduite.

Tableau 0II-13 : Choix de la vidange

Diamètre de la conduite	Type de vidange
100 <D < 500 mm	D 100 mm
600 < D < 800 mm	D 150 mm

VII.10 Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons abordé l'étude d'aménagement du système d'adduction et détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un système d'adduction (réservoir et station de pompage), ainsi que les calculs hydraulique des canalisations. Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 378 îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 2872 ha. En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système d'adduction du périmètre d'étude, ce qui a permis d'estimer les pressions aux bornes.

Chapitre VIII :
Choix de système d'irrigation

VIII-1 Introduction:

Une gestion rationnelle des eaux et les capacités de stockage, représentent les éléments essentiels de l'économie de l'eau. En conséquence le contrôle rigoureux par des moyens techniques appropriées et adaptées aux nouvelles méthodes de l'exploitation des eaux sur la base des conditions scientifiques et le management des différentes activités de cette discipline afin de relever les futurs défis de l'eau qui constitue l'élément vital, susceptible de provoquer même des guerres en cause la faible pluviométrie dans certains pays exposés à une pénurie permanented'eau.

Dans ce chapitre, nous étudierons ces différentes techniques puis nous choisirons celle qui correspond avec les caractéristiques de notrepérimètre.

VIII-2 Choix des techniques d'irrigation:

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

- ✓ La pente du terrain àirriguer;
- ✓ Le débit dont on dispose;
- ✓ Nature du sol (perméabilité);
- ✓ Nature des cultures;
- ✓ Facteurs économiques;
- ✓ Rentabilité del'opération.

VIII-3 Différentes techniques d'arrosages:

Les techniques d'arrosages peuvent être rangées en trois classes :

- L'irrigation gravitaire ou desurface.
- L'irrigation par aspersion (souspression).
- L'irrigation par micro-irrigation (souspression).

Irrigation gravitaire :

L'irrigation gravitaire regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la distribution de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol.

La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité).

En irrigation de surface, la distinction entre les différente techniques est

essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion et infiltration (Tiercelin,1998).

L'irrigation par ruissellement:

Cette méthode consiste à faire couler l'eau sur la surface du sol qui s'y infiltre verticalement. On laisse l'eau s'écouler le temps qu'il faut pour le sol puisse s'humecter jusqu'à la profondeur de la couche active.

L'arrosage par infiltration (à la raie) :

C'est une méthode qui consiste à faire distribuer l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol qui reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.

L'arrosage par submersion:

Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse séjourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre en réserve l'eau indispensable au développement des cultures.

Avantages et les inconvénients de l'irrigation par gravité :**a) Avantage:**

- Coût d'investissement relativement faible.
- Besoins en énergie nuls.

b) Inconvénients:

- Elle nécessite un aménagement préalable du terrain.
- Le volume d'eau utilisé est important.
- Pertes d'eau considérable.
- Elle nécessite beaucoup de main d'œuvre.
- La durée de l'arrosage est plus longue.

L'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion est la technique d'arrosage par laquelle l'eau est fournie aux plantes sous forme de pluie artificielle, grâce à l'utilisation d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression (Clément & Galland,1979).



Figure 0II-1 : Irrigation par aspersion.

Ces appareils rotatifs pulvérisent l'eau en fines gouttelettes et doivent assurer une répartition aussi uniforme que possible de pluie sur la surface du sol.

Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion :

Avantage :

- Elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface d'irrigation.
- elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie.
- elle réalise une importante économie d'eau par comparaison avec les autres systèmes d'irrigation ; elle permet un dosage précis et une répartition régulière de la quantité d'eau distribuée.
- Elle met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très souples.

Inconvénients

- Elle nécessite au départ, pour chaque irrigant une dépense importante de premier établissement et qu'elle exige souvent une nombreuse main d'œuvre d'explication.
- Elle favorise l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont plus fines et l'aire plus sec.
- Elle favorise le développement des mauvaises herbes.
- Elle exige un choix judicieux des époques d'irrigation, toute irrigation intempestive pouvant provoquer au printemps par refroidissement du sol un retard dans la végétation.
- L'eau donnée en pluie passe le sol et provoque la formation d'une croûte superficielle.

VIII-4 Différentes installations à la parcelle

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées :

L'installation totalement fixée, et l'installation totalement mobile.

Dans l'installation fixée, l'ensemble des équipements (pompe, canalisation, asperseur) sont fixés de façon, permanente, ce qui limite une main d'œuvre, mais occasionne des investissements très élevés.

- **Couverture totale (quadrillage total)**

Ce dispositif est le plus utilisé, au lieu d'avoir une seule rampe on couvre toute la superficie à arroser par toute la tuyauterie, celle-ci reste en place durant toute la saison d'arrosage. Dans ce cas, seuls les asperseurs doivent être déplacés et chaque rampe comporte un asperseur et forme une rampe fictive, ce qui permet de réduire le diamètre de la rampe.

- **Couverture intégrale**

La parcelle à arroser est entièrement couverte par des tuyaux et des arroseurs à poste fixe, l'arrosage est commandé par l'ouverture et la fermeture d'une vanne soit manuellement soit automatiquement par commande hydraulique ou électrique.

Irrigation localisée (Goutte à goutte)

L'irrigation localisée est une expression qui caractérise un certain nombre de techniques nouvelles en particulier et principalement l'irrigation dite « goutte à goutte » qui ont en commun les caractéristiques suivantes (**Ollier & Poirée, 1981**):

- Une alimentation en eau à proximité immédiate du système racinaire des plantes cultivées
- L'utilisation souvent répétée à la limite continue de faibles débits instantanés.
- La limitation de la surface humectée du sol à ce qui semble strictement nécessaire, à l'exclusion de la portion du sol qui ne porte pas de plantes.

Aujourd'hui, grâce à la distribution sous pression, on a pu concevoir des systèmes qui peuvent être conduits facilement, qui s'automatisent aisément, et dont les pertes en eau sont négligeables.



Figure 0II-2 : Irrigation en goutte à goutte

Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée :

a) Avantages

✓ Efficience de l'eau:

Peu de pertes par évaporation, puisqu'il n'y a pas de trajectoire aérienne des gouttes d'eau, que le feuillage n'est pas humidifié inutilement, qu'une partie de la surface du sol reste sèche, que la croissance des mauvaises herbes est très limitée (Rieul, 1992).

Il n'y a pas de ruissellement, pas de débordement sur les parcelles voisines ; les doses peuvent être mesurées avec précision, ce qui évite les pertes par percolation dans le sol. La répartition de l'eau n'est pas affectée par le vent, les irrégularités du terrain ne gênent pas.

b) Inconvénients

✓ L'obstruction des goutteurs

Des particules de sable, des dépôts lents d'argile ou de limons, des précipitations chimiques, le développement de micro-organismes sont les plus souvent rencontrés et favorisent l'obstruction des orifices des goutteurs. Il est à noter que l'entretien et l'élimination des goutteurs obstrués sont longs et onéreux. Le meilleur moyen de prévenir ces obstructions est un procédé par de filtration soignée de l'eau.

✓ Accumulation des sels

Pendant la période d'irrigation les sels sont peu refoulés à la périphérie du bulbe humide, plus spécialement près de la surface du sol. Une pluie légère risque alors de les entraîner vers les racines, ce qui est très dommageable.

VIII-5 Choix de la technique d'arrosage:

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable , il est nécessaire de connaître toutes les contraintes de chaque typed'arrosage.

Une analyse multicritères des techniques d'arrosage basée sur différentes contraintes est nécessaire pour aboutir au choix de la technique d'irrigation la plus adéquate pour le zone considérée, notre analyse est détaillée comme suit :

Tableau 0II-1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.

Contraintes	Irrigation de surface par Rigole	Irrigation par Aspersion	Irrigation Localisée
▪ Evaporation			
▪ Vent (1.9 m/s)	+	++	+++
▪ Texture(argileux-limoneuse)	+++	+	+++
▪ Perméabilité(bonne)	++	++	+++
▪ Pente			
▪ Qualitéd'eau (moyenne)	++	+++	+++
• Cultures	+	++	+++
▪ Maraîchage	++	++	+
▪ céréales			
▪ arbres	+++	+++	+++
• Contrainteséconomique	x	+++	x
▪ économied'eau	+++	x	+++
	x	++	++ +

Remarque :

x: inadéquat ou déconseillé ; +: Adapté avecréserve;

+ + :Adapté ; +++ : TrèsAdapté

VIII-6 Conclusion:

Le choix d'un système d'irrigation rationnel pratiquement utilisable et économique doit tenir compte les critères d'ordre socio-économiques et techniques.

L'implantation de systèmes d'irrigation modernes permet de diversifier les cultures et d'augmenter considérablement leurs rendements, en particulier les céréales.

En Algérie, vu les aléas climatiques et les rendements agricoles très faibles, l'intensification des cultures passe par la mise en œuvre et l'installation de réseaux d'irrigation modernes et efficaces.

CHAPITRE IX :
Dimensionnement à la parcelle

IX.1 Introduction:

L'irrigation à la parcelle est relative à la mise en œuvre de l'eau d'irrigation délivrée aux prises du réseau.

On entend par parcelle d'irrigation l'unité de surface disposant d'une prise individualisée sur le réseau de distribution.

Les équipements mis en jeu ou les aménagements de terrain sont fonction de la technique d'irrigation adoptée par les irrigants : irrigation de surface, irrigation par aspersion, irrigation localisée. Ce présent chapitre a pour but le dimensionnement d'un réseau de goutte à goutte.

IX.2 Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte:

Dans cette partie on va dimensionner le réseau d'irrigation localisée (le système goutte à goutte), qui nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail [Ollier et Poirre, 1983].

Données générales

Le réseau d'irrigation sera installé sur la parcelle n°08 alimentée par la borne n°67 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 3.2bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 1.22ha et présente une forme relativement rectangulaire.

Culture : Olivier de type **Picual**, 20 % de la production mondiale et 50 % de la production espagnole (première variété andalouse). La Picual s'adapte à des sols et des conditions climatiques diverses. Poussant bien dans zones de montagne, cette variété est capable de résister à des hivers froids, même avec de la neige. Si elle tolère une salinité relativement élevée, elle ne supporte pas des sols contenant du chaux ou du calcium.

Avec un rendement relativement élevé dû à l'irrigation (12 tonnes par hectare), la maturation de la Picual est précoce.

Organisation du réseau : Avec un écartement de 3*3m, et un espacement des goutteurs 1.5 m, on a donc 660 arbres, avec 30 lignes de 22 arbres pour chaque rangée et 2 goutteurs pour chaque arbre.

- Surface : **1.22ha**.
- Longueur : **122m**.
- Largeur : **100m**.

Caractéristique du goutteur :

- Débit nominal : **4l/h**

- Pression nominale : 10m.c.e
- Espacement des goutteurs : 1.5m
- Le nombre de goutteurs par arbre : 2

IX.2.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

Influence du taux de couverture du sol:

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite ; On applique alors à l'ETM un coefficient de réduction : K_r

K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 70\%$) par les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après [Ollier et Poirre, 1983]:

- KELLER et KARMELI (1974):

$$K_r = \frac{C_s}{0.85}$$

- La formule de Freeman et Garzoli:

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s)$$

- La formule de De croix (CTGREF):

$$K_r = 0.1 + C_s$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 70% (pour les arbres adultes) donc :

$K_r = 0.85$ selon Freeman et Garzoli

$K_r = 0.80$ selon De croix (CTGREF)

On prendra un coefficient $K_r = 0.80$

$$B_{ji} = B_j \cdot K_r \quad B_{ji} = 5.56 \cdot 0.8 = 4.45 \text{ mm/j}$$

Dose nette (Dose pratique) :

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres systèmes (gravitaire ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur h [Ollier & Poirée, 1981].

La dose (RFU) étant définie par la hauteur d'eau P :

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot P\% = RFU \cdot P\%$$

Tel que : Hcc : humidité a la capacité au champ (35%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (19%)

Y : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)

Z : profondeur d'enracinement en (1500 mm)

P : Pourcentage du sol humidifié

$$P\% = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{Sa \cdot Sr}$$

P : Volume du sol humidifié

N : Nombre de point de distribution par arbre

Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre

Sh : Largeur de la bande humidifiée

Sr : Ecartement entre rangs d'arbre

Sa : espacement des arbres sur les rangs

$$P = 33\%$$

Donc : RFU=172,8mm.

Et $Dp = RFU \cdot P\% = 172,8 \cdot 0,33 = 57\text{mm}$

a) Fréquence des arrosages (Fr):

$$Fr = \frac{\text{dose_nette}}{Bjm} = \frac{57}{6,68} = 8,5$$

Donc on prend une fréquence de 8 jours.

b) Dose réelle (Dr):

$$Dr = Bjm \cdot Fr = 6,68 \cdot 8 = 53,44\text{mm}$$

c) La dose brute réelle (Db):

$$Dbrute = \frac{\text{dose_réelle}}{Cu \cdot \text{eff}} = \frac{53,44}{0,9 \cdot 0,9} = 65,97 \text{ mm}$$

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

Eff : efficience du réseau d'irrigation Eff=90%

d) Durée d'arrosage par mois:

$$\theta = \frac{Db \cdot Sd \cdot Sr}{n \cdot qg}$$

Sr et Sd espacement entre rang et distributeur, n et Qg nombre et débit du goutteur.

$$\theta = \frac{65.97 \cdot 3 \cdot 1.5}{2 \cdot 4} = 37.1 \text{ heures/mois.}$$

e) **Durée d'arrosage journalier:**

$$Dj = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{37.1}{8} = 4.7 \text{ heures/jour}$$

f) **Nombre de poste:**

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{22}{4.7} = 4.6$$

On prend 4 postes.

g) **Surface du poste :**

$$Sp = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{1.22}{4} = 0.31 \text{ ha}$$

IX.2.2 Calculs hydrauliques:

Conditions hydrauliques de base:

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\%$$

La variation maximale de la pression

$q = K \cdot H^x$ avec : $x=0.5$ (caractéristique du goutteur)

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = \frac{\Delta H}{H(n)}$$

Avec : $q(g)$: débit nominal du goutteur

$H(n)$ pression nominal

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\max)}{10}$$

$$\Delta H (\max) = 1/0.5 = 2 \text{ mce.}$$

Le débit :

$$Qr = Qg \cdot Nr$$

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r$$

Avec:

- Q_r : Débit de rampe.
- Q_g : Débit du goutteur
- N_g/r : Nombre des goutteurs par rampe
- N_r : Nombre des rampes
- Q_{pr} : Débit de porterampe

La longueur de la rampe: 66 m

La longueur de la porte rampe : 120m

La longueur de la conduite d'approche : 10m

a) Le nombre d'arbres par rampe:

$$N_{\text{arbres}} = L_r / E_r = 66 / 3 = 22 \text{ arbres}$$

b) Nombre des goutteurs par rampe:

$$N_g = N_{\text{arbres}} \cdot n = 22 \cdot 2 = 44 \text{ goutteurs}$$

c) Le nombre des rampes:

$$N_r = L_{pr} / E_r = 120 / 3 = 40 \text{ rampes}$$

d) Débit de la rampe:

$$Q_r = N_g \cdot Q_g$$

$$Q_r = 44 \cdot 4 = 176 \text{ l/h}$$

e) Débit de la porterampe:

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r = 176 \cdot 40 = 7040 \text{ l/h}$$

f) Nombre de porterampe:

$$N_{pr} = 1 \text{ (1 seule porte rampe).}$$

g) Débit de la conduite d'approche (conduite tertiaire)

$$Q_{csl} = Q_{pr} \cdot N_{pr} = 7040 \cdot 1 = 7040 \text{ l/h}$$

Dimensionnement des canalisations du réseau:

Pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD ou PEHD.

- La conduite tertiaire (conduite d'approche):

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les diverses porte-rampes. Elle est en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion. Pour les petites installations, du polyéthylène haute densité peut également être utilisé.

- **Porte-rampes:**

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

- **Les rampes:**

Qui sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations où l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre.

Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing r(\text{cal}) = \left[\frac{P.d.c(r) \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$\varnothing pr(\text{cal}) = \left[\frac{P.d.c(pr) \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Avec :

- Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe
- Q(r) : le débit de la rampe en l/h
- L(r) : la longueur de la rampe en m
- Ør (cal) : le diamètre de rampe
- Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe

D_rampe = 10,23 mm, on prend **DN = 16 mm**

Vérification des pertes de charges :

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charges pour un D = 16 mm

Perte de charge selon Hazen-Williams

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$$

Ou : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

C_w = 140 PEBD, L = 66m, D = 0.0141m, Q = 4.88 * 10⁻⁵ m³/s ΔH Rampe = 0.45 m

Calcul du Diamètre de la rampe :

Tableau XI-1 : calcul du diametre de la porte rampe

Culture	Surface(m ²)	Lr(m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m)	Dcal(mm)	Dn(mm)	ΔHcal(m)
Olivier	12200	66	44	176	1.2	10.23	16	0.44

Calcul du Diamètre de la porte rampe :

On applique le même procédé que les rampes, et on trouve :

Tableau 0-2 : calcul du diamètre de la rampe

Culture	Surface m ²	Lpr(m)	N rampe	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal(mm)	Dn (mm)	Δhcal(m)
Olivier	12200	120	40	7040	0.6	47.3	50	1.04

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 1.2 mce

D’après les deux tableaux précédents, on voit que les pertes de charges totales n’ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

Calcul des diamètres de la conduite tertiaire :

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d’écoulement d’environ 1.2 m/s tel que :

$$D = \sqrt[4]{\frac{4Q}{\pi V}}$$

avec : Q : débit de la conduite considérée (m³/s). V : vitesse d’écoulement (m/s).

Tableau 0-3 : calcul des diamètres de la conduite tertiaire

Culture	Surfacem ²	L(m)	Q (m ³ /s)	V(m/s)	Dcal(mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Olivier	12200	10	0,00196	1.2	38.67	50	0.79	0.089

Calcul de la pression d’eau à la borne de distribution :

La pression d’eau que doit fournir la borne de distribution a la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d’irrigation jusqu’au gouteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

Tableau X-4 : Récapitulatif des calculs hydrauliques

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	66	120	10
Diamètre(m)	16	50	50
Débit (m ³ /s)	4.88. 10 ⁻⁵	0.00196	0.00196
Pertes de charge(m)	0.44	1.04	0.089

A partir du tableau X-4 on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable ;

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$P(m) = 10+0.44+1.04+0.089= \mathbf{11.57 \text{ m.}}$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1.2 bars ce qui est suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

IX.3 Conclusion:

Le choix de techniques d'irrigation revêt une grande importance au sein d'un périmètre, puisqu'il régit l'intensification des cultures.

Dans ce chapitre, nous avons procédé au dimensionnement du système d'irrigation goutte à goutte. L'introduction de ce système permet une revalorisation de l'agriculture par une augmentation des rendements

CHAPITRE X :
protection et sécurité de travail

X.1 Introduction:

La protection de travail comprend tout un système de mesures d'ordre social, économique, technique, hygiénique, organisationnel et juridique qui garantissent l'assurance de la protection de la santé et de la capacité des travailleurs. Plus encore que beaucoup d'autres travaux, les chantiers sont dangereux et les accidents graves peuvent se produire touchant aussi le personnel que le public. Les différentes organisations intéressées et le service de l'inspection du travail ont édictés un certain nombre de règlements applicable auchantier.

Ces règlements doivent être strictement appliqués. Ils contribuent à limiter au maximum les accidents et dégageront la responsabilité des dirigeants du chantier qui pourraient être tenus pour responsables ou cas ou toutes les dispositions n'avaient pas été prises.

X.2 Liste des actions dangereuses pendant la réalisation destravaux:

- Intervenir sans précaution sur les machines enmouvement.
- Intervenir sur des installations soustension.
- Agir sans prévenir ou sansautorisation.
- Ne pas utiliser l'équipement de protectionindividuelle.
- Mauvaise utilisation d'un outillage, d'unengin...
- Adopter une position peusûre.
- Travailler dans une attitudeinappropriée.
- Suivre un rythme de travailinadapté.
- Plaisanterousequerellerpendantlesheuresdetravail.

X.3 les conditions dangereuses pendant la réalisation destravaux

- Installation nonprotégée.
- Installation malprotégée.
- Protection individuelleinexistante.
- Outillage, engin, équipement, en mauvaisétat.
- Défaut dans laconception.
- Matièredéfectueuse.
- Conditions climatiquesdéfavorables.
- Facteurs d'ambianceimpropre.
- Mauvaise disposition deslieux.
- Eclairagedéfectueux.

X.4 Mesures générales de sécurité:**X.4.1. Résistance et stabilité:**

- Les échafaudages, plates-formes, passerelles, boisages, ceintures, coffrage, soutènement, et toutes autres installations, les rampes, filets, ceinture de sécurité et tous autres dispositifs ou appareils de protection, les chaînes, câbles ou cordages, les échelles ainsi que les matériels et engins de toute nature mis par les chefs d'établissement à la disposition des travailleurs sont exposés.
- Les installations, les dispositifs, le matériel ou les engins utilisés, doivent avoir notamment une résistance suffisante pour supporter les charges et les efforts auxquels ils sont soumis. En outre, la stabilité des installations et des engins de toute nature mis en œuvre sur les chantiers, doit être assurée d'une manière efficace.

X.4.2. Mesures de protection afin d'empêcher les chutes des matériaux:

- Des moyens d'accès sur doivent être aménagés pour toutes les plates formes et tous les autres emplacements de travail.
- Tous les lieux où sont exécutés des travaux, ainsi que leurs accès, doivent être convenablement éclairés.
- Dans le cas où la protection collective du personnel ne peut être assurée d'une manière satisfaisante, des appareils, équipement ou produits protecteurs appropriés (tels que des ceintures, casques, bottes, vêtements imperméables, gants, brassières, tabliers, lunettes ...), doivent être mis à la disposition des travailleurs. Les appareils et équipements doivent être personnels

X.4.3. Examens, vérification, registres :

- Le matériel, les engins, les installations et les dispositifs de protection de toute nature, utilisés sur un chantier doivent, avant leur mise ou remise en service, être examinés dans toutes leurs parties en vue de s'assurer qu'ils sont conformes aux prescriptions exigées par les différents décrets.
- Tant qu'il n'a pas été procédé à ces examens et, éventuellement, aux réparations nécessaires, le matériel dont l'état paraît défectueux, doit être retiré du service. Les examens cités ci-dessus doivent être effectués à la diligence du chef d'établissement par une personne compétente choisie par lui.
- Les examens doivent être renouvelés toutes les fois qu'il est nécessaire à savoir:
 1. A la suite de toute défaillance du matériel, des engins, des installations ou dispositifs de sécurité ayant entraîné ou non un accident;

2. Après tout effort normal ou incident pouvant provoquer un désordre dans les installations;
3. A chaque fois que le matériel, les engins, les installations ou les dispositifs de sécurité, ont subi des démontages ou des modifications ou que l'une de leurs parties a été remplacée.
4. Un registre spécial dit "registre d'observations", doit être mis à la disposition des travailleurs pour qu'ils puissent y consigner leurs observations en ce qui concerne l'état du matériel et des installations, l'existence des causes susceptibles d'en compromettre la solidité et l'application des dispositions nécessaires.

X.5 Appareils de levage mécanique:

X.5.1. Installation des appareils et des voies:

Les appareils de levage mécanique doivent être établis sur une surface d'appui présentant une résistance suffisante.

- La stabilité des appareils de levage mécanique doit être constamment assurée, même en dehors du service, à l'aide des lests, vérins, amarres, ou tout autre dispositif ou moyens approprié.

-Les voies de roulement sur lesquelles circulent les grues doivent être dressées, nivelées et calées, afin de demeurer horizontales

-Sur tout appareil de levage mécanique doit être opposée en permanence, auprès du conducteur ainsi qu'à la partie inférieure de l'appareil, une plaque indiquant les limites d'emploi de l'appareil, compte tenu notamment de l'importance et de la disposition du contre poids, de l'orientation et de l'inclinaison de la flèche, de la charge levée en fonction de la portée et de la vitesse du vent compatible avec la stabilité.

X.5.2. Manœuvre:

o Des mesures efficaces doivent être prises pour empêcher la chute ou l'accrochage des matériaux, agrès ou toutes pièces soulevées. Les matériaux, agrès ou toutes autres pièces dépassant le bord de la poutre ou des dispositifs similaires utilisés, doivent être attachés au câble, à la chaîne ou au cordage de suspension, lorsque leur équilibre risque d'être compromis. Les charges constituées par des matériaux de longues dimensions (telles que : planches, poutres, poutrelle...) doivent, en cas de nécessité, et notamment lorsqu'il existe des risques particuliers d'accrochage, être guidées à distance pendant leur déplacement. En outre, ces matériaux doivent être solidement amarrés afin d'éviter tout glissement

o Les matériaux de faibles dimensions (telles que : briques, tuiles, ardoises...) ne peuvent être levés qu'au moyen de bennes, de palettes ou tout autre dispositif similaire, d'un modèle s'opposant efficacement à leur chute. Les conducteurs des grues et les personnes préposées à la manœuvre des appareils de levage, doivent être protégés contre les chutes de menus matériaux, d'outils ou de tout autre objets similaire, par toit de sûreté. Ce toit, d'une résistance suffisante, doit être établi de telle sorte qu'il ne puisse les empêcher de travailler la manœuvre de charge.

X.6 Travaux de terrassement à ciel ouvert:

✚ Avant de commencer de travaux de terrassement, le chef d'établissement doit, a fin de prendre les mesures de sécurité appropriées, s'informer auprès du service de voirie intéressé en cas de travaux sur le domaine public ou auprès du propriétaire ou de son répondant en cas de travaux sur le domaine privé, de l'existence éventuelle des terres rapportées ainsi que l'emplacement et la nature des canalisations ou câbles souterrains pouvant se trouver dans la zone où les travaux doivent être entrepris. Il doit également s'informer des risques d'imprégnation des sous-sols par des émanations ou produits nocifs.

✚ Les fouilles en tranchée de plus de 1,30 m de profondeur et d'une largeur égale ou inférieure aux deux tiers de la profondeur doivent, lorsque leurs parois sont verticales ou sensiblement verticales, être blindées, être sillonnées ou étayées.

✚ Les parois des fouilles en tranchée autre que celle qui sont visées précédemment, ainsi que les parois des fouilles en excavation ou en botte, doivent être aménagées, suivant la nature et l'état des terres, de façon à prévenir les éboulements. Si cette condition n'est pas remplie des blindages, des étrépillons ou des étais appropriés à la nature et à l'état des terres, doivent être mis en place.

X.7 Mesures générales d'hygiène:

❖ Dans les chantiers fixes, occupant simultanément plus de vingt travailleurs, les chefs d'établissement sont tenus de mettre un abri clos à la disposition du personnel lorsque la durée des travaux dépasse quinze jours. Cet abri doit être convenablement aéré et suffisamment chauffé en saisons froides.

Il doit être tenu en état constant de propreté et nettoyé au moins une fois par jours. Il est interdit d'y entreposer des produits ou matériel dangereux ou salissants, ainsi que des matériaux.

Il doit être pourvu d'un nombre suffisant de sièges lorsque la durée des travaux ne

dépasse pas quatre mois; l'abri doit être au moins muni, à défaut d'armoires individuelles, de patères en nombre suffisant.

Les chefs d'établissement doivent mettre à la disposition des travailleurs, une quantité d'eau suffisante pour assurer leur propreté individuelle, cette eau doit être potable. Toutefois, en cas d'impossibilité, de l'eau non potable peut être mise à la disposition des travailleurs, sous réserve que ceux-ci en soient avertis par un écriteau placé à proximité de l'orifice de distribution.

- ❖ Dans les chantiers fixes, des lavabos ou des rampes, à raison d'un orifice ou moins par cinq travailleurs doivent être installés. Dans le cas où l'installation de l'eau courante est impossible, un réservoir d'eau doit être raccordé aux lavabos ou aux rampes afin de permettre leur alimentation.
- ❖ Lorsque les travailleurs prennent leurs repas sur le chantier, l'abri prévu doit être pourvu de tables en nombre suffisant. Ces tables doivent comporter un revêtement imperméable se prêtant facilement au lavage.
- ❖ Un appareil permettant de faire réchauffer les aliments doit être installé, soit dans l'abri prévu précédemment, soit dans un lieu couvert situé à proximité de celui-ci. Un garde-manger destiné à protéger les aliments doit être également mis à la disposition des travailleurs.

X.8 Dispositions particulières:

- La mise en tension des armatures du béton précontraint, ainsi que l'enlèvement des vérins utilisés pour cette opération, ne peuvent être effectués que sous la surveillance du chef de chantier ou d'un ingénieur désigné par le chef d'établissement, en raison de sa compétence. Cet agent a le devoir de veiller à la mise en place de dispositifs appropriés pour protéger efficacement les travailleurs contre le danger qui pourrait résulter d'une libération intempestive de l'énergie emmagasinée dans les armatures au cours de leur mise en tension.

- Lorsque des travaux de soudage à l'arc sont effectués sur un chantier, des écrans doivent façonner les arcs aux travailleurs autre que les soudeurs en leur aide, afin de supprimer les risques d'éblouissement et le danger du rayonnement ultraviolet. À défaut d'écrans protecteurs, les zones dangereuses doivent être délimitées et convenablement signalées.

X.9 Les Stations de Pompage

Il faut noter que les stations de pompage sont des ouvrages situés dans des zones rurales loin de toute habitation, cependant, nous avons estimé nécessaire d'attirer l'attention des concepteurs sur un problème. La transmission des bruits et des vibrations, problème en général

mal connus et délicats à résoudre.

Ce sont aussi des ouvrages présentant, en général, peu de danger pour le personnel d'exploitation sous réserve de prendre, dès la conception, un certain nombre de dispositions.

Bruit et vibration :

Le problème de bruit et vibration causés par les installations de pompage n'est pas nouveaux, il apparaît de façon très aigüe aujourd'hui, en raison de l'exigence du confort qui se développe, tant pour le personnel d'exploitation que le voisinage.

Les bruits les plus aigus sont les plus pénibles à supporter, mais les plus faciles à absorber au à arrêter, la fréquence propre de la plupart des matériaux étant basse, par contre, les basses fréquences sont difficiles à absorber et se propagent très facilement, en effet, les hautes fréquences se transmettent par l'air et se réfléchissent sur les parois où il est facile de les absorber, alors que les basses fréquences se transmettent par la structure même du bâtiment.

X.9.1 définition de bruits:

Le bruit est une sensation physiologique due à une variation de pression au voisinage du tympan. La mesure physique du bruit tout en s'approchant du phénomène physiologique, ne le traduit qu'imparfaitement, l'écart étant d'autant plus grand que le bruit est complexe

X.9.2 origine des bruits :

A. groupes électropompe :

Dans le groupe électropompe fonctionnent normalement. La pompe fait peu le bruit ; le moteur est à l'origine du problème, ces bruits sont :

- mécanique (roulement, accouplements);
- magnétiques;
- aérodynamiques(ventilation).

C'est toujours la ventilation qui est responsable des bruits les plus puissants et les plus désagréables. Ce ci est du en partie au fait que pour réduire le rapport poids/puissance des machines et améliorer l'utilisation de leurs parties actives, il a fallu constamment accroître les débits et vitesse de l'air, provoquant ainsi inévitablement une augmentation du bruit aérodynamique.

B. canalisations et appareils hydrauliques:

-Aux vitesses élevées, on peut observer des bruits de turbulence dans les canalisations, mais dans le niveau demeure très inférieur aux perturbations acoustiques engendrées par les machines tournantes.

-La cavitation dans les vannes et autres appareils hydrauliques constitue généralement le plus importante de bruit permanent dans les canalisations.

En fin, il faut signaler le cas du coup de clapet observé à l'arrêt des pompes, qui peut être très bruyant si on a placé un réservoir anti-bélier à l'aval immédiat du clapet et le bruit des compteurs volumétriques qu'on observe parfois et qui est du au choc du piston sur la parois.

X.9.3 lutttes contre les bruits aériens :

Pour éviter les nuisances, deux voies sont possibles, empêcher le bruit de se produire ou l'empêcher de se propager.

X.9.4 action sur les sources de bruit:

-Empêcher le bruit de se produire conduit donc à choisir des moteurs, et des pompes, à vitesse lente, mais ceci induit des problèmes d'encombrement et de prix.

-On peut aussi, mais après avis de constructeur, envisager de réduire la ventilation (soit le nombre de pales, soit leur longueur). Le moteur peut parfois le support, mais par toujours, les constructeurs travaillant souvent à la limite du refroidissement nécessaire.

-Pour diminuer les bruits mécaniques créés par les roulements, on peut aussi remplacer les roulements à billes par des roulements à rouleaux, voire dans le cas extrêmes par des palier lisses.

-Les bruits hydrauliques qu'on peut observer dans les pompes et canalisations peuvent être supprimés ou considérablement réduits, moyennement quelques précautions, dont nous citons :

- L'amélioration des risques decavitation.
- La réduction des turbulences (vitesses suffisamment faibles, changement progressifs de section, rayons de courbure assez grand...;
- La disposition de zones de tranquillisation à l'aspiration des pompes;
- L'amélioration des coups declapet.

X.9.5 l'hygiène et la sécurité dans la station depompage:

Ainsi que le législateur oblige ce qui construit une station de pompage à concevoir des ouvrages permettent au personnel d'effectuer en toute sécurité les opérations d'exploitation et d'entretien.

D'ailleurs, une bonne conception de ce point de vue évite souvent de devoir engager par la suite des frais importants de (mise en conformité) ou demodification.

X.9.6 les risques à considérer lors de la conception des ouvrages:

-Avant tout chose, les installations doivent être dans un endroit clos ou clôturé dont l'accès est formellement et explicitement interdit aux personnes étrangères au service.

-Le chute est une cause très fréquente d'accédent de travail, le constructeur doit donc chercher à réduire le risque, sol antidérapant, rambardes, installation des regards en dehors des zones de circulation, signalisation des obstacles.

-Sur le plans de l'hygiène la nature des revêtements doit être d'un entretien facile dans la station d'évacuation des eaux de nettoyage des murs et des sols, doit être prévue par des lavages au jet, plus commandes et plus hygiénique que le nettoyage de serpillière.

-Le personnel chargé de l'entretien doit pouvoir travailler sans faire d'acrobatie et en toute sécurité, il doit donc prévoir attendre facilement tout les points de contrôle et de réglage, tels que les compteurs, les graisseurs, les vannes, les capteurs de niveau ...etc.

X.9.7 les risques prévenant des matériels et machines :**a) installation électrique :**

-Une bonne conception des ouvrages contribue à la prévention des accédants d'origine électrique.

Si les interventions sur les pompes doivent se faire à l'aide de grues auto tractées, il est déconseillé d'installer cette station à proximité de ligne électrique aérienne.

-Quand cela est possible, il est conseillé de prévoir un arrêt de la ligne à quelques dizaines de mètres de l'ouvrage et de, réaliser une alimentation souterraine.

-Certains gaz sont très corrosifs, principalement l'hydrogène sulfure et il y a lieu de placer des installations électriques dans les endroits antidéflagrant peut dans certains cas être utilisé.

-Sur le plan d'exploitation l'accès des machines sous tension est réservé au personnel

électricien.

-La prudence oblige à ne permettre les manœuvres des installations qu'ont des salaires dont on a vérifié les connaissances en matières de sécurité électrique.

L'attention du personnel doit aussi être attirée sur les risques des machines tournantes à démarrage automatique.

En fin, lorsque des capots ou carters de protection sont retirés, les machines doivent être verrouillées à l'arrêt.

b) appareils de levage:

Les treuils, les ponts roulants, les palans, les poulies, les élingues et les crochets peuvent être à l'origine d'accédants graves, ils font l'objet d'une réglementation contraignante et complexe.

Afin de s'assurer de leur bon état de fonctionnement, des vérifications périodiques doivent être prévues pour l'ensemble des appareils de levage et de leurs dispositifs de sécurité.

Comme les agents chargés d'effectuer ces vérifications doivent être particulièrement qualifiés, il est souvent préférable de faire appel à des organismes de contrôles spécialisés dans ce genre d'opération.

c) appareils pression:

-Les réservoirs de compresseurs et les cuves anti-bélier sont les principaux appareils de pression de gaz utilisés dans les stations.

-Ces appareils doivent être maintenus en bon état, ils sont réglementés dès que leur pression de service est supérieure à 4 bars.

-L'épreuve est obligatoire avant la mise en service sur les lieux d'utilisation, elle doit être renouvelée tous les dix ans.

-Une vérification est à faire tous les trois ans.

-De même que le matériel de levage.

-Il est souhaitable que ces opérations soient faites par des organismes spécialisés.

-On rencontre aussi sur la station des appareils contenant d'autre gaz que l'air, souvent le chlore, parfois l'oxygène pur, ces appareils font eux aussi l'objet d'une réglementation particulière qui doit connaître l'exploitant.

d) les risques provenant de produits dangereux:

-La présence normale ou accidentelle de produits corrosifs ou toxique est un risque pour les salariés comme pour les matériels.

-Il faut prévoir des mesures contre les risques de débordement ou d'éclaboussures des produits agressifs ou dangereux (acide sulfurique, chlorure ferrique...).pour se prémunir des dangers émanations gazeuses (chlore, hydrogène sulfuré, ozone) les installations sont fréquemment vérifiées.

-On prête une attention particulière aux fosses, caves, zone en contre ou peuvent s'accumuler des gaz plus lourds que l'air (CO₂, H₂S) particulièrement toxiques.

Il faut notamment indiquer les règles de circulations (les endroits dangereux ou interdits) les modes opératoires les plus sûrs, le fonctionnement des dispositifs de protection et de secours, la conduite à tenir en cas d'accident.

-Lors de l'intervention d'entreprises extérieures d'exploitant est tenu de les informer des risques particuliers de la station et d'organiser une coordination entre les activités des devers intervenants, de manière à assurer l'hygiène et de sécurité des travailleurs présents simultanément dans la station.

-Ne pas oublier d'insister sur les exigences dues à la potabilité de l'eau ni sur les risques de contamination par les eaux usées.

-Pour la sécurité du personnel d'intervention, il est souhaitable que celui-ci ait quelques notions élémentaires qui lui permettent de conserver son sang froid en cas d'accident.

X.10 Conclusion:

La sécurité du travail représente un aspect important de la prévention du poste de travail. C'est une analyse minutieuse des risques contre lesquelles il faut se prémunir.

L'étude de sécurité implique une connaissance exacte du travail exécuté, toutes les considérations doivent être envisagées (d'ordre matériel : efficacité et entretien, psychologique, budgétaire...). Une priorité absolue doit être donnée à la protection collective, ce n'est qu'en cas d'impossibilité technique et lorsqu'il s'agit d'un risque exceptionnel ou temporaire que l'on doit faire appel aux moyens de protection individuelle.

Chapitre XI :
Etude Technico-économique

XI.1 Introduction

Le but de l'organisation de chantiers est, à cet effet, de réaliser des projets dans des délais courts et de moindres coûts.

L'organisation de chantier consiste à rechercher constamment, la meilleure façon d'utiliser de façon économique la main d'œuvre et les autres moyens mis en œuvre pour gérer le chantier.

Afin d'atteindre cet objectif, il est impératif de :

- Définir avec précision les méthodes d'exécution, les modes opératoires permettant la mise en pratique des techniques modernes de construction avec un haut rendement;
- Arrêter en quantité et en qualité le personnel à employer, le coût de la main d'œuvre ayant une incidence importante sur le prix d'œuvre;
- Répartir et coordonner les tâches par la concentration d'une main d'œuvre spécialisée;
- Structurer convenablement les postes de travail stabilisés pour lesquels, on adoptera une mécanisation de plus en plus poussée.

XI.2 Exécution des travaux:

1) Exécution de la tranchée:

- L'installation des conduites d'irrigation nécessite les opérations suivantes:
- Implantation du tracé de la conduite.
- Exécution de la tranchée
- Aménagement du lot de pose des conduites.
- La largeur de la tranchée doit être égale au diamètre extérieur de la conduite augmentée de 0,5m dans le but de permettre aux poseurs de travailler à l'aise.

2) Assise de la conduite:

Lorsque l'excavation des tranchées est terminée, on doit les remplir par une couche de 10-20cm de sable ou de gravier fin, dans le but de maintenir la conduite dans l'axe de tranchée et soutenir le poids du sol situé au dessus de la conduite.

3) pose de la canalisation dans la tranchée:

Les conduites seront posées dans les tranchées creusées à l'aide d'appareil de levage. L'assemblage des conduites se fait à l'aide des manchons.

4) Epreuve d'essai de pression : Pour éviter de laisser ouverte une très grande longueur de tranchée, on aura soigné le remblayage au fur et à mesure que l'on pose les conduites.

Avant cela, il est indispensable de s'assurer par un essai de l'étanchéité des joints. Les essais partiels sont effectués sur une longueur de 150 à 200m à cet effet nous adopterons une pression de 10 bars pour l'épreuve (le béton pouvant résister jusqu'à une pression de 20 bars)

5) Engins nécessaires pour l'exécution des travaux:

- Pelle excavatrice pour l'exécution de la tranchée.
- Bulldozer ou un chargeur pour le remblayage.
- Camions pour le transport des tronçons des conduites.
- Grue automotrice pour soulever, déplacer et déposer les tronçons des conduites.

XI.3 Exploitation du système d'irrigation:

L'exploitation d'un système d'irrigation est consistée à faire fonctionner le service de l'eau, les partenaires du projet. Elle est effectuée selon quatre aspects :

- Planification de l'utilisation de l'eau d'irrigation.
- Mesure d'exploitation et de réparation du système d'irrigation.
- Modernisation et amélioration du système avec l'apparition de nouvelles techniques.
- Contrôle de l'état des terres irriguées.

1) Objectif de l'exploitation:

L'exploitation d'un système d'irrigation doit :

- Assurer le bon fonctionnement des conduites et des ouvrages.
- Utiliser de façon complète et rationnelle des ressources hydrauliques.
- Assurer la réalisation des plans envisagés.
- Protéger les terres agricoles contre la submersion, la salinisation, et la

dégradation des sols par les eaux et les vents.

2) Estimation de l'état hydro-agricole des terres irriguées:

Le phénomène de formation des sols humides et sols salés et dû à la mauvaise utilisation de l'eau d'irrigation

La lutte contre ce phénomène, se présente sous deux aspects :

2.1) Mesure d'amélioration technique:

- ❖ Réalisation d'un drainage pour les solshumides.
- ❖ Réalisation d'undrainageetlessivagepourlessolssalés.

2.2) Mesure d'exploitation

Ils consistent à faire un inventaire détaillé des surfaces susceptibles d'être touchées par ces phénomènes et une surveillance permanente qui se résume dans :

- ❖ Mesure de la variation du niveau de lanappe.
- ❖ Mesure de la concentration des sels de lanappe.
- ❖ Mesure de la concentration des sels dans lesol.
- ❖ Une bonne utilisation de l'eaud'irrigation.

3) Exploitation des ouvrages hydrauliques:

Les mesures à prendre, pour l'entretien des installations des systèmes d'irrigation sont :

- ❖ Gardiennage.
- ❖ Mesures contrel'incendie.
- ❖ Les visitespériodiques.
- ❖ Surveillance et maintenance destravaux

4) Maintenance des ouvrages et équipements:**4. 1) Maintenance du premier niveau :**

Pour les interventions courantes, les activités de maintenance de premiers niveaux sont réalisés par les agents d'exploitation, proche des ouvrages dont ils ont la responsabilité, d'où une économie sensible en frais de personnel et déplacement, et une plus grande rapidité d'intervention.

4. 2) Maintenance spécialisé :

Pour les interventions de niveau supérieur, par nature plus complexe, les moyens sont nécessairement plus spécifiques. La maintenance est alors structurée par spécialités techniques correspondant aux différents types d'équipements.

Les spécialités les plus courantes sont les suivantes :

- ❖ Géniecivil
- ❖ Appareillages (mécaniques, électriques etélectroniques).

XI.4 Charge d'investissement:

Les coûts d'investissements sont ramenés à des annuités sur la base des hypothèses suivantes :

- Taux d'actualisation : 0,8à10%
- Durée d'amortissement répartie comme suit:
 - 30 ans pour lesconduites
 - 15anspourleséquipementshydromécaniquesetélectriques
 - 40 ans pour les ouvrages de géniecivil

1) Devis estimatif et quantitatif des conduites : Les coûts des conduites « fournitures, transports, poses et terrassements, les résultats obtenus sont dans le tableau suivant:

Tableau XI.1Devis estimatif et quantitatif des conduites (fourniture, transport, pose et terrassement)

Diamètre nominal (mm)	Longueur (m)	fourniture (DA)	Transport (DA)	Poseet essai(DA)	Terrasse-ment(DA)	Prix (DA/m)	Prix total(DA)	Matériaux des conduites
1500	4 450	15098.19	5000	7034.37	1100.54	28233,1	125637295	Fonte
1250	2 810	14987.34	5000	6245.4	1046.27	27279,01	76654018	Fonte
1000	4 710	12844.01	5000	3739.38	946.27	22529,66	106114699	Fonte
800	1 350	11214.59	3500	3270.39	793.24	18778,22	25350597	Fonte
600	1 160	9651.3	2000	2612.24	707.82	14971,36	17366778	Fonte
500	5 790	7874.13	1250	1983.81	660.83	11768,77	68141178	PEHD
400	4 840	7874.13	1250	1300.98	659.63	11084,74	53650142	PEHD
300	6 860	5780.37	832.33	1066.28	659.63	8338,61	57202865	PEHD
250	1 301	4648.36	833.33	822.86	446.45	6751	8783051	PEHD
200	1 880	3678.34	832.33	530.51	409.38	5450,56	10247053	PEHD
150	1 043	2987.33	525	432.56	393.92	4338,81	4525378,8	PEHD
125	321	2398.14	525	286.46	336.38	3545,98	1138259,6	PEHD
100	320	1763.25	333	253.93	275.19	2625,37	840118,4	PEHD
90	334	1398.2	333	233.4	275.19	2239,79	748089,86	PEHD
Total							556399521	

2) Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales

2-1) **Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation** : Le coût des bornes d'irrigation et les différentes implantations sont récapitulés dans le tableau suivant:

Tableau XI.2 Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation (fourniture, transport, pose et terrassement

Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire DA	prix total DA
Borne type A	U	18	17000	306000
Borne type B	U	40	18500	740000
Borne type C	U	51	21000	1071000
Fouille en terrain meuble	m ³	60	7200	432000
Béton de classe N°3 compris coffrage	m ³	100	4000	400000
fourniture, transport et pose de tube préfabriqué en béton armé	U	59	1800	106200
fourniture, transport et pose de Gravier 15/20	m ³	176	400	70400
Remblaiement autour de l'ouvrage	m ³	350000	800	280000000
Totale		283125600		

2-2) **Devis estimatif et quantitatif des vannes et chambres des vannes** : Le coût des vannes et les chambres de vannes ainsi les différentes tâches de leurs implantations sont récapitulées dans les tableaux suivants:

Tableau XI.3 Devis estimatif et quantitatif des vannes (fourniture, transport et pose)

Vannes				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire (DA)	prix total (DA)
Vanne D=100mm	U	1	12000	12000
Vanne D=125mm	U	1	13150	13150
Vanne D=150mm	U	4	14000	56000
Vanne D=200mm	U	2	18000	36000
Vanne D=250mm	U	5	20300	101500
Vanne D=300mm	U	2	24000	48000
Vanne D=400mm	U	10	42800	428000
Vanne D=500mm	U	1	105288	105288
Vanne D=600mm	U	5	600000	3000000
Vanne D=800mm	U	20	1200000	24000000
Vanne D=1000mm	U	16	1800000	28800000
Total				56599938

Tableau XI.4 Devis estimatif et quantitatif des chambres des vannes

Chambre de vanne				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire	prix total
			(DA)	(DA)
Fouille en terrain meuble	m ³	201	800	160800
Béton de classe N°1 compris coffrage	m ³	102	4800	489600
Béton de classe N°4compis coffrage	m ³	243	7200	1749600
fourniture, transport et pose d'échelle typique	m ³	62	600	37200
fourniture, transport et pose couverture typique				
Remblaiement et compactage au tour de l'ouvrage	U	58	1000	58000
	m ³	76	400	30400
Total				2525600

2-3) Devis estimatif et quantitatif des ventouses :Le coût des ventouses ainsi les différentes tâches de leurs implantations sont récapitulées dans les tableaux suivants :

Tableau XI.5 Devis estimatif et quantitatif des ventouses

Ventouses				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire(DA)	prix total (DA)
Ventouse automatique	U	23	40000	920000
Fouille en terrain meuble	m ³	25,3	800	20240
Béton de classe N°1 compris coffrage	m ³	4	4800	19200
Béton de classe N°4compis coffrage	m ³	8	7200	57600
fourniture, transport et pose d'échelle typique	U	28	600	16800
fourniture, transport et pose couverture typique				
Remblaiement et compactage au tour de l'ouvrage	U	22	1000	22000
	m ³	7,6	400	3040
Total				1058880

2-4) Devis estimatif et quantitatif de vidange direct et indirect : Le coût des vidanges direct et indirect, ainsi les différentes tâches de leurs implantations sont récapitulées dans les tableaux suivants:

Tableau XI.6 Devis estimatif et quantitatif des vidanges direct et indirect

Vidange				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire(DA)	prix total(DA)
Vidange direct	U	15	30000	450000
Vidange indirecte	U	11	30000	330000
Fouille en terrain meuble	m ³	18	800	14400
Béton de classe N°1 compris coffrage	m ³	6	4800	28800
Béton de classe N°4compis coffrage	m ³	8,8	7200	63360
fourniture, transport et pose de Gravier 10 cm d'épaisseur	m ³	8	1800	14400
fourniture, transport et pose d'échelle	U	23	600	13800
fourniture, transport et pose	U	21	1000	21000
Remblaiement et compactage	m ³	6,5	400	2600
Total				938360

XI.5 Frais des travaux sur réseau d'irrigation:

Il s'agit des frais des travaux exécutés pour la réalisation des tranchées et autres emplacements pour la pose de canalisations :

XI.5.1 Calcul des volumes de déblais et remblais:

La pose des conduites dans le réseau se fait dans des tranchées conçues selon le tracé et l'itinéraire des lignes de conduites et prend en compte les longueurs, les largeurs et les hauteurs de chaque tranchée conçue à recevoir une conduite de diamètre spécifique

- La largeur de la tranchée varie selon la section des conduites est de :

$$l = D + 2 \times 0.3 \text{ (m)}$$

- La hauteur est de : $H = D + h_{\text{sable}} + 0.8 \text{ (m)}$

Avec : $-h_{\text{sable}}$: qui est la hauteur du lit de sable comprise entre 0.1 et 0.2 mètres

Sois L la longueur de la tranchée en mètres.

-D : diamètre de la conduite.

➤ Volume du déblaiement:

Le volume des déblaiements sera alors égal à :

$$V_{\text{deb}} = L \times H \times 1 \text{ (m}^3\text{)}$$

➤ **Volume de remblais:**

Le volume du remblai est égal à celui des déblais duquel on soustrait le volume de la conduite enterrée on aura donc :

$$V_{\text{remb}} = V_{\text{deb}} - V_{\text{cond}}$$

$$\text{Avec : } V_{\text{cond}} = \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) \cdot L$$

$$\text{Donc : } V_{\text{remb}} = V_{\text{deb}} - \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) \cdot L$$

➤ **Volume de sable:**

Le Volume du sable nécessaire pour le lit de sable est égal à :

$$V_{\text{sable}} = h_{\text{sable}} \times L \times 1$$

La figure ci après illustre la disposition de la conduite au niveau de la tranchée :

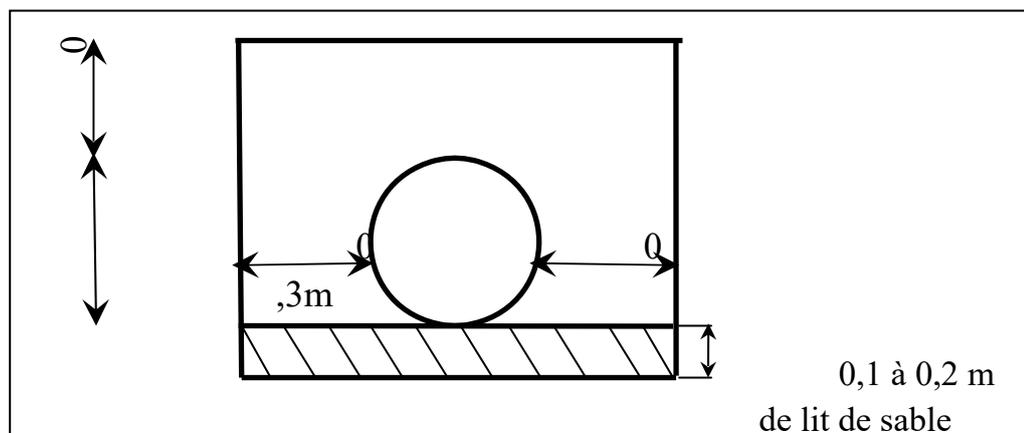


Figure XIII-1 : Disposition de la conduite dans une tranchée

XI.6 Calcul des différents volumes:

Type conduite	Tubes enterrés	Longueur (m)	largeur (m)	hauteur (m)	V déblai (m ³)	V sable (m ³)	V conduit (m ³)	V remblai (m ³)
Secondaire	90	334	0,69	0,99	228,16	228,16	2,12	226,03
Secondaire	100	320	0,7	1	224,00	224,00	2,51	221,49
Secondaire	125	321	0,725	1,025	238,54	238,54	3,94	234,61
Secondaire	150	1 043	0,75	1,05	821,36	821,36	18,42	802,94
Secondaire	200	1 880	0,8	1,1	1654,40	1654,40	59,03	1595,37
Secondaire	250	1 301	0,85	1,15	1271,73	1271,73	63,83	1207,90
Secondaire	300	6 860	0,9	1,2	7408,80	7408,80	484,66	6924,14
Secondaire	400	4 840	1	1,3	6292,00	6292,00	607,90	5684,10
Secondaire	500	5 790	1,1	1,4	8916,60	8916,60	1136,29	7780,31
Secondaire	600	1 160	1,2	1,5	2088,00	2088,00	327,82	1760,18
principale	800	1 350	1,4	1,7	3213,00	3213,00	678,24	2534,76
principale	1000	4 710	1,6	1,9	14318,40	14318,40	3697,35	10621,05
principale	1250	2 810	1,85	2,15	11176,78	18790,34	3446,64	12543,34
principale	1500	4 450	2,1	2,4	22428,00	22428,00	7859,81	14568,19
La somme					80279,76	80279,76	18388,57	61891,20

❖ **Déblaiement:**

Le prix du mètre cube de déblayage est de 250DA.

Le déblaiement correspondant à la pose des conduites est de : 80279,73m³·D'où :

$$F_{\text{deb}} = 80279,73 \times 250$$

$$F_{\text{deb}} = 20069932,5\text{DA}$$

❖ **Remblais:**

Le prix du mètre cube de remblai est de 200DA d'où :

$$F_{\text{remb}} = 61891,20 \times 200$$

$$F_{\text{remb}} = 12378240\text{DA}$$

❖ **Sable:**

Le prix du mètre cube de sable est de 800 DA d'où :

$$F_{\text{sable}} = 80279,76 \times 800$$

$$F_{\text{sable}} = 64223808 \text{ DA}$$

Alors le cout total des travaux publics :

$$P_t = 96671980,5 \text{ DA}$$

$$P_t = F_{\text{deb}} + F_{\text{remb}} + F_{\text{sable}}$$

$$P_t = 20069932,5 + 12378240 + 64223808$$

XI.7 Devis estimatif et quantitatif de brise vent : le brise-vent à prévoir, est composé d'une rangée d'arbre d'espèces indigènes à croissance rapide, avec un intervalle entre les arbres de 1,5m, dont laréalisation

Tableau XI.7 Devis estimatif et quantitatif de brise vent

Brise vent				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire(DA)	prix total(DA)
Arbre	U	45000	32.00	1440000
implantation	U	45000	110.00	4950000
Total				6390000

XI.8 Conclusion

A travers ce chapitre, on a déterminé le devis estimatif et quantitatif de notre projet, avec un coût total d'environ **1.003.577.880DA** « dix milliards trente-cinq millions sept cents soixante-sept mille huit cents quatre-vingts dinars algériens ». D'après le coût de la projection des réseaux que nous avons obtenus, on remarque que l'estimation financière du réseau d'irrigation localisée est relativement importante. Cette élévation est due à l'utilisation d'un nombre de conduites assez important, et à la filtration qui demande des équipements très chers.

Conclusion générale

L'objectif de cette étude Dimensionnement du périmètre d'irrigation d'une superficie de (2872ha) situé dans la commune d'Oued El-Tlelat « la plaine de M'lita » w. d'Oran. . dont les caractéristiques physiques, pédologiques et des conditions socio-économiques sont propices à l'irrigation.

Après le choix des cultures, nous avons estimé les besoins en eau totaux, et les besoins en eau de chaque ilot qui est une phase importante dans la réalisation d'un système d'adduction et d'irrigation.

Pour le système d'adduction, nous avons projeté un réseau à partir de la STEP d'Oran, et une distribution vers les parcelles par une desserte gravitaire après étude d'un tracé plus économique.

Pour les systèmes d'irrigation, nous avons insisté sur la nécessité d'introduction des techniques modernes telles que l'aspersion et le goutte à goutte, car l'augmentation des rendements des spéculations agricoles ne peut se faire qu'à travers des systèmes d'irrigation efficaces, en effet,. Parmi les recommandations proposées avant de généraliser cette pratique, il est important que les techniques de réutilisation des eaux usées épurées soient bien maîtrisées pour cela, il serait nécessaire:

- Un suivi rigoureux de la qualité des eaux réutilisées;
- Un traitement adapté aux conditions locales;
- Une meilleure connaissance des impacts sanitaires et écologiques de la réutilisation.

Références Bibliographique

1-Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), École nationale vétérinaire de Nantes, ministère de l'Agriculture et de la Pêche, École nationale de la santé publique (ENSP). Les germes pathogènes dans les boues résiduaires des stations d'épuration urbaines, *Guide et cahiers techniques « Connaître pour agir »*, août 1994, 89pages

2-M.R.E., 2007 - Etude de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national. Mission 4: Norme de réutilisation des eaux usées épurées, D.A.P.E.

3-Baumont S Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. E.N.S.A.T.

4-M.R.E., 2007 - Etude de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national. Mission 2:Schéma directeur, D.A.P.E.

5-RÉUTILISATION DES EAUX USÉES Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France

6-irrigazette les-techniques-d 'irrigation-agricole.

7-EXTRAIT-du-livre-Gestion-durable-de-la-terre---Efficience-de-l-utilisation-de-l-eau.

8-revue-sciences-eaux-et-territoires-2013-2-page-30.htm.

ANNEXE 1

Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

Cultures	z (m)
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraichères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

ANNEXE 2
Coefficient culturel Kc de chaque culture

2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière saison	Récolte	
Banancier tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
Banancier subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
Haricot sec	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Chou	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Coton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Maïs grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
Oignon vert	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Poivron, frais	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Pomme de terre	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Riz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Luzerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés						0.65-0.75
Agrumes sans sarclage						0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6

Premier chiffre : avec forte humidité (HRmin > 70%) et vent faible (U < 5 m/sec).
Second chiffre : avec faible humidité (HRmin < 20%) et vent fort (> 5 m/sec).

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 33, Tableau 18.

ANNEXE 3

Caractéristiques hydriques de quelques sols

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

TABLE DES MATIERES

Introduction générale	
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	1
I.1 LOCALISATION	2
I.2 CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES	8
I.3 Indices Climatiques	17
I.4 Indice d'aridité	18
I.5 Conclusion	19
Chapitre II : Etude Agro-pédologique	20
II.1 Introduction	21
II.2 Classification des sols	21
II.3 Les Caractéristiques hydrodynamiques des sols du périmètre	23
II.4 Aptitudes culturales des sols irrigués	26
II.5 Conclusion	32
Chapitre III : la réutilisation des eaux usées épurées	33
III.1 Introduction	34
III.2 Objectif de la réutilisation des eaux usées	34
III.3. La réutilisation des eaux usées en agriculture	37
III.4 Expérience Algérienne dans le domaine de réutilisation des eaux	38
III.5. Les risques liés à la réutilisation agricole des eaux usées épurées	43
III.6. Stockage des eaux épurées	46
III.7. Les bénéfices et les contraintes de la réutilisation des eaux usées	47
III.8 Conclusion	50
Chapitre IV : Présentation de la STEP et caractéristiques des eaux	51
IV.1 Localisation de la station d'épuration	52
IV.2 DONNEES DE BASE DE DIMENSIONNEMENT DE LA STEP	52
IV.3 CARACTERISTIQUES DE LA STEP	55
IV.4 OBJECTIF DE TRAITEMENT	58
IV.5 Conclusion	71
Chapitre V: Hydrologie	72
V.1 Introduction	73
V.2 Étude Hydrologique.	73
V.2.1 Ajustement statistique des pluies	76
V.2 Détermination de l'année de calcul	81
V.3 Conclusion	81
CHAPITRE VI : Calcul des besoins en eau des cultures	82
VI.1 Introduction	83
VI.2 Qualité de l'eau d'irrigation des eaux	83
VI.3 Classification des eaux pour l'irrigation	84
VI.4 Besoins en eau des cultures	86
VI.5 Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées	86
VI.6 Calcul de l'évapotranspiration	86
VI.7 La pluie efficace	88
VI.8 Choix des cultures	89
VI.8 .1 Occupation des sols	90
VI.8.2 Assolements des cultures	90
VI.9 Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures	98
VI.9.1 Calcul du débit spécifique	99
VI.10 Estimation des besoins en eau totaux:	99
VI.11 Conclusion	101
CHAPITRE VII : Etude du système d'adduction	102
VII.1 Introduction	103
VII.3 Situation de la zone du Projet	103

VII.4 Configuration générale du système d'alimentation du périmètre	104
VII.5 Organisation du périmètre : Ilots d'irrigation	107
VII.5.1 Implantation des bornes (Plan de bornage).....	107
VII.6 Modalités de distribution	108
VII.6.1 Distribution à la demande	108
VII.6.2 Distribution au tour d'arrosage	108
VII.7 Réservoir	112
VII.8.1 La station de pompage	113
VII.9 Dimensionnement du réseau de distribution.....	125
VII.9.1 Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire	125
VII.9.2 Vitesses admissibles	125
VII.9.3 Choix du matériau des conduites	125
VII.9.4 Caractéristiques des canalisations.....	125
VII.9.5 Calcul des diamètres	126
VII.10 Conclusion	131
Chapitre VIII : Choix des systèmes d'irrigation	132
VIII-1 Introduction	133
VIII-2 Choix des techniques d'irrigation	133
VIII-3 Différentes techniques d'arrosages	133
VIII-4 Différentes installations à la parcelle	135
VIII-5 Choix de la technique d'arrosage	138
CHAPITRE IX : Dimensionnement à la parcelle.....	140
X.1 Introduction	141
X.2 Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte	141
X.2.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	142
X.2.2 Calcul hydraulique:	142
X.3 Conclusion.....	148
CHAPITRE X : protection et sécurité de travail	149
XI.1 Introduction	150
XI.2 Liste des actions dangereuses pendant la réalisation des travaux	150
XI.3 les conditions dangereuses pendant la réalisation des travaux.....	150
XI.4 Mesures générales de sécurité	151
XI.5 Appareils de levage mécanique.....	152
XI.6 Travaux de terrassement à ciel ouvert.....	153
XI.7 Mesures générales d'hygiène.....	153
XI.8 Dispositions particulières	154
XI.9 Les Stations de Pompage	154
XI.10 Conclusion.....	159
Chapitre XI : Etude Technico-économique	160
XII.1 Introduction.....	161
XII.2 Exécution des travaux	161
XII.3 Exploitation du système d'irrigation.....	162
XII.4 Charge d'investissement	164
XII.5 Frais des travaux sur réseau d'irrigation.....	167
XII.5.1 Calcul des volumes de déblai et remblai	168
XII.6 Calcul des différents volumes.....	169
XII.7 Devis estimatif et quantitatif de brise vent	170
XII.8 Conclusion	170
Conclusion générale	
Référence bibliographique	
Annexes	

LISTES DES FIGURES

Figure I.1: Situation géographique de la région d'étude.....	page2
Figure I.2: situation géographique de la zone d'étude (Source ONID.....	page4
Figure I.3 : la grande Sebkha d'Oran	page5
Figure I.4: coupe géologique de la région d'étude (Source ONID)	page8
Figure I .5 : Carte pluviométrique de la région d'Oran pour la période 1997-2013.....	page9
Figure I.6 : Précipitations annuelles pour la période 1997.....	page10
Figure I.7: Précipitations saisonnières pour la période 1997	Page10
Figure I.8 : Précipitations mensuelles pour la période 1997	page11
Figure I.9 : Températures mensuelles pour la période 1997	page12
Figure I-10: diagramme Ombrothémique de GAUSS	page16
Figure I.11 : Climagramme pluviométrique d'Emberger. (Source: ONID.....	page17
Figure II-1 : Carte Pédologique.....	page22
Figure II-2: carte de perméabilité des sols de la zone d'étude	page23
Figure II-3: carte de la conductivité hydraulique de la zone d'étude.....	page24
Figure II- 4 : Aptitudes culturales des sols en irrigué	page28
Figure II- 5: Occupation actuelle des Exploitations et taux d'intensification	page30
Figure III-1 : Répartition des expériences mondiales en réutilisation des eaux résiduaires urbaines	page35
Figure V 1: Ajustement des pluies annuelles à la loi normal.	Page80
Figure V 2: Ajustement des pluies annuelles à la loi lognormal.....	page80
Figure VI 1: Diagramme de classification des eaux d'irrigation d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954)	page85
Figure VII 1 : Présentation du périmètre de la plaine de m'lita	page104
Figure VII.2 : Bassin de lagunage	page105
Figure VII.3 : différentes interactions entre les infrastructures.....	page106
Figure VII-4: le réservoir bas desservant le périmètre	page113
Figure VII-5 : Résultats de l'étude technico-économique	page118
Figure VII-6 : Détails des pompes choisies	page120
Figure VII-9 : La station de pompage SPB	page124
Figure VIII 1 : Irrigation par aspersion.	page135
Figure VIII 2 : Irrigation en goutte à goutte.....	page137
Figure XIII 3 : Disposition de la conduite dans une tranchée	page168

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. 1: Coordonnées de la station	page9
Tableau I.2: Précipitations saisonnières pour la période 1997-2013.....	page10
Tableau I.3 : Précipitations mensuelles pour la période 1997-2013	page11
Tableau I.4 : Températures moyennes mensuelles pour la période 1997-2013	page12
Tableau I.5 : Humidités mensuelles (1997-2013)	page12
Tableau I.6 : Vitesses moyennes mensuelles du vent (1997 – 2013).....	page13
Tableau I.7 : Evaporations mensuelles (1997-2013).....	page13
Tableau I.8 : Evaporations annuelles (1999-2009)	page13
Tableau I. 9: Résultats des calculs d’ETP de la zone du projet (en mm)	page14
Tableau I.10 : Nombre de jours moyens de gelée à la station ES-SENIA	page14
Tableau I.11 : Nombre de jours de neige et grêle sur 16 ans (Station d’ES-SENIA). Source: ONM 2013	page15
Tableau I.12 : Nombre de jours moyens de sirocco à la station de d’ES-SENIA.....	page15
Tableau I.13 : Répartition mensuelle de tension de vapeur d’eau en mbar.....	page15
Tableau I.14 : Ensoleillement en heures	page16
Tableau I.15: paramètres et quotient d’Emberger	page17
Tableau I.16: Indice d’aridité mensuel.....	page18
Tableau II-1 : Répartition des superficies par classe de perméabilité.....	page23
Tableau II-2: Répartition des superficies par classe de conductivité	page24
Tableau II- 3: Surface et nombre de parcelles par commune.....	page26
Tableau II- 4: Répartition de la superficie des exploitations par commune.....	page28
Tableau II-5: Occupation des parcelles	page29
Tableau II-6: Effectif actuel du cheptel par espèce et taille d’exploitation.....	page31
Tableau III-1: Formes de réutilisation des eaux usées	page35
Tableau III-2 : Nombre de STEP à l’échelle nationale	page40
Tableau III-3: Perspectives de traitement et de réutilisation des EE en irrigation.....	page42
Tableau III-4 : Normes de réutilisation des eaux usées épurées.....	page42
Tableau IV-10: Rejets d’eaux usées Cheminée Petit Lac Oran.....	page66
Tableau IV-11: caractéristiques et constituants spécifiques des eaux résiduelles de certaines activités industrielles avec les risques, et les recommandations de prétraitement nécessaires	page67
Tableau IV-12: Charge maximum en éléments traces permise sur les terres agricoles en kg/ha.an (adapté de Biswas, 1987)	page68
Tableau IV-13 : normes des éléments traces dans les eaux traitées destinées à l’irrigation.....	page74
Tableau V-1: Pluies moyennes mensuelles observées à la station de SENIA	page79
Tableau V 2 : Test de validité des deux ajustements.....	page81
Tableau V 3 : Ajustement à la loi de Gauss	page81
Tableau V 4 : Calcul des pluies mensuelles pour l’année sèche (freq= 80%)	page81
Tableau VI 1: Résultats des analyses de l’eau de la Step d’Oran.....	page84
Tableau VI 2 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique et de SAR	page84
Tableau VI .3 : Evapotranspiration de référence (ETo) de la zone d’étude	page88
Tableau VI.4 : Précipitation efficace dans la zone d’étude	page89
Tableau VI 5 : Système de cultures proposées à la zone.....	page91
Tableau VI-6 : Calcul des besoins en eau du Blé/Avoine.....	page93
Tableau VI-7 Calcul des besoins en eau de l’orge	page93
Tableau VI-8 Calcul des besoins en eau de l’olivier.....	page94
Tableau VI-9 : Calcul des besoins en eau du pêcher.....	page94
Tableau VI-10 : Calcul des besoins en eau du pommier.....	page95
Tableau VI-11 Calcul des besoins en eau Du Sorgho	page96
Tableau VI-12 Calcul des besoins en eau du Mais	page96
Tableau VI-13 Calcul des besoins en eau du tournesol	page97

Tableau VI-14 Calcul des besoins en eau du tabac	page98
Tableau VI-15 : Besoin en eau d'irrigation des cultures	page100
Tableau VII 2 : Choix du diamètre de la borne.....	page109
Tableau VII-3 : Débits au niveau de chaque ilot.....	page109
Tableaux VII-4 : données de la conduite de refoulement	page116
Tableau VII-5 : Calcul de la HMT pour divers diamètres de la conduite.....	page117
Tableau VII-6:Calcul des dépenses énergétiques annuelles en fonction des diamètres.....	page117
Tableau VII-7 : Calcul du prix de revient des diamètres de la conduite.....	page117
Tableau VII-8 : Bilan technico-économique des diamètres choisis	page118
Tableau VII- 9 : Caractéristiques des pompes disponibles	page119
Tableaux VII-10 : données de la conduite de refoulement	page121
Tableau VII-11 : Calcul de la HMT pour divers diamètres de la conduite.....	page121
Tableau VII-13 : Calcul du prix de revient des diamètres de la conduite.....	page122
Tableau VII-14: Bilan technico-économique des diamètres choisis	page122
Tableau VII- 15 : Caractéristiques des pompes disponibles	page123
Tableau VII 16 : Choix de la ventouse.....	page131
Tableau VII 17 : Choix de la vidange	page131
Tableau X 1 : calcul du diamètre de la porte rampe.....	page147
Tableau X 2 : calcul du diamètre de la rampe.....	page147
Tableau X 3 : calcul des diamètres de la conduite tertiaire.....	page147
Tableau X 4 : Récapitulatif des calculs hydrauliques	page147
Tableau XII.1Devis estimatif et quantitatif des conduites (fourniture, transport, pose et terrassement)	page164
Tableau XII.2 Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation (fourniture, transport, pose et terrassement.....	page165
Tableau XII.3 Devis estimatif et quantitatif des vannes (fourniture, transport et pose)	page165
Tableau XII.4 Devis estimatif et quantitatif des chambres des vannes.....	page166
Tableau XII.5 Devis estimatif et quantitatif des ventouses.....	page166
Tableau XII.6 Devis estimatif et quantitatif des vidanges direct et indirect	page167
Tableau XII.7 Devis estimatif et quantitatif de brise vent	page170

Listes des planches

- 1- Plan des situations
- 2- Profil en long de la conduite d'amenée
- 3- Réseau projeté
- 4- Réseau à la parcelle