



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**IRRIGATION DU PERIMETRE D'EL-ANCOR APARTIR DE
LA STATION D'EPURATION DE CAP FALCON (320HA)**

Présenté par :
ZIAD Sarra

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr.MEDDI.M	Professeur	Président
Mr.YAHIAOUI.S	M.A.A	Examineur
Mme.MAZOUZIS	M.A.A	Examineur
Mme.AZIEZ.O	M.C.B	Promoteur

Session :2020/2021

Remercîment

Avant tout, je remercie le bon Dieu qui a illuminé mon chemin et qui m'a donné la force, ainsi que la bonne volonté pour achever le cursus universitaire et ce modeste travail.

Je tiens à remercier chaleureusement, Mon encadreur Madame AZIEZ OUAHIBA qui a bien voulu m'encadrer durant ce mémoire de master, et qui a assuré la direction et l'orientation scientifique de ce travail.

Je lui exprime mes vifs remerciements et ma sincère gratitude. Enfin, mes derniers remerciements mais non les moindres s'adressent à tout le corps enseignant et le personnel de l'E.N.S.H, et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ma formation.

Dédicace

A MA TRES CHERE MERE fatima Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Ta prière et ta Bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance. J'espère ne jamais te décevoir, ni trahir ta confiance et tes sacrifices. Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et Bonheur.

A MON TRES CHER PERE nouredine De tous les pères, tu es le meilleur. Tu as été et tu seras toujours un exemple pour moi par tes qualités humaines, ta persévérance et perfectionnisme. En témoignage de brut d'années de sacrifices, de sollicitudes, d'encouragement et de prières. Pourriez-vous trouver dans ce travail le fruit de toutes vos peines et tous de vos efforts. En ce jour, j'espère réaliser l'un de tes rêves. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes respects, ma reconnaissance et mon profond amour. Puisse Dieu vous préserver et vous procurer santé et bonheur

A MON FRERE abderahmane Je ne saurai traduire sur du papier l'affection que j'ai pour Toi, je n'oublierai jamais ces merveilleux moments passés ensemble Intelligent que tu es, j'implore Allah de te réserver un avenir meilleur

A MA PETITE SŒUR hadjer Une sœur comme on ne peut trouver nulle part ailleurs, Puisse Allah te protéger, garder et renforcer notre fraternité. Je te souhaite tout le bonheur et la réussite du monde.

الملخص

الهدف من هذا الملخص هو إسقاط شبكة ري حول محيط

سهل الأنكور الذي يقع على مستوى ولاية وهران ، والذي يغطي مساحة 320 هكتارًا ، سيتم توفير هذا المحيط من قبل محطة معالجة مياه الصرف الصحي في كيب فالكون. تعتمد هذه الدراسة على تحليل الخصائص المناخية والبيولوجية والمائية للمنطقة من أجل تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل وإنشاء شبكة ري مناسبة.

لقد اخترنا الري بالتنقيط من أجل زيادة العائد الزراعي وتحسين إدارة الموارد المائية بالإضافة إلى دراسة فيزيائية كيميائية لجودة المياه النقية.

Résumé

L'objectif de ce présent mémoire est la projection d'un réseau d'irrigation du périmètre de la

Plaine d'el ancor qui se situe au niveau de la wilaya de ORAN, qui s'étend sur une superficie de 320 ha, ce périmètre sera alimenté par la station d'épuration de cap falcon. Cette étude est basée sur l'analyse des caractéristique climatiques, pédologique et hydrique de la zone afin d'aboutir à estimer les besoins en eaux des cultures et réalisé un réseau d'irrigation adéquat.

Nous avons opté pour l'irrigation par le système goutte à goutte dans le but d'augmenter le rendement agricole et avoir une meilleure gestion des ressources en eaux ainsi une etude physiquo-chimiques de la qualité d'eaux épurées.

Abstract

The objective of this brief is the projection of an irrigation network around the perimeter of the

Plain of el ancor which is located at the level of the wilaya of ORAN, which covers an area of 320 ha, this perimeter will be supplied by the treatment plant of cap falcon. This study is based on the analysis of the climatic, pedological and water characteristics of the area in order to estimate the water needs of crops and establish an adequate irrigation network.

We have opted for drip irrigation in order to increase agricultural yield and have better management of water resources as well as a physicochemical study of the quality of purified water.

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I : description de la zone	
I.1.Présentation de la zone d'étude.....	2
I.1.1.Localisation de la zone.....	2
○ Occupation du sol communal.....	3
○ Occupation agricole.....	3
I.1.2.Localisation du périmètre.....	3
I.2. aperçu géologique.....	4
1.2.1. géologie régionale.....	4
1.2.2. géologie du site.....	4
I.3.réseau routier.....	5
I.4.données climatologiques.....	6
1.4.1.temperature moyenne.....	7
1.4.2.temperature moyenne maximal et minimal.....	8
1.4.3.l'humidité.....	9
1.4.4.les vents.....	10
1.4.5.l'insolation.....	10
1.4.6.pluviométrie.....	11
I.5.calcification du climat.....	11
1.5.1.indice d'aridité de matrone.....	11
1.5.2.quotient d'EMBERGER.....	12
1.5.3.diagramme Ombrothermique de gaussen.....	13
I.6.les ressources en eau pour l'irrigation.....	14
I.7.natures des ouvrages de mobilisation des ressources en eau et mode d'irrigation.....	15
Chapitre II : ressource en sol	
II.1.la classification des sols.....	17
II.2.Rappels sur la classification CPCS.1969.....	17
a. Bases de la classification des sols.....	17
b. B. les unités majeures.....	17
c. C. les unités mineures.....	18
II.3.caracteristiques morphologiques et analytiques des sols.....	18

II.4.le matériau parental des sols de la zone d'étude.....	19
II.3.1.1.profil type sur matériaux rubefier.....	19

Chapitre III : étude d'hydrologie

III.1.série pluviométrique.....	26
III.2.Homogénéité de la série pluviométrique.....	27
III.3. Ajustement de la série pluviométrique.....	29
III.4.test de validité d'un ajustement.....	30
III.5.determination de l'année de calcul.....	30

chapitre IV : aperçu sur la step de cap falcon

IV.1.considerations générales sur les eaux usées.....	33
IV.2.nature et origine des eaux usées.....	33
IV.2.1.les eaux usées domestiques.....	33
IV.2.2.les eaux usées industrielles.....	33
IV.2.3.les eaux de pluie de ruissellement.....	33
IV.3.les principaux paramètres de la pollution.....	34
IV.3.1.les paramètres physiques de la pollution.....	34
a)- la couleur.....	34
b)-l'odeur.....	34
c)-la température.....	34
d)-la conductivité.....	34
e)-la turbidité.....	34
f)-matière en suspension (MES).....	34
g)-les matières volatiles en suspension (MVS).....	35
h)-les matières minérales (MM).....	35
IV.3.2.les paramètres chimiques de la pollution.....	35
a)-La demande biochimique en oxygène(DBO5).....	35
b)-La demande chimique en oxygène(DCO).....	35
c)-Le carbone organique totale.....	35
d)-Le ph(potentiel hydrogène).....	35

IV.3.3. substances nutritives.....	36
a)-Azote.....	36
b)-Phosphore.....	36
Définition d'eutrophisation.....	37
c)-éléments tracés.....	37
d)-salinité.....	38
e)-chlorure de sodium.....	38
f)-le bore.....	39
g)-sodisation.....	39
IV.3.4.Effets des sels et du sodium sur les plantes et sur les sols.....	40
IV.4. critère bactériologique et parasitologique.....	40
IV.5.critère bactériologique et parasitologique des eaux épurées de la step.....	41
IV.6.reutilisation des eaux usées pour l'irrigation.....	41
IV.6.1.mode d'utilisation.....	41
IV.6.2.demande d'eau.....	41
IV.6.3.mode d'irrigation des cultures.....	41
IV.7.qualite de l'eau a utiliser.....	41
IV.8.critères d'irrigation.....	42
IV.9.l'avantage de la réutilisation des eaux usées.....	42
IV.9.1 l'inconvénient de la réutilisation des eaux usées.....	43
a)-Un risque sanitaire.....	43
b)-un risque Technique.....	43
c)-un risque Agronomique et environnemental.....	43
IV.10.Localisation de la step.....	44
IV.11.l'origine des effluents a traiter.....	44
IV.12.capacité de traitements.....	44
IV.13.qualité des boues.....	45
IV.14.boues et déchets.....	45
IV.15.syntheses et interprétation des caractéristiques des eaux usées a traiter.....	45
IV.15.1.les concentrations des pollutions a l'entrée.....	45

15.2.caracteristique de l'effluent traite.....	46
15.3.résultat des analyses bactériologiques.....	46
15.4.résultat des analyses des métaux lourds.....	47
15.5.estmation de sar.....	47

Chapitre V : les besoins en eau des cultures

V.1.les besoins en eau d'une culture.....	50
V.2.l'évapotranspiration.....	50
V.2.1.evapotranspiration de référence ET0.....	51
V.2.2. évapotranspiration maximale d'une cultureETM.....	51
V.2.3.evapotranspiration réelle ETR.....	51
V.3.methode d'évaluation de l'évapotranspiration.....	52
V.3.1.methodes directes.....	52
V.3.2.methodes indirectes.....	52
1-formule de blaney et criddle.....	52
2-de turc.....	52
3-penman.....	53
V.4.calcul de l'évapotranspiration de référence Et0 par la formule de penman monteith.....	53
V.5.la pluie efficace.....	55
V.6.les choix de cultures.....	57
V.6.1.occupation des sol.....	57
V.7.definition des besoins en eau d'irrigation nette d'une culture.....	57
V.8calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures.....	57
V.8.1.cacul du débit spécifiques.....	58
V.8.2.evaluation du débit caractéristique.....	58
V.8.3.efficience de l'irrigation.....	59
V.8.4.Estimation des besoins en eau des cultures.....	59
V.8.5.calcul des besoins en eaux des céréales.....	59
V.8.6.cacul des besoins en eaux des fourragères.....	61
V.8.7.calcul des besoins en eaux des maraichères.....	62
V.8.8.calcul des besoins en eaux de l'arboricultures.....	62

V.9. estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	68
---	----

Chapitre VI : dimensionnement du réseau d'adduction et de distribution

VI.1. ilots d'irrigation.....	70
VI.1.1. role et fonction de la borne d'irrigation.....	70
VI.2. taille d'ilot.....	70
a)- Taille maximum de l'ilot.....	70
b)- Taille minimum de l'ilot.....	71
VI.1.3. Decoupage des ilots.....	71
VI.1.4. implantation des bornes.....	74
a)- Type et nombre de bornes.....	75
b)- Borne a une seule sortie.....	77
c)- borne a deux sortie.....	77
d)- borne a quatre sorties.....	77
VI.1.5. débit de bornes.....	77
VI.1.6. choix du diamètre de la borne.....	78
VI.1.7. dimensionnement des bornes.....	78
VI.2. schéma d'adduction et de distribution.....	80
VI.2.1. schema directeur d'irrigation.....	80
VI.2.2. choix de la variante.....	80
VI.2.3. dimensionnements du réseau d'adduction.....	81
VI.2.4. Dimensionnement du Réservoir de stockage.....	81
VI.2.5. dimensionnement de la conduite d'adduction.....	81
VI.2.5.1. calcul du débit d'équipement.....	81
VI.2.5.2. conduite de refoulement.....	82
VI.2.5.3. calcul des pertes de charges.....	82
VI.5.4. calcul des frais d'amortissement.....	83
VI.5.5. calcul des frais d'exploitation.....	83
VI.5.6. puissances des pompes.....	84
VI.5.7. energie consommée par la pompe.....	84
VI.2.6. bilan total des frais.....	84

VI.2.7.choix des pompes et nombres des pompes.....	86
VI.2.8.verification contre la cavitation.....	87
VI.2.9.calcul des dimensions de la station de pompage.....	88
VI.3.etude du système d'adduction-distribution (desserte gravitaire).....	91
VI.3.1.Dimensionnement du réseau de distribution.....	91
VI.3.1.1.Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire.....	91
VI.3.1.2.vitesses admissibles.....	91
VI.3.1.3.Choix du matériau des conduites.....	91
a)- en fonte.....	91
b)- en PEHD.....	91
c)-en prv.....	92
VI.3.1.4.Calcul des diamètres.....	92
VI.3.1.5.Calcul des pertes de charge.....	92

Chapitre VII : dimensionnement d'un réseau d'irrigation

Partie I

VII.1.differentes techniques d'arrosages.....	100
VII.1.1.mode d'arrosage.....	100
VII.1.1.1l'irrigation gravitaire.....	100
VII.1.1.2l'irrigation par aspersion.....	101
VII.1.1.3.irrigation par enrouleur.....	102
VII.1.1.4.l'irrigation par pivot.....	102
VII.1.5.l'irrigation localisée.....	103
VII.2.choix de la technique d'arrosage.....	103

Partie II : dimensionnement du système d'irrigation

VII.1 dimensionnement hydraulique d'un reseau de goutte à goutte.....	105
VII.1.1.Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	106
VII.1.1.Les besoins journaliers.....	106
VII.1.3.Les besoins journaliers en tenant compte de la réduction (Influence du taux de couverture du sol).....	106
VII.1.4.Calcul des besoins bruts.....	107
VII.1.5.Pourcentage du sol humidifié.....	108

VII.1.6.La dose d'irrigation nette pratique.....	108
VII.1.7.Fréquence des arrosages.....	109
VII.1.8.La dose brute.....	109
VII.1.9.Durée d'arrosage par mois.....	109
VII.1.10.Durée d'arrosage journalier.....	110
VII.1.11.Nombre de poste.....	110
VII.1.12.Surface du poste.....	110
VII.2.Calculs hydrauliques.....	110
VII.2.1.Le débit.....	110
VII.2.2.Le nombre d'arbres par rampe.....	111
VII.2.3.Nombre de goutteurs par rampe.....	111
VII.2.4.Le nombre de rampe.....	111
VII.2.5.Débit de la rampe.....	111
VII.2.6.Débit de la porte rampe.....	111
VII.3.Dimensionnement des différentes parties du réseau.....	111
VII.3.1.Calcul du diamètre et la vitesse de la rampe.....	111
VII.3.2.La vitesse des rampes est calculée d'après la formule suivante.....	112
VII.3.3.Calcul du diamètre de porte rampe.....	112
VII.3.4.La vitesse de la porte rampe est calculée d'après la formule suivante.....	112
VII.4.La pression d'eau à la borne de distribution.....	113

Chapitre VIII : calcul technico-économique

VIII. Travaux et estimations des couts concernant l'adduction et le réseau distribution.....	115
VII.1.Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de distribution.....	115
VIII.2.Estimation du cout de pose des canalisations.....	118
VIII.3.Estimation du cout du réseau de distribution.....	119
VIII.2.travaux de construction et estimation du cout du réservoir.....	120
VIII.2.1.travaux de construction du réservoir.....	120
VIII.3.Devis total du projet.....	120
Conclusion	121

Liste des tableaux

Chapitre I : description de la zone

Tableau I.1:coordonnées de la station météorologique de la région bousfer 'oran'.....	6
Tableau I.2 :répartition des températures moyennes de la région de bousfer el ancor	7
Tableau I.3 :température maximal et minimal de la région de bousfer el ancor	8
Tableau I.4:repartition de l'humidité relative moyenne en % de la région bousfer el ancor	9
Tableau I.5:moyennes interannuelles des vents de la région bousfer el ancor.....	10
Tableau I.6:durée d'insolation (en heures) de la région bousfer el ancor.....	10
Tableau I.7:repartition mensuelle moyenne de la pluviométrie de la station de bousfer.....	11
tableauI.8:ouvrages de mobilisation des ressources en eau.....	15

Chapitre II : ressource en sol

Tableau II.1:résultats analytiques du profil type brun foncé à rougeatre.....	21
Tableau II.2 :résultats analytiques du profil type matériaux calcaire.....	23

Chapitre III :étude d'hydrologie

Tableau III.1 :tableau de la série pluviométrique de la region de bousfer el ancor	26
Tableau III.2:test d'homogénéité de wilcoxon pour la station de bousfer.....	28
TableauIII.3 : résultats de l'ajustement à la loi de gauss.....	30
Tableau III.4 : statistique de base.....	30
TableauIII.5 :test de validité de l'ajustement.....	30
Tableau III.6 : pluviométrie moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	31

chapitre IV : aperçu sur la step de cap falcon

TableauIV.1 : comparer les éléments nutritifs des eaux usées par rapport aux normes de la qualité des eaux réutilisées.....	37
TableauIV.2 :concentration maximale en éléments tracés recommandés pour les eaux d'irrigation (Ayers et Westtot .1985).....	37
TableauIV.3 : classification des eaux d'irrigation.....	38
TableauIV.4 :seuils des brukures par les Na Cl.....	39
Tableau IV.5 :concentration maximale en bore dans l'eau d'arrosage.....	39
TableauIV.6 : seuils de résistance de quelques plantes cultivées à la salinité.....	40
tableauIV.7 : qualité de l'eau a utiliser.....	42
tableauIV.8 : capacité de traitements.....	45

Tableau IV.9 :concentration des polluants.....	45
Tableau IV.10 :caractéristiques de l’effluent.....	46
Tableau IV.11 : évaluation de la qualité d’eau	46
Tableau IV.12 : résultat des analyses bactériologiques.....	46
Tableau IV.13 :Résultat des analyses des métaux lourds.....	47

Chapitre V : les besoins en eau des cultures

Tableau V.1 :évapotranspiration potentielle de référence calculé.....	55
Tableau V.2 :calcul de la pluie efficace par le cropwat.....	56
Tableau V.3 : précipitation efficace dans la zone d’étude.....	56
Tableau V.4 : scénarios d’occupation du sol par l’ensemble de l’exploitation.....	57
Tableau V.5 : besoins en eau du blé dur.....	60
Tableau V.6 :besoins en eaux de l’orge.....	60
tableauV.7 : les besoins en eaux du sorgho.....	61
tableauV.8: les besoins en eaux du Bersim.....	61
tableauV.9 : les besoins en eaux du Pomme de terre.....	62
tableauV.10 : les besoins en eaux du De l’olivier et l’abricotier	62
tableauV.11 : les besoins en eaux du Figuier.....	63
tableauV.12 : les besoins en eaux du Pommier.....	63
tableauV.13 : les besoins en eaux du Vigne.....	64
tableauV.14: les besoins en eaux du Pêcher.....	64
tableauV.15 : les besoins en eaux du Poirier.....	65
tableauV.16: les besoins en eaux du Prunier.....	65
tableauV.17 : les besoins en eaux du Agrume orange.....	66
tableau V.18 : Récapitulatif des besoins.....	67
Tableau V.9 : les volumes d’eau d’irrigation pour notre périmètre.....	68

Chapitre VI : dimensionnement du réseau d’adduction et de distribution

Tableau VI.1 : taille des ilots et débit d’équipement correspondant.....	71
Tableau VI.2: Répartition du nombre d’ilots par classe de taille.....	72
Tableau VI.3 :les parcelles et leurs superficies.	73
TableauVI.4 : type de bornes.....	75

Tableau VI.5 :Répartition du nombre de borne par nombre d'exploitant.....	76
Tableau VI-6 : Choix du diamètre de la borne.....	78
Tableau VI-7 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre de la borne	79
Tableau VI-8 : calcul de HMT pour divers diamètres de la conduite.....	85
Tableau VI.9: calcule du prix de revient des diamètres de la conduite.....	85
tableauVI.10 :calcule des dépenses énergétiques annuelles en fonction des diamètres.....	85
Tableau VI-11: bilan technico-économique.....	85
Tableau VI.12 : Variantes pour le choix du nombre de pompes.....	86
Tableau VI.13. Pression atmosphérique en fonction de la côte.....	87
Tableau VI.14. Pression de vapeur en fonction de la température.....	88
Tableau VI.15 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.....	93
Tableau VI.16 : dimensionnement de la conduite de distribution.....	94

Chapitre VII : dimensionnement d'un réseau d'irrigation

Tableau VII.1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.....	104
Tableau VII-2: ilot choisir comme exemple de dimensionnement.....	105

Chapitre VIII : calcul technico-économique

Tableau VIII.1 : Calcul du volume de remblai.....	118
Tableau VIII.2 : Estimation du cout de pose de la conduite d'adduction.....	118
Tableau VIII.3 : Facture des différents types de conduites du système de distribution.....	119
Tableau VIII.4: Estimation du cout des travaux de terrassement du réseau de distribution....	119
Tableau VIII.5 : Estimation du cout du réservoir.....	120
Tableau VIII.6 : Estimation du cout du devis total.....	120

Liste des figures

Chapitre I : description de la zone

Figure I.1 situation géographique de la commune d'el ancor.....	2
Figure I.2 : vue satellitaire de la zone d'étude.....	3
Figure I.3 : extrait de la carte géologique oran nord 1/500 000.....	5
Figure I.4 : réseau routier.....	5
Figure I.5 extrait de la carte pluviométrique du nord d'algerie échelle 1/500000.....	7
Figure I.6 : histogramme de température mensuelle moyenne de la région de bousfer el ancor 1993-2019.....	8
Figure I.7 : histogramme de l'humidité relative en % de la region de bousfer el ancor 1985-2013.....	9
Figure I.8 : diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	13
Figure I.9 diagramme ombrothermique de gaussen.....	14

Chapitre II : ressource en sol

Figure II.1 : photo profil type rubéfié	20
Figure II.2. photo profil type.....	23

Chapitre III : étude d'hydrologie

Figure III.1 : graphique de l'ajustement à la loi normale station de bousfer el ancor.....	29
--	----

chapitre IV : aperçu sur la step de cap falcon

figure IV.1 :localisation de la step de cap falcon.....	44
figure IV..2 :diagramme de de Riverside, d'après l 'US Salinity Laboratory Staff (1954)....	48

Chapitre VI : dimensionnement du réseau d'adduction et de distribution

Figure VI.1 : bilan des frais.....	86
------------------------------------	----

Chapitre VIII : calcul technico-économique

Figure VIII.1 : Schéma d'une tranchée.....	116
--	-----

Introduction

La perturbation de l'environnement et du milieu naturel par les différents facteurs de pollution notamment ceux liés à la diversion des eaux usées dans la nature pose un sérieux problème pour l'équilibre écologique et partant constitue un frein pour le développement socio-économique. L'Algérie à l'instar des autres pays du monde n'échappe pas à ce problème. Plusieurs propositions ont été mises en évidence pour résoudre cette situation, mais à notre sens l'épuration des eaux usées reste la solution la plus appropriée.

L'épuration des eaux usées permet d'éliminer ou réduire dans une forte proportion les éléments polluants contenus dans l'eau. Il est vrai que cette pratique ne rend pas l'eau potable mais elle se traduit par l'élimination des déchets polluants parfois très nuisibles pour la nature et pour l'homme.

Techniquement les éléments polluants interviennent sur la qualité et la structure de l'eau et altèrent ses caractéristiques comme l'acidité ; la salinité et la température ; d'autre part devient plus chargé par les éléments chimiques ce qui la rend nuisible pour l'environnement et l'homme. Donc le traitement des eaux usées ménagères et industrielles se présente comme une solution incontournable pour l'équilibre de l'environnement.

D'autre part la proposition de cette action (épuration des eaux usées) est confortée par le problème de la raréfaction de l'eau que connaît le monde d'une manière générale et l'Algérie d'une manière particulière.

En effet notre pays est soumis en ce moment à une grande pression en matière d'irrigation agricole. L'eau provenant du traitement des eaux usées peut lever cette contrainte et répondre aux besoins d'apports d'eau à l'agriculture par ailleurs, elle peut aussi constituer un facteur déterminant dans le développement et la modernisation de certaines cultures agricoles. Il est à noter aussi que de par la qualité de l'eau obtenue, l'irrigation en question n'est pas élargie à toutes les spéculations agricoles.

Chapitre I :

Description de

la zone

I.1. Présentation de la zone d'étude

Introduction

Dans le but de réaliser un projet d'étude en irrigation agricole ; on commence par une présentation de la région d'étude et ses différentes caractéristiques. Donc ce chapitre est de nature géographique, géologique et même climatologique.

I.1.1. Localisation de la zone

La commune d'El Ançor, wilaya d'ORAN, métropole de l'ouest de l'ALGERIE s'étend sur une surface de 6560 ha (65.6km²). Elle appartient à l'ensemble côtier de Ain El Turck et Bousfer. Elle est située à 25 KM du chef-lieu de la wilaya.

Elle est limitée :

- Au Nord par la mer méditerranée.
- A l'ouest par la commune d'Ain kerma.
- A l'Est par la commune de Bousfer.
- Au Sud par la commune de Boutlelis.

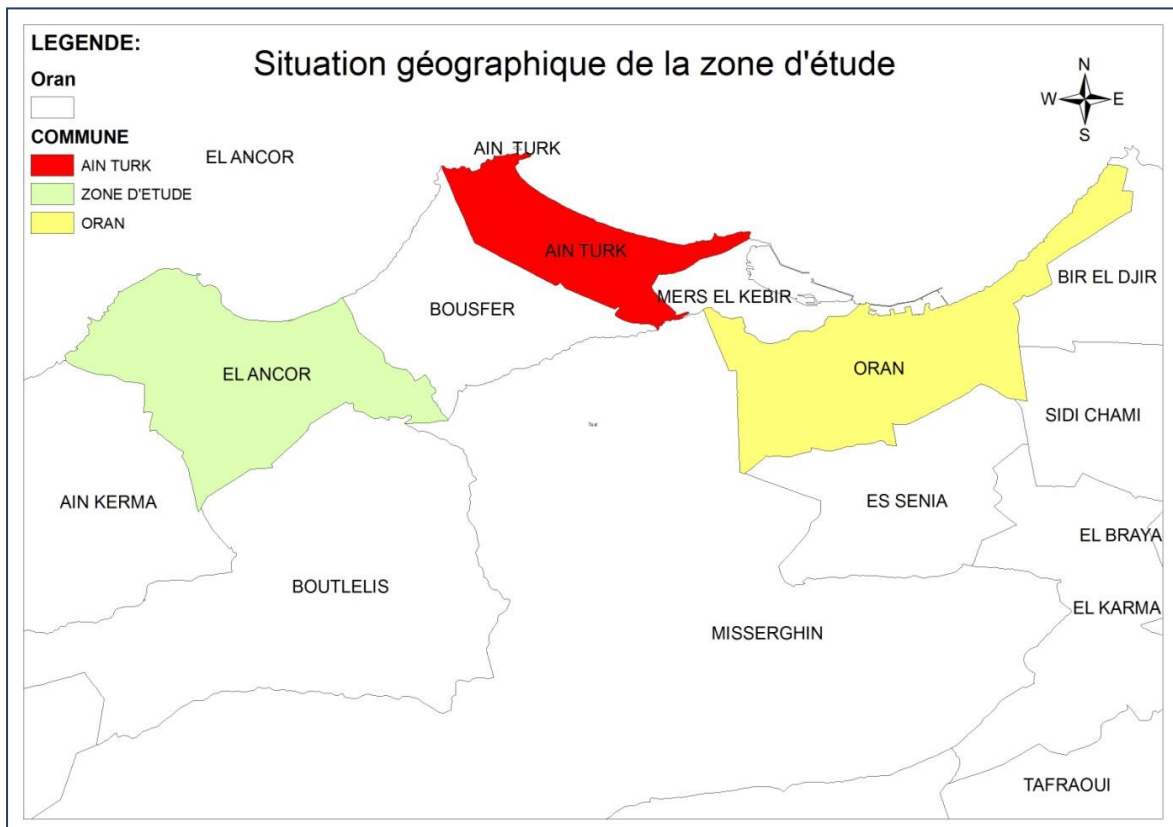


Figure I.1: Situation géographique de la commune d'El Ançor.

- **Occupation du sol communal :**

Les terres utilisées par l'agriculture dans la commune d'El_Ançor occupent une superficie de 2932,77 ha représentant ainsi 45% de la surface totale. Les 3574 ha qui restent sont occupées par les espaces urbains, les installations touristiques, les domaines de l'Etat, les bois et les forêts.

- **Occupation agricole :**

Sur les 2932,77 ha qui constituent la surface agricole totale 14.33% sont des terrains incultes tandis que 85.67% représente la surface utile dont 96,56% sont exploitées en sec, essentiellement par la céréaliculture. Seul 3,44% des terres sont menées en irriguées : l'arboriculture, la vigne et le maraichage.

I.1.2. Localisation du périmètre

Le périmètre qui fait l'objet de notre étude est situé au Sud-Ouest de la STEP de cap Falcon à une distance de 14 km et couvre une superficie de 300 ha. Il est limité par :

- La mer méditerranée au Nord,
- Bousfer et le CW N°44 à l'Est,
- Les Andalouses au Nord-Ouest,
- El Ançor au Sud-Ouest.

Ce périmètre regroupe les terres agricoles de trois domaines à savoir : Hedjazi Miloud, Zidane Benaouda, et Domaine Benamar Boubaker.

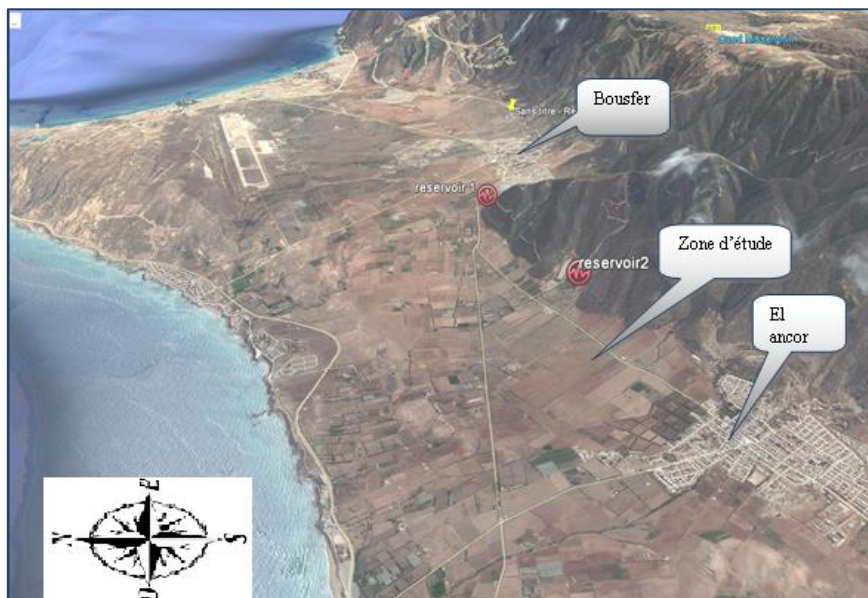


Figure I.2 : Vue satellitaire de la zone d'étude (Septembre 2018).

I.2. APERÇU GEOLOGIQUE

I.2.1. GEOLOGIE REGIONALE

La zone d'étude fait partie de l'Atlas tellien qui est une entité géographique qui a pour limites méridionales les hautes plaines et hauts plateaux et elle fait partie de l'orogénèse alpine.

La structure géologique se caractérise par des emplacements de nappes d'âge Miocène.

La zone d'étude fait partie ainsi du massif côtier d'Oran entre Madagh et Murdjajo.

Le territoire de la wilaya d'Oran est constitué par les unités suivantes :

Un sillon littoral septentrional, étroit, disloqué par les effondrements quaternaires (graben de Mers El Kebir), prolongé vers l'Est par les plateaux de Mostaganem.

Un massif (le Murdjajo) qui domine à l'Ouest la ville d'Oran très tectonisé, fracturé, érodé, métamorphisé et schistosité. A l'Est, le massif à son équivalent les monts d'Arzew.

Un sillon méridional, occupé essentiellement par la grande sebkha d'Oran, prolongement du vaste synclinal du chéiff où des épaisseurs de néogène dépassant 3000 m ont été reconnues par forages pétroliers.

I.2.2. GEOLOGIE DU SITE

La géologie du site est caractérisée par l'affleurement de formation marneuse à marno-argileuse, parfois sableuse de couleur grisâtre. Cette dernière est surmontée par des calcaires gréseux très compacts.

L'effet des crues a mis à nu des formations calcareuses très compacte formant le socle.



Figure I.3 : Extrait de la carte géologique Oran Nord 1/500 000.

- Qt **Quaternaire** : continental Alluvions Regs Terrasses,
- Qc **Calabrien** : Grés marins et formations dunaires associées,
- ms **Miocène terminal marin et lagunaire** : Couches à Tripoli, marnes à gypse,
- mm **Miocène supérieur marin** : Calcaires grés argiles.

I.4. RESEAU ROUTIER

La commune d'el ançor est située à 10 Km du chef-lieu de daïra d'Ain Turck wilaya d'Oran. Elle est reliée à Bousfer par le chemin de wilaya N°W20, et N° W84.



Figure I.4 : Réseau Routier.

I.4. Données climatologiques

Répartition des pluies mensuelles moyennes d'après la carte pluviométrique du Nord d'Algérie

Tableau I.1: coordonnées de la station météorologique de la région bousfer 'ORAN'

Station	Code ANRH	COORDONNEES LAMBERT	
		X	Y
BOUSFER	040301	182.500	272.500

Source : ANRH ORAN

L'étude climatique permet de fournir les éléments nécessaires pour le choix des cultures, et leurs besoins en eau. Les éléments climatologiques sont des facteurs principaux pour l'aménagement, le développement économique et social de la région d'étude. L'hydro climatologie du secteur d'étude est basée sur les données climatologiques de plusieurs stations représentatives, proches du secteur d'étude, surtout celles des stations de Bousfer, où les données pluviométriques (cumulée et maximale extrême) sont assez complètes, et étalées sur une période d'observation assez longue. Ces données, surtout celles de la pluviométrie maximale extrême et la pluie mensuelle, sont plus ou moins régulières et s'étalent sur une période assez longue (1985-2017). En effet Le climat de la région de Bousfer et El Ançor wilaya d'Oran, se caractérise par des étés chauds et sec et des hivers doux et humides. C'est pour cette raison qu'on l'appelle climat méditerranéen semi-aride.

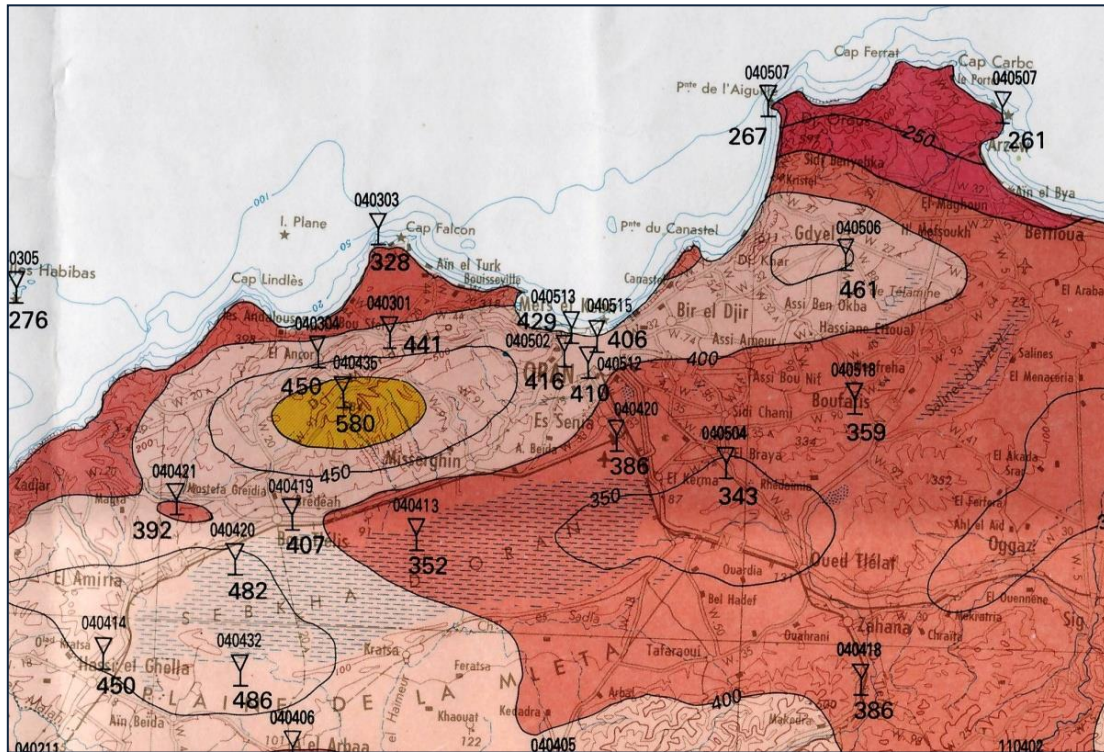


Figure I.5: Extrait de la carte pluviométrique du nord d'Algérie échelle 1/500.000.

I.4.1. TEMPERATURE MOYENNE

Les relevés climatologiques disponibles intéressent particulièrement la station d'Oran, dont l'extrapolation sur l'ensemble du bassin est admise avec quelques précautions. La répartition géographique des températures dans le bassin, montre aussi bien pour les valeurs extrêmes que pour les moyennes, deux contrastes thermiques remarquables, épousant l'orographie locale. La température moyenne est estimée à 18.37°C dont le maximum, 26.10°C est enregistré au mois d'Août et le minimum 11.94 °C au mois de janvier.

Le tableau suivant résume les paramètres moyens thermiques relevés par la station d'Oran

Tableau I.2: Répartition des températures moyennes de la région de bousfer el-ancor Période 1993-2019.

mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avrl	mai	juin	juill	aout	annuel
T moy (°c)	23,35	20,25	15,74	13,01	11,94	12,52	14,27	16,22	19,04	22,52	25,32	26,10	18,37

(Sources ANRH Oran et site internet NASA)

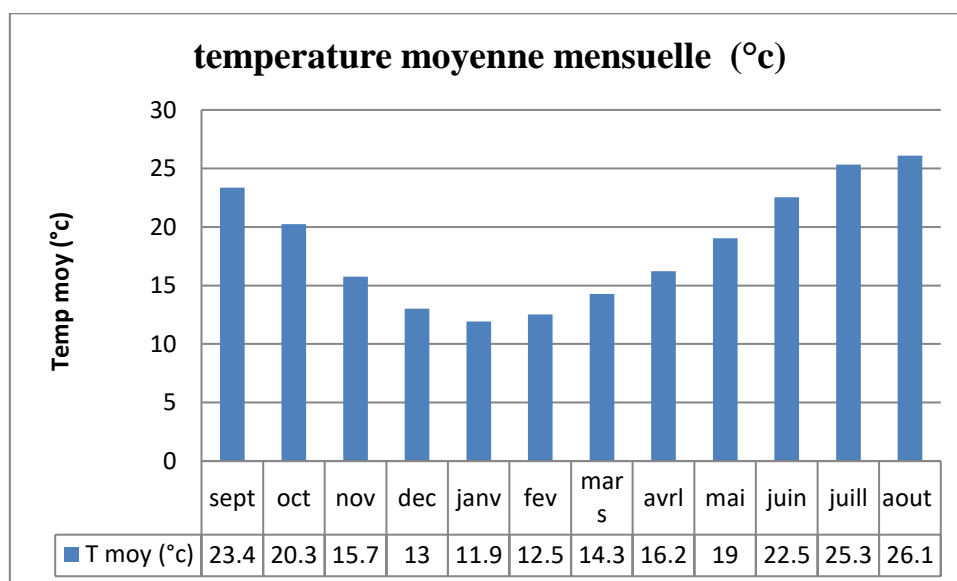


Figure I.6: histogramme de température mensuelle moyenne de la région de bousfer el-ancor 1993-2019.

I.4.2. TEMPERATURE MOYENNE MAXIMAL ET MINIMAL

Tableau I.3 : température maximal et minimal de la region de bousfer el-ancor 1993-2019.

mois	sept	Oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juill	aout	annuel
T moy (mm)	23.35	20.25	15.745	13.015	11.94	12.52	14.27	16.22	19.045	22.525	25.32	26.105	18.37
T max	28.06	24.62	19.57	16.98	15.43	17.01	18.39	20.13	23.64	27.68	30.6	31.3	22.8
T min	19.04	16.34	12.09	9.45	8.81	8.34	10.49	12.62	14.67	17.55	20.28	21.246	14.26

(Source ANRH Oran et site internet NASA).

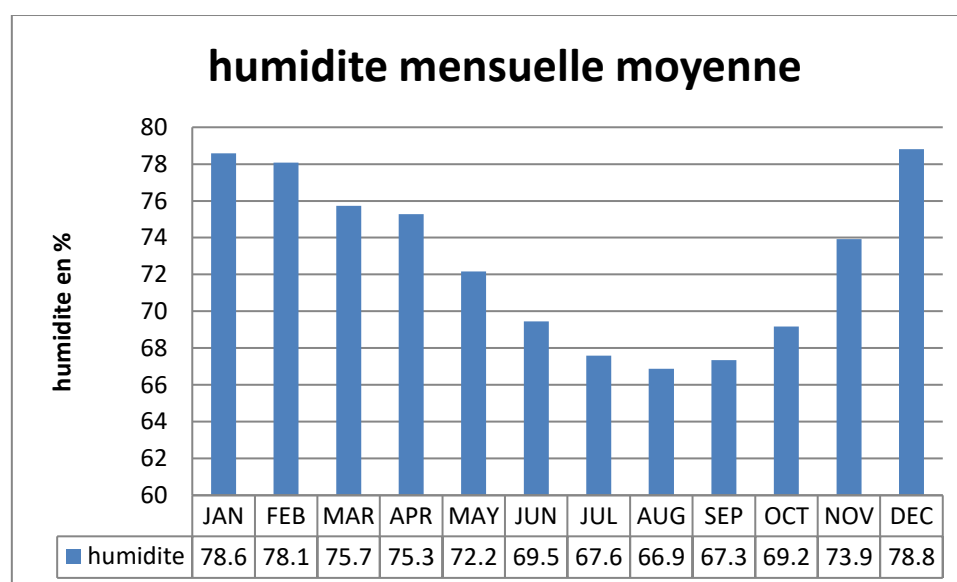
I.4.3.L'HUMIDITE

Tableau I.4 : Répartition de l'humidité relative moyenne en % de la région bousfer el- ancor (période observation 1985- 2013)

source :Oran station port

Mois	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
humidité relative moy %	78.59	78.07	75.72	75.28	72.17	69.45	67.58	66.88	67.33	69.17	73.92	78.81
Saison	77.46			72.30			67.26			73.97		
	hiver			printemps			été			automne		

L'humidité est plus importante en saisons pluvieuses en raison des masses d'air très chargées en vapeur d'eau couvrant les reliefs en montagne. Par contre les étés sont caractérisés par une humidité plus discrète. L'humidité relative annuelle moyenne est évaluée à environ 76 %. Aussi l'histogramme relative à l'humidité de la zone d'étude montre que cette dernière reste toujours en dessus de 50%.



FigureI.7 : histogramme de l'humidité relative en %de la région de bousfer el- ancor 1985-2013.

I.4.4.LES VENTS

Le vent exerce une action directe sur le couvert végétal, il peut influencer le climat par sa charge en humidité. Sa direction ouest sud-ouest, c'est une légère brise les vitesses des vents varient entre 6.1 km/h et 4.1 km/h. leur fréquences maximums est entre avril et juin.

Tableau I.5: moyennes interannuelles des vents de la région bousfer el-ancor

Station	J	F	M	Av	Mai	J	Jet	A	S	O	N	D	An
Vmoy(m/s)	5,8	5,8	5,7	6,1	5,8	6	5,5	5,4	5,1	4,5	5,1	4,1	5,5
v max(m/s)	25,4	24	23	24,4	23,4	21,6	19,8	20,2	21	25,2	25	24,6	23,17
NBJ>20M/S	3,6	2,8	3,2	4,8	4,4	2,4	1,6	1,8	3,2	1,6	5	3,6	38

Source (DRE Oran).

I.4.5.L'INSOLATION

Cette donnée est utile pour le calcul de l'évapotranspiration, qui conditionne les besoins en eau des cultures, d'une part, et d'autre part la durée d'ensoleillement est nécessaire pour la maturation des cultures.

La durée d'insolation est donnée au tableau en heures par mois. La moyenne journalière mensuelle d'insolation la plus faible est enregistrée en Décembre (5.87h), alors que la plus grande en Juillet (11h) : une moyenne de durée d'insolation journalière annuelle de 8.36h.

Tableau I.6 : Durée d'insolation (en heures) de la région buosfer el-ancor

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
Minimale	209	177	127	154	147	175	182	234	277	268	314	292	
Maximale	287	275	232	239	225	241	302	338	328	361	361	345	
Moyenne	260	228	200	182	188	202	235	276	301	319	341	319	3051
Heures/jour	8.67	7.35	6.67	5.87	6.06	7.21	7.58	9.20	9.71	10.6	11.0	10.3	8.36
Ecart-type	22	31	30	26	27	22	37	33	22	27	17	18	

Source (DRE Oran).

I.4.6. PLUVIOMETRIE

Le réseau pluviométrique, bien que peu étoffé, est cependant réparti d'une façon suffisamment satisfaisante pour évaluer, sans faire trop d'erreurs, les précipitations annuelles sur l'ensemble du bassin.

Les données disponibles couvrent, en effet, une période longue pour la station de Bousfer el-ancor, il a été étudié pour cette station l'évolution de ce paramètre pratiquement sur l'ensemble de phases humides et sèches sur la période 1985-2017, donnant la répartition mensuelle pluviométrique.

Tableau I.7: Répartition Mensuelle moyenne de la pluviométrie de la Station de Bousfer Période 1985-2017

mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juill	aout	annuel
Pmoy (mm)	14.23	31.31	64.08	63.50	65.24	45.69	39.63	35.92	18.69	2.20	1.33	1.07	382.88

(source ANRH ORAN).

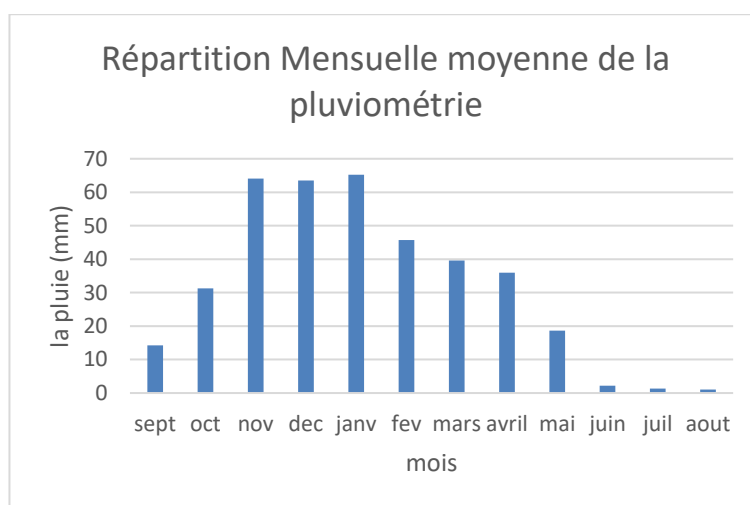


Figure I.8 : histogramme de la pluviométrie en mm de la région de bousfer el-ancor 1985-2017.

I.5. Calcification du climat

On calcul des indices climatique (agro-métérologique), permettent de caractériser l'étage bioclimatique en identifiant les saisons sèches et les saisons arides.

Plusieurs indices ont été élaborés en combinant généralement des données de précipitations et la température de l'air.

I.5.1. Indice d'aridité de DE MARTONE

L'Indice d'aridité de **DE MARTONE** est un indicateur utile pour caractériser le phénomène d'aridité, il sert à déterminer la classification du climat en fonction d'un rapport de température sur la pluviométrie annuelle, et permet à se renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation dans la zone.

$$I_A = \frac{P}{T+10}$$

Tel que :

P : précipitation moyenne annuelles en (mm) ;

T : température moyenne annuelle en (°C) ;

IA : indice d'aridité.

L'application numérique de la formule nous donne :

- $P_{\text{moy}}=382.88\text{mm/an}$
- $T_{\text{moy}}=18.37\text{C}^\circ$

$$I_A = \frac{382.88}{18.37+10} = 13.495$$

$I_A = 13.495$

En se basant sur I_A on peut déterminer le type de climat suivant le tableau ci-dessous :

Valeur de I_A	Type de Climat	Irrigation
$I_A < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I_A < 10$	Très Sec	Indispensable
$10 < I_A < 20$	Sec	Souvent Indispensable
$20 < I_A < 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I_A > 30$	Humide	Inutile

D'où $I_A = 13.495$, le climat de la zone d'el-ançor est Sec ou l'irrigation est souvent indispensable.

I.5.2. Quotient d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'Emberger s'exprime par la formule suivante

$$Q = \frac{1000 * P}{\frac{M+m}{2} * (M - m)} = \frac{2 * 1000 * P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

Q : coefficient pluviothermique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Pour : P=382.88 ; M=31.3 °C et m=8.34°C

D'où

$$Q = \frac{2 * 1000 * 382.88}{(31.3 + 273)^2 - (8.34 + 273)^2} = 56.94$$

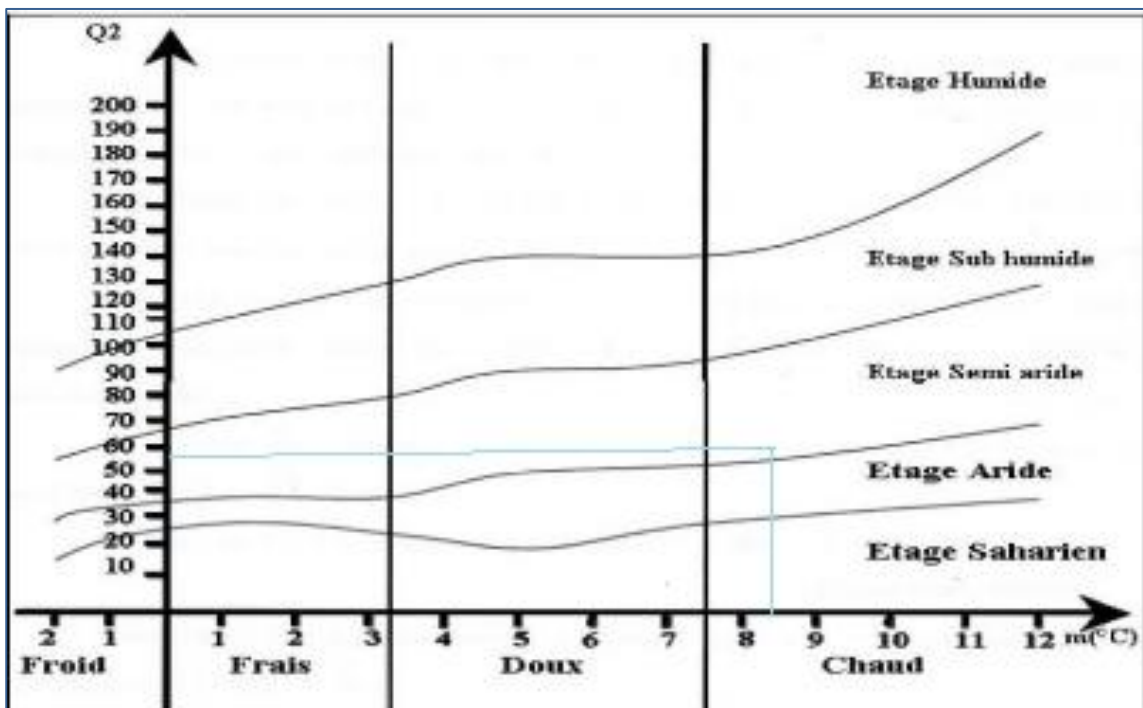


Figure I.8 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger représenté dans la figure 9, en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid (m) et de la valeur de (Q) on peut déduire l'étage bioclimatique de notre région d'étude.

Le zone d'el-ançor a un climat semi-aride et un hiver chaud.

I.5.3. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$.

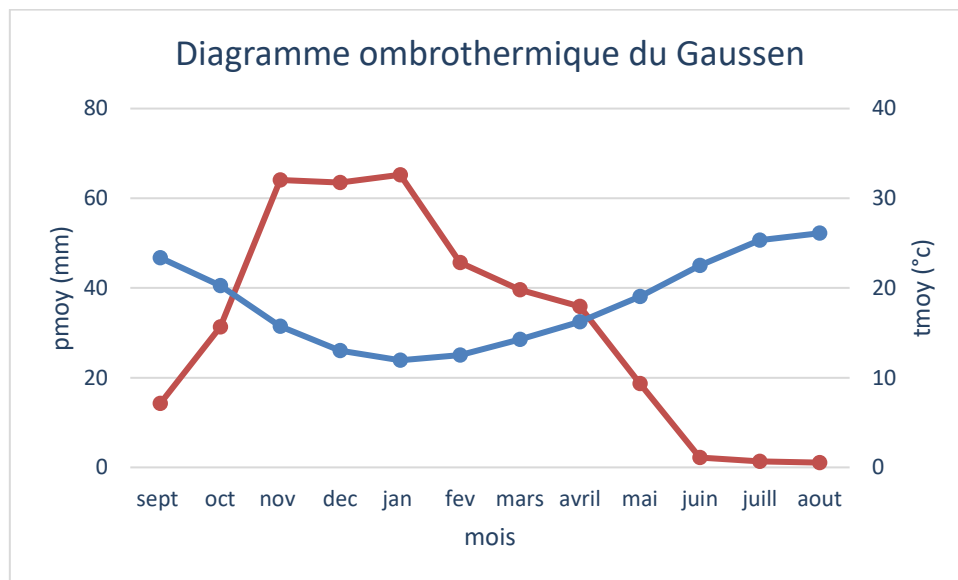


Figure I.9 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN.

Pour la station de Bousfer, le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN met en évidence une période sèche allant du mois d'avril au mois d'octobre. Ceci montre que le recourt à l'irrigation est nécessaire durant cette période.

I.6. LES RESSOURCES EN EAU POUR L'IRRIGATION

L'inventaire des points d'eau dans les deux communes fait ressortir que les potentialités souterraines sont actuellement les seules ressources exploitées en irrigation.

La zone d'étude compte deux (02) forages et 105 puits, dont le débit est de moyen à faible.

Le déficit en eau sera très élevé si on tient compte des surfaces potentiellement irrigables. Ce déficit est remarquable lors des périodes estivales où les besoins en eau des cultures sont importants.

Donc, il est nécessaire de trouver d'autres sources pour combler ce déficit hydrique en irrigation, telle que la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation.

I.7. NATURES DES OUVRAGES DE MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU ET MODE D'IRRIGATION

Tableau I.8 : ouvrages de Mobilisation des ressources en eau

Communes	Puits	Forage	équipement Pompage	Bassins	Goutte à goutte		aspersion
	Nbres	Nbres	Nbres	Nbres	Station tete	réseau (ha)	
EL ANÇOR	61	2	63	63	60	329.6	–

Source : données statistiques annuelle 2016/2017 subdivision Ain Turck

Interprétation des données

Les irrigations de surface recouvrent l'ensemble des techniques d'irrigation où l'eau disponible en tête de parcelle est répartie sur le terrain à irriguer par un écoulement gravitaire de surface nécessitant un aménagement adéquat de sol.

Autres techniques d'irrigations sont introduites par le biais du programme PNDA dans cette zone. Comme l'irrigation localisée (GAG), (534.10 ha d'arboriculture est irriguée par ce système).

Conclusion

Après notre étude et les différentes analyses faites sur la zone d'études, il ressort que le périmètre d'El Ançor jouit d'un climat semi-aride, et aussi ce projet d'aménagement hydro-agricole soit adapté à la région et il sera très bénéfique sur le plan socio-économique de la région.

CHAPITRE II :

Resource en sol

Chapitre II : ressource en sol

Introduction

Dans ce chapitre on a essayé d'étudier l'Agro-pédologie du sol de notre périmètre, pour permettre de caractériser les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols de façon à améliorer leur fertilité.

II.1.La classification des sols

La classification des sols est celle en usage de la CPCS (la Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols), 1969 qui est une classification française basé essentiellement sur les caractéristiques morphogénétiques. Cette classification est optée même par l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique « A.N.R.H ».

La classification des sols comprend, en plus des unités majeures (Classe ; la sous classe ; groupe et le sous-groupe) ; les unités mineures représentées par la famille ; série ; et type à l'intérieure de chaque sous-groupe.

Si à travers les unités majeures en arrive à fixer la filiation génétique d'un sol, la physionomie d'un sol est décrite par les unités mineures (ou niveau inférieure).

- La famille indique la nature du matériau sous-jacents ou sol proprement dit.
- La série indique la profondeur du sol au-dessus de ce matériau.
- Le type intervient avec la texture de l'horizon supérieur

II.2.Rappels sur la classification CPCS, 1969

L'étude pédologique existante a été faite sur la base de la classification CPCS, 1969 adaptés par la méthode ANRH A cet effet, il est important de faire des rappels sur les paramètres à prendre en charge de la classification utilisée.

a. Bases de la classification des sols

Nous avons opté pour travailler avec la classification française (CPCS, 1969), qui est la plus utilisée en Algérie. Les principales bases de cette classification sont : la classe, la sous classe, le groupe, le sous-groupe, la famille, la série et le type, bien que les analyses demandées ne remplissent pas les conditions pour que les sols soient bien classifiés.

Nous avons donc, comblé ce déficit par nos connaissances en matière de sols. A noter aussi que pour aboutir à une bonne classification, il faut connaître les réserves organiques du sol ainsi que leur saturation en ions (solution du sol).

b. Les unités majeures

- ✓ les classes : les critères fondamentaux pour toutes les classes sont :
 - le degré d'évolution et la différenciation du profil,

- la nature de l'altération et de la formation des argiles,
- les processus physico-chimiques de base liés à la nature et aux propriétés du complexe organo--minéral existant dans le profil.
 - ✓ Les sous classes : leur différenciation reposent sur des critères résultant des conditions de pédoclimat, dans lequel entrent non seulement les notions de température et d'humidité du sol (liés ou non au climat local), mais aussi la notion de saturation de la solution du sol en certains ions (cations et anions). C'est donc l'ambiance physico-chimique qui est utilisée pour définir les sous-classes, dont les éléments principaux sont :
 - La température,
 - L'humidité,
 - L'état réduit ou oxydé,
 - La solution du sol.
 - ✓ Les groupes : ils sont définis :
 - Par des caractères morphologiques du profil : différenciation de certains horizons,
 - Lessivage du calcaire, des éléments colloïdaux, etc.
 - ✓ Les sous-groupes : ils comprennent en général plusieurs sous-groupes dont les caractères essentiels des profils sont les mêmes, mais différenciés soit par :
 - Une intensité variable d'une catégorie à l'autre, du processus fondamental d'évolution caractéristique du groupe.
 - La manifestation d'un processus secondaire indiqué par certains nouveaux éléments du profil (concrétions, induration, tâches d'hydromorphie, élargissement de la structure,...)

c. Les unités mineures

- ✓ La famille : ce sont toutes les séries formées à partir du même matériau pétrographique.
- ✓ La série : c'est une unité cartographique de classification dont les caractères édaphiques sont suffisamment homogènes pour que les variations typologiques n'aient pas d'influence marquée sur la croissance des plantes cultivées ou spontanées.

II.3. Caractéristiques morphologiques et analytiques des sols

Sur la base de la classification française, on rencontre dans les bas-fonds des sols peu évolués, et sur des grés calcaires et calcaires des sols bruns calcaires

Les sols de l'aire d'étude sont répartis en deux (2) classes de sol :

- ❖ Les sols peu évolués,
- ❖ Les sols calcimagnésiques

II.4.LE MATERIAU PARENTAL DES SOLS DE LA ZONE D'ETUDE

Le périmètre est entouré d'une chaîne montagneuse de type gréseuse reposant sur des schistes et des argiles du vinéen et des argiles de mio- pliocène. La majorité de la texture est caractérisée par des limons et sables dont l'origine provenant d'un héritage de la roche mère citée ci-dessus ou d'un apport. Donc, ce sont des sols perméables dans certains endroits. Parfois, on note la présence de sables d'origine marine provenant des zones côtières suite aux vents marins.

Le transport solide pendant les crues a contribué à la formation des sols alluvionnaires composé par des sables, limons et des grés conglomératiques (alluvions colluvions) de différentes dimensions.

Les sols de la zone d'étude sont caractérisés par deux couleurs bien distinctes brun clair et brun foncé à rougeâtre.

La couleur brunâtre à rougeâtre est issue de l'altération aux matériaux parentale qu'y les grés existant sur Djebel .

Par contre la couleur brunâtre clair avec blanchissement de l'horizon de surface est héritée de l'altération de la roche les grés calcaires avec dominance du calcaire dolomitique.

II.3.1.1. PROFIL TYPE SUR MATERIAUX RUBEFIER

Cette unité cartographique correspond aux sols à lithologie sur des matériaux rubéfier sont évolués sur des matériaux rubéfiés de texture généralement limoneuse à sablo limoneuse parfois équilibrée. Elle se caractérise par :

- ❖ Une profondeur supérieure à 120 cm,
- ❖ Une texture sablo limoneuse, limoneuse, équilibrée,
- ❖ Un taux de calcaire actif très faible,
- ❖ La charge caillouteuse variable

❖ Profil type brun foncé à rougeâtre

- géomorphologie : terrasse alluviale.
- Relief : pente faible.
- Végétation : jachère
- Etat de surface : charge caillouteuse gréso-calcaire de différents diamètres allant de 2 mm à 2 cm.
- Date de description : 09.05.2018, temps ensoleillé (très clair)
- Ferme pilote les Andalouses.

- Sol peu évolué,
- non climatique,
- D'apport alluvial et colluviale.

0 - 30 cm : sec, Ap, structure grumeleuse, texture limono argileuse, bonne porosité, peu compacte, de nombreuses racines, matière organique décelable, bonne activité biologique, faible charge en d'élément grossier, effervescence à l'HCL moyenne, limite nette.

30 - 60 cm : frais, structure massive, texture argilo limoneuse, porosité très bonne, friable, activité biologique moyenne, présence des fines radicelles, matière organique peu décelable, très compacte, très peu d'élément grossier, effervescence à l'HCL fort, limite nette.

60 -120 cm : frais, structure massive, texture limoneuse, porosité faible, très compacte, charge importante en éléments grossier, pas de racine, faible activité biologique, matière organique peu décelable, la présence de tâches d'oxydoréduction effervescence à l'HCL fort.



FigureII.1 :Photo profil type rubéfié

Tableau II.1: Résultats analytiques du profil type brun foncé à rougeâtre

Horizons	0 - 30 cm	30 - 60 cm	60 -120 cm
Granulométrie %			
➤ Argile	26	23	17
➤ Limon fin	17	23	33
➤ Limon grossier	27	17	12
➤ Sable fin	14	20	18
➤ Sable grossier	16	17	20
Analyse physique			
➤ pf 4.2	8.60	13.10	15.60
➤ pf 2.7	19.80	22.50	25.50
➤ K(perméabilité m/s)	2,8.10 ⁻⁴	1,5.10 ⁻⁴	2,0.10⁻⁴
Analyse chimique			
➤ Calcaire total	1.66	1.70	0.83
➤ Calcaire actif	Trace	Trace	Trace
➤ C.E mmhos/cm	0.170	0.154	0.152
➤ PH	7.64	7.07	7.06
➤ Ca²⁺ méq/l	20.25	20.20	20.25
➤ Mg²⁺ méq/l	0.512	0.511	0.512
➤ Na+ méq/l	0.055	0.056	0.060
➤ K+ méq/l	1.31	1.31	1.30
➤ Azote total méq/l	8.50	8.52	8.52

❖ PROFIL TYPE SUR MATERIAUX CALCAIRE

Cette unité correspond aux sols évoluant sur des matériaux calcaires. Elle se caractérise par :

- ❖ Une profondeur limitée par une accumulation calcaire continue croûte et encroûtement à 30 cm.
- ❖ Une texture équilibrée.
- ❖ Un taux de calcaire actif faible dans les horizons de surface qui à tendance d'augmenté en profondeur.

Profil type brun calcaire

- géomorphologie : terrasse alluviale.
- Relief : pente faible.
- Végétation : labouré pour le maraîchage
- Etat de surface : charge caillouteuse
- Date de description : 09.05.2018, temps ensoleillé (très clair)
- **Sol peu évolué,**
- **non climatique,**
- **d'apport alluvial, sur croûte et encroûtement calcaire**

0 - 25 cm : sec, Ap, structure polyédrique sub-angulaire, texture limono sableuse, bonne porosité, présence de nombreuses racines, matière organique décelable, bonne activité biologique, pas de charge, présence des concrétions blanchâtre de calcaire, effervescence à l'HCL fort, limite nette.

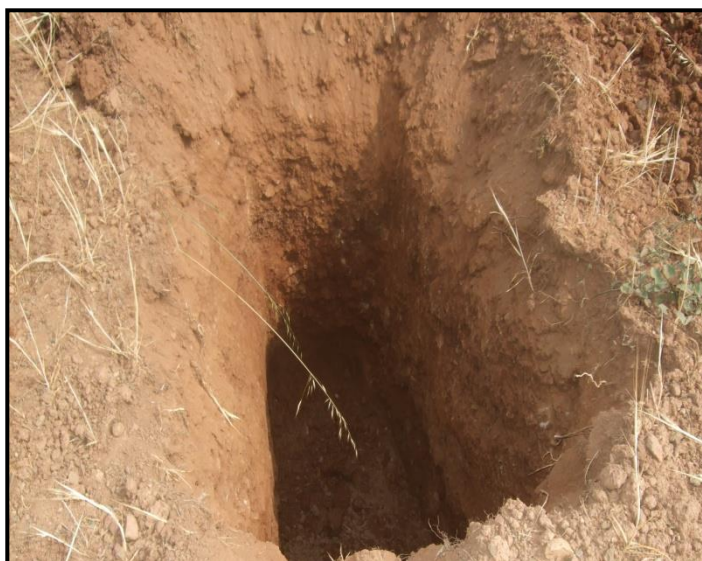
25 - 50 cm : sec, structure polyédrique grossière, texture limono sableuse, porosité très bonne, peu compacte, activité biologique moyenne, présence des fines radicelles, matière organique peu décelable, effervescence à l'HCL fort, limite nette.

50 -140 cm : sec, structure polyédrique grossière, texture sablo limoneuse, porosité moyenne, compacte, activité biologique moyenne, matière organique peu décelable, présence des éléments grossiers, effervescence à l'HCL fort.

>140cm : croûte et encroûtement calcaire

Tableau II.2: Résultats analytiques du profil type matériaux calcaire

Horizons	0 - 25 cm	25 - 50 cm	50 - 140 cm
Granulométrie %			
➤ Argile	10	06	06
➤ Limon fin	26	30	44
➤ Limon grossier	06	12	09
➤ Sable fin	24	22	18
➤ Sable grossier	34	30	23
Analyse physique			
➤ pf 4.2	3.10	5.10	12.90
➤ pf 2.7	10.80	12.90	18.60
➤ K (perméabilité m/s)	$8,0 \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$
Analyse chimique			
➤ Calcaire total	1.66	0.17	26.50
➤ Calcaire actif	Trace	Trace	3.00
➤ C.E mmhos/cm	0.119	0.246	0.147
➤ PH	7.89	7.93	8.19
➤ Ca ²⁺ méq/l	20.00	19.95	20.50
➤ Mg ²⁺ méq/l	0.493	0.509	0.510
➤ Na ⁺ méq/l	0.056	0.057	0.056
➤ K ⁺ méq/l	1.10	1.15	1.15
➤ Azote total méq/l	9.59	9.73	9.80

**Figure II.2 : Photo profil type**

Conclusion

Ce chapitre a été traité l'analyse agro-pédologie de la zone d'étude Pour bien choisir le type de la culture à mettre en place nous avons quelques paramètres à respecter à savoir la pédologie du sol (structure, texture et la perméabilité) qui joue un rôle très important, les paramètres physico-chimiques du sol et de l'eau sans oublier le climat qui est un facteur essentiel.

Chapitre III :
Etude
D'hydrologie

Chapitre III : Etude d'hydrologie

Introduction

L'hydrologie est une science qui étudie la phase du cycle d'eau qui débute avec l'arrivée de celle-ci sur la surface de la terre. Actuellement, l'hydrologie est devenue une science importante de l'art d'ingénieur intéressé à l'exploitation et au contrôle des eaux naturelles. Des études hydrologique plus ou moins poussées sont indispensable pour toute mise en œuvre de projet de distribution d'eau, de protection contre les crues ,d'assainissement , de drainage , d'irrigation ,de barrage et de navigation fluvial etc ...

III.1. Série pluviométrique

Les précipitations sont définies comme l'ensemble des eaux météorologique recueillies par un bassin versant sous forme liquide (pluie, brouillard, rosée...) ou sous forme solide (neige, grêle, givre...). La hauteur de précipitation est la hauteur de la lame d'eau précipitée qui s'accumulerait sur une surface horizontale si toutes les précipitations y étaient immobilisées sous forme liquide. Son unité de mesure est le mm. Sur une surface de 1 ha, 1 mm de pluie représente 10 m³ d'eau

Tableau III.1 : tableau de la série pluviométrique de la région de bousfer el-ancor 1985-2017

années	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1985	0	0.8	8.6	37	52.4	16.6	35.5	12.5	11.5	0	0	0	174.9
1986	12.5	31	27.8	56	67.3	40	0	10	11	0	15	0	270.6
1987	8.3	51.4	14	59.2	54.3	13.8	0	20	11	0	6	0	238
1988	3.8	62.9	157.4	77.9	67.6	14.1	99.6	42.1	14.5	0	0	0	539.9
1989	9.4	0	5	33.1	261.5	27	71.9	28.6	10	0	0	0	446.5
1990	6.8	21.7	54.4	42.9	44	37.6	13.9	26.3	10	0	0	0	257.6
1991	0	41.5	37.2	42.4	16.1	12	99	20	10	0	0	0	278.2
1992	0	3	38.1	64.8	40	128	59.8	24.9	17.7	1.3	0	0	377.6
1993	8	77.3	107.7	34.9	97.1	41.9	3.5	15	12.4	0	0	0	397.8
1994	19.1	33.8	18.4	66.4	26.6	103	66	10.9	10	29.4	0	0	383.6
1995	5.6	11.6	38.4	93.3	87.8	86.9	61.9	16.4	12	0	0	2	415.9
1996	29.5	10	8.2	74.4	83.4	19.6	0	74.8	12.6	0	0	0	312.5
1997	19.2	21.2	43.2	41.3	42.4	20.6	24.4	17.5	14.5	0	0	0	244.3
1998	0	0	20.5	64.4	62.7	71.9	22.2	23	10	0	0	0	274.7
1999	26.8	44.6	168.5	44.5	45	21	0	15.3	28.5	0	0	0	394.2
2000	32.7	50	91.7	44.2	39.4	69	0	28.5	14.8	0	0	0	370.3
2001	8.4	14	166.8	41.5	50	18.5	91.2	55	52	0	0	0	497.4
2002	0	15.5	87.5	98	164.3	76.6	6.8	29.6	10	0	0	0	488.3
2003	0.2	31.5	94.1	77.3	36.6	18.7	24.7	57.7	46.7	0	0	0	387.5
2004	0	51.3	67.3	55.4	21.1	63.8	66.2	15.4	11.2	1.6	0	0	353.3
2005	25.2	12.5	51.6	39.5	75.3	92.1	7	17.5	36.3	0.6	0	0	357.6
2006	0.9	0	0	171.1	46.7	31.9	60.4	74.4	20	0	0	0	405.4
2007	12.8	93.6	93.22	38.7	11.3	22.5	4.1	23.3	14.7	0.1	3.2	0	317.52
2008	109.4	44.4	95.8	112.9	63.6	15.4	27.2	58.8	20	0	0	0	547.5
2009	0	1.5	14.5	45.2	74.1	108.5	70.4	13.5	27.2	5.3	0	0	360.2
2010	5.7	38.5	23.7	36.2	28.7	24.5	1.1	83.6	23.5	0	0	0	265.5
2011	0	64	110.1	45.8	66.3	25.2	41.1	24.2	20	0	0	0	396.7
2012	23.95	29.8	191.58	61.33	43.28	44.3	40.83	72.79	7.62	3.37	3.34	5.22	527.41

2013	30.06	9.04	67.1	92.45	74	63.25	56.3	158.9	55.32	0.2	13.17	9.35	629.14
2014	37.03	54.72	65.58	72.83	65.49	51.46	46.5	28.9	21.67	20.95	0.6	0.97	466.7
2015	19.1	63.12	39.41	94.03	82.39	47.7	86.4	51.9	14.2	0	0	0	498.25
2016	5	20	84.7	55.5	69	16.5	5.8	23	15.4	9.78	1.98	0.7	307.36
2017	10	29.08	22.7	81	93.2	64	114	10.96	10.33	0	0.58	16.93	452.78

III.2. Homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède le Test de Wilcoxon. Cette méthode est appliquée suivant le processus présenté ci-dessous :

La division de la série pluviométrique complète en deux sous série X et Y avec N1 et N2 représentent respectivement les tailles des deux sous série.

Y étant la série à étudier et X étant la série de base avec $N2 > N1$.

On constitue par la suite, la série Y union X après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre décroissant. Ainsi, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

On calcule les quantités W_y et W_x :

$W_{y/x}$ représente la somme des rangs de X et c'est celle qui nous intéresse et est égale :

$$W_Y = \sum_{i=1}^N \text{rang } Y = 1 + 3 + \dots + 13 + 17 + \dots + N$$

Et

$$W_X = \sum_{i=1}^N \text{rang } X = 2 + 4 + \dots + 14 + 15 + \dots + N-1$$

L'hypothèse est vérifiée si : $W_{\min} < W_X < W_{\max}$

$$\text{Tel que: } W_{\min} = \left[\left(\frac{(N1+N2+1)*N1-1}{2} \right) - 1.96 \sqrt{\frac{N1*N2 (N1+N2+1)}{12}} \right]$$

$$W_{\max} = [(N1+N2+1)*N1 - W_{\min}]$$

Pour notre cas :

$$N1 = 14 ; N2 = 19$$

Application numérique :

Tableau III.2: Test d'homogénéité de Wilcoxon pour la station de Bousfer

Rang	serie d'origine	serie Y	serie X	ordre decroissant	Y U X
1	174.9	174.9	353.3	629.14	X
2	270.6	270.6	357.6	547.5	X
3	238	238	405.4	539.9	Y
4	539.9	539.9	317.52	527.41	X
5	446.5	446.5	547.5	498.25	X
6	257.6	257.6	360.2	497.4	Y
7	278.2	278.2	265.5	488.3	Y
8	377.6	377.6	396.7	466.7	X
9	397.8	397.8	527.41	452.78	X
10	383.6	383.6	629.14	446.5	Y
11	415.9	415.9	466.7	415.9	Y
12	312.5	312.5	498.25	405.4	X
13	244.3	244.3	307.36	397.8	Y
14	274.7	274.7	452.78	396.7	X
15	394.2	394.2		394.2	Y
16	370.3	370.3		387.5	Y
17	497.4	497.4		383.6	Y
18	488.3	488.3		377.6	Y
19	387.5	387.5		370.3	Y
20	353.3			360.2	X
21	357.6			357.6	X
22	405.4			353.3	X
23	317.52			317.52	X
24	547.5			312.5	Y
25	360.2			307.36	X
26	265.5			278.2	Y
27	396.7			274.7	Y
28	527.41			270.6	Y
29	629.14			265.5	X
30	466.7			257.6	Y
31	498.25			244.3	Y
32	307.36			238	Y
33	452.78			174.9	Y

Après calcul on trouve :

Wmin	W_x	Wmax
183.7	195	292.3

Alors l'hypothèse de wilcoxon est vérifiée, on peut dire que la série pluviométrique de la station de Bousfer est homogène.

III.3. Ajustement de la série pluviométrique

Les séries pluviométriques doivent être ajustées aux lois statistiques, pour assurer la fiabilité des résultats.

Dans notre projet, on va utiliser les lois les plus adoptées qui sont les suivantes :

- La loi normale ou loi de Gauss.
- La loi log-Normale ou loi de Galton.

. Ajustement des pluies annuelles à la loi normale :

- La loi normale s'applique en général à une variable aléatoire continue représentée par l'ensemble des valeurs qu'elle prend n'est pas dénombrable, Elle est caractérisée par deux paramètres qui sont la moyenne et l'écart type.
- La répartition de sa fonction est présentée comme suit :

$$F(\mu) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\mu} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx$$

- L'ajustement des pluies annuelles dans notre projet est fait par le logiciel HYFRAN, et les résultats sont regroupés dans la figure et les tableaux ci-dessous :

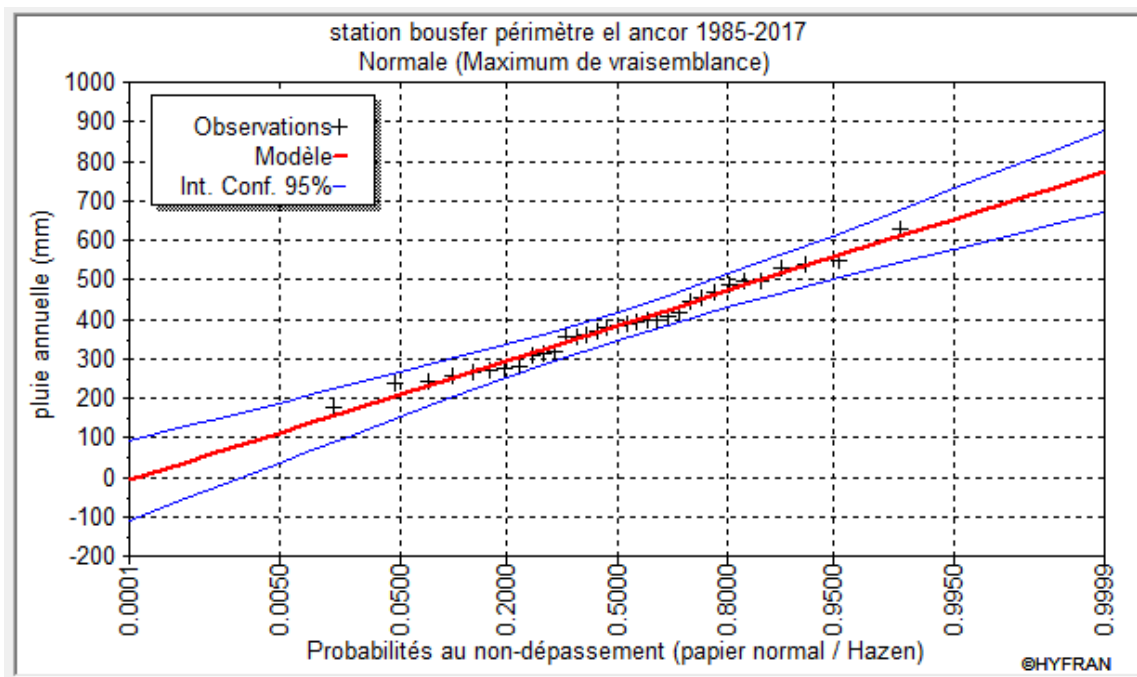


Figure III.1 : Graphique de l'ajustement à la loi normale station de Bousfer el ancor

Tableau III.3 : résultats de l'ajustement à la loi de Gauss

T	q	XT	Intervalle de confiance (95%)
20	0.9500	556	500-612
10	0.9000	518	469-567
5	0.8000	471	429-513
3	0.6667	428	391-466
2	0.5000	383	347-419
1.4286	0.3000	328	289-366
1.2500	0.2	294	252-336
1.1111	0.1	248	199-297

Tableau III.4 : statistiques de base

Nombre d'observations	33
Minimum	175
Maximum	629
moyenne	383
L'écart type	105
médiane	384

III.4. Test de validité d'un ajustement

Afin d'adopter un meilleur ajustement d'une série pluviométrique, il est indispensables de faire un test pour comparer d'adéquation entre les lois statistiques utilisée pour l'ajustement, pour notre projet on a utilisé le test de khi carrée (χ^2) à travers le logiciel HYFRAN .

Les résultats du test sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau III.5 : Test de validité de l'ajustement

Loi Normale
$\chi^2_{\text{calculé}} = 4.58$
Degrés de liberté = 5

D'après le test de Khi carrée, on constate que la loi normale est bien ajustée pour la station de Bousfer, donc on la retient pour l'estimation de la série pluviométrique mensuelle moyenne représentative de la zone.

III.5. Détermination de l'année de calcul

Dans le but de connaître la quantité de pluie qui peut être exploité par les plante, il est primordial de déterminer l'année de calcul par l'estimation de la pluie de probabilité 80% par suivant la formule ci-dessous :

$$P_{\text{moy } 80\%} \text{ de chaque mois} = P_{\text{moy}} \text{ de chaque mois} \times \frac{P_{\text{théorique } 20\% \text{ annuelle}}}{P_{\text{théorique } 50\% \text{ annuelle}}}$$

Avec : Pthéorique 20% annuelle =289

Pthéorique 50% annuelle = 368

Les résultats de calcul des pluies de probabilité 80% sont élaborer dabs le tableau suivant :

Tableau II.6: pluviométrie moyenne mensuelle de l'année de calcul

Mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
pmoy (mm)	14.23	31.31	64.08	63.50	65.24	45.69	39.63	35.92	18.69	2.20	1.33	1.07
p80%	11.17	24.59	50.33	49.87	51.24	35.88	31.12	28.21	14.67	1.73	1.04	0.84

CONCLUSION

Au cours de ce chapitre, nous peuvent conclure que :

La zone étudiée caractérisée par une pluie moyenne annuelle est de 382.88mm, la pluie de 80% est de l'ordre de 300.69 mm, la pluie de 50% est de l'ordre de 368mm.

La série pluviométrie est opérée sur plusieurs étapes, vérification de l'homogénéisation, ajustement avec deux lois (normal et log-normal) et vérification de la validité de ces lois avec les test statistique.

Chapitre IV : aperçu sur la step de cap falcon

Chapitre IV : aperçu sur la step de cap falcon

Introduction

Les eaux usées quelle que soit leur origine, sont généralement chargées en éléments indésirables, qui selon leur quantité et selon leur composition, représentant un danger réel pour les milieux récepteurs ou à leurs utilisateurs. Toutefois, avant de concevoir tout procédé d'épuration, il est impératif de caractériser l'effluent à traiter, quantitativement et qualitativement.

IV.1. Considérations Générales sur les eaux usées

Définition

L'eau usée est une eau contenant des rejets d'activités humaines, industrielles et agricoles qui peuvent provoquer ou accroître la pollution du milieu naturel dans lequel elle est rejetée. Cette pollution peut être provoquée par des matières en suspension, colloïdales ou en solution de nature organique ou minérale.

IV.2. Nature et origine des eaux usées

Les eaux usées proviennent principalement de ces sources :

- ✓ Les eaux domestiques ;
- ✓ Les eaux usées industrielles ;
- ✓ Les eaux de pluie et de ruissellement.

IV.2.1. Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des habitations, et caractérisent par leurs fortes teneurs en matières organiques, en sels minéraux (azote, phosphore), en détergent et germes fécaux. Les eaux usées domestiques peuvent provenir de trois origines possibles :

- ❖ Eaux de cuisine : préparation des aliments, vaisselles, et sont riches en graisse.
- ❖ Eaux de buanderie : proviennent de lavage des locaux, elles contiennent des détergents, et des savons.
- ❖ Eaux vannes : proviennent des toilettes, et sont constituées de l'urine et de matières fécales diluées dans l'eau

IV.2.2. Les eaux usées industrielles

Provenant des usines, elles sont caractérisées par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau. Tous les produits ou sous-produits de l'activité industrielle se retrouvent concentrés dans l'eau :

- ❖ Matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissage...) ;
- ❖ Sels métalliques (traitement de surface, métallurgie) ;
- ❖ Acides, bases, produits chimiques divers (industrie chimique, tanneries...) ;
- ❖ Eaux chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- ❖ Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactives).

IV.2.3. Les eaux de pluie et ruissellement

Ce sont des eaux de pluies et de lavage des chaussées. Ces eaux sont caractérisées par la présence des matières en suspension en grande majorité ainsi que des hydrocarbures provenant de la circulation automobile agricoles.

IV.3. Les principaux paramètres de la pollution

L'évaluation de la pollution d'une eau usée est basée sur la détermination de plusieurs paramètres physiques, chimiques et bactériologiques, ces paramètres indiquent le degré de pollution de ces eaux et donnent le danger qui peut être provoqué par leur rejet en milieu naturel.

IV.3.1. Les paramètres physiques de la pollution

a)-La couleur

La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle (éléments métalliques, matières humiques, micro-organismes liés à un épisode d'eutrophisation,...), soit associée à sa pollution (composés organiques colorés). La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul domaine du visible.

b)-L'odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. En effet, une eau destinée à l'alimentation doit être inodore.

c)-La température

La connaissance de la température est essentielle pour les réactions physico-chimiques et biologiques régies par leurs caractéristiques thermodynamiques et cinétiques. La température est un paramètre souvent négligé dans les collecteurs urbains, mais qui devrait être plus souvent mesuré, surtout dans le cas de rejets industriels dans le réseau.

d)- La conductivité

La mesure de conductivité électrique, paramètre non spécifique, est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux résiduaires, valeur inverse de la résistivité (résistance d'une tranche d'eau de 1cm² de section et de 1cm d'épaisseur); la conductivité est fonction de la concentration en espèces ionisées, principalement de nature minérale.

e)- La turbidité

La turbidité liée à la présence plus ou moins importante de matière en suspension insoluble contenue dans l'eau usée, quel que soit d'origine minérale ou organique.

f)-Matières en suspension (M.E.S)

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable, mais une présence excessive du M.E.S peut entraîner des difficultés de transport et de distribution des affluents ainsi que le bouchage des systèmes d'irrigation.

La plus grande part des micro-organismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Les particules en suspension, plus lourdes que l'eau sont éliminées par décantation.

Une présence excessive de matières en suspension peut entraîner des difficultés de transport et de distribution des effluents ainsi que le bouchage des systèmes d'irrigation.

La présence de matière organique dans les eaux usées ne constitue pas un obstacle à la réutilisation de ces eaux bien au contraire, Elle contribue à la fertilité des sols. Les teneurs indiquées dans la littérature sur le sujet de réutilisation des eaux usées à des fins agricoles indiquent des valeurs limites comprises entre 20 et 30 mg/l qui correspondent en fait aux teneurs contenues dans un effluent urbain ayant subi un traitement secondaire.

- M.E.S < 30 mg/l----- Irrigation localisée ou aspersion

- M.E.S > 30 mg/l ----- Irrigation à la raie ou par rigole

g)- Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension et sont obtenues par calcination de ces MES à 105°C et MVS à 525°C donne la "perte au feu" et correspond à la teneur en MVS (en mg/l) d'une eau.

h)- Les matières minérales (M.M)

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles. Elles représentent donc le résidu de la calcination, et correspondent à la présence de sels, silice, poussières par exemple.

IV.3.2. Les paramètres chimiques de la pollution

a)-La demande biochimique en oxygène (DBO5)

Elle représente la pollution biodégradable. Cette méthode d'analyse de la pollution correspond à la qualité d'oxygène nécessaire, pendant 5 jours, aux matières organiques (bactéries) contenus dans l'eau pour oxyder une partie des matières carbonées.

b)-La demande chimique en oxygène (DCO)

Elle représente la quantité totale de pollution oxydable et correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir grâce à des réactifs chimiques puissants, pour oxyder les matières contenues dans l'effluent.

c)- Le carbone organique totale (COT)

Bien que le carbone organique total ne compte pas au rang des demandes d'oxygène, on peut le placer à proximité de celles-ci car il correspond aussi à une approche de la matière organique, dont le carbone est le constituant essentiel. Le principe de COT repose sur la combustion des matières organiques carbonées d'un effluent après passage au four de 950°C sous un courant d'oxygène.

d)- Le pH (potentiel hydrogène)

Le pH joue un rôle important dans le traitement biologique. Il exprime le degré d'acidité ou

d'alcalinité des eaux usées, il joue un rôle dans : Les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) ; Les processus biologique, dont certains exigent des limites de pH très étroites se situant entre 6,5 et 8,5.

IV.3.3. Substances nutritives

L'Azote, le phosphore, le potassium, les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportion très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées épurées.

Une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à l'hectare :

- ✓ De 16 à 62 kg d'Azote ;
- ✓ De 02 à 69 kg de Potassium ;
- ✓ De 04 à 24 kg de Phosphore ;
- ✓ De 18 à 208 kg de Calcium ;
- ✓ De 09 à 100 kg de Magnésium ;
- ✓ De 27 à 182 kg de Sodium.

Un contrôle périodique de la quantité des nutriments présentent dans l'effluent est nécessaire afin d'en tenir compte lors du calcul des besoins complémentaires en fertilisant afin d'éviter des effets néfastes aux cultures et à l'environnement.

a)-Azote

En général, on craint l'excès de l'Azote pour deux principales raisons :

-Contamination de la nappe

-Phénomène d'eutrophisation

En effet, dans certains cas défavorables, un apport d'Azote excédentaire par rapport aux cultures peut provoquer dans un sol sableux très perméable la contamination des eaux souterraines. Il est donc souhaitable que les apports d'Azote ne soient pas disproportionnés à l'assimilation par les cultures.

Il est clair que la présence d'une nappe phréatique utilisée pour l'alimentation en eau des populations ou des animaux impose des contraintes qu'un projet de réutilisation d'effluents urbains doit prendre en compte

Et du point de vue culturel, un excès d'Azote provoque une perturbation de la production végétale, retarde la maturation de certaines cultures abricot, agrumes, avocats, la vigne par exemple, altère leur qualité, par une réduction de teneur en sucre des fruits, accentue la sensibilité des cultures aux maladies, la tendance à la verse pour les céréales et limite le développement des jeunes racines...etc. ...

b)-Phosphore : Comme l'Azote l'excès du phosphore provoque le phénomène d'eutrophisation.

❖ Définition d'eutrophisation

L'eutrophisation est un enrichissement des eaux en substances nutritives qui aboutit généralement à des modifications symptomatiques telles que la production accrue d'algues, dégradation de la pêche, détérioration de la qualité d'eau ainsi que tous les usages qui en sont faits, et maladies des plantes.

Tableau IV.1 : ci-dessous compare les éléments nutritifs des eaux usées par rapport aux normes de la qualité des eaux réutilisées

Éléments nutritifs		Résultat analytique	Rendement	Résultat après épuration	Normes
Azote total	mg/l	61	90%	6.1	2-15
Phosphate	mg/l	6.4	70%	1.92	1-5

Les taux de rabattement donnent les résultats suivants après épuration de 6.1mg/l pour l'azote et 1.92 mg/l pour le phosphate. (source: SEOR ORAN).

c)-Éléments tracés :

Certains éléments tracés sont nécessaires au développement des végétaux : le fer, le manganèse, le magnésium.

Les métaux lourds qui présentent les risques les plus notables sont le cadmium, le cuivre, le molybdène, le nickel et le zinc. Ils peuvent être toxiques pour les animaux et l'homme.

Il est à noter que pour les métaux lourds, ils ne sont à craindre que dans les zones industrialisées.

Tableau IV.2: Concentration maximale en éléments tracés recommandés pour les eaux d'irrigation (Ayers et Westtot. 1985).

Éléments		Eaux utilisées en permanence tous types de sols	Utilisation allant jusqu'à 20 ans sur des sols à texture prie ayant un PH de 6 à 8,5 mg/l
Aluminium	(AL)	5.0	20.00
Arsenic	(AS)	0.1	2.00
Béryllium	(Be)	0.1	0.50
Bore	(B)	1	2.00

Cadmium	(Cd)	0.01	0.05
Chrome	(Cr)	0.10	1.00
Cobalt	(Co)	0.05	5.00
Cuivre	(Cu)	0.20	5.00
Fluorure	(F)	1.00	15.00
Fer	(Fe)	5.00	20.00
Plomb	(Pb)	5.00	10.00
Lithium	(Li)	2.50	2.50
Manganèse	(Mn)	0.20	10.00
Molybdène	(Mo)	0.01	0.05
Nickel	(Ni)	0.20	2.00
Sélénium	(Se)	0.02	0.02
Vanadium	(V)	0.20	1.00
Zinc	(Zn)	2.00	10.00

d)-Salinité

Le principal critère d'évaluation de la qualité d'une eau naturelle, dans la perspective d'un projet d'irrigation, est sa concentration totale en sels solubles dans l'eau traitée.

La connaissance de la conductivité électrique, permet de classer les eaux d'irrigation en 04 classes représentées dans le tableau suivant :

Tableau IV.3: Classification des eaux d'irrigation

C.E *10³ mmhos/cm	APPRECIATION
< 0.25	C1 : Eau faiblement saline, peut être utilisée pour irriguer la plupart des cultures sur la plupart des sols.
0.25 - 0.75	C2 : Eau moyennement saline, peut être utilisée si un lessivage moyen intervient.
0.75 -2.25	C3 : Eau fortement saline, peut être utilisée si un lessivage du sol et culture totalement en sel.
2.25- 5	C4 : Eau très fortement saline, ne convient pas à l'irrigation dans la canalisation ordinaire.

e)-Chlorure de sodium

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres.

Certaines cultures, comme la vigne, les agrumes, les noyers et les haricots et d'une manière générale, les fruits à pépins et à noyaux sont sensibles à des concentrations relativement faibles en Na.

Concentrations en NaCl (mg/l) à partir desquelles on observe des brûlures des feuilles.

Tableau IV.4: Seuils des brûlures par les Na cl

< 5	5 - 10	10 - 20	> 20
Amandier	Raisin	Orge	Chaux fleur
Abricotier	Pomme de terre	Blé	Betterave sucré
Agrumes	Tomates	Concombre	Tournesol
Prunier	Gazons	Sogha	

Quand les eaux réutilisées ont été chlorées et que le résiduel en chlore est trop élevé au moment de l'irrigation, il faut stocker l'eau dans un réservoir ouvert pendant quelques heures. Une teneur en chlore résiduel inférieur à 1 mg/l est sans danger pour le ferrailage, mais une concentration supérieure à 5 mg/l serait néfaste aux cultures si on utilise le système d'irrigation pour aspersion.

f)-Le bore

Dans les eaux usées, le bore provient des lessives et des rejets industriels.

Lorsque sa concentration dépasse 1 mg/l. il peut être toxique pour les plantes les plus sensibles.

TableauIV.5: Concentration maximale en Bore dans l'eau d'arrosage

Sensible 0,3 - 1 mg de B/l	Tolérance moy. 1-2 mg B/l	Tolérance 2-4 mg de B/l
Agrumes	Poivron	Carotte
Abricotier	Avoine	Laitue
Pêcher	Petit Pois	Choux
Cerisier	Maïs	Navet
Figuier	Blé	Oignon
Raisins	Orge	Luzerne
Pommier	Radis	Betteraves
Artichaut	Tomates	Asperge
	Tournesol	

(Source : Shainberg et Aster 1978)

g)-Sodisation

L'accumulation de sodium sur le complexe absorbant des sols peut dégrader les propriétés physiques des sols.

Un excès de sodium par rapport aux alcaline - teneur (calcaire. magnésium) dans le complexe

absorbant provoque un dé flocculation des argiles.

Ainsi, les risques de sodisation sont caractérisés par deux paramètres : le SAR (Sodium Absorption Ratio) et la conductivité électrique.

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}/2} \quad (\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+} \text{ en meq/l})$$

Une minéralisation élevée des eaux a un **S.A.R.** important et peut avoir des effets néfastes sur le sol, altération de la structure de celui-ci entraînant une réduction de la perméabilité.

IV.3.4. Effets des sels et du sodium sur les plantes et sur les sols

D'après l'information collectée, lors de la collecte des données, la conductivité électrique des eaux traitées, correspond à une eau chargée en sels solubles. Ces derniers proviennent des éléments nutritifs existant dans les eaux usées traitées.

Tableau IV.6 : Seuils de résistance de quelques plantes cultivées à la salinité

C.E (mmhos/cm) à 25°C	Plantes
12	Dattier
8	Orge, betterave à sucre, artichaut
4	Betterave fourragère, chou, soja, maïs, tournesol, avoine, luzerne, épinard, ray Grass,
3	Figuier, olivier, vigne, tomate, chou fleur, concombre, pomme de terre, oignon, ail, carotte, navet, laitue
2	Pommier, poirier, prunier, amandier, abricotier, pêcher
1.5	Fraisier

IV.4. CRITERE BACTERIOLOGIQUE ET PARASITOLOGIQUE

- **Les micro-organismes** : Les eaux usées contiennent tous les micro-organismes excrétés avec les matières fécales et sont classés en quatre grands groupes :
- **Les helminthes** : Dans les eaux usées le nombre d'œufs est très considérable et peut-être évalué entre 10 et 103 par litre, dont on peut citer l'Ascaris lumbricades, Taenia saginata, Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires.
- **Les bactéries** : Les eaux usées urbaines contiennent environ 10⁶ à 10⁷ bactéries par 100ml et parmi les plus communément rencontrées on trouve les Salmonelles dont on connaît plusieurs centaines de stéréotypes différents, dont ceux responsable de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux
- **Les virus** : Sont estimés entre 10³ à 10⁴. Leur isolement et leur dénombrement dans

les eaux usées sont difficiles, ce qui induit vraisemblablement à une sous estimation de leur nombre réel. Parmi les virus les plus importants on cite les entérovirus responsables de la polio. virus de l'hépatite A. les rotavirus et les rétrovirus.

- **Les protozoaires** : Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, on cite Entamoeba histolytica responsable de la dysenterie amibienne et Giardia lamblia.

IV.5. Critère bactériologique et parasitologique des eaux épurées de la STEP

Les micros –organismes a la sortie de la STEP sont de l'ordre de 7000 à 5000 cfu/100ml.

Ce nombre diminue ont stockant l'eau dans les 03 lagunes.

D'après les analyses bactériologiques dans les lagunes de stockage 92% de ces micro-organismes disparaître durant le stockage des eaux épurées.

IV.6. REUTILISATION DES EAUX USEES POUR L'RRIGATION

IV.6.1. Mode d'utilisation

La demande d'eau réutilisée peut être permanente ou temporaire. Elle dépend essentiellement du type de climat (existence ou nom de période bien individualisée de déficit en eau du sol).

IV.6.2. Demande d'eau

La demande d'eau du point de vue qualitatif est conditionnée par :

- ✓ Le climat (ensoleillement. Précipitation. Température et vents).
- ✓ Le sol (perméabilité. Qualité du sol. Salinité. Disposition pour le colmatage).
- ✓ Adaptation des cultures.

IV.6.3. Mode d'irrigation des cultures.

Prescription sanitaires (pour éviter les risques de toxicité chimique et bactériologique des consommateurs du personnel d'exploitation et du voisinage immédiat dans l'air et dans le sol ou dans la nappe souterraine.

IV.7. QUALITE DE L'EAU A UTILISER.

Norme de qualité d'eau usée épurée apte à la réutilisation en irrigation (Normes OMS.FAO)

La réutilisation, Pour l'irrigation des eaux usées épurées obéit à des normes de qualité largement inspirée des recommandations d'OMS. Et journal officiel.

Tableau IV.7: Qualité de l'eau à utiliser

Paramètres	symbole	unité	Valeurs maximales
Indice PH	PH		5.5 à 8.5
Température	T°	C°	30
Conductivité électrique	CE	µS/cm	7000
Phosphates	PO4	Mg/l	02
Ammonium	NH4	Mg/l	0.8
Matières en suspension à 105c°	M.E.S	Mg/l	30
Demande chimique en oxygène	D.C.O	Mg/l	120
Demande biochimiques en oxygène	D.B.O5	Mg /l	40
Huiles et graisses		Mg/l	20
Hydrocarbures		Mg/l	20
Pesticides organochlorés		Mg/l	0.05
Cadmium	Cd	Mg/l	0.2
Chrome 3+	Cr	Mg/l	3
Chrome 6+	Cr	Mg/l	0.1
Cuivre	Cu	Mg/l	03
Plomb	pb	Mg/l	01
Nikel	Ni	Mg/l	05
Arsenic	As	Mg/l	0.5
Zinc	Zn	Mg/l	05
Bore	B	Mg/l	3
Cobalt	Co	Mg/l	0.1
Fer	Fe	Mg/l	5
Manganèse	Mn	Mg/l	0.5
mercure	Hg	Mg/l	0.001

Sources (décret exécutif n° 93-160 DU 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluent liquide- JORADP).

IV.8. CRITERES D'IRRIGATION

L'irrigation des parcelles avec les eaux usées traitées doit être rationalisée pour éviter le gaspillage, La stagnation de l'eau et le développement des gîtes larvaires.

Pour l'irrigation par aspersion, les conditions suivantes sont à respecter :

- L'irrigation des espaces verts doit être réalisée en dehors des heures d'ouverture au public.
- Les parcelles à irriguer sont à éloigner d'une distance minimale de cent mètres des habitations et des voies de communication publique. Elles doivent être entourées de rideaux de brise vent naturels ou artificiels afin d'éviter la propagation des aérosols.
- L'irrigation par aspersion ou par tout autre système mettant l'eau usée traitée en contact avec les fruits des arbres fruitiers est interdite.

IV.9. L'avantage de La réutilisation des eaux usées

- **au niveau économique** : une préservation quantitative de la ressource, les agriculteurs font des économies d'engrais ;
- **au niveau écologique** : la diminution des rejets d'eaux usées dans le milieu, la pollution agricole diminue.

IV.9.1. L'inconvénient de La réutilisation des eaux usées

- un risque sanitaire :

Les MES protègent les micro-organismes de beaucoup de traitements, comme les traitements au chlore. Il existe donc une compétition entre l'élimination des micro-organismes et la préservation de MES en vue d'une utilisation agricole. Comme l'écrit J-A Faby dans son étude pour l'Office international de l'eau : « Le maintien d'une concentration importante en matière organique dans les eaux usées gêne considérablement l'efficacité des traitements destinés à éliminer les germes pathogènes ».

- un risque technique :

Si les MES sont présentes en trop grand nombre, elles peuvent entraîner le bouchage des canalisations et systèmes d'irrigation.

- un risque agronomique et environnemental :

Il est possible que les éléments soient apportés en excès. Dans ce cas, il y a un risque de pollution des sols et de diminution du rendement. Les taux en éléments nutritifs (nitrate essentiellement) et la salinité de l'eau utilisée (cause de la dégradation des sols) sont de première importance. Il faut donc trouver le bon équilibre entre le niveau de traitement, les besoins des cultures et la nature du sol.

L'utilisation d'eaux épurées pour l'irrigation doit donc se faire avec précaution.

On retiendra enfin que l'irrigation, qui suit un rythme saisonnier, nécessite en général de grands volumes de stockage.

IV.10. LOCALISATION DE LA STEP

Le site de la STEP est situé à proximité de Falcon, à environ 1.5 km du sud-ouest, et à 3 km au nord-ouest de Ain El Türck, elle est implantée sur un site qu'il fait parti de la zone militaire de Ain Turck.

Elle est actuellement opérationnelle sous la maîtrise de L'ONA et la direction de l'hydraulique de la wilaya d'Oran.

- ✓ Au nord par la mer méditerranée
- ✓ A l'est par la commune de Mers El Kebir
- ✓ A l'ouest par la commune de Bousfer.
- ✓ Au sud par la commune de Messerghin.

Des points représentatifs du site à pour coordonnées LAMBERT suivants :

X = 697500

Y = 3958900

Z=88



Figure IV.1 : localisation de la step de cap falcon.

IV.11. L'ORIGINE DES EFFLUENTS A TRAITER

La station d'épuration de la commune d'AIN TURCK traite toutes les eaux usées des localités d'Ain Turck, El Ançor, et Bousfer.

Le réseau d'assainissement des villes est du type séparatif. Les eaux usées sont constituées par des effluents d'origine domestique ou par des effluents provenant de commerces les effluents à traiter sont des effluents urbains.

IV.12. CAPACITE DE TRAITEMENTS

La station est dimensionnée pour satisfaire à la situation estimée pour 2030. Sa capacité de traitement est de 30.000 m³/j.

L'ensemble de l'installation est dimensionné pour un débit de pointe de 2000 l/h

Tableau IV.8 : Capacité de traitements

horizon	2017	2020	2030
Volume mensuelle pompé vers les lagunes M3/Mois	322.556.00	450 000 .00	900 000.00
Volume journalier M3/J	10.752.00	15.000.00	30.000.00
Superficie irrigable (ha)	727	912.5	1825

NB : volume max pompé vers les lagunes est qui est destiné a l'irrigation est de l'ordre de 322 556 m3/mois au mois de Aout 2017(source : analyses des eaux de la STEP de AIN TURCK effectue par la SEOR).

IV.13. QUALITE DES BOUES

C'est une boue activée très riche en matières organiques. Elle peut être considérée comme engrais du fond.

IV.14. BOUES ET DECHETS

- Siccité des boues digérées (nom applicable>à 25%
- Siccité des boues après filtres bandes>à 16+/-2%
(ou 80 % de la siccité limite mesurée à 4 bars)
- Compactage des refus de dégrillage>40+/-5% DE MS et réduction du volume >60+/-5%.
- Matières organiques des sables lavés<5%.

Sources (documents DHW Oran)

IV.15.SYNTHESES ET INTERPRETATION DES CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES A TRAITER

IV.15.1. Les concentrations des polluants à l'entrée

Tableau IV.9: Concentrations des polluants

Paramètres	Concentration (mg/l)
MES	268.00
DBO5	342.00
DCO	548.00
NGL	61
PT	6.4
N-NH4	20.5
NO2	0.14
NO3	0.14

Sources (Résultat d'analyse des eaux usées de la STEP D'Ain Türk- compagnie 2017/ jan 2018 SEOR -Oran)

IV.15.2. CARACTERISTIQUES DE L'EFFLUENT TRAITE

La qualité de l'eau après épuration est indiquée dans le tableau ci-après.

Tableau IV.10 : Caractéristiques de l'effluent

Elément analysé après épuration	Unités Mg/l
DBO5	8
DCO	24
MES	13
NGL	2
Pt	0.7
N-NH4	0.40
NO2	0.15
NO3	3.1

Source : (analyses des eaux épurées MAI 2020 –DRE ORAN)

Tableau IV.11 : évaluation de la qualité d'eau

paramètres	Unité de mesure	
	Entrée	sortie
PH	7.7	8
Conductivité(μ S/cm)	1770	1824.2

Source : (analyses des eaux épurées MAI 2020 –DRE ORAN)

Donc c'est une eau très peu chargée en sels solubles. Ces derniers proviennent des éléments nutritifs existant dans les eaux usées traitées.

IV.15.3. Résultat des analyses bactériologiques

Tableau IV.12 :Résultat des analyses bactériologiques

ENTREE		SORTIE		LAGUNE 1	
Bactéries coliformes (CFU/100ml)	Echerichia coli (CFU/100ml)	Bactéries coliformes (CFU/100ml)	Echerichia coli (CFU/100ml)	Bactéries coliformes (CFU/100ml)	Echerichia coli (CFU/100ml)
8300	8300	7100	7100	5200	5200

LAGUNE2		LAGUNE3	
Bactéries coliformes (CFU/100ml)	Echerichia coli (CFU/100ml)	Bactéries coliformes (CFU/100ml)	Echerichia coli (CFU/100ml)
2400	2400	500	500

Source : (analyses des eaux épurées 06/mai2020 –DRE ORAN)

IV.15.4. Résultats des analyses des métaux lourds

Tableau IV.13 : Résultat des analyses des métaux lourds

Zn(mg/l)		Ni(mg/l)		Cr(mg/l)		Pb(mg/l)		Cu(mg/l)		Cd(mg/l)	
Entrée	sortie	entrée	sortie	entrée	sortie	entrée	sortie	Entrée	sortie	Entrée	sortie
0.319	<0.2	0.671	0.06	0.186	<0.03	0.291	<0.1	1.22	0.412	<0.02	<0.02
Fer (mg/l)		Al(mg/l)									
entrée	sortie	entrée	sortie								
1.44	0.183	0.195	<0.02								

Source : (analyses des eaux épurées 04/mai2020 –DRE ORAN)

IV.15.5. Estimation du SAR

Gamme de culture proposée pour étude d'un périmètre d'irrigation

Normes du SAR :

- ✓ SAR ≤ 10 Risque faible ;
- ✓ 10 < SAR ≤ 18 Risque moyen ;
- ✓ 18 < SAR ≤ 26 Risque élevé ;
- ✓ < 26 Risque très élevé.

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{2+}}/2} \quad (\text{Na}^+, \text{Ca}^{++}, \text{Mg}^{++} \text{ en meq/l})$$

$$\text{SAR} = 2.1$$

CE = 1824.2 µs/cm. A 25 °c→. D'après le laboratoire de Riverside RICHARDS 1954 l'eau traitée de notre station est de classe : **C3S1**

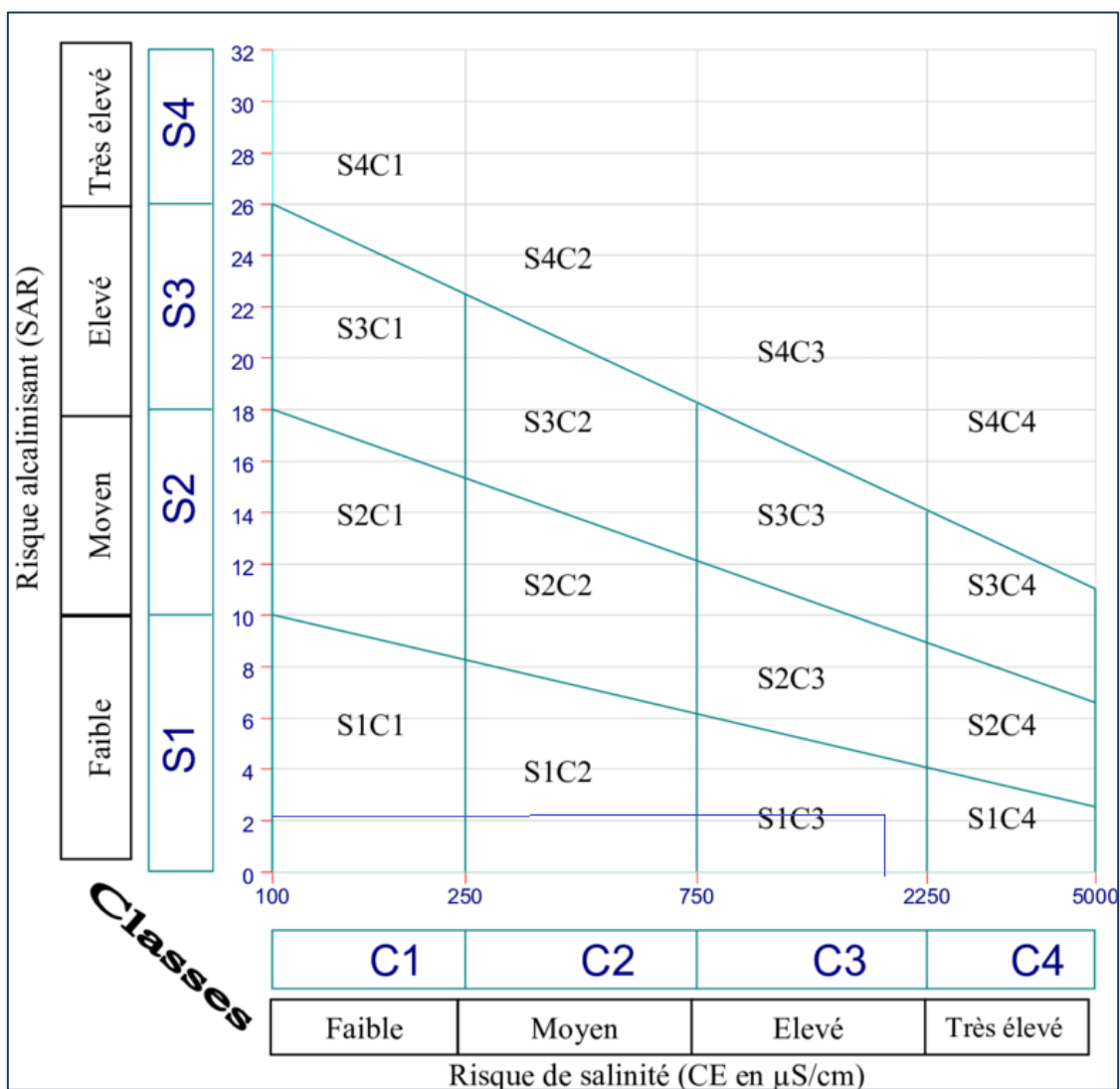


Figure IV.2 : diagramme de Riverside, d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).

Conclusion

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. Ces eaux véhiculent des pollutions qui posent des problèmes de santé publique, de conservation des sols et de protection de l'environnement. Les propriétés physiques, ainsi que les constituants chimiques et biologiques des eaux usées sont des paramètres importants, dont il faut tenir compte dans la conception de projets de réutilisation agricoles des effluents, Il est aussi indispensable de respecter les normes de rejets des effluents pour un usage adéquat.

Chapitre V : les besoins en eau des cultures

Chapitre V : Les besoins en eau des cultures

Introduction

Les pluies, en particulier leur part efficace, fournissent une partie de l'eau requise pour satisfaire les besoins d'évapotranspiration des cultures. Le sol, agissant comme un tampon, stocke une partie de l'eau de pluie et la restitue aux cultures en période de déficit. Sous des climats humides, ce mécanisme suffit pour assurer une croissance satisfaisante dans des systèmes de culture sans irrigation. Dans des conditions arides ou en cas de saison sèche prolongée, il est nécessaire d'irriguer pour compenser le déficit d'évapotranspiration (transpiration des cultures et évaporation à partir du sol) dû à l'insuffisance ou à l'irrégularité des précipitations.

V.1. Les besoins en eau d'une culture

Le besoin d'irrigation, noté (BI) est défini comme étant le volume d'eau nécessaire pour compenser le déficit entre d'une part l'évaporation potentielle et d'autre part les pluies efficaces pendant la période de croissance des cultures et le changement dans la teneur en eau du sol, cette eau devra être apporté par irrigation en complément à la pluviométrie et éventuellement d'autres ressources telles que les remontées capillaires (l'apport d'une nappe phréatique), la réserve en eau initiale dans le sol, et la fraction de lessivage (lorsque la salinité influe sur la disponibilité en eau pour les plantes) Elle varie considérablement en fonction des conditions climatiques, des saisons, des cultures et des types de sol. Le calcul de ces besoins d'irrigation repose sur un bilan hydrique, qui exprime la différence entre les besoins en eau de la culture et les apports d'eau d'origine naturelle.

Les besoins en eau d'irrigation déterminent la quantité totale d'eau, par unité de surface, dont une culture a besoin pour se développer normalement dans les conditions du terrain.

C'est donc la quantité d'eau qu'il est nécessaire d'ajouter aux précipitations pour une production agricole optimale.

V.2. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration est une quantité variable ou physique utilisée en agro météorologie qui consiste en la quantité d'eau (rapportée à l'unité de temps) qui depuis le sol passe dans l'air à l'état de vapeur en raison de l'effet conjoint de la transpiration des plantes et de l'évaporation, directement du sol.

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, en $m^3 /ha/jour$, en $m^3 /ha/mois$ ou en $m^3 /ha/an$. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en $mm/jours$ par mois ou par an. (MICHEL DUCROCQ ,1982) On distingue:

- L'évapotranspiration de référence (ET₀),

- L'évapotranspiration potentielle (ETP)
- Evapotranspiration maximale d'une culture (ETM)
- Et l'évapotranspiration réelle (ETR).

V.2.1. L'évapotranspiration de référence ET₀

Est définie comme « le niveau d'évapotranspiration d'une surface importante d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 et 15cm), en croissance active, recouvrant complètement le sol et alimenté en eau de façon non restrictive ». (MICHEL DUCROCQ ,1982)

C'est l'évapotranspiration maximale (c.à.d. Le sol est à sa capacité de retentions) d'un gazon ras couvrant complètement le sol, bien alimenté en eau, en phase active de croissance et situé au sein d'une parcelle suffisamment étendue (Perrier, 1977).

On peut définir l'ETP comme l'évapotranspiration d'un couvert végétal présentant un développement foliaire maximum (au stade de pleine croissance) couvrant bien le sol, ce dernier étant à la capacité au champ, L'ETP correspond à la « demande d'évaporation » en eau « pouvoir » évaporant de l'air. (JEAN ROBERT TIERCELIN, 1998)

V.2.2. Evapotranspiration maximale d'une culture ET_M

En matière d'irrigation, on cherche à placer les plantes dans des conditions de production optimales et on base l'irrigation sur la valeur de l'évapotranspiration maximale (ET_M) qui est une valeur ponctuelle liée à l' ET₀ qui est relative à une région par un coefficient cultural, donnée par la formule de base de l'approche climatique :

$$ET_m = K_c \times ET_0$$

ET_M : évapotranspiration maximale d'une culture (mm),

kc : coefficient cultural,

ET₀: évapotranspiration de référence (mm).

V.2.3. L'évapotranspiration réelle ETR

Pendant une période déterminée (jour, mois, cycle végétatif complet), chaque parcelle va perdre, par transpiration et évaporation directe, une certaine quantité d'eau appelée évapotranspiration réelle ETR: celle-ci pourra bien sûr être inférieur ou égal à l'ETP selon que les conditions de celle-ci sont réunies ou non. (MICHEL DUCROCQ ,1982)

V.3. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration

Il n'est pas question ici de présenter en détail toutes les méthodes utilisées pour le calcul de l'évapotranspiration des cultures.

On distingue généralement deux types

- Les méthodes directes.
- Les méthodes indirectes.

V.3.1. Méthodes directes

- ❖ L'évapotranspiromètre ou cuve lysimétrique Comme son nom l'indique, l'appareil sert à mesurer l'évapotranspiration en un lieu donné du sol nu ou plus généralement d'un couvert végétal.
- ❖ Le bac évaporant Cet appareil très simple permet de mesurer directement l'évapotranspiration d'une nappe d'eau libre. Sous réserve qu'il soit correctement installé, il permet d'obtenir une bonne estimation de l'ETP
- ❖ L'évaporomètre piche Il s'agit d'un tube de verre rempli d'eau et fermé à son extrémité inférieure par une rondelle de papier buvard, la tranche d'eau évaporée à partir de celle-ci se lie directement sur les graduations du tube.

V.3.2. Méthodes indirectes

Ces méthodes permettent de calculer l'ETP à partir de formules ne comportant que des données climatiques.

1) Formule de Blaney et Criddle

A la suite de nombreuses expérimentations, Blaney et Criddle ont estimé que la température est la durée du jour étaient les facteurs déterminants de l'évapotranspiration potentielle. Ils ont proposé la formule suivante:

$$ETP = K (0,46t + 8,13) P.$$

Dans laquelle :

ETP: Evapotranspiration potentielle en mm/jour.

t : température moyenne (en degré Celsius) durant la période considérée (généralement le mois).

P : pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période, par rapport à la durée moyenne du jour pour l'année.

K: Coefficient dépendant du stade végétatif de la culture et de la température moyenne (de la zone climatique).

2) Formule de Turc

Si l'humidité relative est supérieur à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par:

$$ETP=0.40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T+15} \text{ en (mm/mois)}$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

Ig: Radiation globale mensuelle (cal/cm² /jour).

Remarque

Le coefficient 0,40 est réduit à 0,37 pour le mois de février.

- Si l'humidité relative de l'aire est inférieure à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par:

$$\mathbf{ETP=0.40 (Ig + 50) \times \frac{T}{T+15} \times \left(1 + \frac{50-Hr}{70}\right)}$$

Dans laquelle:

T: Température moyenne mensuelle (°C).

Ig : Radiation globale en (cal/cm² /jour).

Hr: L ;'humidité de l'air en %.

$$\mathbf{Ig=Iga(0.18+0.62)\times\frac{h}{H}}$$

Avec:

Iga : Radiation maximale théorique.

H : Durée astronomique de jour en (heure/mois)

h : durée d'insolation de la station considérée en heure/mois.

$\frac{h}{H}$: Insolation relative en heures.

3) Formule de Penman

La formule donne les meilleures estimations de l'ETP, et ceci sous tous les climats. Son seul inconvénient est de nécessiter un nombre assez important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station. La formule est la suivante:

$$\mathbf{ETP=p'(t) \frac{Rn}{L} + \sigma \times \frac{Ea}{p'(t)+\sigma}}$$

Dans laquelle:

Rn : Rayonnement net « climatique ».

Ea : pouvoir évaporant de l'air, fonction du vent et du déficit de saturation de l'air.

L: Chaleur latente de vaporisation (2.5.10⁶ J/kg)

σ: Constante psychrométrique (0,65 h la/°C)

p' (t) : Valeur de dérivée de la fonction de pression partielle de vapeur d'eau saturante en fonction de la pression de vapeur d'eau en fonction de la température, pour la température de l'air T.

V.4.Calcul de l'évapotranspiration de référence (ET0) par la formule Penman-Monteith

Dans notre cas, la détermination de l'évapotranspiration de référence (ET0) est calculer en se basant sur la formule de Penman-monteith modifié qui la plus recommander par la FAO .

La formule est représentée comme suit :

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{Cste}{T+273} u^2 (es - ea)}{\Delta + \gamma(1+0,34u^2)}$$

Avec :

- **ET₀** : évapotranspiration de référence (mm/j)
- **Rn** : 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]
- **es** : pression de vapeur saturante [kPa]
- **ea** : pression de vapeur réelle [kPa]
- **es-ea** : déficit de pression de vapeur saturante [kPa]
- **Δ** : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C⁻¹]
- **Cste** : constante psychrométrique [kPa °C⁻¹].

Le calcul se fait à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 et les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

La station maîtresse que nous avons considérée est celle de Bousfer caractérisée par :

- latitude : 35° 42 N.
- longitude : 0° 36 O.
- altitude : 120 m.

Concernant les pluies, pour plus de précision nous avons utilisé les pluies moyennes mensuelles calculées sur la station de Bousfer el-ancor (Durée de 1940-2017).

Tableau V.1 : Evapotranspiration potentielle de référence calculé.

Mois	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidité %	Vent m/s	Insolation heures	Ray. MJ/m ² /jour	ETo mm/mois
Janvier	8.8	15.4	84	5.8	5.7	9.7	48.44
Février	8.3	17.0	83	5.8	6.0	12.1	55.61
Mars	10.4	18.4	80	5.7	7.2	16.4	83.70
Avril	12.6	20.1	79	6.1	8.5	20.7	103.49
Mai	14.6	23.6	75	5.8	9.7	24.0	141.46
Juin	17.5	27.7	70	6.0	10.6	25.7	176.80
Juillet	20.3	30.6	70	5.5	11.0	26.0	198.88
Août	21.2	31.3	66	5.4	10.3	23.7	203.95
Septembre	19.0	28.1	66	5.1	8.7	19.1	159.34
Octobre	16.3	24.6	70	4.5	7.3	14.3	115.67
Novembre	12.0	19.6	78	5.1	6.3	10.7	69.92
Décembre	9.5	17.0	85	4.1	5.9	9.2	44.51
Moyenne	14.2	22.8	76	5.4	8.1	17.6	1401.76

La répartition mensuelle illustre notamment le type de variations irrégulières dont les écarts par rapport à la moyenne sont nettement considérables pendant la journée.

C'est l'effet caractéristique du climat continental qui agit directement sur le comportement des facteurs évaporant, La tranche d'eau évaporée annuellement sur une surface libre est estimée à près 1401.76mm.

V.5. La pluie efficace

Les pluies (ou précipitations) efficaces sont égales à la différence entre les précipitations totales et l'évapotranspiration réelle. Les précipitations efficaces peuvent être calculées directement à partir des paramètres climatiques et de la réserve utile du sol (RU). L'eau des précipitations efficaces est répartie, au niveau du sol, en deux fractions : l'écoulement superficiel et l'infiltration.

Comme les précipitations totales, les pluies efficaces s'expriment en hauteur (en millimètres) rapportée à une unité de temps ou bien en volume (par exemple, milliards de m³ par an).

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

Pluies efficaces (en mm/mois) = A × Pluies totales (mm/mois)

Avec :

A : coefficient estimé à 0,8.

Le Cropwat propose plusieurs modèles de calcul de la pluie efficace qui sont détaillés dans le Bulletin FAO-25, nous avons choisi de travailler avec la méthode l'USDA pour tenir compte des pertes dues au ruissellement de surface et à la percolation profonde, c'est une formule recommandée par United States Department of Agriculture - Soil Conservation Service.

Les valeurs moyennes mensuelles de Peff sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau V.2 : Calcul de la pluie efficace par le Cropwat.

	Pluie	Pluie eff.
	mm	mm
Janvier	50.1	40.1
Février	35.1	28.1
Mars	30.4	24.3
Avril	27.6	22.1
Mai	14.3	11.4
Juin	1.7	1.4
Juillet	1.0	0.8
Août	0.8	0.6
Septembre	10.9	8.7
Octobre	24.0	19.2
Novembre	49.2	39.4
Décembre	48.8	39.0
Total	293.9	235.1

Tableau V.3 : Précipitation efficace dans la zone d'étude.

mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juill	aout
p80	10.9	24	49.2	48.8	50.1	35.1	30.4	27.6	14.3	1.7	1	0.8
peff	8.7	19.2	39.4	39	40.1	28.1	24.3	22.1	11.4	1.4	0.8	0.6

V.6. Les choix de culture

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

- ✓ La climatologie de la région étudiée.
- ✓ La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- ✓ Aspect pédologique pour déterminer l'aptitude culturelle.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses conditions du périmètre d'étude, 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.

V.6.1. Occupation du sol

Les scénarios d'occupation des sols retenus pour le projet sont donnés par le tableau suivant :

Tableau V.4: Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre.

scenario	Céréales	Maraichères	Fourragères	Arboricultures	totales
1	10%	10%	10%	85%	100%
2	20%	35%	10%	35%	100%
3	25%	35%	15%	25%	100%

On a choisi le scenario 1 car pour notre cas ; nous avons considéré uniquement les arbres fruitiers comme cultures irriguées et quelques cultures de maraichères qui ne se consomme pas crue ainsi une petite superficie pour les céréales vue que notre source d'irrigation est une eau épurée.

V.7. Définition des besoins en eau d'irrigation nette d'une culture

C'est la quantité d'eau qui doit être effectivement consommée par la plante 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.

V.8. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

$$B = ETM - (Pe_{ff} + RFU_{i-1})$$

Et :

$$ETM = ET_0 * K_C$$

Avec :

Kc : coefficient qui dépend des conditions climatologiques,

B : besoin en eau d'irrigation (mm),
 ETM : évapotranspiration (mm/mois),
 Peff : pluie efficace,
 RFUi-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 :

$$\text{RFU} = Y (\text{Hcc} - \text{Hpf}) \cdot \text{Da} \cdot \text{Z}$$

Y : degré de tarissement. (2/3),

Da : densité apparente (1.3),

Z : profondeur d'enracinement mm,

Hcc : humidité à la capacité au champ, dans notre cas. On prend (25%),

Hpf : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (11%),

Peff : pluie efficace.

V.8.1. Calcul du débit spécifique

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

$$qs = \frac{\text{Bnet} \cdot 10 \cdot 1000}{\text{Nj} \cdot \text{Ni} \cdot 3600 \cdot \text{Ei}} \text{ l/s/ha}$$

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

Ni : nombre des heures d'irrigation=24h.

Nj : nombre de jours du mois de pointe =30 jours.

Ei(k) : Efficience d'irrigation.

V.8.2. 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 :

$$\text{Qcar} = qs \cdot S$$

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

S : la superficie totale à irriguer = 320 ha.

V.8.3. Efficience de l'irrigation

L'efficience d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans le réseau d'irrigation. La différence entre les deux volumes indique les pertes. La formule utilisée pour l'estimation de l'efficience d'un réseau d'irrigation est donnée par l'expression suivante :

$$E_i = E_t \cdot E_d \cdot E_u .$$

Avec :

E_i : Efficience d'irrigation en (%)

E_e : Efficience de transport (%)

E_d : Efficacité de type de distribution en (%)

E_u : Efficacité de l'uniformité de la distribution.

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent.

V.8.4. Estimation des besoins en eau des cultures

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

$$\text{Besoin brut (mm)} = \text{Besoin nette} / k$$

K : coefficient de l'efficience d'irrigation.

On a choisi k=0.85.

V.8.5. Calcul des besoins en eaux des céréales.

Tableau V.5 : besoins en eaux du blé dur.

mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Kc			0.35	0.35	0.51	0.87	1.10	1.10	1.00	0.48		
ETP	159.34	115.67	69.92	44.51	48.44	55.61	83.70	103.49	141.46	176.80	198.88	203.95
E.T.M (mm)			24.47	15.58	24.70	48.38	92.07	113.84	141.46	83.98		
P.eff (mm)	8.72	19.20	39.36	39.04	40.08	28.08	24.32	22.08	11.44	1.36	0.80	0.64
Z (cm)			10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	50.00	50.00	60.00		
RFU= 2/3 RU (mm)	0.00	0.00	12.13	24.27	36.40	48.53	60.67	60.67	60.67	72.80	0.00	0.00
RFU REELE (mm)	0.00	0.00	0.00	12.13	24.27	36.40	24.27	30.33	30.33	0.00	0.00	0.00
B net (mm)							43.48	61.43	99.69	82.62		
B net (m3/ha)							434.83	614.26	996.87	826.20		
Qsp (l/s/ha)							0.20	0.28	0.45	0.38		

Tableau V. 6: besoins en eaux de l'orge.

mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Kc			0.35	0.36	0.63	1.00	1.10	1.10	0.84	0.38		
ETP	159.34	115.67	69.92	44.51	48.44	55.61	83.70	103.49	141.46	176.80	198.88	203.95
E.T.M (mm)			24.47	16.02	30.52	55.61	92.07	113.84	118.83	66.30		
P.eff (mm)	8.72	19.20	39.36	39.04	40.08	28.08	24.32	22.08	11.44	1.36	0.80	0.64
Z(cm)			10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	50.00	50.00	60.00		
RFU= 2/3 RU (mm)	0.00	0.00	12.13	24.27	36.40	48.53	60.67	60.67	60.67	72.80	0.00	0.00
RFU REELLE (mm)	0.00	0.00	0.00	12.13	24.26	36.40	24.27	30.33	30.33	0.00	0.00	0.00
Bnet (mm)							43.48	61.43	77.05	64.94		
bnet (m3/ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	434.83	614.26	770.53	649.40	0.00	0.00
Qsp (l/s/ha)							0.20	0.28	0.35	0.29		

V.8.6. Calcul des besoins en eaux des fourragères.

Tableau V.7 : les besoins en eaux du sorgho.

mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Kc							0.00	0.30	0.80	1.00	1.15	0.75
ETP	159.34	115.67	69.92	44.51	48.44	55.61	83.70	103.49	141.46	176.80	198.88	203.95
E.T.M (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.05	113.17	176.80	228.71	152.96
P.eff (mm)	8.72	19.20	39.36	39.04	40.08	28.08	24.32	22.08	11.44	1.36	0.80	0.64
Z (cm)								10.00	20.00	40.00	50.00	60.00
RFU= 2/3 RU (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.13	24.27	48.53	60.67	72.80
RFU REELLE (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.07	0.00	0.00	0.00
B net (mm)								8.97	95.66	175.44	227.91	152.32
b net (m3/ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	89.67	956.61	1754.40	2279.12	1523.23
Qsp (l/s/ha)							0.00	0.04	0.43	0.80	1.03	0.69

Tableau V. 8: les besoins en eaux du bersim.

mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Kc	0.55	0.60	0.95	1.20	1.20	1.20	0.90					
ETP	159.34	115.67	69.92	44.51	48.44	55.61	83.70	103.49	141.46	176.80	198.88	203.95
E.T.M (mm)	87.64	69.40	66.42	53.41	58.13	66.73	75.33					
P.eff (mm)	8.72	19.20	39.36	39.04	40.08	28.08	24.32	22.08	11.44	1.36	0.80	0.64
Z (cm)	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	80.00					
RFU= 2/3 RU (mm)	36.40	48.53	60.67	72.80	84.93	97.07	97.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RFU REELLE (mm)	0.00	18.20	48.53	60.66	72.80	84.93	48.53	48.53	0.00	0.00	0.00	0.00
Bnet (mm)	78.92	32.00					2.48					
bnet(m3/ha)	789.17	320.02					24.77					
Qsp (l/s/ha)	0.36	0.15					0.01					

V.8.7. Calcul des besoins en eaux des maraichères

Tableau V. 9: les besoins en eaux de la pomme de terre.

mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Kc						0.45	0.80	1.00	0.75			
ETP	159.34	115.67	69.92	44.51	48.44	55.61	83.70	103.49	141.46	176.80	198.88	203.95
E.T.M(mm)						25.02	66.96	103.49	106.10			
P.eff (mm)	8.72	19.20	39.36	39.04	40.08	28.08	24.32	22.08	11.44	1.36	0.80	0.64
Z (cm)						40.00	60.00	60.00	60.00			
RFU= 2/3 RU (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.53	72.80	72.80	72.80	0.00	0.00	0.00
RFU REELLE (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.18	24.27	24.27	0.00	0.00	0.00
Bnet (mm)							26.46	57.14	70.39			
bnet(m3/ha)							264.62	571.43	703.88			
Qsp (l/s/ha)							0.12	0.26	0.32			

V.8.8. Calcul des besoins en eaux de l'arboricultures.

Tableau V.10 : les besoins en eaux de l'olivier et l'abricotier.

mois	SEP T	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR S	AVRI L	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Kc	1.10	0.90	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.95	1.05	1.15	1.15	1.15
ETP	159. 34	115.6 7	69.92	44.51	48.44	55.61	83.70	103.49	141.4 6	176.80	198.88	203.95
E.T.M (mm)	175. 27	104.1 0	59.43	37.83	41.17	47.27	71.15	98.32	148.5 3	203.32	228.71	234.54
P.eff (mm)	8.72	19.20	39.36	39.04	40.08	28.08	24.32	22.08	11.44	1.36	0.80	0.64
Z (cm)	120. 00	120.0 0	120.0 0	120.0 0	120.0 0	120.0 0	120.00	120.00	120.0 0	120.00	120.00	120.00
RFU= 2/3 RU (mm)	145. 60	145.6 0	145.6 0	145.6 0	145.6 0	145.6 0	145.60	145.60	145.6 0	145.60	145.60	145.60
RFU REELLE (mm)	0.00	48.53	145.6 0	145.6 0	145.6 0	145.6 0	48.53	48.53	48.53	0.00	0.00	0.00
Bnet(mm)	166. 55	36.37						27.70	88.56	201.96	227.91	233.90
Bnet(m3/ha)	1665 .54	363.7 0						277.02	885.6 0	2019.6 0	2279.1 2	2339.0 3
Qsp (l/s/ha)	0.76	0.17						0.13	0.40	0.92	1.03	1.06

Tableau V. 11: les besoins en eaux du figuier.

mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Kc	0.85	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	1.05	1.15	1.10
ETP	159.34	115.67	69.92	44.51	48.44	55.61	83.70	103.49	141.46	176.80	198.88	203.95
E.T.M (mm)	135.44	92.54	55.94	35.61	38.75	44.49	66.96	82.79	113.17	185.64	228.71	224.35
P.eff(mm)	8.72	19.20	39.36	39.04	40.08	28.08	24.32	22.08	11.44	1.36	0.80	0.64
Z (cm)	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	85.00	115.00	115.00	125.00
RFU= 2/3 RU (mm)	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	103.13	139.53	139.53	151.67
RFU REELLE (mm)	0.00	48.53	145.60	145.60	145.60	145.60	48.53	48.53	48.53	0.00	0.00	0.00
B net (mm)	126.72	24.80						12.18	53.19	184.28	227.91	223.71
b net (m3/ha)	1267.19	248.03						121.79	531.95	1842.80	2279.12	2237.05
Qsp (l/s/ha)	0.58	0.11						0.06	0.24	0.84	1.03	1.02

Tableau V. 12: les besoins en eaux du pommier.

mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Kc	0.75	0.70	0.70	0.60	0.60	0.50	0.50	0.50	0.60	0.65	0.70	0.75
ETP	159.34	115.67	69.92	44.51	48.44	55.61	83.70	103.49	141.46	176.80	198.88	203.95
E.T.M (mm)	119.51	80.97	48.94	26.71	29.06	27.81	41.85	51.75	84.88	114.92	139.22	152.96
P.eff (mm)	8.72	19.20	39.36	39.04	40.08	28.08	24.32	22.08	11.44	1.36	0.80	0.64
Z (cm)	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
RFU=2/3 RU (mm)	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00
RFU REELLE (mm)	0.00	60.67	182.00	182.00	182.00	182.00	60.67	60.67	60.67	0.00	0.00	0.00
Bnet(mm)	110.79	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.77	113.56	138.42	152.32
bnet(m3/ha)	1107.85	11.02							127.69	1135.60	1384.16	1523.23
Qsp (l/s/ha)	0.50	0.01							0.06	0.52	0.63	0.69

Tableau V.13 : les besoins en eaux de la vigne.

mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Kc	0.90	0.80	0.70	0.60	0.60	0.55	0.55	0.55	0.65	0.50	0.85	0.90
ETP	159.34	115.67	69.92	44.51	48.44	55.61	83.70	103.49	141.46	176.80	198.88	203.95
E.T.M (mm)	143.41	92.54	48.94	26.71	29.06	30.59	46.04	56.92	91.95	88.40	169.05	183.56
P.eff (mm)	8.72	19.20	39.36	39.04	40.08	28.08	24.32	22.08	11.44	1.36	0.80	0.64
Z (cm)	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
RFU= 2/3 RU (mm)	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00
RFU REELLE (mm)	0.00	60.67	182.00	182.00	182.00	182.00	60.67	60.67	60.67	0.00	0.00	0.00
B net (mm)	134.69	12.67							19.84	87.04	168.25	182.92
b net (m3/ha)	1346.86	126.69	0.00	0.00			0.00	0.00	198.42	870.40	1682.48	1829.15
Qsp (l/s/ha)	0.61	0.06							0.09	0.40	0.76	0.83

Tableau V.14 : les besoins en eaux du pécher.

mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Kc	0.80	0.70	0.70	0.70	0.80	0.90	0.90	0.90	0.80	0.80	0.80	0.80
ETP	159.34	115.67	69.92	44.51	48.44	55.61	83.70	103.49	141.46	176.80	198.88	203.95
E.T.M (mm)	127.47	80.97	48.94	31.16	38.75	50.05	75.33	93.14	113.17	141.44	159.10	163.16
P.eff (mm)	8.72	19.20	39.36	39.04	40.08	28.08	24.32	22.08	11.44	1.36	0.80	0.64
Z (cm)	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
RFU= 2/3 RU (mm)	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00
RFU REELLE (mm)	0.00	60.67	1.82	1.82	1.82	1.82	60.67	60.67	60.67	0.00	0.00	0.00
B net (mm)	118.75	1.10	7.76			20.15		10.39	41.06	140.08	158.30	162.52
b net (m3/ha)	1187.52	11.02	77.64			201.49		103.94	410.61	1400.80	1583.04	1625.20
Qsp (l/s/ha)	0.54	0.01	0.04			0.09		0.05	0.19	0.64	0.72	0.74

Tableau V.15 : les besoins en eaux du poirier.

mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Kc	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90
ETP	159.34	115.67	69.92	44.51	48.44	55.61	83.70	103.49	141.46	176.80	198.88	203.95
E.T.M (mm)	143.41	104.10	41.95	26.71	29.06	33.37	50.22	82.79	113.17	141.44	178.99	183.56
P.eff (mm)	8.72	19.20	39.36	39.04	40.08	28.08	24.32	22.08	11.44	1.36	0.80	0.64
Z (cm)	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
RFU=2/3 RU (mm)	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00
RFU REELLE (mm)	0.00	60.67	182.00	182.00	182.00	182.00	60.67	60.67	60.67	0.00	0.00	0.00
B net (mm)	134.69	24.24						0.05	41.06	140.08	178.19	182.92
b net (m3/ha)	1346.86	242.36						0.45	410.61	1400.80	1781.92	1829.15
Qsp (l/s/ha)	0.61	0.11						0.00	0.19	0.64	0.81	0.83

Tableau V.16 : les besoins en eaux du prunier.

mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Kc	0.78	0.70	0.50	0.50	0.53	0.68	0.83	0.95	0.95	0.95	0.91	0.84
ETP	159.34	115.67	69.92	44.51	48.44	55.61	83.70	103.49	141.46	176.80	198.88	203.95
E.T.M (mm)	124.29	80.97	34.96	22.26	25.67	37.81	69.47	98.32	134.39	167.96	180.98	171.32
P.eff (mm)	8.72	19.20	39.36	39.04	40.08	28.08	24.32	22.08	11.44	1.36	0.80	0.64
Z (cm)	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150	150.00
RFU=2/3 RU (mm)	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00
RFU REELLE (mm)	0.00	60.67	182.00	182.00	182.00	182.00	60.67	60.67	60.67	0.00	0.00	0.00
B net (mm)	115.57	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.57	62.28	166.60	180.18	170.68
bnet(m3/ha)	1155.65	11.02						155.69	622.80	1666.00	1801.81	1706.78
Qsp (l/s/ha)	0.52	0.01						0.07	0.28	0.76	0.82	0.77

Tableau V.17 : les besoins en eaux de l'agrumes « l'orange ».

mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Kc	0.80	0.70	0.70	0.70	0.80	0.90	0.90	0.90	0.80	0.80	0.80	0.80
ETP	159.34	115.67	69.92	44.51	48.44	55.61	83.70	103.49	141.46	176.80	198.88	203.95
E.T.M (mm)	127.47	80.97	48.94	31.16	38.75	50.05	75.33	93.14	113.17	141.44	159.10	163.16
P.eff (mm)	8.72	19.20	39.36	39.04	40.08	28.08	24.32	22.08	11.44	1.36	0.80	0.64
Z (cm)	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
RFU= 2/3 RU (mm)	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00	182.00
RFU REELLE (mm)	0.00	60.67	182.00	182.00	182.00	182.00	60.67	60.67	60.67	0.00	0.00	0.00
B net (mm)	118.75	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.39	41.06	140.08	158.30	162.52
b net (m3/ha)	1187.52	11.02						103.94	410.61	1400.80	1583.04	1625.20
Qsp (l/s/ha)	0.54	0.01						0.05	0.19	0.64	0.72	0.74

Tableau V.18 : Récapitulatif des besoins.

mois	blé dur	orge	sorgho	bersim	pomme de terre	olivier	vigne	prunier	pommier	pêcher	abricotier	agrume 'orange'	figuier	poirier
sept				78.917		166.554	78.917	115.57	110.785	118.752	166.554	118.752	126.719	86.884
oct				32.002		36.37		1.10	1.102	1.10	36.369	1.102	24.80	
nov										7.764				
dec														
jan														
fev										20.149				
mars	43.48	43.48	0.79	2.47	26.46									
avrl	61.43	61.43	23.60		57.14	27.70		15.57		10.395	27.70	10.39	12.179	10.39
mai	99.69	77.05	117.89		70.39	88.56	12.77	62.28	12.77	41.061	88.56	41.06	53.19	55.21
juin	82.62	64.94	122.4			201.96	104.72	166.6	113.56	140.08	201.96	140.08	184.28	157.76
juill						227.912	108.584	180.18	138.41	158.304	227.912	158.304	227.912	118.528
aout						233.9025	111.5325	170.678	152.3225	162.52	233.9025	162.52	223.705	121.73

Les besoins en eau du mois de pointe $B_{net} = 233.9025 \text{ mm/mois}$ alors $Q_s = 1.062 \text{ l/s/ha}$

Le débit spécifique de la culture la plus exigeante est l'olivier.

Donc le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est de :

$Q_s = 1.062 \text{ l/s/ha}$; ce débit est inférieur à 1.5 l/s/ha donc le choix de ce débit est vérifié.

$Q_{car} = 1.062 * 320 = 339.72 \text{ l/s}$

V.9. Estimation des volumes d'eau d'irrigation

Afin de prévoir les volumes d'eau à stockés dans le bassin ou réservoir et pour un meilleur arrosage, il faut estimer les volumes d'eau d'irrigation.

Le tableau V.19 : les volumes d'eau d'irrigation pour notre périmètre.

Culture	Superficie	Besoins net(mm)	Besoins net(m3/ha)	Besoins brut(m3/ha)	Besoins brut totaux (m3)
VIGNE	25.00	416.52	4165.23	3540.44	88511.10
OLIVIER	72.00	982.96	9829.60	8355.16	601571.52
ABRICOTIER	33.00	982.96	9829.60	8355.16	275720.28
PECHE	55.00	660.13	6601.27	5611.08	308609.37
POIRIER	11.00	550.50	5505.04	4679.28	51472.09
PRUNIER	7.00	711.98	7119.76	6051.79	42362.54
POMMIER	8.00	528.96	5289.55	4496.12	35968.95
FIGUIER	6.00	852.79	8527.92	7248.73	43492.39
AGRUME	7.00	632.21	6322.14	5373.82	37616.73
ble dur	14.00	287.22	2872.16	2441.33	34178.66
orge	18.00	246.90	2469.02	2098.67	37776.02
sorgho	20.00	264.68	2646.75	2249.74	44994.75
bersim	12.00	113.40	1133.96	963.86	11566.36
pomme de terre	32.00	153.99	1539.94	1308.95	41886.34
Total	320.00			Total	1655727.11

On remarque que le volume nécessaire pour assurer les besoins des cultures sur notre périmètre durant toute leur période végétative est de l'ordre 1.66 Hm^3 pour une superficie de 320 ha , en appliquant le système goutte à goutte.

Le volume mensuelle pompé vers les lagunes est de l'ordre de $322.556 \text{ m}^3/\text{mois}$. Soit un volume annuel de (3.93 hm^3) , c'est largement suffisant pour irriguer ce périmètre.

V.10. Conclusion

Dans ce chapitre on a projeté des cultures pour le périmètre étudié en prenant en considération la source de l'eau pour l'irrigation « la step de Cap Falcon ORAN », calcul des besoins en eaux

de chaque culture choisie pour l'estimation du débit spécifique et le débit caractéristique a fin de dimensionner le réseau d'irrigation.

Chapitre VI :
dimensionnement du
réseau d'adduction et
de distribution.

Chapitre VI : dimensionnement du réseau d'adduction et de distribution.

Introduction

L'irrigation d'un périmètre se fait via des ouvrages de transfert des eaux (adduction ,distribution, station de pompage ,réservoir de stockage...).dans ce présent chapitre on dimensionne ces ouvrages a fin de choisir le trace de la conduite de refoulement et de la conduite de distribution ,sont le résultat de l'imploration de la futur station de pompage par rapport à l'aire d'irrigation, et cela en vue d'assurer une alimentation totale du périmètre d'irrigation, avec les pressions nécessaires, jusqu'aux bornes d'irrigation.

VI.1. Ilots d'irrigation

Ilots d'irrigation est définit comme l'unité Hydro-Agricole alimentée par une seule prise d'irrigation.

La prise (ou borne) d'irrigation représente le point limite du système de distribution où l'administration du réseau d'irrigation intervient directement dans la gestion de l'eau. En aval de la prise, la gestion de l'eau est à la charge de l'exploitant, ou d'un groupe d'exploitants. La situation foncière actuelle dans la zone d'étude est très hétérogène, la taille des parcelles et des exploitations est très variable, de 3.325 ha jusqu'à 172.1875 ha et la forme des parcelles est souvent très irrégulière.

Par conséquent, le découpage en ilots est basé sur les limites de parcelles établies par l'étude foncière. Il en résulte que la forme et taille des ilots d'irrigation varient selon les possibilités pratiques de découpage, en fonction du parcellaire existant.

VI.1.1. Rôle et fonction de la borne d'irrigation

La borne assure quatre fonctions :

- ❖ Le vannage ;
- ❖ La stabilisation de la pression ;
- ❖ La limite du débit ;
- ❖ Le comptage du volume d'eau délivré.

VI.1.2. TAILLE DE L'ILOT

Taille Maximum de l'ilot:

La taille maximum de l'ilot est déterminée en fonction du débit d'équipement de la prise en relation avec le débit fictif continu maximum. En outre, le débit fourni par la prise d'irrigation doit correspondre à une main - d'eau compatible avec la méthode d'irrigation adoptée au niveau de l'exploitation.

Taille Minimum de l'ilot:

La taille minimum de l'ilot dépend essentiellement du nombre maximum d'exploitants qui se partagent une seule prise.

Afin d'éviter la multiplication de prises individuelles et pour obtenir un débit d'équipement adéquat sans trop surdimensionner la prise, il est nécessaire, dans le cas des parcelles de petite taille, de regrouper plusieurs parcelles dans un même ilot.

Dans notre cas l'exploitation la plus petite est de 3.325 ha, donc en n'est pas dans l'obligation de regrouper plusieurs exploitations en un seul ilot.

- ✚ Pour donner une main - d'eau raisonnable, le débit d'équipement minimum de la prise a été fixé à 5 l/s. Ce débit correspond à une superficie minimum de l'ilot de 5 ha.

Les classes de taille de l'ilot ainsi que les débits d'équipement correspondant sont indiqués dans le tableau ci-dessus

Tableau VI.1: Taille des ilots et débit d'équipement correspondant.

TAILLE DE L'ILOT (S) NETTE (HA)	DEBIT D'EQUIPEMENT DE LA PRISE (L/S)
< 5	5
5 < S < 10	10
10 < S < 15	15
15 < S < 20	20
20 < S < 40	40

VI.1.3. DÉCOUPAGE DES ILOTS

Le découpage des ilots a été effectué en respectant les principes suivants :

- Les limites des ilots suivent les limites des parcelles telles qu'elles sont indiquées sur les plans parcellaires.
- Les tailles des ilots sont conformes aux classes de superficie définies dans les sections précédentes. En général, le nombre d'exploitants regroupés dans un ilot ne dépasse pas deux exploitants.

- Dans le cas où une grande exploitation doit-être divisée en deux îlots au plus, ces îlots sont dans la mesure du possible, de la même taille.

La liste complète des îlots est présentée en annexe №, cette liste indique pour chaque îlot, les détails des parcelles incluses dans l'îlot et la superficie à irrigué nette de l'îlot.

Le tableau n donne la répartition du nombre d'îlots par classe de taille (selon les débits normalisés des prises).

Tableau VI.2: Répartition du nombre d'îlots par classe de taille.

CLASSE DE TAILLE (HA)	NOMBRE D'ÎLOTS
< 5	02
$5 \leq S < 10$	9
$10 \leq S < 15$	03
$15 \leq S < 20$	03
$20 \leq S < 40$	02
≥ 40	02
Total des îlots	19 îlots

- ✚ Le projet a été conçu pour que la majorité des agriculteurs puissent disposer d'une prise d'eau et d'une pression suffisante pour la pratique du mode d'irrigation approprié (soit le gravitaire ou le goutte-à-goutte).

Dans notre cas, les îlots d'irrigation définis sont au nombre de 19 îlots formés de un (01) à deux (02) parcelles d'une superficie qui varie de 3,325 ha jusqu'à 127 ha.

Tableau VI.3 :les parcelles et leurs superficies.

N° ilot	SUPERFICIE A IRRIGUER EN HA	nombre d'exploitation
1	15,0275	1
2		1
3		1
4	10,2700	1
5	4,8625	1
6	11,0000	1
7	8,2500	1
8	7,9750	1
9	9,6000	1
10	9,5250	1
11	31,4938	1
12		1
13		1
14		1
15		1
16		1
17	42,7	1
18		1
19	5,5200	1
20	5,8500	1
21	10,6093	2
22		2
23	6,2250	1
24	5,9500	1

N° ilot	SUPERFICIE A IRRIGUER EN HA	nombre d'exploitation
25	90.72	2
26		2
27		2
28		2
29		2
30	36.28	2
31		2
32	3,325	1
33	5,0937	1
TOTAL	320,2768	41

VI.1.4. Implantation des bornes


Chaque ilot sera équipé d'une borne d'irrigation, implantée à une côte plus élevée de l'ilot afin d'assurer la pression au point le plus défavorable.

Les bornes sont implantées en limite ou au centre de manière à pouvoir desservir plusieurs exploitants (1 à 2 au maximum) à partir de la même borne.

Type et nombre de bornes :

Il existe différent type de bornes (prise d'irrigation) avec différentes classes de débit, parmi ces types on trouve

Tableau VI.4 : type de bornes

Borne type I		
	<p>Cette borne convient à l'irrigation des parcelles à des débits moyens.</p> <p>Elle comprend un corps monobloc à une sortie permettant le montage d'une seule tubulure DN65.</p>	<p>* Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permet l'irrigation des parcelles de taille moyenne. • Adaptée aux eaux brutes et abrasives • Fonctions régulation de pression, limitation de débit. <p>*Caractéristiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 sortie pour tubulure DN65 • Pression Max Admissible pour borne : 16 bars • Compteur pré-équipé pour la communication


Borne type II		
	<p>Cette borne convient à l'irrigation de plusieurs parcelles à des débits moyens à élevés.</p> <p>Elle comporte un corps modulaire avec des embases de raccords de différents DN et une réhausse anti-gel optionnelle avec purgeur.</p> <p>Son système de vannage est commun.</p> <p>Les sorties permettent la connexion de tubulures DN65 et 100 incluant les fonctions de régulation et comptage.</p>	<p>* Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permet l'irrigation de plusieurs parcelles de taille moyenne • Adaptée aux eaux brutes et abrasives • Fonctions régulation de pression, limitation de débit. <p>*Caractéristiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4 sorties pour tubulures DN65 à 150 • Pression Max Admissible pour borne : 20 bars • Système modulaire • Option manchette anti-gel • Compteur pré-équipé pour la communication

Tableau VI.5: Répartition du nombre de borne par nombre d'exploitant.

TYPE DE BORNE	NOMBRE D'EXPLOITANT	NOMBRE D'ILOTS	N° D'ILOT
Borne à une seule sortie	1	15	1-2-3-5-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-19
Borne à deux sorties	$1 \leq n < 2$	2	4-6
Borne à quatre sorties	$1 \leq n < 2$	2	17-18

Le type de borne est lié au nombre d'exploitant par ilot type, qui sont disponible au marché :

- **Borne à une seule sortie** :

Servant aux ilots types de 1 exploitant maximum à la sortie.

- **Borne à deux sorties** :

Servant aux ilots types de 1 à 2 exploitants de façon à servir des superficies de 10ha à 12 ha.

- **Borne à quatre sorties** :

Servant aux ilots types dont le nombre d'exploitant atteint 2 exploitants.

VI.1.5. Débit de bornes

C'est le débit à assurer dans chaque borne du périmètre d'étude afin d'assurer le volume d'eau nécessaire pour chaque culture.

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

$$Q_b = Q_s \times S$$

Avec :

✓ Q_b : le débit caractéristique de chaque ilot en l/s ;

✓ S : la superficie de l'ilot en ha ;

✓ Q_s : le débit spécifique en l/s/ha

VI.1.6. Choix du diamètre de la borne

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

Tableau VI-6 : Choix du diamètre de la borne.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 8$(l/s)	D=65mm
$8 < Q < 20$ (l/s)	D=100mm
$20 < Q < 25$(l/s)	D=150mm
$Q > 25$(l/s)	D=200mm

VI.1.7.. Dimensionnement des bornes

Tableau VI-7 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre de la borne

numéro de parcelle	début	arrivé	surface de parcelle	surface de l'ilot	Q spécifique (l/s/ha)	Q borne (l/s)	D borne (mm)
1	N1.1	B1	5.0091	15.0273	1.062	5.319664	65
2	N1.2	B2	5.0091		1.062	5.319664	65
3	N1.3	B3	5.0091		1.062	5.319664	65
4	N2.1	B4	10.27	10.27	1.062	10.90674	100
5	N3	B5	4.8625	4.8625	1.062	5.163975	65
6	N3.1	B6	11	11	1.062	11.682	100
7	N3.2	B7	8.25	8.25	1.062	8.7615	100
8	N9	B8	7.95	7.95	1.062	8.4429	100
9	N10	B9	9.6	9.6	1.062	10.1952	100
10	N10.1	B10	9.525	9.525	1.062	10.11555	100
11	N6	B11	5.2489	31.4934	1.062	5.574332	65
12	N6.1	B12	5.2489		1.062	5.574332	65
13	N6.1	B13	5.2489		1.062	5.574332	65
14	B15	B14	5.2489		1.062	5.574332	65
15	B16	B15	5.2489		1.062	5.574332	65
16	N5	B16	5.2489		1.062	5.574332	65
17	B18	B17	21.35	42.7	1.062	22.6737	150
18	N7.1	B18	21.35		1.062	22.6737	150
19	N7.1	B19	7.52	7.52	1.062	7.98624	65
20	B19	B20	5.85	5.85	1.062	6.2127	65
21	B22	B21	5.30465	10.6093	1.062	5.633538	65
22	N8	B22	5.30465		1.062	5.633538	65
23	N8.1	B23	6.225	6.225	1.062	6.61095	65
24	N8.1	B24	5.95	5.95	1.062	6.3189	65
25	B26	B25	18.14286	127	1.062	19.26771	100
26	B37	B26	18.14286		1.062	19.26771	100
27	N11	B27	18.14286		1.062	19.26771	100
28	N11.1	B28	18.14286		1.062	19.26771	100
29	N11.1	B29	18.14286		1.062	19.26771	100
30	N2.3	B30	18.14286		1.062	19.26771	100
31	N2.2	B31	18.14286		1.062	19.26771	100
32	N10.1	B32	3.325	3.325	1.062	3.53115	65
33	B32	B33	5.0937	5.0937	1.062	5.409509	65

VI.2. SCHEMA D'ADDUCTION ET DE DISTRIBUTION

VI.2.1. SCHEMA DIRECTEUR D'IRRIGATION

Les choix du tracé de la conduite d'adduction et de la conduite de distribution, sont le résultat de l'implantation du réservoir de stockage par rapport à l'aire d'irrigation, et cela en vue d'assurer une alimentation totale du périmètre d'irrigation, avec les pressions nécessaires, jusqu'aux bornes d'irrigation.

- Vu la géomorphologie du périmètre (périmètre à une pente moyenne, qui ne dépasse 5%).
- Vu l'implantation du réservoir de régulation (pour assurer la pression du réseau d'irrigation) ;
- Vu la délimitation arrêtée du périmètre.

VI.2.2. Choix de la variante d'étude

Variante 01 :

La variante consiste à projeter une conduite d'adduction, est de refouler les eaux épurées qui prend départ à partir de la station de pompage a côté de la STEP vers le réservoirs de stockage d'une cote de 123m.

Elle longe le périmètre Si Tarik de Bousfer, Cette adduction traverse la route CW44 menant vers BOUSFER plage, et elle continue son cheminement en traversant le périmètre Benamar Boubakeur, puis elle longe parallèlement la route CW20, menant vers El Ançor jusqu'au réservoir à projeter qui sera implanter dans une côte élevée 123.13 m. L'assiette du réservoir projeté fait partie des domaines de forêt, près de l'exploitation de BELKALFAT, sur un linéaire de 6 002 m.

Variante 02 :

La deuxième variante d'adduction suit le même tracé que la première variante. La seule différence entre les deux variantes réside à :

- Différence de côte d'implantation : le réservoir de la première variante est situé à la côte 123 m. Par contre le réservoir de la deuxième variante est situé dans une côte de 136m soit un dénivelé de 13m.

Donc, Le réservoir de stockage sera projeté à la cote 136m ; on opte pour la deuxième variante.

VI.2.3. Dimensionnement du réseau d'adduction

Il consiste de dimensionner :

- ✓ La conduite d'adduction (de refoulement) ;
- ✓ Le réservoir de stockage ;
- ✓ La station de pompage.

VI.2.4. Dimensionnement du Réservoir de stockage

Un réservoir de stockage semi enterré sera projetée à un point très élève par rapport au périmètre d'irrigation pour assurer la pression au niveau du réseau de distribution.

Calcul du volume du réservoir projeté :

$$V = Q \times T$$

Avec :

- ✓ V : Volume du réservoir en m³ ;
- ✓ Q : Débit caractéristique : 1222.992m³/h ;
- ✓ T : Temps de remplissage du réservoir : 2h.

Donc :

$$V = 1222.992 \times 2 = 2445.984 \text{ m}^3$$

On prend : $V = 2500 \text{ m}^3$

Les dimensions du réservoir

- ❖ Circulaire : h=5m ; D=26m.
- ❖ Rectangulaire : h=5m ; L=25m ; L=20m.

VI.2.5. Dimensionnement de la conduite d'adduction

VI.2.5.1. Calcul du débit d'équipement (débit refoulé)

Le débit d'équipement est obtenu sur la base du débit sortant de la STEP $Q_{car} = 339.72 \text{ l/s}$ multipliant par un coefficient 1.05 correspond à l'usure des roues des pompes en fonction du temps. On prend une majoration de 5% comme marge de sécurité.

Donc

$$Q_{eq} = Q_o * 1.05$$

Avec :

- ✓ Q_o : le débit sortant de la STEP $Q_o = 339.72 \text{ l/s}$ (donnée)

Application :

$$Q_{\text{éq}} = 1.05 \times 339.72 = 99.996$$

On prend $Q_{\text{éq}} = 356.706 \text{ l/s}$

VI.2.5.2. Conduite de refoulement

❖ Méthode de calcul :

Le diamètre économique peut être déterminé par les expressions suivantes :

• **Formule de BONNIN**

$$D = \sqrt[3]{Q} \quad Q \text{ en m}^3/\text{s}$$

• **Formule de BRESSE**

$$D = 1.5 \sqrt[3]{Q} \quad Q \text{ en m}^3/\text{s}$$

❖ Hauteur manométrique totale

Cette hauteur est calculée comme suit :

$$\text{HMT} = H_g + \Delta H_t$$

D'où : HMT: La hauteur manométrique en (m).

H_g : La hauteur géométrique de refoulement en (m).

Avec

$$H_g = H_{\text{res}} - H_{\text{sp}}$$

H_{res} : cote terrain du réservoir (m).

H_{sp} : cote terrain de la station de pompage (m)

ΔH_t : La perte de charge totale de l'amont jusqu'au réservoir (m).

Avec :

VI.2.5.3. On calcule les pertes de charge avec la formule de HAZEN-WILLIAM

✓ Calcul des pertes de charge totale

Calcul perte de charge linéaire :

Pour déterminer les pertes des charges linéaires on utilise la formule de Hazen-Williams

$$\Delta H_l = \left(\frac{3.592}{C_{hw}} \right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852}$$

Avec :

✓ ΔH_l : perte de charge linéaire

- ✓ L :Longueur de conduite, en m
- ✓ Q : Débit, en m³ /s
- ✓ D :Diamètre, en m
- ✓ C :Coefficient de Hazen-Williams c=130 (fonte).

Calcul pertes de charge totales :

$$\Delta H_t = 1.1 \Delta H_L.$$

choix du diamètre de la conduite de refoulement se fait sur la base d'une analyse technicoéconomique entre : S = coût d'investissement + coût de l'exploitation pour trouver le diamètre a un faible cout : optimiser le bilan.

VI.2.5.4. . Calcul des frais d'amortissement

Amortissement annuel

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

$$\mathbf{Fam = Prc \times A}$$

Avec :

- ✓ **Prc**: Prix de la conduite en (DA) ;
- ✓ **A**: Amortissement annuel.

Il est donné par la formule suivante :

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

- ✓ A : Frais d'amortissement (DA) ;
- ✓ i : Taux d'annuité ; i = 8 % ;
- ✓ n : Durée de l'amortissement de la conduite,

n =30 ans.

$$\mathbf{A = \frac{0.08}{1-(1+0.08)^{-30}} \Rightarrow A = 0,088 = 8.8 \%}$$

VI.2.5.5. Calcul des Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation sont définis par la formule suivante :

$$\mathbf{Fexp = E \times e}$$

Avec :

- ✓ **Fexp** : Frais d'exploitation (DA) ;

- ✓ E : Énergie totale dépensée par la pompe (**Kwh**) ;
- ✓ e: Prix unitaire d'un **Kw** imposé par la Sonelgaz (e = 4,47DA).

VI.2.5.6. Puissance des pompes

La puissance absorbée par la pompe est donnée par la formule suivante

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{\eta \times 1000}$$

Avec :

- ✓ **P**: Puissance absorbée par la pompe (kw)
- ✓ **g**: Accélération de la pesanteur (m/s²) ;
- ✓ **Q**: Débit à refoulé (m³ /s)
- ✓ **HMT** : Hauteur manométrique totale (m);
- ✓ **η** : Rendement du pompage (88%).
- ✓ **ρ** : la masse volumique de l'eau (1000 kg / m³)

VI.2.5.7. Energie consommée par la pompe

L'énergie consommée par la station de pompage est donnée par la formule suivante :

$$E = P \times t \times 365$$

- ✓ **E**: Énergie totale consommée par la pompe pendant une année (kwh) ;
- ✓ **P**: Puissance absorbée (Kw) ;
- ✓ **t**: Temps de pompage en (heure) ;

dans notre cas t =22h

VI.2.6. Bilan total des frais

Le bilan des frais d'exploitation et d'amortissement permet de déterminer le diamètre économique de la conduite de refoulement.

Les résultats trouvés pour le calcul du diamètre économique de notre conduite sont regroupés dans les tableaux suivants

tableau VI-8 : calcul de HMT pour divers diamètres de la conduite

D(mm)	L(m)	Q(m ³ /s)	V(m/s)	$\Delta H_{lin}(m)$	$\Delta H_{tot}(m)$	HMT(m)
400	13685	0.356706	2.838576 2	228.323873	251.156260 3	294.156260 3
500	13685	0.356706	1.816688 7	77.0192986	84.7212284 5	127.721228 5
600	13685	0.356706	1.261589 4	31.6947179	34.8641897 1	77.8641897 1
700	13685	0.356706	0.926882	14.9608416	16.4569257 9	59.4569257 9
800	13685	0.356706	0.709644	7.807918	8.58870980 1	51.5887098
900	13685	0.356706	0.560706 4	4.39969387	4.83966325 7	47.8396632 6

Tableau VI.9: calcul du prix de revient des diamètres de la conduite

D(mm)	L(m)	Prix pose(da)	Prix unit cond (da)	P tot(da)	A	P amort(da)
400	13685	710	149010.06	2048919021	0.088	180304873.9
500	13685	830	17885.15	256116828	0.088	22538280.84
600	13685	1200	22831.78	328874909	0.088	28940992.02
700	13685	1450	27777.32	399975874	0.088	35197876.93
800	13685	1580	31722.86	455749639	0.088	40105968.24
900	13685	1640	35668.4	510565454	0.088	44929759.95

tableau VI.10 calcul des dépenses énergétiques annuelles en fonction des diamètres

D(mm)	L(m)	Q(m ³ /s)	HMT(m)	Puissance(kw)	energie (KWH)	prix uni(da)	Frais d'exploitation(da)
400	13685	0.356706	294.15626	1169.70096	9392698.684	4.47	41985363
500	13685	0.356706	127.72123	507.87851	4078264.435	4.47	18229842
600	13685	0.356706	77.86419	309.62393	2486280.155	4.47	11113672
700	13685	0.356706	59.456926	236.428159	1898518.115	4.47	8486376
800	13685	0.356706	51.58871	205.140503	1647278.24	4.47	7363334
900	13685	0.356706	47.839663	190.232565	1527567.497	4.47	6828227

Tableau VI-11: bilan technico-économique

D(mm)	P amort(mm)	Frais d'exploitation(da)	bilan(da)
400	180304873.9	41985363	222290237
500	22538280.84	18229842	40768123
600	28940992.02	11113672	40054664
700	35197876.93	8486376	43684253
800	40105968.24	7363333.7	47469302
900	44929759.95	6828226.7	51757987

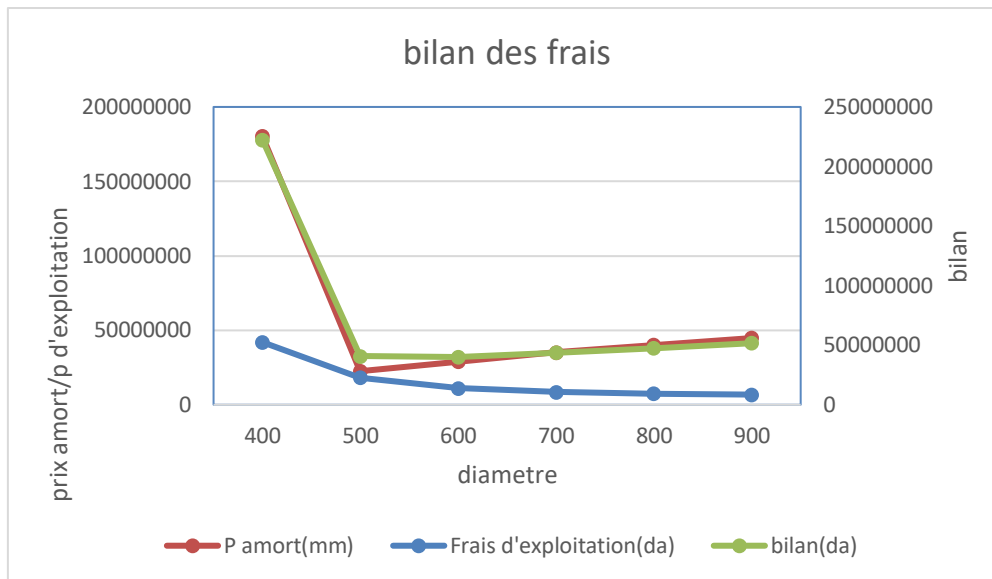


Figure VI.1 : bilan des frais

D'après le graphe du bilan, on remarque que le diamètre économique est de 600 mm correspond à une HMT de l'ordre de 77.86 m.

VI.2.7.. Choix des pompes et nombre des pompes

Les Critères du choix du nombre de pompes sont les suivants :

- ❖ Nombre minimal de pompes;
- ❖ Puissance absorbée minimale;
- ❖ (NPSH) r minimal et meilleur rendement;

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

- ✚ Le débit d'équipement qui est de 178.353 l/s ;
- ✚ La hauteur manométrique totale nécessaire à l'adduction elle est de 77.86 m ;
- ✚ La conduite de refoulement a un linéaire de 13685m.

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour le choix du type et du nombre des pompes. Le tableau IV.12, Englobe le type, le nombre et les caractéristiques de chaque pompe choisie.

Tableau VI.12 : Variantes pour le choix du nombre de pompes.

Nombre de pompe	Débit de la pompe (l/s)	HMT (m)	Type de pompe	η %	N (tr/min)	Pab (KW)	NPSHr (m)
2 pompes +1 pompe de secours	178.353	77.86	PM 150/3 A	78.6	1450	177	3.84
2 pompes +1 pompe de secours	178.353	77.86	MEC- AZRB2/125	79.4	2900	175	4.15

Dans notre cas on choisit le 2eme choix, on choisit 2pompe a Centrifuge monocanal à axe horizontal avec 1pompe de secours.

Les caractéristiques détaillées dans l'annexe N° 01

VI.2.8.Vérification contre la cavitation

La cavitation fait référence à la perturbation de l'écoulement du liquide uniquement à l'entrée de la pompe en fonctionnement, qui se produit à une température constante, et la pression absolue est inférieure ou égale à la pression de la vapeur d'eau.

La condition de non cavitation doit être vérifiée :

$$(NPSH)r < (NPSH)d$$

Tel que :

- ✓ (NPSH)r : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur.
- ✓ (NPSH)d : est la valeur de la pression absolue mesurée sur l'axe de la bride d'aspiration de la pompe.

On a
$$(NPSH)d = (NPSH)r + 0.5$$

(NPSH)d est calculé par la formule suivante :

$$(NPSH)d = \frac{P_{atm}}{\varpi} - \frac{p_v}{\varpi} - \sum h_p^{asp} - \frac{V_{asp}^2}{2g} - h_{adm}^{asp} = (NPSH)r + 0.5$$

- ✓ $\frac{P_{atm}}{\varpi}$ = en mce, la hauteur de pression atmosphérique locale, en fonction de la côte de l'emplacement de la station de pompage.

Dans notre cas, la station de pompage est sur la côte de 96 m. Suivant le **tableau IV.13**

$$\frac{P_{atm}}{\varpi} = 10.1948$$

Tableau VI.13. Pression atmosphérique en fonction de la côte.

H(m)	-50	0	100	300	500	1500	2000
Patm/ϖ	10.86	10.33	10.2	10.06	9.7	8.6	8.4

- ✓ $\frac{p_v}{\varpi}$: en mce, pour la plupart des installations, est en fonction de la température ambiante.

Pour une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, et d'après le **tableau VI.14.**

$$\frac{p_v}{\varpi} = 0.22m.$$

Tableau VI.14. Pression de vapeur en fonction de la température.

T(c°)	5	10	20	30	40	50	80	100
p_v/ϖ	0.09	0.12	0.24	0.43	0.75	1.24	4.82	10.33

- ✓ $h_{\text{adm}}^{\text{asp}}$: la différence de dénivélé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe, $h_{\text{adm}}^{\text{asp}} = 2\text{m}$

A.N:

- ✓ $L_{\text{asp}} = 4\text{m}$
- ✓ $\sum h_p^{\text{asp}} = \frac{4*4}{1000} = 0,016\text{ m}$
- ✓ $V_{\text{asp}} = \frac{4*Q}{\pi*Da^2} = 5.047\text{m/s}$
- ✓ $\frac{V_{\text{asp}}^2}{2g} = 1.29\text{ m}$

$$(\text{NPSH})_d = 10.1948 - 0.22 - 0.016 - 1.29 - 2 = 6.66$$

$$(\text{NPSH})_r = 4.15$$

$$(\text{NPSH})_d = 6.66 > (\text{NPSH})_r = 4.15$$

Condition vérifier la pompe ne risqué pas de cavitation.

VI.2.9. Calcul des dimensions de la station de pompage

La hauteur du bâtiment :

La hauteur du bâtiment est donnée par la relation suivante :

H B = h pompe + h homme + h chariot + h hauteur profilé + h sécurité

Avec :

h_{pompe} : Distance verticale de la pompe.

$h_{\text{pompe}} = h_{\text{pompe}} \text{ réelle} + h_{\text{socle}} + h_{\text{réserve}}$

$h_{\text{réserve}} = 0,5\text{ m}$

$h_{\text{socle}} = (0,3 \text{ à } 0,5)\text{ m}$ en prend $0,4\text{ m}$.

$h_{\text{pompe}} \text{ réelle}$: Hauteur de la pompe MEC-AZRBH2/125 (Centrifuge monocanal à axe horizontal) est égale à $825\text{ mm} = 0,825\text{ m}$

donc

$$h_{pompe} = 1,725 \text{ m}$$

Hauteur réservée à l'homme 2,2 m.

Hauteur de chariot = 0,3m

Hauteur profilée 0,8m

Hauteur de sécurité 0,5m

Donc :

$$H B = 5.525 \text{ m}$$

Les hauteurs du bâtiment étant normalisées (3,6 ; 4,2 ; 4,8 ; 5,5 m) on prend comme hauteur du bâtiment $H_b = 5,5 \text{ m}$

On prend **HB= 5.5 m**

Donc on vérifie que : $H B > 4,8\text{m}$

La longueur du bâtiment :

La longueur du bâtiment est calculée par la formule suivante :

$$L B = n \times L + L_{int} + L_{pf} + L_r + L_m + L_{pm}$$

Avec :

n_p : nombre de pompes = 3 pompes;

L : la longueur de la pompe 1.783m ;

L_{int} : distance entre deux pompes voisines; $L_{int} = (0,8-1,2) \text{ m}$. On prend : $L_{int} = 0.8 \text{ m}$.

$L_{plateforme}$: longueur de la plateforme ; , $L_{pf} = 3 \text{ m}$.

L_m : épaisseur de mur, 0,6 m.

L_r : longueur de l'armoire électrique, $L_r = (2-3) \text{ m}$; On prend : $L_r = 2 \text{ m}$.

L_{pm} : distance entre pompe et mur, on prend : 0,3m.

$$L B = 12.049 \text{ m}$$

On majore la valeur et on aura

$$LB = 13 \text{ m}$$

Largeur du bâtiment :

La largeur du bâtiment est donnée par la relation suivante :

$$l B = l 1 + l 2 + l 3 + l 4 + (2 * S)$$

Avec

S : épaisseur de mur, S = 0.3m.

l 1 : La distance entre le mure et le premier organe avec : l1= (20 à 30) cm

on prend l 1 = 25 cm = 0,25 m.

l 2 : La distance entre les tubulures > 15 à 20 cm

on va prendre l 2 = 18 cm = 0,18 m

l 3 : Longueur des accroires en aspiration.

l 4 : Longueur des accroires au refoulement.

D'après les dimensions de la pompe et les accessoires en aspiration et adduction, on peut déduire que

$$(l 3 + l 4) = 4.95 \text{ m}$$

Avec :

Ce qui donne :

$$l B = 5.98 \text{ m}$$

on la majeure à

$$l B = 6 \text{ m}$$

VI.3. Etude du système d'adduction-distribution (Desserte gravitaire)

Dans notre étude nous avons une conduite principale va alimenter tout le périmètre, le point de départ de la conduite de distribution sera le réservoir de stockage

VI.3.1. Dimensionnement du réseau de distribution

VI.3.1.1. 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.

VI.3.1.2. Vitesses admissibles

La vitesse admissible comprise entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.5 m/s comme vitesse maximale. . On prends $v=1.5\text{m/s}$

VI.3.1.3. . Choix du matériau des conduites

Le choix judicieux du matériau d'une canalisation tend à améliorer le bilan économique au niveau des investissements, mais également le bon fonctionnement des installations pour obtenir une exploitation fiable, et leur disponibilité

Les principaux matériaux utilisés pour les réseaux sont:

- l'acier inoxydable ;
- la fonte;
- les matériaux synthétiques: PRV, PVC, PEHD.

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 PEHD :

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants :

- Bonne résistance à la corrosion
- Légèreté facilitant la pose de canalisation
- Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est :

- Le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure
- Sensible à l'écrasement sous la pression de remblai ou si la conduite n'est pas sous pression en permanence.

c)- Conduite en PRV :

Les tuyaux en Polyester Renforcé de fibres de Verre (PRV) sont une combinaison de résine de polyester, de fibres de verre et de matériaux de renforcement Remarque : Dans notre cas, les conduites seront en PEHD si le diamètre est inférieur ou égal à 400 mm, et en fonte dans le cas contraire

VI.3.1.4. Calcul des diamètres

Le calcul des diamètres se fait par l'application de la formule de " LABYE " qui nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise.

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * Vad}} \times 1000$$

Avec :

Q : débit exprimé en m³/s,

D : diamètre exprimé en mm;

Vad: vitesse admissible =1.5 m/s

VI.3.1.5. Calcul des pertes de charge

Les pertes de charge linéaires, ont été définies par la formule de Lechapt et Calmon :

$$hp = \frac{Q^M \times L}{D^N}$$

Avec :

h Pu : Pertes de charge unitaire en m/ml

Q : Débit en m³ /s

D : Diamètre de la conduite considérée.

L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations

Tableau VI.15 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon

K (mm)	L	M	N
0.1	1.15	1.89	5.01
0.5	1.4	1.96	5.19
1	1.6	1.975	5.25

La rugosité équivalente : $K=0.1$ mm, donc : $L=1.15$ $M=1.89$ $N=5.01$. Les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

L'estimation des pressions est faite Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le tableau suivant. L'estimation des pressions est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B :

$$Z1 + h1 + \frac{V1^2}{2g} = Z2 + h2 + \frac{V2^2}{2g} + \Delta H$$

Où :

- $h1$ et $h2$ sont les hauteurs de pressions
- $V1$ et $V2$ sont les vitesses d'écoulement dans A et B
- $Z1$ et $Z2$ sont les côtes du terrain naturel
- ΔH : sont les pertes de charge entre A et B

L'estimation des pressions est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B:

$$Z1 + h1 + \frac{V1^2}{2g} = Z2 + h2 + \frac{V2^2}{2g} + \Delta H$$

Où :

- ✓ $h1$ et $h2$ sont les hauteurs de pressions ;
- ✓ $V1$ et $V2$ sont les vitesses d'écoulement dans A et B ;
- ✓ $Z1$ et $Z2$ sont les côtes du terrain naturel ;
- ✓ ΔH : sont les pertes de charge entre A et B.

Concernant les pressions $> 7\text{bar}$ on installe des brises charges.

Tableau VI.16 : dimensionnement de la conduite de distribution

tronçons	longueur (ml)	surface(ha)	Q (m3/s)	D calc(mm)	Dnorm(mm)	matériau	V(m/s)	PDC lin	PDC tot	cote terrain	cote piezo	pression (m)	pression (bar)
R-N1	298.75	322.2512	0.3422 31	538.975 4	600	fonte	0.3852 8	1.9589 49	2.1548 44	136	141.84 52	2.8451 56	0.2845 16
N1-N1.1	623	322.2512	0.3422 31	538.975 4	600	fonte	0.3852 8	1.9589 49	2.1548 44	86.83	139.69 03	52.860 31	5.2860 31
N1.1-B1	70	5.0091	0.0053 2	67.1972 6	110	PEHD	0.1781 8	3.6748 67	4.0423 54	96.33	135.64 8	39.317 96	3.9317 96
N1.1-N1.2	399.28	317.2421	0.3369 11	534.770 1	600	fonte	0.3792 91	1.9017 97	2.0919 76	82.24	137.59 83	55.358 34	5.5358 34
N1.2-B2	70	5.0091	0.0053 2	67.1972 6	110	PEHD	0.1781 8	3.6748 67	4.0423 54	88.11	133.55 6	45.445 98	4.5445 98
N1.2-N1.3	219.72	312.233	0.3315 91	530.531 4	600	fonte	0.3733 03	1.8454 42	2.0299 86	75.06	135.56 84	60.508 35	6.0508 35
N1.3-B3	70	5.0091	0.0053 2	67.1972 6	110	PEHD	0.1781 8	3.6748 67	4.0423 54	80.97	131.52 6	50.556	5.0556
N1.3-N2	23.96	307.2239	0.3262 72	526.258 6	600	fonte	0.3673 14	1.7898 86	1.9688 75	74.38	133.59 95	59.219 48	5.9219 48
N2-N2.1	366	46.55571	0.0494 42	204.860 5	250	PEHD	0.3206 1	4.0631 48	4.4694 63	80.02	129.13	49.110 01	4.9110 01
N2.1-N2.2	1073.1 6	36.28571	0.0385 35	180.858 7	225	PEHD	0.3085	4.3007	4.7307 7	88.77	124.39 92	35.629 24	3.5629 24
N2.2-N2.3	335.97	18.14286	0.0192 68	127.886 4	180	PEHD	0.2410 16	3.5490 46	3.9039 51	94.77	120.49 53	25.725 29	2.5725 29
N2.3-B30	70	18.14286	0.0192 68	127.886 4	180	PEHD	0.2410 16	3.5490 46	3.9039 51	100.1 8	116.59 13	16.411 34	1.6411 34

N2.2-B31	70	18.14286	0.0192 68	127.886 4	180	PEHD	0.2410 16	3.5490 46	3.9039 51	98.75	120.49 53	21.745 29	2.1745 29
N2.1-B4	70	10.27	0.0109 07	96.2181 3	140	PEHD	0.2255 27	4.2642 22	4.6906 45	85.23	124.43 94	39.209 37	3.9209 37
N2-N3	12.13	260.6682	0.2768 3	484.747 6	500	fonte	0.4487 79	3.2706 93	3.5977 63	74.1	130.00 17	55.901 71	5.5901 71
N10-B9	155	27.5437	0.0292 51	157.573 4	200	PEHD	0.2963 79	4.6084 51	5.0692 96	78.1	104.85 36	26.753 62	2.6753 62
B9-N10.1	387.04	17.9437	0.0190 56	127.182 6	180	PEHD	0.2383 7	3.4757 75	3.8233 52	52.2	101.03 03	48.830 27	4.8830 27
N10.1-B10	90.56	9.525	0.0101 16	92.6625 4	140	PEHD	0.2091 67	3.6985 08	4.0683 59	53.2	96.961 91	43.761 91	4.3761 91
N10.1-B32	121	8.4187	0.0089 41	87.1152 5	140	PEHD	0.1848 73	2.9287 67	3.2216 44	51.37	97.808 63	46.438 63	4.6438 63
B32-B33	451.75	5.0937	0.0054 1	67.7623 4	110	PEHD	0.1811 89	3.7930 53	4.1723 58	38.83	93.636 27	54.806 27	5.4806 27
N10-N11	278.66	90.71429	0.0963 39	285.962 8	315	PEHD	0.3934 95	4.5034 4	4.9537 84	83.31	104.96 91	21.659 14	2.1659 14
N11-B27	355	54.42857	0.0578 03	221.505 8	250	PEHD	0.3748 28	5.4589 19	6.0048 11	61.98	98.964 33	36.984 33	3.6984 33
B27-B26	408	36.28571	0.0385 35	180.858 7	225	PEHD	0.3085	4.3007	4.7307 7	61.23	94.233 56	33.003 56	3.3003 56
B26-B25	320	18.14286	0.0192 68	127.886 4	180	PEHD	0.2410 16	3.5490 46	3.9039 51	50.76	90.329 61	39.569 61	3.9569 61
N11-N11.1	320.75	36.28571	0.0385 35	180.858 7	250	PEHD	0.2498 85	2.5368 46	2.7905 31	90.9	102.17 86	11.278 61	1.1278 61
N11.1-B28	52.78	18.14286	0.0192 68	127.886 4	180	PEHD	0.2410 16	3.5490 46	3.9039 51	85.1	98.274 66	13.174 66	1.3174 66
N11.1-B29	544.72	18.14286	0.0192 68	127.886 4	180	PEHD	0.2410 16	3.5490 46	3.9039 51	88.08	98.274 66	10.194 66	1.0194 66

N9-B8	590	7.95	0.0084 43	84.6555 1	140	PEHD	0.1745 81	2.6282 43	2.8910 68	61.82	111.85 5	50.035 05	5.0035 05
N9-N10	209	118.258	0.1255 9	326.502 8	350	fonte	0.4155 08	4.3847 2	4.8231 92	90.95	109.92 29	18.972 92	1.8972 92
N3.2-B7	120	8.25	0.0087 62	86.238	140	PEHD	0.1811 68	2.8188 35	3.1007 19	77.48	117.09 97	39.619 7	3.9619 7
N3.2-N9	115	126.208	0.1340 33	337.299	350	fonte	0.4434 41	4.9584 55	5.4543 01	89.95	114.74 61	24.796 11	2.4796 11
N3.1-B6	118	11	0.0116 82	99.5790 6	140	PEHD	0.2415 58	4.8551 64	5.3406 8	64.84	121.00 74	56.167 45	5.6167 45
N3.1-N3.2	479.46	134.458	0.1427 94	348.148 9	350	fonte	0.4724 28	5.5888 31	6.1477 14	86.69	120.20 04	33.510 41	3.3510 41
N3-N3.1	195	145.458	0.1544 76	362.11	400	fonte	0.3912 93	3.3214 42	3.6535 86	76.18	126.34 81	50.168 13	5.0168 13
N3-B5	12.13	115.2102	0.1223 53	322.268	350	fonte	0.4047 99	4.1735 93	4.5909 53	69.87	125.41 08	55.540 76	5.5540 76
B5-N4	87.09	110.3477	0.1171 89	315.393 9	350	fonte	0.3877 14	3.8469 35	4.2316 29	66.2	121.17 91	54.979 13	5.4979 13
N8-B22	94.39	10.6093	0.0112 67	97.7946 4	140	PEHD	0.2329 78	4.5343 98	4.9878 38	46.58	116.19 13	69.611 29	6.9611 29
B22-B21	257.42	5.30465	0.0056 34	69.1512 5	110	PEHD	0.1886 93	4.0954 07	4.5049 48	37.67	111.68 63	74.016 35	7.4016 35
N8-N8.1	166	12.175	0.0129 3	104.762 6	140	PEHD	0.2673 61	5.8817 7	6.4699 47	39.31	107.36 6	68.056	6.8056
N8.1-B24	41	5.95	0.0063 19	73.2369 4	125	PEHD	0.1639 01	2.6815 82	2.9497 4	38.47	68.896	30.426	3.0426
N8.1-B23	150	6.225	0.0066 11	74.9102 7	125	PEHD	0.1714 76	2.9206 36	3.2126 99	36.52	104.15 33	67.633 3	6.7633 3
N7-N8	625.74	22.7843	0.0241 97	143.314 3	200	PEHD	0.2451 66	3.2199 15	3.5419 06	44.3	113.83 59	69.535 94	6.9535 94

N7-N7.1	198.33	56.07	0.0595 46	224.821	250	PEHD	0.3861 32	5.7742 35	6.3516 59	52.41	111.02 62	58.616 19	5.8616 19
N7.1-B19	138.11	13.37	0.0141 99	109.783 6	160	PEHD	0.2247 9	3.5960 06	3.9556 07	48.18	107.07 06	58.890 59	5.8890 59
B19-B20	141	5.85	0.0062 13	72.6188 9	125	PEHD	0.1611 46	2.5970 4	2.8567 44	44.72	104.21 38	59.493 84	5.9493 84
N7.1-B18	120	42.7	0.0453 47	196.194	250	PEHD	0.2940 58	3.4506 62	3.7957 28	54.75	107.23 05	52.480 46	5.2480 46
B18-B17	317.92	21.35	0.0226 74	138.730 1	180	PEHD	0.2836 21	4.8274 74	5.3102 21	54.55	101.92 02	47.370 24	4.7370 24
N4-N7	525.84	78.8543	0.0837 43	266.614 9	315	PEHD	0.3420 5	3.4557 1	3.8012 81	55.91	117.37 79	61.467 85	6.1467 85
N4-N5	124.66	31.4934	0.0334 46	168.492 8	200	PEHD	0.3388 79	5.9367 38	6.5304 11	63.43	114.64 87	51.218 72	5.1218 72
N5-N6	80.01	15.7467	0.0167 23	119.142 4	160	PEHD	0.2647 49	4.8991 45	5.3890 6	62.96	109.25 97	46.299 66	4.6299 66
N6-N6.1	167	10.4978	0.0111 49	97.2793 9	140	PEHD	0.2305 3	4.4447 52	4.8892 27	63.35	104.37 04	41.020 43	4.1020 43
N6.1-B13	208	5.2489	0.0055 74	68.7869 2	110	PEHD	0.1867 1	4.0144 39	4.4158 83	68.48	99.954 55	31.474 55	3.1474 55
N6.1-B12	48	5.2489	0.0055 74	68.7869 2	110	PEHD	0.1867 1	4.0144 39	4.4158 83	63.8	99.954 55	36.154 55	3.6154 55
N6-B11	364.64	5.2489	0.0055 74	68.7869 2	110	PEHD	0.1867 1	4.0144 39	4.4158 83	61.4	104.84 38	43.443 78	4.3443 78
N5-B16	50	15.7467	0.0167 23	119.142 4	160	PEHD	0.2647 49	4.8991 45	5.3890 6	64.32	109.25 97	44.939 66	4.4939 66
B16-B15	201	10.4978	0.0111 49	97.2793 9	160	PEHD	0.1764 99	2.2767 11	2.5043 82	69.63	106.75 53	37.125 28	3.7125 28
B15-B14	145	5.2489	0.0055 74	68.7869 2	110	PEHD	0.1867 1	4.0144 39	4.4158 83	73.53	102.33 94	28.809 4	2.8809 4

Conclusion

Le dimensionnement du réseau adduction distribution et les ouvrages est fait pour assurer une pression de 1bar au minimum dans chaque borne pour avoir une quantité d'eau suffisante de cette parcelle.

Chapitre VII :
dimensionnement d'un
réseau d'irrigation.

Chapitre VII : dimensionnement d'un réseau d'irrigation.

Partie I : choix du système d'irrigation

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 permanente d'eau. Dans ce chapitre, nous étudierons ces différentes techniques puis nous choisirons celle qui correspond avec les caractéristiques de notre périmètre.

VII.1. Différentes techniques d'arrosages

Suivant la manière dont l'eau est amenée sur le terrain et distribuée, on distingue habituellement trois grands modes d'arrosage :

- Irrigation gravitaire ou l'on fait couler l'eau, par gravité sur la parcelle dans laquelle elle s'infiltré, ou bien l'on amène l'eau dans des bassins submergés ou se font les cultures.
- Irrigation par aspersion dans laquelle l'eau est envoyée sur la parcelle par des arroseurs sous forme d'une pluie artificielle.
- Irrigation localisée ou micro irrigation appelée aussi irrigation goutte à goutte ou l'eau est distribuée par de nombreux goutteurs ayant chacun un débit très faible mais fonctionnant longtemps

VII.1.1. Mode d'arrosage**VII.1.1.1. 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 différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion et infiltration (Robert 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 une réserve d'eau indispensable au développement des cultures.

✓ Avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire :

a) Avantages :

- Coût d'investissement relativement faible.
- Besoins en énergie faibles ou nul. Insensible au vent.
- Bonne adaptation aux eaux usées.
- Les végétaux ne sont pas mouillés ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire.

b) Inconvénients :

- Perte importantes d'eau.
- Temps d'irrigation important.
- Nécessité de nivellement du terrain.
- Main d'œuvre importante.

VII.1.1.2. L'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion projette l'eau et tombe à la surface du sol sous forme de fines gouttelettes. C'est un réseau de conduites sous pression portant des asperseurs ou de buses, conçu pour projeter des jets ou pulvériser de l'eau sous forme de fines gouttes à la surface du sol.

✓ Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion :

a)-avantages :

- Elle ne demande aucun aménagement préalable du sol.
- Elle peut s'adapter à des sols de tous types
- L'efficience de l'eau varie de 65 à 85 % en fonction de la maîtrise technique des irrigants.
- Possibilité d'automatisation du système d'irrigation
- Nécessite moins de mains d'œuvres

b)-Inconvénients

- Investissement important pour l'agriculteur.
- Maintenance des installations collectives onéreuse.
- 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.

❖ Différentes installations à la parcelle

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées : L'installation fixe, et l'installation mobile. Installation fixe : Dans l'installation fixe, 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 Dans ce cas, on couvre toute la superficie à arroser par toute la tuyauterie, celle-ci reste en place durant toute la saison d'arrosage, seuls les asperseurs doivent être déplacés.
- Couverture intégrale La parcelle à arroser est entièrement couverte par des rampes 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. Installation mobile

VI.1.1.3. Irrigation par enrouleur

L'enrouleur et le matériel d'irrigation par aspersion le plus utilisé. Plus de 70% des surfaces arrosées le sont par enrouleur, en raison notamment de sa grande souplesse d'utilisation. Un enrouleur se compose d'un canon d'arrosage, fixé sur un support à roue, et alimenté par un tuyau flexible enroulé sur une bobine. Un moteur hydraulique entraîne la bobine en rotation, et le tuyau en s'enroulant provoque le déplacement du canon. Les canons à retour lent permettent une meilleure répartition de l'eau que les canons à retour rapide.

VII.1.1.4. Irrigation par pivot

Les pivots et les rampes frontales sont des appareils d'irrigation automoteurs qui généralement arrosent les prairies et les autres cultures au-dessus de la canopée. Les pivots se déplacent en cercle autour de ce point central. Par contre les deux extrémités des rampes frontales sont libres et la machine se déplace à vitesse constante d'un côté à l'autre de la parcelle. Les pivots et les rampes frontales nécessitent de l'énergie pour transporter l'eau de la source à la plante et pour se déplacer sur la parcelle.

VII.1.1.5. Irrigation localisée (Goutte à goutte)

L'irrigation localisée consiste à amener l'eau sous pression dans des canalisations, cette eau est ensuite distribuée sous forme de gouttes par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations. La zone humidifiée du sol est celle située au voisinage immédiat des racines des plantes.

Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée :

a)- Avantages :

- Une très bonne efficacité d'irrigation.
- Technique adaptée à tout type de sol et culture.
- Automatisation possible pour l'irrigation localisée.
- Nécessite moins de mains d'œuvres

b)- Inconvénients :

- L'obstruction des goutteurs :

Des particules de sable, des dépôts lents d'argile ou de limons, des précipitations chimiques, sont les plus souvent rencontrés et favorisent l'obstruction des orifices des goutteurs.

- Accumulation de sels :

Pendant la période d'irrigation les sels peuvent s'accumuler dans les tranches du sol en absence de pluie.

VII.2. Choix de la technique d'arrosage

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable, il est nécessaire de connaître toutes les contraintes de chaque type d'arrosage. Une analyse multicritère des techniques d'arrosage basée sur différentes contraintes est nécessaire pour aboutir au choix de la technique d'irrigation la plus adéquate pour la zone considérée, notre analyse est détaillée comme suit :

Tableau VII.1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage

Technique d'arrosage	aspersion	Goutte a goutte
Evapotation	++	+++
Vent	+	+++
Texture	++	+++
Perméabilité	+++	+++
Pente	++	+++
Qualité d'eau	++	+
Culture : Maraichage	+++	+++
Cereals	+++	x
Arbres	x	+++
Economie d'eau	++	+++

+++ : Très Adapté. ++ : Adapté. + : Adapté avec réserve X : inadéquat ou déconseillé

Conclusion

Dans cette partie on conclue que pour notre périmètre d'étude on choisit le goutte a goutte pour l'irrigation des parcelle.

Partie II : dimensionnement du système d'irrigation

Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte

Introduction

L'objet de ce chapitre se focalise sur le dimensionnement d'un réseau d'irrigation localisée. Il s'agit de déterminer, à partir de la connaissance des paramètres agro-pédo-climatiques, les caractéristiques techniques optimales d'un réseau pour l'irrigation de notre périmètre, dont les calculs ont été réalisés sur une parcelle type d'une surface agricole de 5ha d'olivier.

VII.1. Dimensionnement hydraulique d'un réseau de goutte à goutte

Données générales

On considère une parcelle à irriguer, pour laquelle un type d'équipement a été choisi et nous cherchons à définir et calculer le matériel à approvisionner. Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail.

$$L = 235\text{m}$$

$$l = 210 \text{ m}$$

$$S = 240 \times 210 = 4.93 \text{ ha (voisin de 5 ha)}$$

Efficiencie du système : $E = 0.85$

Tableau VII-2: ilot choisi comme exemple de dimensionnement

Ilot	Parcelle	Superficie (ha)
1	3	5

Le réseau d'irrigation sera installé sur la parcelle n°3 alimentées par la borne n°3 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 5bars, ce qui est largement suffisant.

Culture :

Olivier

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m
- Besoins de pointe 233.9 mm (pour l'olivier pour le mois d'aout)

Caractéristique du goutteur :

- Débit nominal : 4l/h
- Pression nominal : 10 m.c.e
- Le nombre de goutteurs par arbre : 2

VII.1.1. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

→ Pour l'Olivier D'après la quantification des besoins, le mois de pointe pour la culture de l'olivier est le mois de aout B=233.9 mm

VII.1.2. Les besoins journaliers

Les besoins journaliers sont calculés par la formule suivante

$$B_j = \frac{\text{besoin du mois de pointe}}{\text{Nbre de jours}}$$

Avec :

B_j = Besoin du mois de pointe (mm/j).

$$B_j = 7.545 \text{ mm}$$

VII.1.3. Les besoins journaliers en tenant compte de la réduction (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 (B=233.9mm/mois)

un coefficient de réduction :

K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) par les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après :

KELLER et KARMELI (1974) :

$$Kr = \frac{Cs}{0.8}$$

La formule de Freeman et Garzoli :

$$Kr = Cs + 0.5(1 - Cs)$$

La formule de Decroix (CTGREF) :

$$Kr = \frac{Cs}{0.1}$$

Avec :

Kr : coefficient de réduction.

Cs : taux de couverture du sol en (%).

AN :

Kr= 0.71 selon Keller et Karmeli

Kr=0.8 selon Freeman et Garzoli

Kr=0.7 selon Decroix (CTGREF).

On prendra un coefficient **Kr = 0.8**

D'où les besoins seront :

$$B_{jl} = 7.545 * 0.8 = 6.036 \text{ mm/j}$$

$$\mathbf{B_{jl} = 6.036 \text{ mm/j}}$$

VII.1.4. Calcul des besoins bruts

$$B_{jbrut} = \frac{B_{jl}}{0.85}$$

$$= 6.036 / 0.85 = \mathbf{7.10 \text{ mm/j}}$$

avec

0,85 est l'efficience du système d'irrigation localisé. (Goutte à goutte).

VII.1.5. Pourcentage du sol humidifié

Il est calculé comme suit :

$$P = \frac{n * Spd * Sh}{Sa * Sr}$$

$$p=0.25$$

Avec : P (%) : Pourcentage du sol humidifié.

n : Nombre de point de distribution par arbre égale à =2.

Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m).

Sh : Largeur de la bande humidifiée (1m).

Sr : Ecartement entre rangs d'arbre (4m).

Sa : espacement des arbres sur les rangs (4m).

Donc :

$$P(\%) = 25\%$$

VII.1.6. La dose d'irrigation nette pratique

Le besoin d'irrigation, Bnet, est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation théoriquement nécessaire pour obtenir une production normale sur l'ensemble de la surface cultivée (à l'exclusion des pertes et de la contribution des autres ressources).

$$Dp = (Hcc - Hpf) \cdot Da \cdot Y \cdot Z \cdot P\% = RFU \cdot P\%$$

Tel que :

Hcc : humidité à la capacité au champ (Hcc=25%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (Hpf=11%)

Y : degré d'extraction de l'eau du sol (Y=2/3)

Z : profondeur d'enracinement en (Z= 1.2m)

Da : est la densité apparente du sol (Da=1.3)

RFU= 145.6mm

P : Pourcentage du sol humidifié

La dose nette corrigée

$$D_p = 36.4 \text{ mm}$$

VII.1.7. Fréquence des arrosages

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{B_{jl}}$$

$$Fr = 6.03 \text{ jour}$$

Donc ,on prend

$$Fr = 6 \text{ jours.}$$

Après détermination de la fréquence d'arrosage, on recalcul:

- La dose réelle :

$$D_r = Fr * B_{jl} = 36.216 \text{ mm}$$

VII.1.8. La dose brute

$$D_{brute} = \frac{D_r}{Cu * eff}$$

$$D_{brute} = 43.419 \text{ mm}$$

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

Eff : efficience du réseau d'irrigation Eff=85%

VII.1.9. Durée d'arrosage par mois

$$\theta = \frac{D_b * Sa * Sr}{Ng * Q_g}$$

$$\theta = 86.82 \text{ heures/mois}$$

Avec :

Ng : nombre de goutteur par arbre (2).

Qg : débit nominal du goutteur 4 l/h.

Sr : Ecartement entre rangs d'arbre (4m).

Sa : espacement des arbres sur les rangs (4m).

VII.1.10. Durée d'arrosage journalier

$$Dj = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr}$$

$$= 14.47 \text{ heures/jour}$$

$$Dj = 15 \text{ heures/jour}$$

VII.1.11. Nombre de poste

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}}$$

$$= 1.38$$

postes On prend : $N=2$ postes.

VII.1.12. Surface du poste

$$Sp = \frac{\text{Surface totale}}{\text{nombre de poste}}$$

$$Sp = 2.5 \text{ ha}$$

VII.2. Calculs hydrauliques

VII.2.1. Le débit

$$Qr = Qg \cdot Nr$$

$$Qpr = Qr \cdot Nr$$

Avec :

Qr : Débit de rampe

Qg : Débit du goutteur

Nr : Nombre des rampes

Ng/r : Nombre des goutteurs par rampe

Qpr : Débit de porte rampe

On a :

La longueur de la rampe : 117.5 m

La longueur de la porte rampe : 210 m

VII.2.2. Le nombre d'arbres par rampe

$$N \text{ arbres} = \frac{L_r}{E_r} = 29.37 = 30 \text{ arbres}$$

VII.2.3. Nombre de goutteurs par rampe

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n = 30 * 2 = 60 \text{ goutteurs}$$

VII.2.4. Le nombre de rampes

$$N_r = \frac{L_{pr}}{E_r} = 52.5 \text{ rampes}$$

VII.2.5. Débit de la rampe

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 60 * 4 = 240 \text{ l/h}$$

VII.2.6. Débit de la porte rampe

$$Q_{pr} = Q_r * N_r = 240 * 52.5 = 12600 \text{ l/h}$$

VII.3. Dimensionnement des différentes parties du réseau

VII.3.1. Calcul du diamètre et la vitesse de la rampe

Le diamètre des rampes est calculé d'après la formule suivante :

$$\varnothing r(\text{cal}) = \left[\frac{p.d.c(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Avec :

$P_{dc}(r)$: 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

$\varnothing r(\text{cal})$: le diamètre de la rampe

$$\varnothing r(\text{cal}) = 15.10 \text{ mm}$$

Alors on prend

$$D_r \text{ normalisé} = 16 \text{ mm .}$$

On recalcule les pertes de charge :

$$j = \left[\frac{0.478 \times Dr^{-4.75} \times Q^{1.75} \times Lr}{2.75} \right]$$

$$j = 0.57 \text{ mce.}$$

$J_{cal} = 0,57 \text{ m} < j_r = 0,75 \text{ m}$ donc la condition est vérifiée.

VII.3.2. La vitesse des rampes est calculée d'après la formule suivante

$$V_r = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times Dr^2}$$

$$V_r = 0.33 \text{ m/s}$$

VII.3.3. Calcul du diamètre de porte rampe

Le diamètre des portes rampes est calculé d'après la formule suivante :

$$\phi_{pr(cal)} = \left[\frac{p.d.c(pr) \times 2.75}{0.478 \times Q(pr)^{1.75} \times L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Avec : $P_{dc}(pr)$: la perte de charge dans la rampe

$Q(pr)$: le débit de la rampe en l/h

$L(pr)$: la longueur de la rampe en m

$\phi_{pr(cal)}$: le diamètre de la porte rampe

$$\phi_{pr(cal)} = 79.97 \text{ mm ;}$$

Alors on prend

$$D_{pr \text{ normalisé}} = 80 \text{ mm.}$$

On recalcule les pertes de charge :

$$j = \left[\frac{0.478 \times D_{pr}^{-4.75} \times Q^{1.75} \times L_{pr}}{2.75} \right]$$

$$j = 0.49 \text{ mce.}$$

$J_{cal} = 0,49 \text{ m} < j_{pr} 0,5$

Donc la condition est vérifiée.

VII.3.4. La vitesse de la porte rampe est calculée d'après la formule suivante :

$$V_{pr} = \frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times D_{pr}^2}$$

On a :

$$V_{pr} = 0.69 \text{ m/s}$$

VII.4. La pression d'eau à la borne de distribution

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges.

$$\Delta h = 10 \text{ (pression nominale)} + pdc(r) + pdc(pr)$$

$$\Delta h = 10 + 0.57 + 0.49$$

$$\Delta h = 11.06 \text{ mce}$$

Conclusion

La performance d'une installation d'irrigation dépendra du bon choix de la technique et du système d'irrigation et de la bonne mise en place des équipements sur la base de la parfaite connaissance des informations techniques et économiques liées aux conditions de l'exploitation. Dans ce chapitre nous avons étudié le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte ; tout en dimensionnant les organes de ce réseau projeté sur une parcelle type

Chapitre VIII : calcul technico-économique.

Chapitre VIII : étude technico-économique.

Introduction

Ce dernier chapitre comporte le devis global du projet des transferts des eaux épurées vers le périmètre étudié, en tenant compte de l'estimation du réseau adduction-distribution et du réservoir de stockage.

VIII. Travaux et estimations des coûts concernant l'adduction et le réseau distribution

Travaux concernant l'adduction et le réseau distribution :

Les tâches constituant les travaux à faire pour la mise en place de l'adduction et le réseau distribution sont :

- ✓ Exécution des tranchées ;
- ✓ Pose du lit de sable ;
- ✓ Pose des conduites ;
- ✓ Epreuve de joint et de la canalisation ;
- ✓ Remblayage des tranchées ;
- ✓ Nivellement et compactage.

VIII.1. Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de distribution

❖ Calcul du volume de terrassement

- Largeur du fond de la tranchée

La largeur de la tranchée sera calculée en fonction du diamètre de la conduite on laisse 30 cm d'espace de chaque côté de la conduite. La largeur d'ouverture de la tranchée est obtenue par la formule :

$$B = d + 0.6 \text{ (m)}$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m) ;

d : diamètre de la conduite (m) .

- Profondeur de la tranchée

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, et d'empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

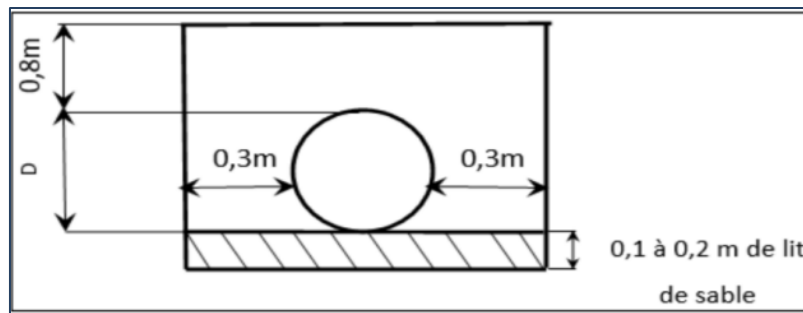


Figure VIII.1 : Schéma d'une tranchée.

$$H_t = e + d + h \text{ (m)}$$

Avec :

H_t : Profondeur de la tranchée. (m)

e : hauteur du lit de pose. (m)

D : diamètre de la conduite. (m)

H : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

- Section de la tranchée

Les sections des tranchées sont :

$$S_{tr} = B \times H_{tr}$$

H_{tr} : Profondeur total de la tranchée (m) ;

B : Largeur du fond de la tranchée (m).

- Volume à excaver

Le volume d'excavation est :

$$V_d = S_{tr} \times L = (B \times H_{tr}) \times L$$

V_d : Volume du déblai (m³) .

S_{tr} : La section de la tranchée (m²) .

L : Longueur de la tranchée (m).

B : Largeur de la tranchée (m).

H_{tr} : La hauteur de la tranchée (m).

❖ Calcul du volume de déblai et remblai

La pose en terre des conduites s'effectue dans une tranchée dont la largeur de fond B sera donnée par la formule suivante :

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

D : diamètre de la conduite (m).

La profondeur de la fouille est en fonction du diamètre de la conduite, de la température du lieu (max, min) et les sollicitations des charges mobiles.

$$H \geq D+0,8$$

$$V_{\text{déblai}} = L \times H \times B$$

❖ Calcul du volume du lit de sable

Ce lit correspond à une couche de sable de 12 cm sur le fond de la tranchée, c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule ce volume en utilisant la formule suivante.

$$V = e \times B \times L \text{ (m}^3\text{)}$$

❖ Calcul du volume de remblai

Ce volume est déduit à partir du volume du déblai, c'est le volume occupé par la conduite et le volume occupé par le lit de sable.

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

V_r : Volume du remblai compacté (m³).

V_d : Volume du déblai (m³) .

V_s : Volume du sable.

V : Volume occupé par la conduite (m³) ;

$$V = L \times (\pi d^2/4).$$

L : Longueur de la conduite (m) ;

D : Diamètre de la conduite (m) .

Tableau VIII.1 : Calcul du volume de remblai.

conduites	Diamètre(m)	e(m)	h(m)	B(m)	H	L(ml)	V déblai(m3)	Vsable (m3)	Vremblai(m3)
600	0.6	1.2	1.5	1.2	3.3	1564.71	6196.252	2253.182	3500.882
500	0.5	1.2	1.5	1.1	3.2	12.13	42.6976	16.0116	24.30549
400	0.4	1.2	1.5	1	3.1	195	604.5	234	346.008
350	0.35	1.2	1.5	0.95	3.05	902.68	2615.515	1029.055	1499.656
315	0.315	1.2	1.5	0.915	3.015	804.5	2219.394	883.341	1273.389
250	0.25	1.2	1.5	0.85	2.95	1360.08	3410.401	1387.282	1956.39
225	0.225	1.2	1.5	0.825	2.925	1481.16	3574.224	1466.348	2049.014
200	0.2	1.2	1.5	0.8	2.9	905.4	2100.528	869.184	1202.914
180	0.18	1	1.2	0.78	2.38	2098.43	3895.525	1636.775	2205.379
140	0.14	1	1.2	0.614	2.214	746.95	1015.401	458.6273	556.6586
160	0.16	1	1.2	0.76	2.36	389.11	697.9077	295.7236	394.3645
110	0.11	1	1.2	0.71	2.31	1614.81	2648.45	1146.515	1486.597

VIII.2. Estimation du cout de pose des canalisations

Tableau VIII.2 : Estimation du cout de pose de la conduite d'adduction.

désignation des travaux	unité	quantité	prix unitaire DA	montant DA
déblai en terrain	m3	54192.6	200	10838520
lit de sable	m3	19706.4	800	15765120
Remblai	m3	34486.2	100	3448620
Conduite 600	ml	13685	13300	182010500
			totale htc	212062760
			totale ttc	40291924
			montant	252354684

VIII.3. Estimation du cout du réseau de distribution

Le calcul du réseau de distribution est détaillé comme suit

Tableau VIII.3 : Facture des différents types de conduites du système de distribution.

Conduites(mm)	unité de mesure	Linéaire (ml)	Prix unitaire (DA/ml)	Prix total (DA)
600	ml	1564.71	1330	2081064.3
500	ml	12.13	8400	101892
400	ml	195	5400	1053000
350	ml	902.68	3300	2978844
315	ml	804.5	2100	1689450
250	ml	1360.08	1350	1836108
225	ml	1481.16	660	977565.6
200	ml	905.4	410	371214
180	ml	2098.43	180	377717.4
140	ml	746.95	190	141920.5
160	ml	389.11	130	50584.3
110	ml	1614.81	100	161481
			total HTC	11820841
			Total TTC	2245959.8
			Total (DA)	14066801

Tableau VIII.4: Estimation du cout des travaux de terrassement du réseau de distribution.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai en terrain	m3	29020.8	200	5804159.1
lit de sable	m3	11676.05	800	9340836.5
Remblai	m3	16495.56	100	1649555.8
			totale HTC	16794551
			totale TTC	3190964.8
			montant	19985516

VIII.2. Travaux de construction et estimation du cout du réservoir

VIII.2.1. Travaux de construction du réservoir

Les travaux de construction d'un réservoir en béton se feront en trois parties :

- Les terrassements
- La préparation de la fondation
- Construction du corps du réservoir

Estimation du cout de la construction du réservoir

Tableau VIII.5 : Estimation du cout du réservoir.

Désignation de travaux	Unité	quantité	prix unitaire (DA)	montant (DA)
travaux de terrassement				
décapage	m3	642	300	192600
Deblai de fouille	m3	1370	600	822000
remblai compacte	m3	106.18	400	42472
gros œuvres				
dalle en beton	m3	1250	1300	1625000
			total HTC	2682072
			total TTC	509593.7
			total	3191666

VIII.3. Devis total du projet

Tableau VIII.6 : Estimation du cout du devis total.

DESIGNATION TRAVAUX	MONTANT HT (DA)	TVA 19% (DA)	TTC (DA)
Installation de chantier	10 500 000.00	1 995 000.00	12 495 000.00
Terrassement	40 067 600.00	7 612 844.00	47 680 444.00
Canalisation	193831341.1	36 827 954.81	230 659 295.91
Pièces spéciales	9 099 729.28	1 728 948.56	10 828 677.84
Ouvrages en lignes	46 587 616.06	8 851 647.05	55 439 263.12
TOTAL	300 086 286.44	57 016 394.42	357 102 680.86

Le devis total du projet est de trois cent cinquante-sept millions cent deux mille six cent quatre-vingt virgule quatre-vingt-six de dinar algérien

Conclusion

Les calculs financiers donnent une estimation du cout du projet 35.7 millions de dinars algérien pour l'irrigation d'un périmètre de 320ha.

Conclusion

Cette thèse a présenté une étude d'irrigation du périmètre d'el ancor W.Oran.

Le périmètre s'étend à une superficie de 320 h à partir de la station d'épuration « cap falcon ».

On a commencé par la présentation de la zone d'étude a donné un aperçu sur les caractéristiques de la zone d'étude.

L'étude hydrologique a permis de classer le climat de la zone : un climat semi-aride.

L'étude des ressources en sol nous a permis d'étudier la pédologie du sol du périmètre (la classe du sol ; la texture ...).

L'étude de la qualité des épurées et les caractéristiques physico-chimiques en comparant aux normes on peut dire que cette eau peut être destinée vers l'irrigation En raison du manque d'eau dans la région.

Ainsi, l'étude des besoins en eaux des cultures adoptés afin dimensionner le réseau d'adduction par système de pompage a partir de la step jusqu'au réseau de distribution afin d'assurer une pression de un bar dans chaque borne ilot.

Par la suite l'étude Comparative entre les différentes techniques d'irrigation nous aider à choisir le système d'irrigation par goutte à goutte pour le dimensionnement des parcelles.

A la fin, comme dans chaque projet l'aspect économique est indispensable.

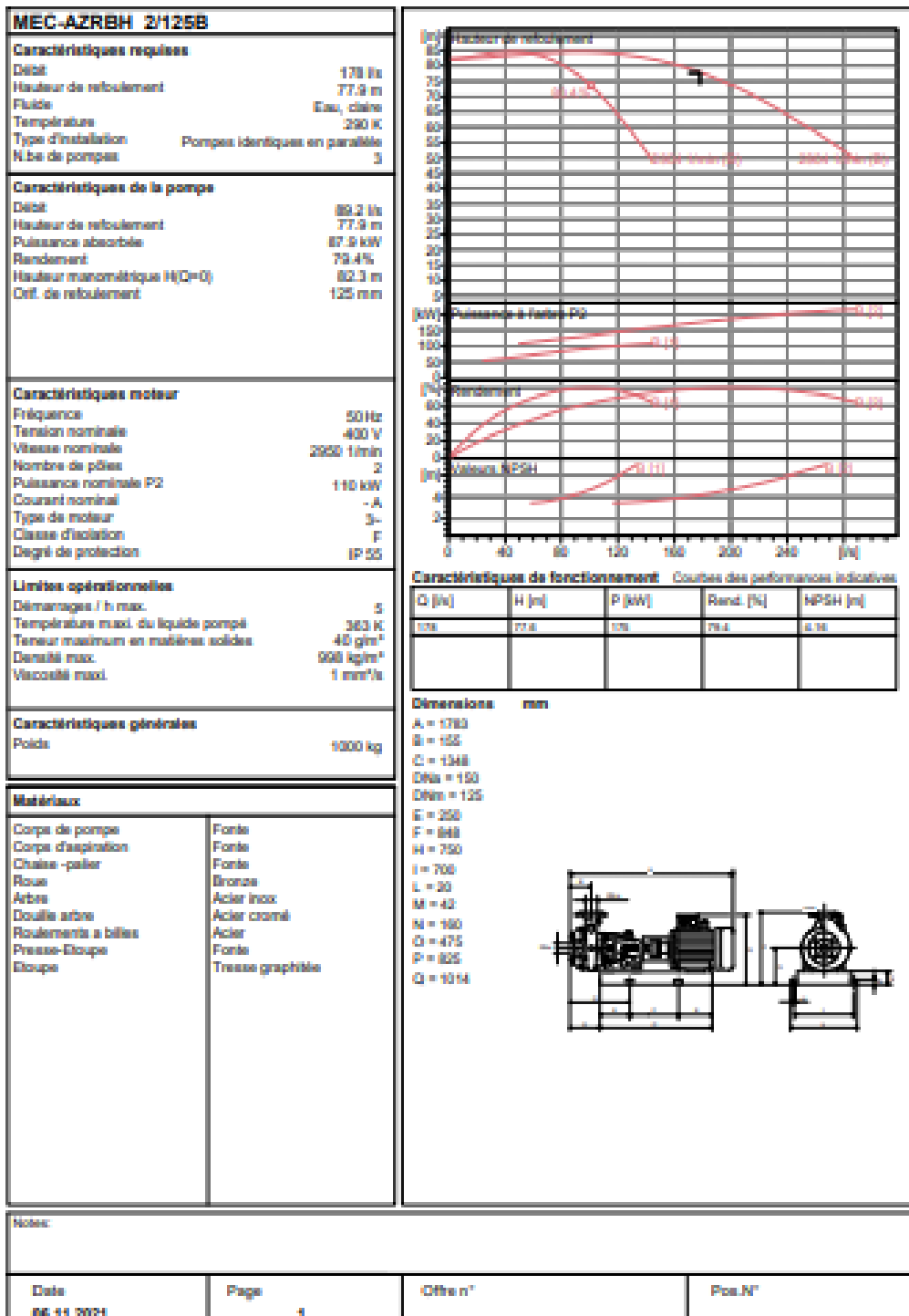
Annexe

(1) Caractéristique technique de la pompe

caprari

Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001



(2) Diamètre des conduites en PEHD

Diamètre extérieur nominal d_n (mm)	Diamètre extérieur moyen	
	d_{m1} (mm)	d_{m2} (mm)
16	16,0	16,3
20	20,0	20,3
25	25,0	25,3
32	32,0	32,3
40	40,0	40,4
50	50,0	50,4
63	63,0	63,4
75	75,0	75,5
90	90,0	90,6
110	110,0	110,7
125	125,0	125,8
140	140,0	140,9
160	160,0	161,0
180	180,0	181,1
200	200,0	201,2
225	225,0	226,4
250	250,0	251,5
280	280,0	281,7
315	315,0	316,9
355	355,0	357,2
400	400,0	402,4
450	450,0	452,7
500	500,0	503,0
560	560,0	563,4
630	630,0	633,8
710	710,0	716,4
800	800,0	807,2
900	900,0	908,1
1000	1000,0	1009,0
1200	1200,0	1210,8
1400	1400,0	1412,6
1600	1600,0	1614,4

(2)prix des diamètres en fonte

Diamètre en (mm)	Prix de ml (DA)
60	2464.36
80	3422.31
100	6682.31
125	7836.22
150	8534.23
200	10323.10
250	11542.36
300	12336.05
350	13521.23
400	14910.06
450	15982.11
500	17885.15
600	22831.78
700	27777.32
800	31722.86
900	35668.40
1000	39613.94

(3) Caractéristique hydraulique du sol

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)

Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

Le ministre des ressources en eau,

Le ministre de l'agriculture et du développement rural,

Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière,

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Jomada Etharia 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ;

Vu le décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent ;

Arrêtent :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 15 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer la liste des cultures autorisées pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées conformément à l'annexe jointe.

Art. 2. — Le présent arrêté sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012.

Le ministre des ressources en eau Le ministre de l'agriculture et du développement rural
Abdelmalek SELLAL Rachid BENAÏSSA

Le ministre de la santé,
de la population et de la réforme hospitalière
Djamel OULD ABBES

ANNEXE

LISTE DES CULTURES POUVANT ETRE IRRIGUEES AVEC DES EAUX USEES EPUREES

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (1)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

(1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

(2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

(4) Décret de la norme de l'utilisation des eaux épurées dans l'irrigation

2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES

PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	6.5 ≤ pH ≤ 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = 0 - 3 CE		0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12	ds/m	0.5
	12 - 20		1.3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO ₃ - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrom[e]	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercur[e]	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
Vanadium	mg/l	1.0	
Zinc	mg/l	10.0	

(*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.

ANNEXE
SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES
UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION

I. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserve ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol.

L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

(5) Les analyses physico-chimiques de la step

Indicateurs de Traitement

STEP de Cap Falcon

Mai 2020	Volume Entrant (m ³)	Volume Epuré Pompé vers les Lagunes (m ³)	Volume Epuré Réutilisé à la STEP (m ³)	Volume Globale Epuré (m ³)	Volume By-pass (m ³)	Ratio Volume Epuré Volume Entrant
1	2169	2169	-	2169	0	100%
2	3024	3024	-	3024	0	100%
3	2700	2700	-	2700	0	100%
4	1018	1018	-	1018	0	100%
5	3004	3004	-	3004	0	100%
6	2332	2332	-	2332	0	100%
7	2844	2844	-	2844	0	100%
8	2907	2907	-	2907	0	100%
9	3099	3099	-	3099	0	100%
10	3195	3195	-	3195	0	100%
11	3195	3195	-	3195	0	100%
12	2332	2332	-	2332	0	100%
13	1818	1818	-	1818	0	100%
14	3629	3629	-	3629	0	100%
15	3072	3072	-	3072	0	100%
16	3283	3283	-	3283	0	100%
17	1814	1814	-	1814	0	100%

18	1202	1202	-	1202	0	100%
19	2603	2603	-	2603	0	100%
20	1508	1508	-	1508	0	100%
21	2325	2325	-	2325	0	100%
22	3022	3022	-	3022	0	100%
23	3181	3181	-	3181	0	100%
24	1916	1916	-	1916	0	100%
25	1130	1130	-	1130	0	100%
26	1109	1109	-	1109	0	100%
27	1518	1518	-	1518	0	100%
28	1060	1060	-	1060	0	100%
29	2264	2264	-	2264	0	100%
30	3751	3751	-	3751	0	100%
31	3008	3008	-	3008	0	100%
Volume Cumulé	75 032	75 032	-	75 032	0	
Volume Moyen	2 420	2 420	-	2 420	0	100%
Volume Max	1 018	1 018	-	1 018	0	100%
Volume Min	3 751	3 751	-	3 751	0	100%

18	70,30	8,44	27,3	0,4	0,09	0,13	0,09	2,2	5,8	0,4	8,0	8,2	1983	2 020
19														
20														
21	70,50	8,50	27,4	0,4	0,08	0,10	0,08	2,8	5,8	0,3	8,0	8,3	2 010	2 030
22														
23											7,9	8,0	1 833	1 960
24														
25	62,40	8,18	27,3	0,7	0,10	0,15	0,10	4,3	5,8	0,6	8,0	8,1	2 010	1 980
26														
27														
28	68,50	9,28	23,4	0,5	0,09	0,11	0,09	3,1	5,6	0,4	7,9	8,0	2 100	2 010
29														
30											7,8	8,0	1 933	2 100
31														
Moyenne	69,1	9,2	26,0	0,5	0,1	0,1	0,1	3,6	6,1	0,6	7,9	8,1	1 917	2 007
Min	62,4	8,2	20,5	0,4	0,1	0,1	0,1	2,2	5,6	0,3	7,7	8,0	1 734	1 840
Max	72,2	10,5	30,0	0,7	0,1	0,2	0,1	5,0	7,1	0,9	8,0	8,3	2 100	2 200

18	70,30	8,44	27,3	0,4	0,09	0,13	0,09	2,2	5,8	0,4	8,0	8,2	1983	2 020
19														
20														
21	70,50	8,50	27,4	0,4	0,08	0,10	0,08	2,8	5,8	0,3	8,0	8,3	2 010	2 030
22														
23											7,9	8,0	1 833	1 960
24														
25	62,40	8,18	27,3	0,7	0,10	0,15	0,10	4,3	5,8	0,6	8,0	8,1	2 010	1 980
26														
27														
28	68,50	9,28	23,4	0,5	0,09	0,11	0,09	3,1	5,6	0,4	7,9	8,0	2 100	2 010
29														
30											7,8	8,0	1 933	2 100
31														
Moyenne	69,1	9,2	26,0	0,5	0,1	0,1	0,1	3,6	6,1	0,6	7,9	8,1	1 917	2 007
Min	62,4	8,2	20,5	0,4	0,1	0,1	0,1	2,2	5,6	0,3	7,7	8,0	1 734	1 840
Max	72,2	10,5	30,0	0,7	0,1	0,2	0,1	5,0	7,1	0,9	8,0	8,3	2 100	2 200

Résultats des Analyses Bactériologiques

Mai 2020	Entrée		Sortie		Lagune1		Lagune2		Lagune 3	
	Bactéries Coliformes (CFU/100ml)	Echerchia Coli (CFU/100ml)	Bactéries Coliformes (CFU/100ml)	Echerchia Coli (CFU/100ml)	Bactéries Coliformes (CFU/100ml)	Echerchia Coli (CFU/100ml)	Bactéries Coliformes (CFU/100ml)	Echerchia Coli (CFU/100ml)	Bactéries Coliformes (CFU/100ml)	Echerchia Coli (CFU/100ml)
06/05/20	8300	8300	7100	7100	5200	5200	2400	2400	500	500
15/05/20	8700	8700	7000	7000	5100	5100	2800	2800	800	800
20/05/20	9200	9200	7100	7100	5200	5200	2300	2300	400	400
27/05/20	8800	8800	6900	6900	4700	4700	3000	3000	500	500

Résultats des Analyses des Métaux lourds

Mai 2020	Zinc (mg/l)		Nickel (mg/l)		Chrome (mg/l)		Plomb (mg/l)		Cuivre (mg/l)		Cadmium (mg/l)		Fer (mg/l)		Aluminium (mg/l)	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
04/05/2020	0.319	<0.2	0.671	0.06	0.186	<0.03	0.291	<0,1	1.22	0.412	<0,02	<0,02	1.44	0.183	0.195	<0.02
18/05/2020	0.232	<0.2	0.718	0.06	0.174	<0.03	0.630	<0,1	1.31	0.544	<0,02	<0,02	1.43	0.204	0.212	<0.02

Références bibliographiques

ANRH ORAN. Données pluviométrique « station de BOUSFER »

DRE ORAN . les analyses physico-chimiques de la step de cap falcon.

O. AZIEZ. Drainage et assainissement agricole. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida, Algérie, 2017. Support de cours de 3ème année cycle supérieure, Hydraulique.

T. BENKACI. Irrigation et drainage - techniques d'irrigation. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida, Algérie, 2018. Support de cours de 2ème année cycle supérieure, Hydraulique.

T. BENKACI. Réseaux d'irrigation - systèmes d'irrigation. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida, Algérie, 2018. Support de cours de 3ème année cycle supérieure, Hydraulique.

Cropwat 8.0. Logiciel pour le calcul de l'évapotranspiration.

J.H. Durand. Les sols rouges et les croute, Algérie, 1959.

M. BEKHTAOUI Badr Eddine. Étude des caractéristiques des eaux usées épurées de la STEP de la commune d'Ain El Turk. W d'Oran, Ecole National Supérieur d'Hydraulique, Blida,Algerie,2020.

FAO. Agriculture et rareté de l'eau : une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole. COAG/2007/7, Rome, p 15 (2017).

FAO, B. N., 2005. Calcul des besoins en eau des cultures.

Hyfran. Un logiciel pour l'ajustement à la loi normale

W. MOKRANE. Système de pompage. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida, Algérie, 2019. Support de cours de 3ème année cycle supérieure, Hydraulique.

ONM. Données climatiques.

B. TOUAIBIA. Manuel pratique de l'hydrologie. Presses Madani frères, 2004.

J.R. TIERCELIN .Traite d'irrigation. .1998