

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME DU PROJET :

**DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION DU PERIMETRE
MEZDOUR (150 ha) ALIMENTÉ À PARTIR DE LA STEP DE LA
VILLE DE BISKRA (WILAYA DE BISKRA)**

PRESENTE PAR :

MOKRANI Messaoud

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
M MEDDI MOHAMED	Professeur	Président
Mme MEDJDOUB SONIA	M.A.A	Examinatrice
M KOLIAI DJAAFAR	M.A.A	Examineur
Mme SADOUNE SAMRA	M.A.B	Examinatrice
Mme SALHI CHAHRAZED	M.A.B	Promotrice

Septembre 2016

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ceux que je ne pourrais jamais remercier assez, à mes parents. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et tous mes respects pour toute leur aide, leur affection et leur sacrifice.

A mes frères et mes sœurs

A toute ma famille et tous mes amis.

A tous ceux qu'un jour profiteront de ce travail.

Remerciement

A la fin de ce travail j'adresse mes sincères remerciements à mon Dieu le grand créateur qui m'a guidé dans mes travaux pour aboutir à ces résultats. Il est temps pour moi d'exprimer mes remerciements à tous ceux qui m'ont apporté aides et conseils durant la réalisation de ce travail en particulier : Madame SALHI Chahrazed pour m'avoir suivi et encadré efficacement pendant cette année, sa disponibilité de tous les jours et ses nombreux et fructueux conseils ont fortement contribué à créer l'excellence des conditions de travail. Je tiens aussi à remercier les membres de jury d'avoir accepté et juger ce travail.

Je ne peux jamais oublier les gens avec lesquels j'ai partagé les merveilleux moments durant le cycle de formation: Larbi, Sofiane, Taki, ripo... je leur dis un grand merci pour les bons moments passés ensemble et aussi pour leur soutien durant tous les moments difficiles. Je voudrais également remercier nos enseignants et tout le personnel de l'ENSH pour leurs contributions à ma formation.

Je remercie toute personne, qui de près ou de loin ayant généreusement contribué à l'élaboration de ce travail. Si par mégarde, j'ai oublié quelqu'un, qu'il me pardonne et qu'il soit remercié pour tous.

ملخص:

يعتبر نقص الموارد المائية في المناطق الجافة عائقا أمام تطور النشاط الفلاحي. وللحد من هذا المشكل قمنا بدراسة إمكانية سقي المحيط الفلاحي "مزدور" ببسكرة عن طريق استغلال المياه المعالجة في محطة تصفية و تنقية مياه الصرف الصحي لمدينة بسكرة، وذلك من خلال تحليل نوعية المياه وخصائص التربة، مع مراعاة الظروف المناخية ونوعية المحاصيل الزراعية المناسبة للمنطقة، وقد تم الاعتماد على تقنية السقي الموضعي لتقليل نسبة المياه الضائعة وكذا ضمان إنتاجية ذات مردود مرتفع.

Résumé :

Le manque de ressources en eaux pose un problème devant le développement de l'activité agricole, pour remédier à cela nous proposons d'alimenter le périmètre agricole de Mezdour (Wilaya de Biskra) à partir des eaux usées épurées de la station d'épuration de la ville de Biskra. Nous tenons compte les critères suivantes : l'analyse de la qualité des eaux à la sortie de la STEP, les caractéristiques du sol, les conditions climatologiques et enfin les aptitudes culturelles de la région. Nous choisissons la technique d'irrigation localisée afin de minimiser les pertes ainsi pour garantir une productivité avec un bon rendement.

Abstract :

Shortage of water resources in dry areas is a barrier in face of the development of agricultural activity. To reduce this problem, we studied the possibility of agricultural field "Mezdour" feed in Biskra by treated water exploitation in the sewage treatment plant of Biskra by analysis of water quality and characteristics of the soil, taking into account the climatic conditions and the quality of agricultural crops appropriate to this region. The local irrigation technique has been used to reduce the losing ratio water, as well as ensure productivity with high yields.

Sommaire

I. CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

I.1 Introduction	1
I.2 Situation géographique de la wilaya de Biskra	1
I.3 Présentation du site d'étude.....	2
I.3.1. Relief (ANDI 2015)	3
I.3.2. Hydrographie.....	4
I.3.2.1. Ressources souterraines.....	5
I.3.2.2. Ressources en eaux superficielles	6
I.3.3. Géologie	6
I.3.4. Situation démographique (ANDI de wilaya de BISKRA)	7
I.3.5. Agriculture	7
I.4 Analyse climatologiques	8
I.4.1 Température	10
I.4.2 Humidité relative de l'air	12
I.4.3 Vents.....	12
I.4.4 Sirocco.....	13
I.4.5 Insolation.....	14
I.4.6 Evaporation du plan d'eau:	14
I.4.7 Indices agro-météorologiques :	15
I.4.8 Indice d'aridité de De Martonne (1926):.....	15
I.4.9 Quotient pluvio-thermique d'Emberger (1955)	16
I.4.10 Climagramme de Bagnouls et Gaussen.....	18
I.5 Conclusion.....	19

II CHAPITRE II : ETUDE AGRO-PEDOLOGIQUE

II.1 Introduction.....	20
II.2 Levé pédologique.....	20
II.2.1 Profil n°1 : terrain cultivé, la présence de seguia note une ancienne exploitation du terrain	20
II.2.2 Profil n° 2 : terrain en bordure de l'oued	21

II.2.3 Profil n°3 : terrain cultivé précédemment en céréales	21
II.2.4 Profil n°4.....	22
II.2.5 Profil n°5.....	22
II.2.6 Profil n°6 :.....	23
II.2.7 Profil n°7 :.....	23
II.2.8 Profil n°08 : végétation naturelle : jujubier.....	24
II.3 Classification (CPCS 1967).....	24
II.3.1 Profils P1, P2, P3, P4, P8.....	25
II.3.2 Profils P5, P6, P7	26
II.4 Cultures envisageables.....	26
II.4.1 Arboriculture fruitière.....	26
II.4.2 Cultures maraîchères.....	27
II.4.3 Cultures céréalières - fourragères et industrielles.....	27
II.5 Conclusion	27

III CHAPITRE III : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA REUTILISATION DES EAUX USEES

III.1 Introduction	28
III.2 Aperçu général sur la réutilisation des eaux usées épurées	28
III.3 Principaux paramètres de pollution (Rakha Pronost, 2002).....	28
III.3.1 Paramètres physiques	28
III.3.2 Paramètres chimiques	29
III.3.3 Eléments toxiques :.....	29
III.4 Réglementations de la REU (Belaid .N, 2010).....	30
III.4.1 Critères microbiologiques (OMS, 2006)	30
III.4.2 Qualité chimique le FAO (2003).....	32
III.4.3 Problèmes de colmatage (FAO, 85)	34
III.4.4 Concentration des éléments fertilisants (FAO/RNEA, 1992)	34

III.5 Réglementations algériennes fixant la réutilisation des eaux usées à des fins d'irrigation	35
III.5.1 Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.....	35
III.5.2 Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation	36
III.6 Classification des eaux pour l'irrigation : CE et SAR	38
III.6.1 Classification mondiale (F.A.O).....	38
III.6.2 Classification Russe.....	38
III.6.3 Classification Américaine :	38
III.6.4 Eléments traces (métaux lourds) (Yang et <i>al.</i> , 2008)	39
III.7 Principales voies de la réutilisation (David ECOSSE.2001)	40
III.7.1 Le secteur agricole.....	40
III.8 Expérience de réutilisation des eaux usées épurées (Claude PUIL.1998).....	40
III.8.1 Le continent américain	41
III.8.2 Le bassin méditerranéen	41
III.8.3 L'Europe du Nord	41
III.8.4 Le Japon :.....	42
III.8.5 L' Australie :.....	42
III.9 En Algérie (ONID.2015)	42
III.9.1 Réutilisation des eaux usées épurées :.....	42
III.10 Conclusion	45
IV. CHAPITRE IV : ETUDE DES RESSOURCES EN EAU	
IV.1 Introduction	46
IV.2 Ressources conventionnelles.....	46
IV.2.1 Ressources superficielles.....	46
IV.2.2 Ressources souterraines.....	46
IV.3 Ressources non conventionnelles.....	46
IV.4 Présentation de la station d'épuration de la ville de Biskra	47
IV.4.1 Objectifs de la STEP de la ville de Biskra	47
IV.4.2 Ouvrages de la Station d'épuration	48

IV.4.3 Qualité des eaux (ONA-Biskra, 2015)	50
IV.4.3.1 Analyse des eaux usées	50
IV.4.3.2 Qualité des eaux à la sortie de la STEP	53
IV.4.4 Eléments traces.....	55
IV.4.5 Paramètres microbiologiques	56
IV.5 Conclusion.....	58
 V. CHAPITRE V : EVALUATION DES BESOINS EN EAUX DES CULTURES	
V.1 Introduction.....	59
V.2 Etude hydrologique.....	59
V.2.1 Choix de l'échantillon à analyser	59
V.2.2 Homogénéité de la série pluviométrique	59
V.2.3 Choix des lois de probabilités.....	61
V.2.4 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss (loi normale)	61
V.2.5 Interprétation :	66
V.2.6 Détermination de l'année de calcul :	67
V.3 Calcul des besoins en eaux	67
V.3.1 Evapotranspiration.....	67
V.3.2 Evapotranspiration potentielle ou de référence (Michel DUCROCQ, 1982).....	67
V.3.3 Evapotranspiration maximale (ETM ou ETC)	68
V.3.4 Evapotranspiration réelle (Michel DUCROCQ, 1982)	68
V.3.5 Estimation de l'évapotranspiration de références ETP.....	68
V.3.6 Calcul de la pluie efficace :	71
V.3.7 Evaporation maximale de culture (ETM) :.....	71
V.3.8 Besoins en eau d'irrigation nette d'une culture	72
V.3.9 Choix des cultures.....	73
V.4 Calcul du débit spécifique	76
V.5 Lessivage des sols.....	77
V.5.1 Le rôle du lessivage	77
V.5.2 Notions du bilan salin dans un sol	77
V.5.3 Périodes et méthodes de lessivage des sols	78

V.5.4	Calcul de dose de lessivage.....	79
V.5.5	Estimation des besoins en eau totaux:	80
V.5.6	Calcul des besoins bruts en eau d'irrigation :.....	80
	Conclusion	81
VI. CHAPITRE VI : ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION		
VI.1	Introduction	82
VI.2	Orientations du choix du périmètre à aménager	82
VI.3	Description du schéma d'aménagement proposé	82
VI.3.1	Problématique.....	82
VI.3.2	Choix de variante.....	83
VI.4	Découpage du périmètre en ilots d'irrigation	84
VI.4.1	Taille des îlots d'irrigation	84
VI.4.2	Rôle et fonction de la borne d'irrigation	84
VI.4.3	Modalités de desserte de l'eau.....	84
VI.5	Choix du type et de diamètre de la borne	86
VI.6	Matériaux de construction des canalisations	87
VI.6.1	Choix du matériau des conduites.....	87
VI.6.2	: Les matériaux	87
VI.7	Dimensionnement des canalisations.....	88
VI.7.1	Vitesses admissibles	88
VI.7.2	Calcul des diamètres.....	88
VI.7.3	Calcul des pertes de charge	88
VI.7.4	Calcul de pression aux bornes et nœuds.....	90
VI.7.5	Simulation du réseau par le logiciel EPANET :.....	91
VI.8	Dimensionnement du réservoir de distribution	92
VI.9	Station de pompage :	93
VI.9.1	Choix des pompes :	93
VI.9.2	Choix du nombre de pompe:	93
VI.9.3	Couplage des pompes :.....	94
VI.9.4	Le moteur électrique :.....	94
VI.10	La conduite de refoulement :.....	94

VI.10.1 Diamètre économique de conduite de refoulement :	94
VI.10.2 Hauteur manométrique totale	94
VI.10.3 Calcul des frais d'amortissement	96
VI.10.4 Calcul des Frais d'exploitation :	97
VI.10.5 Bilan total des frais	98
VI.11 Détermination de la variante de pompage	99
VI.12 Conclusion	103

VII. CHAPITRE VII : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU GOUTTE Á GOUTTE

VII.1 Introduction	104
VII.2 Techniques d'irrigation	104
VII.2.1 Irrigation gravitaire :	104
VII.2.2 Irrigation par aspersion :	104
VII.2.3 Irrigation localisée (Goutte à Goutte):	104
VII.3 Données générales :	105
VII.4 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	105
VII.4.1 Influence du taux de couverture du sol	105
VII.4.2 Les besoins journaliers en tenant compte de la réduction K_r	106
VII.4.3 La dose d'irrigation nette pratique	106
VII.5 Calculs hydrauliques	108
VII.5.1 Condition hydraulique	108
La conduite principale	109
Le nombre d'arbres par rampe	109
Nombre de goutteurs par rampe	109
Le nombre de rampes	109
Débit de la rampe	109
Débit de la porte rampe	109
Débit de la conduite secondaire	109
VII.6 Dimensionnement des différentes parties du réseau	109
VII.6.1 Vérification des pertes de charges	110
VII.6.2 Calculs hydrauliques de la rampe	110

VII.6.3 Calculs hydrauliques de la porte rampe	110
VII.6.4 Calcul des diamètres de la conduite secondaire	110
VII.6.5 Calcul de caractéristique de conduites secondaires	111
VII.6.6 La pression d'eau à la borne de distribution	111
VII.6.7 Les pertes de charge de la borne jusqu'au goutteur le plus défavorable.....	111
VII.7 Conclusion	112

VIII CHAPITRE VIII : Aménagement du projet

VIII.1 Introduction.....	113
VIII.2 Exécution des travaux.....	113
VIII.2.1 Les engins de terrassement utilisés.....	113
VIII.2.2 Calcul des volumes de terrassement.....	115
VIII.2.3 Décapage de la couche de terre végétale ou goudron.....	115
VIII.2.4 Excavation des tranchées:.....	115
VIII.2.5 Calcul de la largeur de tranchée.....	116
VIII.2.6 Calcul de la profondeur de tranchée	116
VIII.2.7 Remblaiement des tranchées:	117
VIII.2.8 Aménagement du lit de sable :.....	117
VIII.2.9 Volume excédentaire :	118
VIII.3 Dépense des travaux :	119
VIII.3.1 Pour les déblais :.....	119
VIII.3.2 Pour les remblais:	119
VIII.3.3 Plantation d'un réseau brise vent.....	120
VIII.4 Accessoires :	120
VIII.5 Réservoir :.....	122
VIII.6 Station de pompage :	122
VIII.7 Cout estimatif total :	122
VIII.8 Conclusion	123

Liste de des tableaux

Table I-1 : précipitations mensuelles du secteur d'étude (mm).....	8
Table I-2 : précipitations mensuelles interannuelles de la station de Biskra (1985-2015).....	9
Table I-3: Répartition mensuelle de température (1985-2012)	10
Table I-4 :humidités relatives moyennes interannuelles (1991 à 2010).....	12
Table I-5: fréquence moyenne annuelle des vents (1991 à 2010)	12
Table I-6:Vitesse moyenne mensuelle des vents (1985-2012).....	12
Table I-7: fréquence moyenne mensuelle du sirocco (1985-2012)	13
Table I-8:Insolations moyennes journalières.....	13
Table I-9:La répartition mensuelle de l'évaporation du plan d'eau de station de Biskra (1998 - 2008).....	14
Table I-10:Classification du climat selon De Marton	14
Table I-11: Diagramme Embrothermique de Gaussen	17
Table II-1:Résultats analytiques du profil n°1.....	19
Table II-2:Résultats analytiques du profil n°2.....	20
Table II-3: résultats analytiques du profil n°3	20
Table II-4: résultats analytiques du profil n°4.....	21
Table II-5: résultats analytiques du profil n°5	21
Table II-6:résultats analytiques du profil n°6.....	22
Table II-7: résultats analytiques du profil n°7	22
Table II-8: résultats analytiques du profil n°8.....	23
Table III-1:Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture (Blumentahl et coll., 2000).....	30
Table III-2:Limites recommandées en éléments traces (mg.L ⁻¹) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (FAO, 2003).	31
Table III-3:Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAO 1985)	32
Table III-4: Qualité de l'eau et potentiel de colmatage dans des systèmes d'irrigation par goutte (FAO, 85).....	33
Table III-5: potentiel de fertilisation par l'eau usée (FAO/RNEA, 1992).....	34
Table III-6:Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.....	34
Table III-7:Normes microbiologiques	35
Table III-8:Normes physico-chimiques.....	36
Table III-9: débits de la STEP d'Oran.....	42
Table III-10: débits de la STEP de Médéa	42
Table III-11:Les débits de la STEP de Hadjout.....	43
Table III-12:Rendement d'élimination.	43
Table IV-1: production des eaux épurées pour les horizons 2030 et 2045.....	47
Table IV-2: les méthodes d'analyses utilisées pour les paramètres examinés	50
Table IV-3:Tableau récapitulatif englobant les Valeurs moyennes des matières polluantes, obtenues au niveau des exutoires examinés des deux villes Biskra et Chetma (W .Biskra)	50

Table IV-4: Spécifications physico-chimiques des eaux usées épurées de la STEP de la ville de Biskra (2015)	52
Table IV-5: recommandations	56
Table V-1: Test d'homogénéité de Wilcoxon de série pluviométrique (1985-2015).....	59
Table V-2:Ajustement à la loi de Gauss (normale)	61
Table V-3: table du χ^2	63
Table V-4:Ajustement à la loi de Galton (log-normale).....	64
Table V-5: Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	66
Table V-6: pluies de projet et pluies efficace de station de Biskra(061416).....	69
Table V-7: calcul de pluie efficace avec logiciel CropWat.....	70
Table V-8:Les coefficients culturaux des cultures envisagées (bulletin FAO).	71
Table V-9: Besoins en eau d'irrigation de palmier dattier.	72
Table V-10: Besoins en eau d'irrigation pour l'olivier	72
Table V-11: Besoins en eau d'irrigation pour le blé	73
Table V-12: Besoins en eau d'irrigation pour le maïs.....	74
Table V-13: Besoins en eau d'irrigation pour la vesce	74
Table V-14: Besoins en eau d'irrigation pour la luzerne.....	75
Table V-15: Calcul des besoins en eau des cultures.....	76
Table V-16: Calcul de la dose de lessivage	78
Table V-17:Calcul de la dose d'irrigation totale (besoin de culture + lessivage)	78
Table V-18 :Besoins en eau totaux calculés pour le périmètre de Mezdour	79
Table VI-1: Caractéristiques des ilots	84
Table VI-2:Choix de diamètre de la borne.	85
Table VI-3: Les diamètres des bornes et des prises.....	85
Table VI-4:Les paramètres de perte de charge	88
Table VI-5:Caractéristiques des conduites du réseau.....	88
Table VI-6: La pression aux bornes et nœuds en (m.c.e).	89
Table VI-7: Calcul de la hauteur manométrique (Hmt)	94
Table VI-8:Calcul des frais d'amortissement.....	95
Table VI-9:Calcul des frais d'exploitation	97
Table VI-10:Calcul du bilan total des frais	97
Table VI-11: Variantes pour le choix du nombre de pompes.....	98
Table VI-12: Variation de la tension de vapeur d'eau en fonction de la température.....	101
Table VII-1:Caractéristique de la rampe	109
Table VII-2:Caractéristiques de la conduite de le porte rampe	109
Table VII-3:Caractéristique de la conduite secondaire	110
Table VII-4:Résumer des caractéristique de la conduite secondaire (Q,D , l , ΔH).....	110
Table VII-5:Résumer des résultats du dimensionnement.....	111
Table VIII-1:Les volumes des travaux de décapage et d'excavation	116
Table VIII-2:volumes des travaux de remblaiement.	118
Table VIII-3:Volume excédentaire.....	118

Table VIII-4 :Dépense des travaux de terrassement.....	119
Table VIII-5 :Devis estimatif et quantitatif de brise vent.....	120
Table VIII-6:Devis estimatif des conduites et accessoires (adduction et distribution)	121
Table VIII-7:Devis estimatif du réservoir	122
Table VIII-8:Devis estimatif de station de pompage.....	122
Table VIII-9:cout total du projet.....	123

Liste de figures

Figure I-1: limites territoriales de la wilaya de Biskra (google image, 2016).....	1
Figure I-2 : situation géographique du site d'étude (HPE 2015)	2
Figure I-3 : répartition du relief de Biskra (ANDI 2015)	3
Figure I-4 carte du milieu physique de la wilaya de Biskra (ANDI 2015)	4
FigureI-5 Carte du réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Biskra (A.BOUMESSENEGH, 2007).	5
FigureI-6: Variations inter- annuelles des précipitations (1985-2015)	9
FigureI-7:Histogramme des températures mensuelles.	11
FigureI-8: Variations moyennes interannuelles de l'humidité de l'air.	12
FigureI-9: Histogramme de vitesse moyenne mensuelle des vents.....	13
FigureI-10: variation de l'insolations moyenne journalière.....	14
FigureI-11: variation mensuelle de l'évaporation du plan d'eau.....	15
Figure I-12: Diagramme bioclimatique d'Emberger	17
Figure I-13: Diagramme de Gaussen pour la zone du projet.....	18
Figure III-1: Réutilisation des eaux usées épurées dans le cycle d'assainissement	28
Figure III-2: répartition des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines.	40
Figure IV-1: localisation de la STEP de la ville de Biskra (Google map)	47
Figure IV-2: schéma illustratif de la STEP de la ville de Biskra (ONA-Biskra)	50
Figure IV-3:Diagramme de Riverside (classification des eaux d'irrigation)	55
Figure V-1: graphique d'ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss	63
Figure V-2: Graphique d'justement des pluies annuelles à la loi log-normal	66
Figure V-3: la variation de Kc	68
Figure VI-1: Shéma descriptif de l'aménagement proposé.....	83
Figure VI-2: Réseau de distribution simulé par EPANET	92
Figure VI-3: graphique du bilan des frais en fonction du diamètre.....	99
Figure VI-4: Courbes caractéristiques de la pompe choisie.	100
Figure VI-5: point de fonctionnement des pompes choisis.	101
Figure VII-1: Schéma explicatif du réseau goutte à goutte.	107
Figure VIII-1: Le Bulldozer	114
Figure VIII-2: Pelle équipée en rétro.....	114
Figure VIII-3: chargeur et camion.....	115
Figure VIII-4: Schéma d'une tranchée	116

Liste des planches

Planche 01 : plan de situation de périmètre de Mezdour w.Biskra.

Planche 02 : plan du réseau d'irrigation du périmètre de Mezdour w.Biskra.

Planche 03 : profil en long de la conduite principale du périmètre de Mezdour w.Biskra.

Planche 04 : plan d'occupation du sol du périmètre de Mezdour w.Biskra.

Planche 05 : Schéma descriptif de la parcelle irriguée par le système goutte à goutte du périmètre de Mezdour w.Biskra.

Planche 06 : profil en long de la conduite d'adduction du périmètre de Mezdour w.Biskra.

INTRODUCTION GENERALE

Nous vivons sur la planète bleue. L'eau joue un rôle déterminant dans la vie des hommes, des animaux et des plantes. Source de vie, elle est aussi source de conflits dans de nombreuses régions du monde. Au début de ce siècle, l'eau est devenue un enjeu de taille et seules les nations qui auront su préserver leur capital hydrique pourront survivre.

L'agriculture est, de loin, l'industrie ayant la plus grande consommation d'eau. L'irrigation des régions agricoles représente 70% de l'eau utilisée dans le monde entier. Dans plusieurs pays en voie de développement, l'irrigation représente jusqu'à 95% de toutes les utilisations d'eau, et joue un rôle important dans la production de nourriture et la sécurité alimentaire. Les futures stratégies de développement agricole de la plupart de ces pays dépendent de la possibilité de maintenir, d'améliorer et d'étendre l'agriculture irriguée.

La réutilisation de l'eau pour l'irrigation est une pratique normale dans le monde entier, La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est essentielle pour le rendement et la quantité des récoltes, pour l'entretien de la productivité des sols, et pour la protection de l'environnement.

En Algérie, les contraintes du climat, la croissance démographique, les transformations économiques et sociales sont à l'origine d'une demande en eau sans cesse croissante. Parallèlement, le recours à l'irrigation est devenu une nécessité, étant donné l'importance du déficit hydrique climatique et l'intensification de l'agriculture. Or, face à ces demandes, les ressources en eau sont rares et insuffisantes. Ainsi, pour satisfaire l'ensemble des besoins en eau du pays et afin de réserver les eaux de bonne qualité à l'alimentation en eau potable, une des solutions serait d'utiliser des eaux de qualité marginale en agriculture. Les ressources en eau en Algérie sont limitées, vulnérables et inégalement réparties.

Dans ces conditions déficitaires en ressources en eau, le secteur de l'agriculture est le plus gros demandeur en eau. Dans ce contexte, l'utilisation des eaux usées épurées est devenue une nécessité et il faut qu'elle fasse partie intégrante de la stratégie de mobilisation de toutes les ressources disponibles.

L'objectif de ce mémoire est de concevoir un réseau d'irrigation pour le périmètre Mezdour situé au sud-ouest de la ville de Biskra, cette région est caractérisée par un climat aride et une topographie quasi plane caractérisée par une texture moyenne à grossière, l'aptitude du sol est bonne pour les cultures arboricoles, céréales et fourragères.

Le périmètre sera alimenté à partir de la STEP de la ville Biskra, la qualité des eaux épurées doit être respectable avec les normes mondiales ainsi que les nouveaux arrêtés algériens.

L'évaluation des besoins en eau des cultures permet de déterminer le débit caractéristique qui est nécessaire pour le dimensionnement du réseau et ces différents ouvrages annexes. La micro irrigation est la technique la plus convenable à notre projet.

Pour finir, une estimation de cout du projet est faite en se basant sur la mise à jour des prix unitaires nationaux.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

I CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

I.1 Introduction

Ce chapitre présente des généralités sur la région d'étude et les différentes caractéristiques naturelles ainsi que les paramètres physiques qui sont favorables à la mise en valeur du périmètre de MEZDOUR situé dans la ville de Biskra.

I.2 Situation géographique de la wilaya de Biskra

La région de Biskra appartient à la partie Nord du grand bassin sédimentaire des contres forts méridionaux de l'Atlas saharien et la bordure septentrionale saharienne. Elle se situe donc à l'Est du pays et au Sud des Aurès et s'étend jusqu'à la zone du Chott Melchior au Sud-est et jusqu'à l'Erg oriental au Sud-ouest. Elle comprend 12 daïra et 33 communes (figure I.2); ses limites territoriales se résument Au (figure I.1) :

- ❖ Nord : La Wilaya de Batna.
- ❖ Nord-Ouest : La Wilaya de M'Sila.
- ❖ Nord Est : La Wilaya de Khenchela
- ❖ Sud-Ouest : La Wilaya de Djelfa
- ❖ Sud : La Wilaya d'El-Oued et de Ouargla.

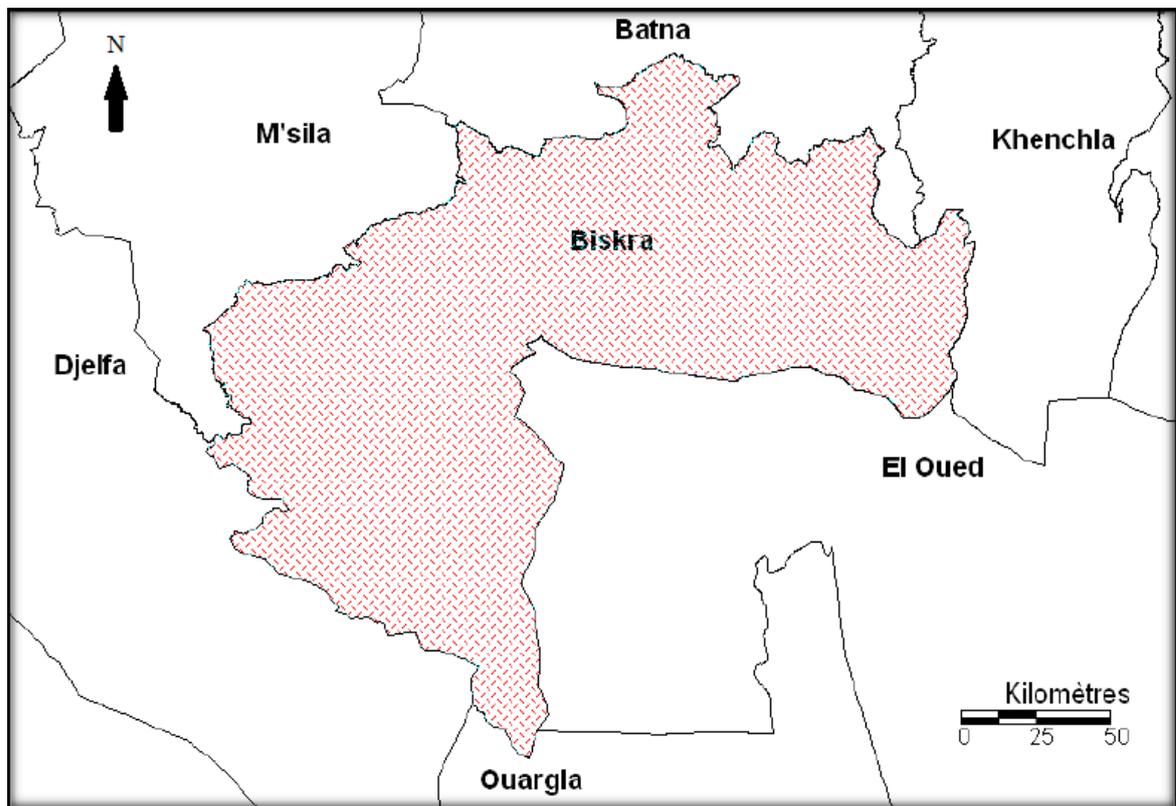


Figure 1-1: limites territoriales de la wilaya de Biskra (google image,2016)

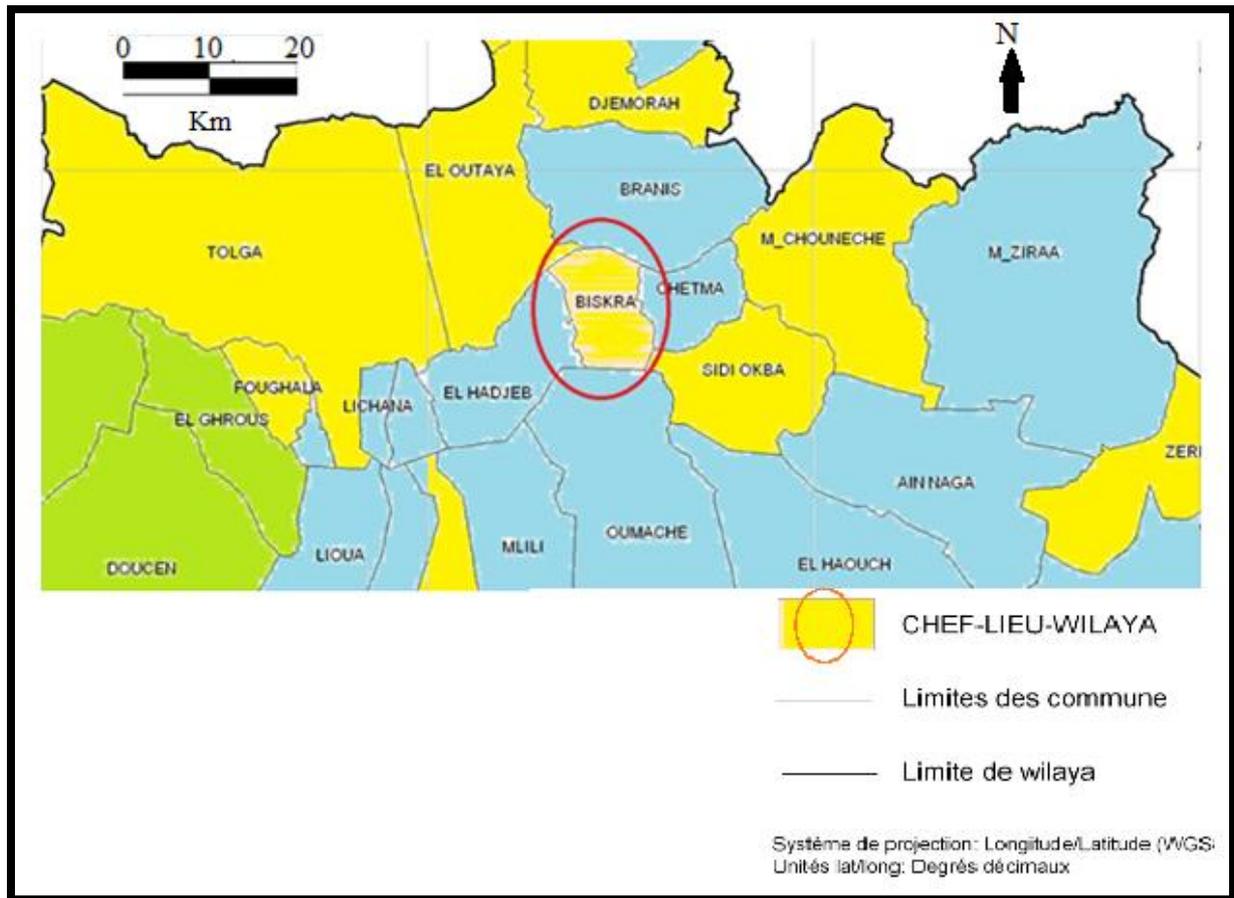


Figure I-2 : situation géographique du site d'étude (H.P.E 2015).

I.3 Présentation du site d'étude

La région de MEZDOUR appartient administrativement à la commune de Biskra (figure I.2) qui constitue un trait d'union entre le nord, le sud et l'ouest du fait de sa situation au côté sud-est du pays. La ville est située au sud aux portes du Sahara limitée au Nord, par la commune de Branis, au Nord-Ouest par la commune d'El Outaya, à l'Est par la commune de Chetma, au Sud-Est par la commune de Sidi Okba, au Sud- Ouest par la commune d'Oumache et à l'Ouest par la commune d'El Hadjeb. Avec une altitude de 100 m au niveau de la mer, ce qui fait d'elle est l'une des villes les plus basses d'Algérie.

Le site d'implantation du périmètre de MEZDOUR est situé au Sud-ouest de la ville de Biskra (au pied de la ville) à environ 3 à 4 km distant 400 km au sud-est de la capitale, Alger, et située entre 34°51' Nord 5°44' Est.

I.3.1 Relief (ANDI 2015)

La wilaya de Biskra constitue la transition entre les domaines atlasiques plissés du Nord et les étendues plates et désertiques du Sahara au sud. Le territoire de la wilaya peut être divisé en quatre grandes entités géomorphologiques (figures I. 3 et I.4) :

- Une zone de montagne ; qui borde la limite septentrionale de la wilaya, elle est généralement dénudée de toute végétation naturelle. Le point culminant est Djebel Taktiout d'une altitude de 1924 m.
- Une zone de plateaux ; Localisé en grande partie à l'Ouest (56% de l'étendue de la wilaya), cette zone s'étend du nord au sud est constitue en partie le territoire de la daïra de Ouled djelal et celle de Tolga. La végétation des plateaux maigres constituent des sites privilégiés de parcours.
- Une zone de plaines ; Occupant la partie centrale de la wilaya de Biskra, et couvrent la quasi-totalité des Daïra d'El-Outaya, celle de Sidi-okba, et la commune de Doucen.
- Une zone de dépression ; située au Sud-est de la wilaya, elle constitue une assiette où se forme des nappes d'eau très minces constituant ainsi les chotts dont le plus important est le chott Melghir dont le niveau peut atteindre -33 m au dessous de celui de la mer.

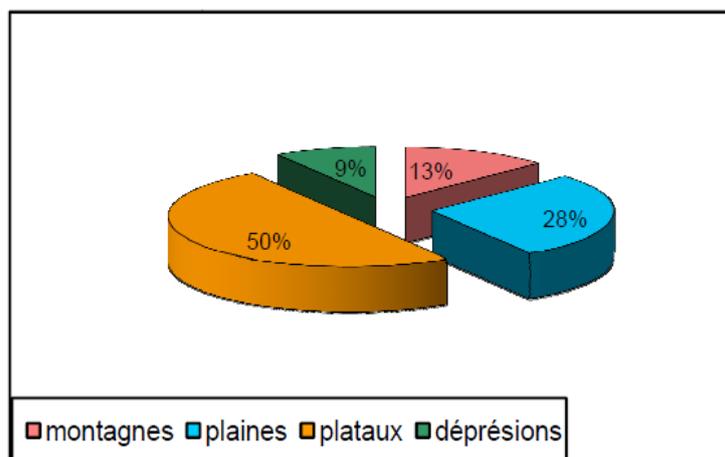


Figure I-3 : répartition du relief de Biskra (ANDI, 2015)

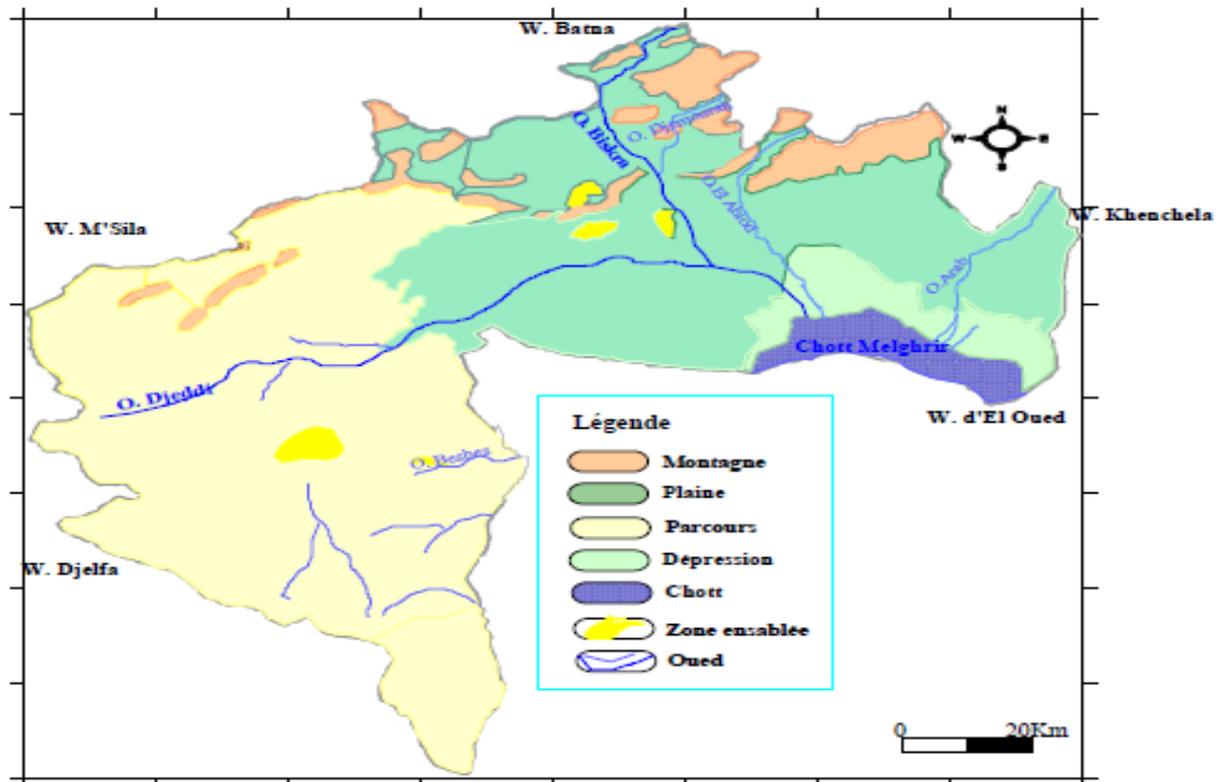


Figure I-4 : carte du milieu physique de la wilaya de Biskra (ANDI, 2015)

I.3.2 Hydrographie

L'oued Biskra ; c'est le principal cours d'eau dans la région, son réseau hydrographique est constitué par un grand nombre d'affluents et sous affluents, qui collectent les eaux de ruissellement, venants du Sud-ouest de l'Aurès. L'oued Biskra résulte de la jonction de deux affluents (figure I.4): oued El Hai et oued Djemourah, qui drainent respectivement une superficie de 1788 et 906 km², dont la confluence donne naissance à l'oued Biskra, à une altitude de 200m (A.BOUMESSENEGH, 2007).

- ❖ L'oued El Hai prend son origine sur les flancs de l'Atlas Saharien, qui à son tour prend sa naissance du confluent des deux oueds : oued Fedhala, issu du djebel Ich Ali (1815m) et l'oued Tilatou descendant des monts de Bellezma (2091m) et coule dans la direction SE-NO.
- ❖ Les cours d'eau qui alimentent l'oued El Hai ont un caractère d'écoulement périodique : seul l'oued El Hai demeure relativement permanent, mais lui aussi se perd par endroits, dans les dépôts de sables et de graviers de son lit, pendant les périodes d'étiages.
- ❖ L'oued Djemoura résulte aussi de la jonction de deux oueds : oued Abdi et oued Bouzina. L'oued Abdi prend sa source du Djebel Lazreg (1937m) et Djebel Boutlarmine (2178m), il coule vers le Sud-ouest.

- ❖ L'oued Bouzina coule dans le synclinal de Bouzina, depuis sa source (Djebel El Mahmal 2321m) en contre bas de la plaine de Nerdi, jusqu'au Khanguet El Anseur où il traverse le flanc Sud- Est du synclinal pour rejoindre l'oued Abdi à Menaâ, formant l'oued Djemoura qui reçoit sur sa rive gauche l'oued Bouguatou.
- ❖ L'oued Lafrah prend son origine de Djebel Ich Oumared (1270m), mais en réalité c'est un petit ravin saisonnier, qui menace en période de crue. (A.BOUMESSENEGH, 2007).

La figure I.5 montre le réseau hydrographique du bassin de l'oued Biskra

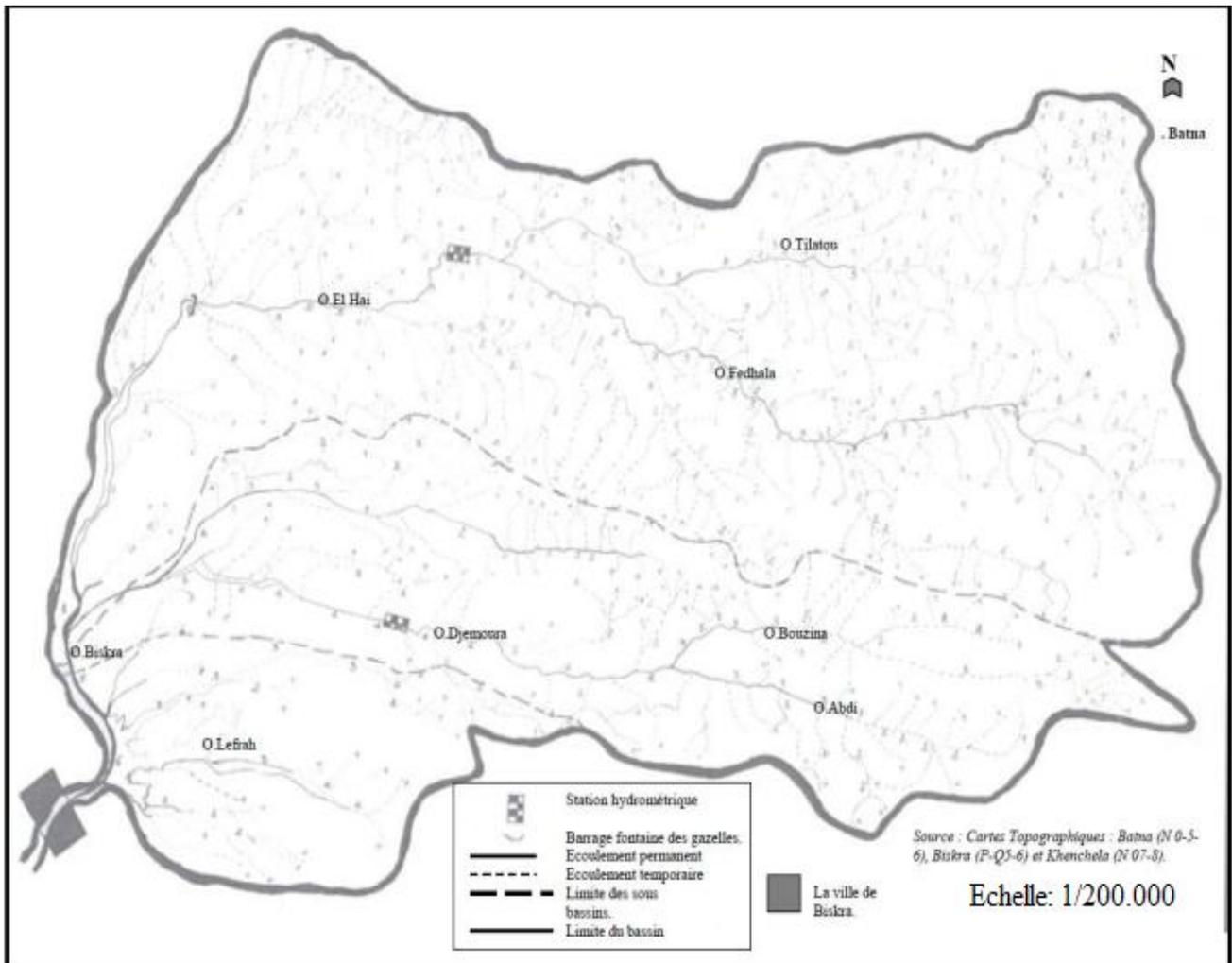


Figure I-5 Carte du réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Biskra (A. BOUMESSENEGH, 2007).

I.3.2.1 Ressources souterraines

Les ressources hydriques souterraines dans la wilaya sont constituées principalement par quatre nappes.

- **La nappe phréatique du quaternaire** : Elle est connue au niveau des palmeraies de Tolga et se localise souvent sur des accumulations alluvionnaires. On classe dans cette

catégorie, la nappe de l'oued de Biskra et celle de l'oued Djedi. Elles doivent leur alimentation normalement à partir des précipitations et des eaux d'irrigation. La plupart des eaux de cette nappe sont salées ou très salées.

- **La nappe profonde :** Cette nappe souvent appelée albienne, elle est caractérisée par une température très élevée. Elle est rarement exploitée, sauf à l'Ouled Djellal ou Sidi Khaled où les formations gréseuses de l'albien ou de barrémien sont touchées à une profondeur de 1500 à 2500 mètres. L'utilisation de cette eau nécessite un refroidissement.
- **La nappe calcaire :** Cette nappe est localisée dans la totalité de la région de Biskra. Elle est plus exploitée à l'Ouest qu'à l'Est de Biskra, à cause des faibles profondeurs relatives de captage. A l'Ouest, la profondeur de 150 à plus de 200 m alors qu'à l'Est, la profondeur dépasse les 400 m. L'alimentation de cette nappe se fait par deux zones d'affleurement de l'éocène inférieur, la première à l'Ouest de Daoucen et Ouled Djellal, la seconde au Nord de Tolga, entre Foughala et Bouchegroune et les versants de la plaine de l'Outaya. Cette nappe subit une baisse de niveau piézométrique suite à la surexploitation.
- **La nappe du Miopliocène :** Cette nappe a une extension considérable. Elle est capturée par de nombreux forages dans les plaines. Son épaisseur reste faible sur les piémonts et augmente au milieu de la plaine. Son alimentation est assurée par les pluies exceptionnelles dans les zones d'affleurements, les exutoires sont constitués par les sources (telle que la source de Sebaa Mgataa) et par les vastes zones d'évaporation.

I.3.2.2 Ressources en eaux superficielles

Barrage de Foum El Gherza

Un volume de 5.4 millions de m³ d'eau provenant du barrage sera exclusivement destiné à l'irrigation des exploitations agricoles de la région ; à l'irrigation des oasis orientales de la région des Ziban, Serina, Kerta, T'houda et Sidi-Okba, selon les besoins des exploitants.

Le barrage de Foum El Gherza est mis en exploitation en 1950, il dispose sur une capacité de stockage de 15 millions de m³, 10 millions m³ sont exploitables pour l'irrigation et 5 millions m³ constituant le volume mort conservés dans le barrage.

I.3.3 Géologie

La région d'étude fait partie d'une zone de transition topographique, structurale et sédimentaire entre l'Atlas Saharien, surélevé au Nord et le Sahara, pays effondré au Sud. L'étude géologique et structurale a permis de comprendre la litho- stratigraphie et la tectonique de la région d'étude.

- Du point de vue stratigraphique : les données litho-stratigraphiques ont fourni une série du Secondaire, jusqu'au Quaternaire.

- Le Secondaire (Crétacé supérieur) est constitué par le Turonien, calcaire, le Sénonien inférieur, argiles et gypses, le Sénonien supérieur calcaire.
 - Le Tertiaire est constitué par l'Eocène inférieur, Calcaires et argiles, Eocénomoyen, Argiles gypseuses et le Mio-Pliocène, Alternances d'argiles et de sables.
 - Le Quaternaire est constitué par les alluvions, Conglomérats, galets, graviers et sables.
- Du point de vue structural : la région forme une zone charnière, raccordant les deux grands ensembles atlasien, limités par des failles de direction (NE – SW et NW – SE).

I.3.4 Situation démographique (ANDI de wilaya de BISKRA)

La population de la wilaya a été estimée en 1966 à 135 901 habitants, actuellement la population totale de la wilaya est estimée à 775 797 habitants (2010), soit une densité moyenne de 36 habitants par Km². La densité de population dans la commune de Biskra chef-lieu de wilaya est de 1695 Hab/Km². Par contre, dans la commune de Besebeset Ras El Miaad elle est de 03 et 04 Hab/Km². Plus de la moitié de la population (55,04%) est urbaine.

I.3.5 Agriculture

Le secteur agricole de la wilaya a connu un développement indéniable avec 77% de son territoire, soit 1 652 751 hectares de terres classées zones agricoles, dont 185 473 ha de surface agricole utile (SAU), la wilaya conforte sa vocation agropastorale en alignant des taux de production de dattes, légumes, agrumes, céréales et viandes rouges et blanche dépassant amplement les termes du contrat de performance fixant les minimas passé entre le ministère de tutelle et la direction des services agricoles de la Wilaya de Biskra.

Les opportunités agricoles portent principalement sur la culture du palmier dattier, concentrée généralement dans les Daïras de Tolga, Foughala et Ourlal. Les autres Daïras, pour leur part, sont spécialisées surtout dans les cultures maraîchères. La superficie agricole très riche par ses sols fertiles.

La modernisation des systèmes de production devrait augmenter les rendements des produits agricoles. La précocité des récoltes et la qualité "bio" des produits agricoles sont des opportunités concrètes en matière d'investissements à la demande locale et à l'exportation.

La wilaya détient de par son histoire, des rendements inégalés sur le bassin méditerranéen, compte tenu de son climat et de ses sols sablonneux qui favorisent une double récolte notamment dans la céréaliculture. Ces opportunités sont renforcées par les importantes ressources hydrauliques estimées à 820 millions de mètres cubes répartis comme suit :

- ✓ Eaux de surface : 22 millions de mètres cubes proviennent des barrages de fontaine des gazelles et foun El Gharza.

- ✓ Eaux souterraines : 798 millions de mètres cubes.

I.4 Analyse climatologiques

L'Algérie est caractérisée par le contraste entre le climat méditerranéen de la bordure littorale et le climat désertique du Sud, en passant par le climat montagneux des plateaux, nous serons donc amenés, avant toutes choses, à préciser le type du climat du secteur que nous avons étudié.

En effet, le climat est un facteur essentiel qui conditionne le système des cultures ainsi que les besoins en eau d'irrigation.

La station météorologique de Biskra est plus proche du site de la présente étude et les données sont les plus complètes dont les caractéristiques de cette station sont :

Station : station météorologique de Biskra.

Code : 061416

Longitude : 05°44 E

Latitude : 34°48 N

Altitude (m) :56

La connaissance de la répartition de la pluviométrie dans le temps est primordiale afin d'évaluer la lame d'eau tombée sur l'ensemble du bassin versant et de déduire ce qui conditionne le dimensionnement des réseaux d'irrigation et le pilotage des arrosages.

Pour une meilleure analyse de la pluviométrie de la région d'étude, une série de 30 ans est prise, de 1985 jusqu'à 2015, en se référant à la station météorologique de Biskra.

Les précipitations mensuelles moyennes (mm) sont données dans le tableau suivant :

Table 0-1 : précipitations mensuelles du secteur d'étude (mm)

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	Au	TOTAL
1985/86	0.50	13.50	21.00	2.50	7.00	3.00	57.50	0	14.00	0	0	0	119.00
1986/87	20.00	2.00	15.00	12.00	20.00	16.00	9.00	0	4.00	0	0	2.00	100.00
1987/88	0	1.50	2.50	9.00	0	0	1.50	10.00	0	25.50	0	0	50.00
1988/89	0	0	17.50	4.40	0.30	11.70	0	11.30	7.50	33.10	0	28.53	114.33
1989/90	26.00	0	9.20	3.00	19.60	2.20	18.40	70.70	34.50	2.00	1.50	28.70	215.80
1990/91	4.70	0	16.00	21.20	7.00	2.40	31.50	4.00	1.70	0	0	2.50	91.00
1991/92	24.80	34.40	4.00	10.60	11.00	1.90	22.60	12.80	9.10	0	0	0	131.20
1992/93	26.00	0.10	21.50	2.00	0	20.00	33.90	0	6.70	0	0	0	110.20
1993/94	0	0	15.20	5.90	24.00	7.90	25.00	0	0	3.20	0	0	81.20
1994/95	54.70	36.30	2.40	0.10	3.80	3.80	1.20	2.50	0	2.30	0	0.70	107.80

1995/96	19.50	4.90	0.30	18.90	43.60	25.40	42.70	0	0	6.00	3.00	0	164.30
1996/97	18.30	0	0	3.00	2.90	2.60	3.60	49.20	0	0	0	0	79.60
1997/98	18.30	10.00	34.50	4.30	0	19.50	10.00	28.02	7.86	27.50	0	0	159.98
1998/99	0	0	0.20	1.70	87.40	1.20	0.50	0	8.10	7.60	0	1.00	107.70
1999/00	9.70	4.60	50.70	38.80	0	0	0	2.70	3.40	0	0	0	109.90
2000/01	3.50	0	1.50	5.72	28.30	0	0	0	1.40	0	0	0	40.42
2001/02	0.10	15.30	22.90	12.10	2.20	0	2.60	3.30	0	0.30	0	1.20	60.00
2002/03	0.80	7.50	15.60	1.20	106.50	4.80	4.10	8.50	1.60	0.10	0	2.00	152.70
2003/04	25.90	32.20	3.10	11.70	0.70	0.50	88.20	62.20	31.00	0.90	0	0.60	257.00
2004/05	7.80	3.00	35.10	45.70	0	22.90	2.50	0	0	5.90	1.70	0.80	125.40
2005/06	6.80	0.60	2.80	9.50	30.81	22.13	0	8.90	2.50	8.70	0.80	0.10	93.64
2006/07	16.50	10.50	13.20	8.51	0	5.50	10.00	24.11	13.10	0	0	2.30	103.72
2007/08	22.70	0.30	0.20	0.50	2.40	0.10	0	0	18.00	0	0	4.30	48.50
2008/09	16.70	34.30	18.20	32.50	41.10	8.00	32.00	17.30	27.20	0	1.00	0	228.30
2009/10	46.90	4.00	0	14.40	14.30	18.30	23.40	39.30	5.50	11.50	0	1.00	178.60
2010/11	15.20	4.70	26.50	1.80	6.30	0	36.70	41.50	55.00	1.40	0	7.00	196.10
2011/12	0	107.00	4.10	0	0	0.70	5.80	7.00	0	0	0	0	124.60
2012/13	29.80	15.90	25.50	1.30	14.30	2.40	18.40	35.22	1.00	2.90	0	0.50	147.22
2013/14	48.60	17.70	0	14.70	11.20	1.90	15.71	0	2.50	1.90	0	0	114.21
2014/15	7.10	0.50	1.85	1.40	8.50	20.20	46.80	0	0	0.20	0	0	86.55
moy	15.70	12.03	12.68	9.95	16.44	7.50	18.12	14.62	8.52	4.70	0.27	2.77	123.30

Station de Biskra (1985-2015)

La répartition des précipitations mensuelles interannuelles (mm) est présentée dans le tableau I-2 et illustrée dans la figure I.6.

Table 0-2 : précipitations mensuelles interannuelles de la station de Biskra (1985-2015)

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	Au	TOTAL
Pluie moyenne (mm)	15.70	12.03	12.68	9.95	16.44	7.50	18.12	14.62	8.52	4.70	0.27	2.77	123.30

Source : station de Biskra (1985-2015)

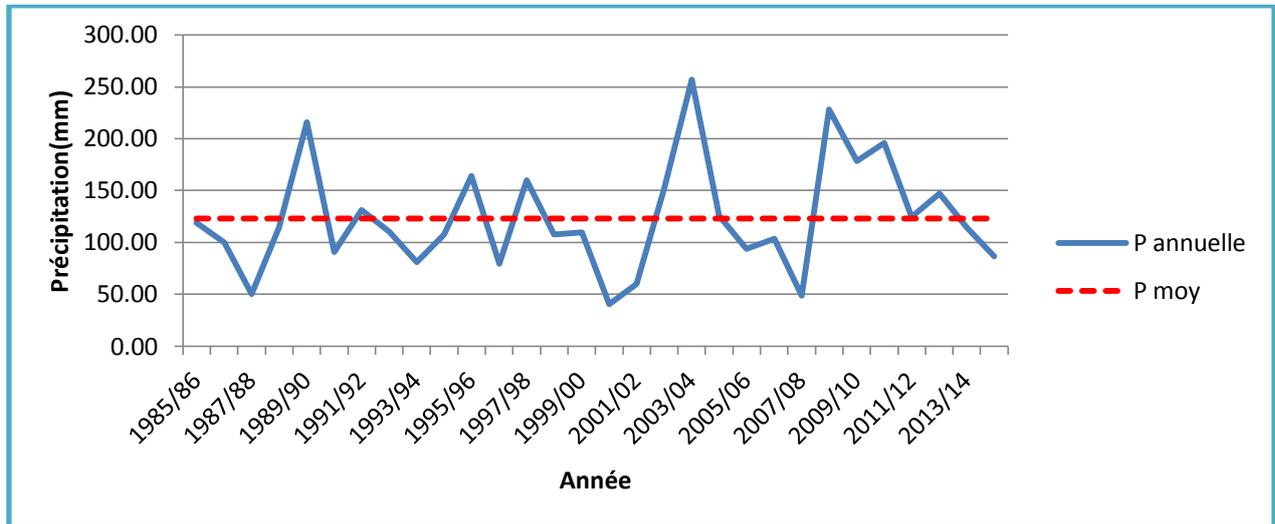


Figure I-6: Variations inter- annuelles des précipitations (1985-2015)

D'après cette série de 30 ans « 1985-2015 », La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée sur cette période est faible avec **123.3 mm**. Toutefois, la pluviométrie annuelle est très variable d'une année à l'autre. Cette variabilité inter- annuelle des précipitations (Figure I.6) montre une irrégularité assez prononcée, avec des périodes humides qui ont des valeurs supérieures à la moyenne, jusqu'à 257 mm (2003/04) et des périodes sèches dont les valeurs sont inférieures à la moyenne, jusqu'à 40 mm (2000/01).

I.4.1 Température

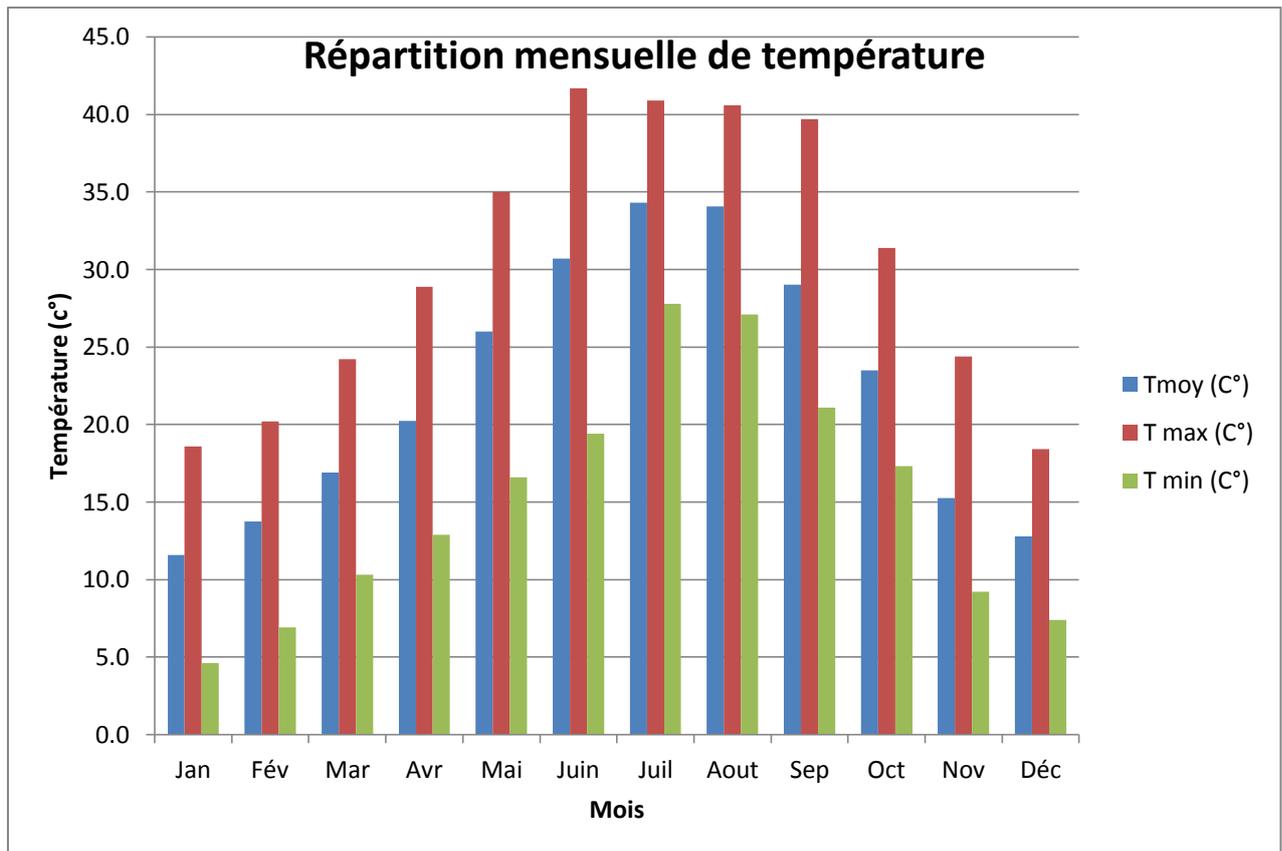
Les données de températures de l'air seront utilisées pour le calcul de l'ETP. Pour estimer la température de l'air, la station de Biskra est utilisée, la série d'observation est relativement longue et complète (1985-2012).

Le tableau I.3 présente les variations moyennes mensuelles, minimales et maximales de température pour la station de Biskra et la figure I.8 l'illustre bien.

Table 0-3: Répartition mensuelle de température (1985-2012)

Mois T (C°)	jan	Fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	déc	moy
Tmax (C°)	18.6	20.2	24.2	28.9	35	41.7	40.9	40.6	39.7	31.4	24.4	18.4	30.3
Tmin (C°)	4.6	6.9	10.3	12.9	16.6	19.4	27.6	27.1	21.1	17.3	9.2	7.4	15.1
T moy (C°)	11.6	13.7	16.9	20.2	26	30.7	34.3	34.1	29	23.5	15.3	12.8	22.3

Source : ONM Biskra



FigureI-7:Histogramme des températures mensuelles.

D'après l'analyse des variations de température, il est à conclure que Biskra est une région chaude dont la température moyenne est supérieure à 20 C° (plus de 22 C°), les mois les plus froids sont en nombre de trois : décembre, Janvier et février, la température moyenne est entre 11 et 13 C°, tandis que juin, juillet, Août jusqu'à même septembre sont les mois les plus chauds avec un température moyenne oscillant entre 39 et 41 C°. Notons, que ces valeurs sont plus élevées dans la région de Biskra, à cause bien-sûre du facteur altitude, moins soutenu (86 m).

La plus basse température des minimas est observée en Janvier (4.6 °C). Quant à la température moyenne des maximas, la plus élevée est de 41.7 °C observée au mois de Juin ce qui en résulte une amplitude thermique très élevée (37.1C°). En plus des températures extrêmes, il ne faut pas oublier de considérer les amplitudes thermiques journalières dont beaucoup d'espèces végétales y sont sensibles.

Il est à noter que les températures extrêmes de la période estivale et dont les valeurs élevées caractérisent ce type de climat continental-saharien.

Les deux facteurs essentiels à considérer pour la croissance et le développement du végétal se rapportent essentiellement à :

- l'intensité et la durée du froid hivernal (période de dormance hivernale).
- la sécheresse estivale, d'autant plus longue et chaude que la pluviosité est nulle.

I.4.2 Humidité relative de l'air

Cette donnée intervient dans l'estimation de l'évaporation et dans les considérations agronomiques. L'hygromètre ou psychromètre, indique l'humidité de l'air, tandis que l'hydrographe enregistre les variations du taux d'humidité.

Le tableau I.4 et la figure I-8 illustrent les humidités moyennes enregistrées dans la station de Biskra entre 1991 et 2010 :

Table 0-4 : humidités relatives moyennes interannuelles (1991 à 2010)

Mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moyenne Annuel
H. relative (%)	58	50	43	37	33	28	26	29	41	47	54	60	42

Source : ONM-Alger

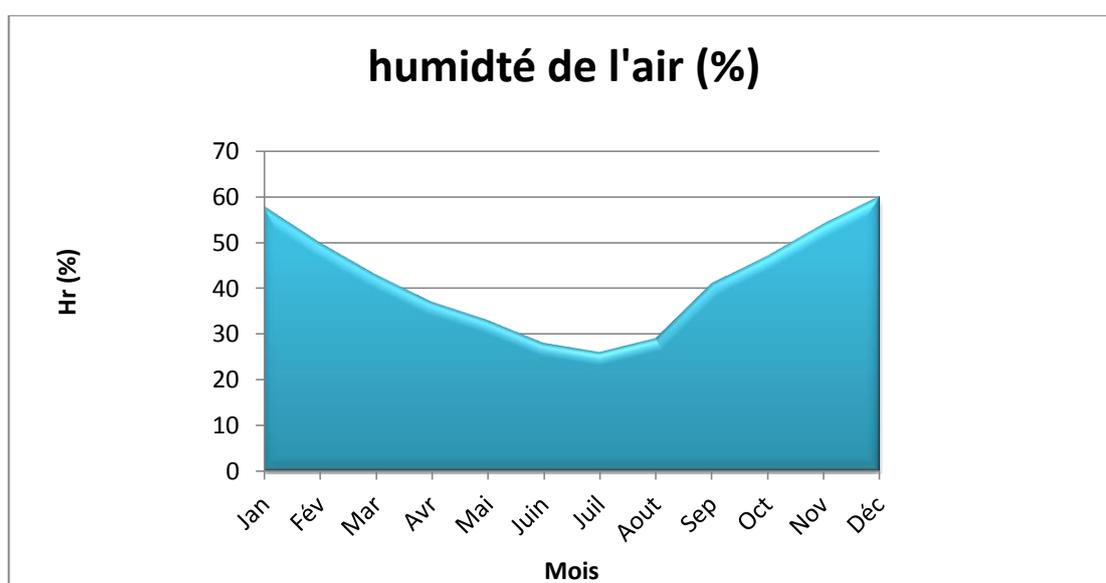


Figure I-8: Variations moyennes interannuelles de l'humidité de l'air

Il en résulte que ce paramètre (l'humidité de l'air) est relativement faible dans la zone d'étude ; la moyenne est de 42%. Cette faible valeur s'explique par l'aridité du climat et la concentration des masses d'air chaud du Sahara.

I.4.3 Vents

Le vent est un agent important de la désertification, en effet, il accentue l'évapotranspiration et contribue à abaisser l'humidité.

La fréquence moyenne interannuelle des vents des différentes directions est donnée dans le tableau I.5.

Table 0-5: fréquence moyenne annuelle des vents (1991 à 2010)

Direction	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calme

Fréquence %	11.4	6.5	2.0	0.5	5.6	24.7	14.8	4.4	30.1
-------------	------	-----	-----	-----	-----	------	------	-----	------

Source : DRE. Biskra

La caractéristique du régime des vents est donnée d'après les relevés obtenus à la station météorologique de Biskra où les données des observations sont les plus complètes. Les vents prédominants sur le territoire étudié sont des vents de directions Sud-ouest et Ouest. Le tableau I .6 et la figure I-9 représentent la variation de vitesse au cours de l'année dans un période de 27ans (1985-2012) :

Table 0-6: Vitesse moyenne mensuelle des vents (1985-2012)

Mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
Vent moy (m/s)	4.9	4.8	5	6.1	5.4	4.7	4.2	4	3.9	4	3.9	4.1	4.6

Source : barrage foug el gherza

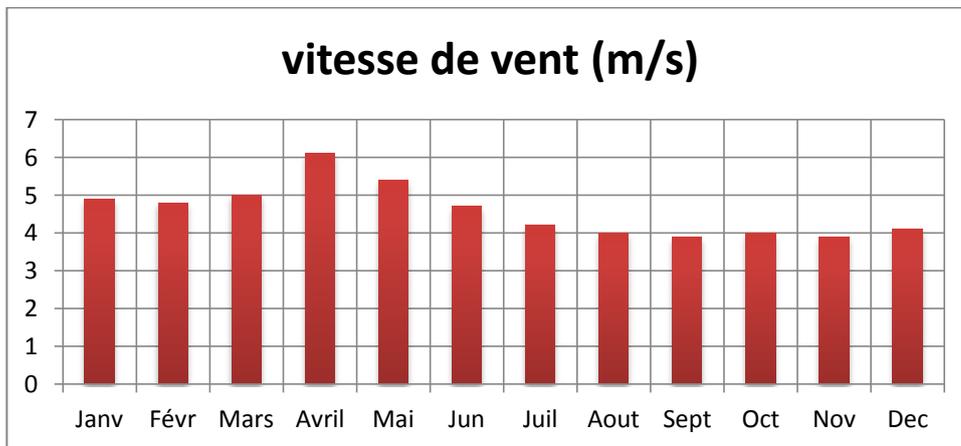


Figure I-9: Histogramme de vitesse moyenne mensuelle des vents

Les vents sont fréquents et répartis sur toute l'année, avec des vitesses moyennes mensuelles de 4.6 m/s environ soit 16.6 km/h ; alors que les vitesses maximales sont enregistrées aux mois d'avril (22km/h).

I.4.4 Sirocco

Le sirocco, vent chaud et sec est observé pendant 62 jours/an, étalés sur 7 mois (d'avril à octobre) avec une fréquence plus élevée de 35 jours durant les deux mois de juillet et août. Le tableau I .7 représente la fréquence du sirocco au cours de l'année (1991-2010)

Table 0-7: fréquence du sirocco au cours de l'année (1991-2010)

Mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Total

Jour/mois	0	0	0	0.1	7.3	14.5	19	16	4.7	0.4	0	0	62
-----------	---	---	---	-----	-----	------	----	----	-----	-----	---	---	----

Source : DRE (BISKRA)

I.4.5 Insolation

L'insolation est la durée en heures pendant laquelle le soleil brille sur le sol. Ce paramètre influe directement sur la durée du cycle végétatif des cultures.

Les valeurs moyennes mensuelles sont représentées dans le tableau I.8 et illustrées dans la figure I-10.

Table 0-8:Insolations moyennes journalières

Mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
Insolation (h/j)	6.9	8.3	8.3	9.6	10.4	11.1	11.8	11.1	9.0	8.4	7.7	7.3	9.2

Source: DRE (BISKRA)

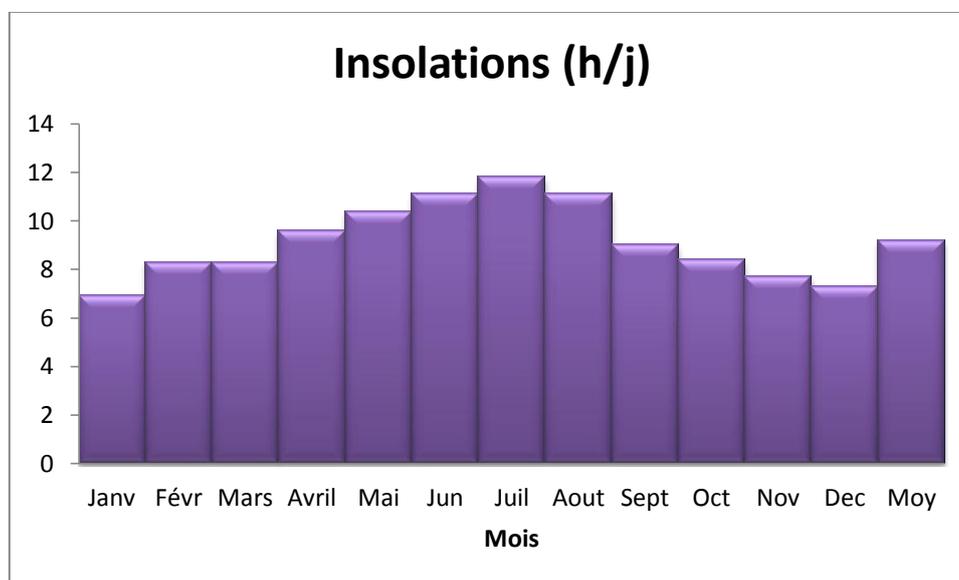


Figure I-10:variation de l'insolations moyenne journalière

L'insolation moyenne mensuelle enregistrée varie de 11.8 h en Juillet à 6.9 h en Janvier avec une moyenne mensuelle de 9 heures par jour environ. Il faut souligner, que la durée d'ensoleillement est largement suffisante pour la maturation de certaines cultures spécifiques et de prédilection de la région de Biskra à savoir les dattes, pour le grand bien de cette culture, contrairement à d'autres cultures qui sont vulnérables à de fortes durées d'insolation.

I.4.6 Evaporation du plan d'eau:

Pour l'estimation de la valeur de l'évaporation du plan d'eau nous avons utilisé les données du poste de jaugeage Foum El Gherza qui se trouve près de la zone d'étude. La valeur moyenne

interannuelle de l'évaporation du plan d'eau est de 2603mm. Le coefficient de variation est admis d'après les données des observations réelles, égal à $Cv=0,17$, le coefficient d'asymétrie est $Cs=2Cv$. Le tableau I.9 présente la répartition mensuelle de l'évaporation.

Table 0-9: Répartition mensuelle de l'évaporation du plan d'eau de station de Biskra (1998 -2008)

<i>Mois</i>	<i>Janv</i>	<i>Févr</i>	<i>Mars</i>	<i>Avril</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Juil</i>	<i>Aout</i>	<i>Sept</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dec</i>	<i>Moy</i>
évaporation (mm)	97	105	159	203	265	343	380	362	285	175	126	103	216.9

Source : Station de Biskra (1970-1994)

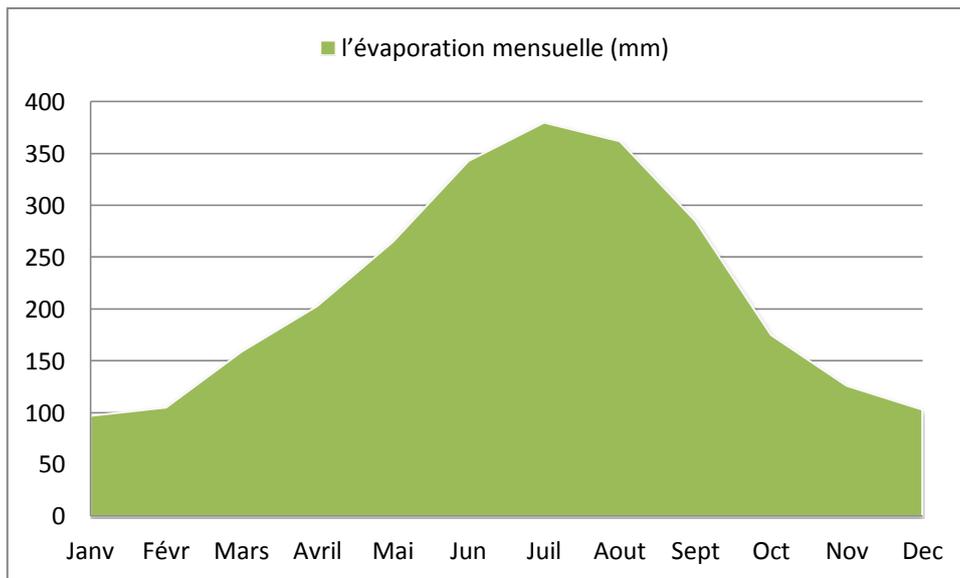


Figure I-11: variation mensuelle de l'évaporation du plan d'eau

D'après le tableau I.9, il est à constater un taux élevé d'évaporation de l'eau dans l'air pendant les mois chauds et une diminution à partir du mois d'Août.

I.4.7 Indices agro-météorologiques :

Ils permettent d'étudier et de classer le climat de la zone en fonction des paramètres climatiques tels que la température de l'air ou de la pluviométrie.

I.4.8 Indice d'aridité de De Martonne (1926):

L'indice d'aridité de De Martonne (IA) est utilisé pour évaluer la sécheresse, il s'exprime comme suit :

$$IA = \frac{P}{T+10} \quad (0-1)$$

Avec

P: précipitation annuelle en mm. $\Rightarrow P=123.3$

T: température moyenne en(°C). $\Rightarrow T =22.3$

Le tableau I.8 présente la classification du climat selon Marto

Table 0-10:Classification du climat selon De Marton

Intervalle du valeur	Type du climat	IRRIGATION
I<5	climat hyperaride	Indispensable
5<I<7,5	climat désertique	Indispensable
7,5<I<10	climat steppique	Souvent
10<I<20	climat semi-aride	Parfois utile
20<I<30	climat tempère	Inutile

D'après la classification de De Martonne, l'indice IA=3.82, ce qui implique que le climat est très sec, dans ce cas, l'irrigation est indispensable, la zone du projet dans une région aride à aridité forte. Cette classification doit être vérifiée et complétée par d'autres indices tels que le Quotient d'Emberger.

I.4.9 Quotient pluvio-thermique d'Emberger (1955)

Le quotient pluviométrique d'Emberger exprime la sécheresse globale d'un climat en faisant la comparaison entre la consommation en eau et l'apport par le rapport P/E.

$$Q = 2000 \times \frac{P}{M^2 - m^2} \quad (0-2)$$

Avec:

P: Moyenne annuelle pluviométrique (mm).

M : température maxima du mois le plus chaud (Kelvin).

m : température minima du mois le plus froid (Kelvin).

Q : Quotient pluvio-thermique d'Emberger.

Application numérique : $Q = 2000 \frac{123.3}{(41.7+273)^2 - (4.6+273)^2} = 11.22$

La figure I.8 montre classification du climat de notre région Diagramme bioclimatique d'Emberger:

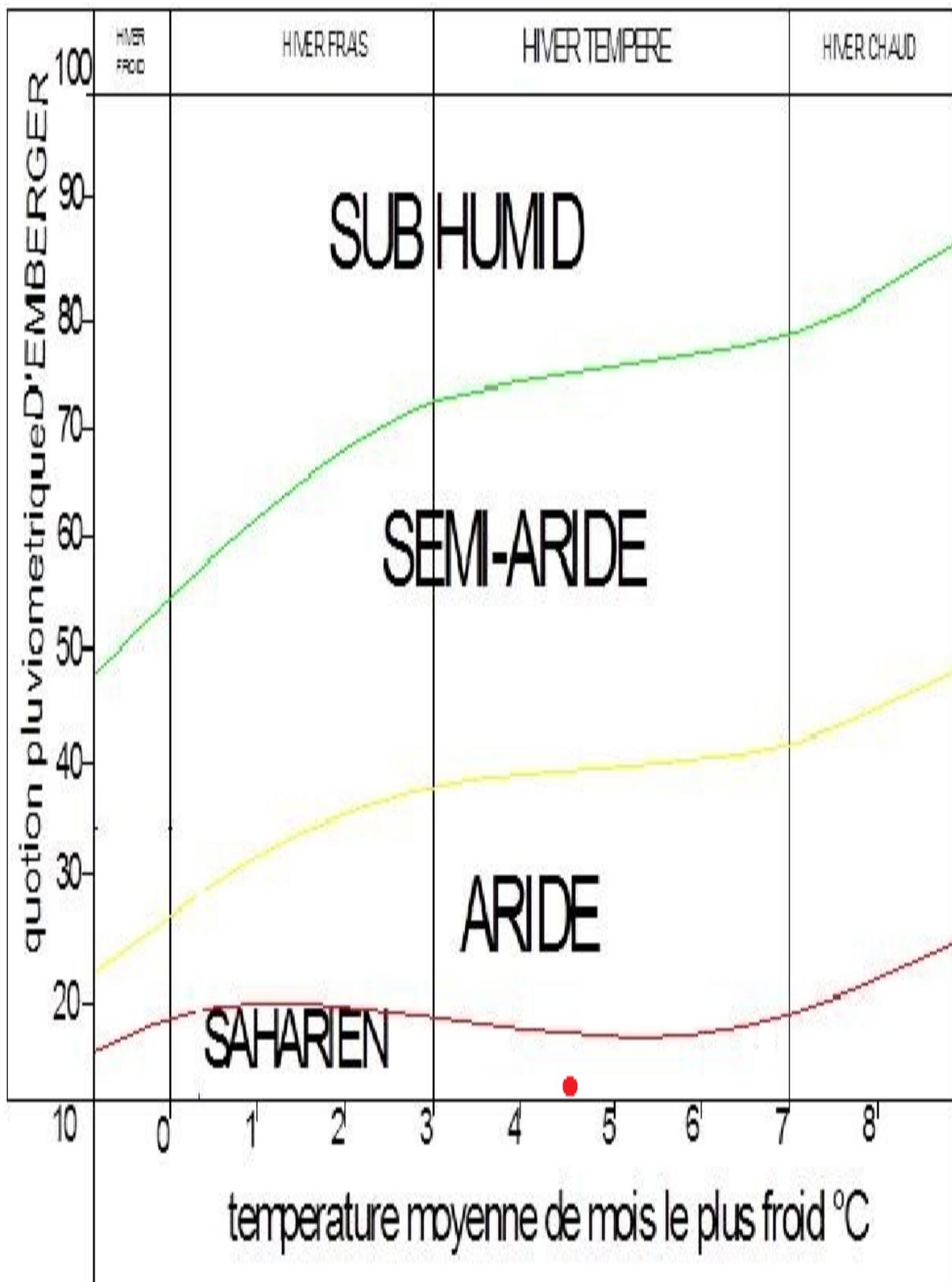


Figure I-12: Diagramme bioclimatique d'Emberger

I.1.10 Climagramme de Bagnouls et Gausсен

Pour connaître la succession de périodes sèches et humides durant l'année, on trace le Climagramme de Gausсен à l'aide des données climatiques.

Le graphe est construit en mettant en abscisse les mois et en ordonnée les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies dont l'échelle est égale à la moitié de celle des précipitations. Lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, il y'a sécheresse, dans le cas contraire on dit que la période est humide.

Le tableau I.11 présente les différents paramètres permettant de construire le diagramme Embrothermique de Gausсен.

Table 0-11: Diagramme Embrothermique de Gausсен

	<i>Jan</i>	<i>Fév</i>	<i>Mars</i>	<i>Avril</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Juil</i>	<i>Aout</i>	<i>Sept</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dec</i>	<i>Annuel</i>
La moyenne de p (mm) sur les30 ans	16.44	7.50	18.12	14.62	8.52	4.70	0.27	2.77	15.7	12.03	12.68	9.95	14.42
Température moyenne(c°)	11.6	13.7	16.9	20.2	26	30.7	34.3	34.1	29	23.5	15.3	12.8	22.3

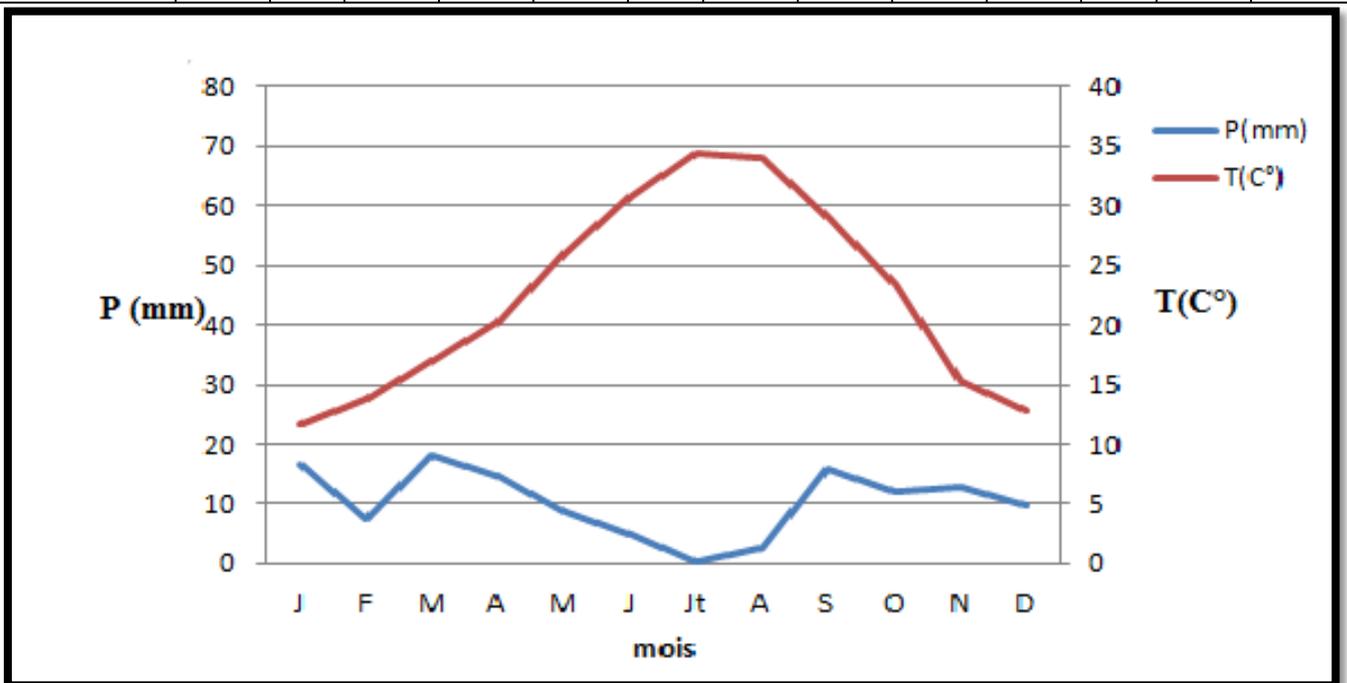


Figure I-13: Diagramme de Gausсен pour la zone du projet.

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger, la période sèche s'étale sur toute l'année.

La saison sèche est très importante à cause des températures très élevées par rapport aux faibles précipitations.

I.5 Conclusion

La région de Mezdour située au sud-est de la ville de Biskra, elle se trouve dans le bassin versant de l'oued Biskra qui prend sa source du point de confluent des oueds El Hai et Djemmorah. Le relief du site est assez plat, avec de dépressions de petites superficies. A la surface la coupe géologique est recouverte d'argiles à faible teneur en gypse. Le site d'étude est caractérisé par un climat méditerranéen aride avec des pluies annuelles très faibles (123.3 mm) et irrégulières, températures moyennes assez élevées (22.3°C) et une sécheresse très prononcée et longue, une grande luminosité et une évaporation intense (217mm environ), des vents fréquents (16.6km/h), une humidité relative faible (42%) ; expliqué par l'aridité du climat et la concentration des masses d'air chaud du Sahara.

La connaissance de la situation géographique, climatique et hydrologique de la zone d'étude est la première étape indispensable dans l'élaboration d'un projet de dimensionnement d'un réseau d'irrigation. En effet, ces données de base servent pour le calcul de réseau et ces différents ouvrages annexes.

CHAPITRE II : ETUDE AGRO- PEDOLOGIQUE

II CHAPITRE II : ETUDE AGRO-PEDOLOGIQUE

II.1 Introduction

L'analyse pédologique est l'une des étapes essentielles pour prendre en compte de la nature, des caractéristiques et des contraintes relevant du sol en tout aménagement hydro-agricole.

Pour l'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considérations. On peut citer notamment :

- La profondeur du sol qui commande l'épaisseur des couches accessibles aux racines et par suite la réserve en eau disponible ;

- La texture ou granulométrie de la terre fine et la charge caillouteuse qui jouent sur les possibilités de rétention en eau ;

- La structure et la porosité des horizons qui commandent la perméabilité du milieu et, globalement, la plus ou moins grande facilité de conduite des arrosages ;

- Les caractéristiques chimiques (PH, CE) qui influent sur l'éventail des possibilités culturales de la zone à irriguer.

La bonne connaissance du sol permet le bon choix des cultures les plus adaptées aux agriculteurs.

II.2 Levé pédologique

II.2.1 Profil n°1 : terrain cultivé, la présence de *segua* note une ancienne exploitation du terrain

Horizon (0-30 cm) : texture sablo limoneuse, structure colonnaire fine à moyenne, friable à l'état sec, très forte effervescence à l'HCl, présence de racines, transition nette.

Horizon (30-60 cm) : texture argilo-sableuse, structure polyédrique moyenne, compacte à l'état sec, friable à l'état humide, très forte effervescence à l'HCl, absence des racines, transition nette.

Horizon (60-80 cm) : texture sablonneuse, structure grumeleuse moyenne à grossier, particulaire fine à moyenne, friable à l'état sec, très forte effervescence à l'HCl, présence de racines, transition nette.

Horizon (80-120 cm) : texture argilo-limoneuse, structure en plaquettes obliques moyenne, dur et massif à l'état sec, très forte effervescence à l'HCl, présence de racines, transition nette.

Les résultats analytiques de la conductivité du profil N°1 sont résumés dans le tableau II.1

Table 0-12: Résultats analytiques du profil n°1

Profondeur (cm)	Granulométrie %					Calcaire %	PH	CE mmos/cm
	A	LF	LG	SF	SG			
0-30	20	17	12	40	6	35.25	8.04	3.02
30-60	20	21	16	34	5	40.98	8.10	1.98
60-80	6	4	3	55	36	38.11	8.06	2.63
80-120	30	27	12	20	8	38.93	8.09	2.78

DRE-Biskra, 2016

II.2.2 Profil n° 2 : terrain en bordure de l'oued

-Horizon (0-42 cm) : texture argileuse, structure polyédrique grossière, présence de quelques racines, friable à l'état sec, friable à l'état sec, très forte effervescence à l'HCl, transition nette.

Horizon (42-80 cm) : texture argileuse, structure polyédrique très grossière, dur compact à l'état sec, friable à l'état humide, très forte effervescence à l'HCl, absence des racines, transition nette et régulière.

Horizon (80-125 cm) : texture sablonneuse, structure polyédrique très grossière à particulaire fine légèrement humide, forte effervescence à l'HCl, absence des racines, transition nette.

Horizon (>125 cm) : texture argileuse, structure polyédrique grossière à très grossière, dur et massif à l'état sec, forte effervescence à l'HCl, absence des racines, absence de toute activité biologique.

Les résultats analytiques de la conductivité du profil N°2 sont résumés dans le tableau II.2.

Table 0-13:Résultats analytiques du profil n°2

Profondeur (cm)	CE (mmhos/cm)
0-42	3.09
42-80	5.16
80-125	3.53
<125	4.5

II.2.3 Profil n°3 : terrain cultivé précédemment en céréales

Horizon (0-50 cm) : texture limono-argileuse, structure polyédrique grossière à très grossière, présence de quelques racines, friable, forte effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.

Horizon (50-80 cm) : texture sablo-limoneuse, structure polyédrique colonnaire moyenne à grossière présence de nodules calcaire, friable, forte effervescence à l'HCl, absence des racines, transition nette et régulière, absence d'activité biologique.

Horizon (80-120cm) : texture sablonneuse, structure polyédrique moyenne à particulaire, forte effervescence à l'HCl, absence des racines et d'activité biologique, transition nette et régulière.

Les résultats analytiques de la conductivité du profil N° 3 sont résumés dans le tableau II.3

Table 0-14: résultats analytiques du profil n°3

profondeur	CE (mmhos/cm)
0-50	2.94
50-80	10.76
80-120	5.89

II.2.4 Profil n°4

Horizon (0-35 cm) : texture limono-sableuse, structure polyédrique fine à moyenne, friable à l'état humide, forte effervescence à l'HCl, absence des racines.

Horizon (35-50 cm) : texture sablo-limoneuse, structure polyédrique moyenne à grossière, moyennement lourde à l'état sec, friable à l'état humide, forte effervescence à l'HCl, absence des racines, transition nette et régulière.

Horizon (50-110 cm) : texture limono-sableuse, structure subangulaire moyenne à particulière, humide, forte effervescence à l'HCl, absence des racines.

Horizon (>110 cm) : Argileux, structure à plaquette oblique moyenne, dure et compacte à l'état sec, très forte effervescence à l'HCl, présence de quelques nodosités de calcaire, absence des racines et d'activité biologique.

Les résultats analytiques de la conductivité du profil N° 4 sont résumés dans le tableau II.4

Table 0-15: résultats analytiques du profil n°4

Profondeur (cm)	Granulométrie %					Calcaire %	PH	CE mmos/cm
	A	LF	LG	SF	SG			
0-35	3	3	56	19	14	33.2	8.1	2.75
35-50	18	22	10	30	15	38.11	8.08	8.53
50-110	14	18	11	37	17	37.7	8.11	6.51
>110	floculé					31.97	8.14	9.52

II.2.5 Profil n°5

Horizon (0-30 cm) : texture limono-argileuse, structure polyédrique moyenne à grossière, friable, forte effervescence à l'HCl, présence de quelques racines.

Horizon (30-120 cm) texture argileuse, structure prismatique grossière, traces de nodosités calcaires, très forte effervescence à l'HCl, légèrement humide, transition nette et régulière.

Les résultats analytiques de la conductivité du profil N° 5 sont résumés dans le tableau II.5.

Table 0-16: résultats analytiques du profil n°5

Profondeur (cm)	CE (mmos/cm)
0-30	7.73
30-60	7.44
60-120	7.28

II.2.6 Profil n°6 :

Horizon (0-30 cm) : texture sablo-limoneuse, structure polyédrique moyenne à grossière, friable à l'état sec, forte effervescence à l'HCl, absence des racines et de toute activité biologique.

Horizon (30-110 cm) : argileux, compacte polyédrique grossière, friable à l'état humide, absence des racines, traces de nodosités calcaires, très forte effervescence à l'HCl, absence des racines et de toute activité biologique. Transition nette et régulière.

Horizon (>110 cm) : texture sablo-limoneuse, structure polyédrique très grossière, traces de nodosités calcaires, très forte effervescence à l'HCl, absence des racines et de toute activité biologique.

Les résultats analytiques de la conductivité du profil N° 6 sont résumés dans le tableau II.6.

Table 0-17: résultats analytiques du profil n°6

Profondeur (cm)	CE (mmhos/cm)
0-30	11.25
30-110	8.53
>110	7.50

II.2.7 Profil n°7 :

Horizon (0-30 cm) : texture limono-argileuse, structure polyédrique fine à moyenne, traces de nodosités calcaires, très forte effervescence à l'HCl, absence des racines et de toute activité biologique.

Horizon (30-75 cm) : texture argileuse, structure polyédrique moyenne à grossière, traces de nodosités calcaires, compact à l'état sec, très forte effervescence à l'HCl, absence des racines et de toute activité biologique.

Horizon (75-120 cm) : texture argileuse, structure polyédrique grossière, traces de nodosités calcaires, compact à l'état sec, très forte effervescence à l'HCl, absence des racines et de toute activité biologique. Transition nette et régulière.

Les résultats analytiques de la conductivité du profil N° 7 sont résumés dans le tableau II.7.

Table 0-18: Résultats analytiques du profil n°7

Profondeur (cm)	CE (mmhos/cm)
0-30	13.02
30-75	10.31
75-120	8.84

II.2.8 Profil n°08 : végétation naturelle : jujubier

Horizon (0-30 cm) : texture limoneux, structure polyédrique fine à moyenne, friable à l'état sec, très forte effervescence à l'HCl, légère présence des racines.

Horizon (30-90 cm) : texture limoneux, structure polyédrique fine à moyenne, légèrement friable à l'état sec, légèrement humide, très forte effervescence à l'HCl, légère présence des racines, transition nette et régulière.

Horizon (90-120 cm) : argileux, compacte polyédrique grossière, compacte à l'état sec. Traces de nodosités calcaires, très forte effervescence à l'HCl, absence des racines et de toute activité biologique.

Les résultats analytiques de la conductivité du profil N° 8 sont résumés dans le tableau II.8.

Table 0-19 résultats analytiques du profil n°8

Profondeur (cm)	CE (mmhos/cm)
0-30	5.16
30-90	4.6
90-120	4.7

II.3 Classification selon la (CPCS 1967) Commission de Pédologie et de Cartographie des sols (KHADRAOUI A. MOULTI A. 1989)

Cette région se caractérise par des sols d'alluvions issues de plusieurs oueds traversant la plaine dont les principaux sont oued Biskra à l'est, l'oued abiod et l'oued el arab au nord.

La pédogénèse de ces sols est surtout influencée par l'action de la salinité, notamment dans le sud-est, le périmètre étudié peut se distinguer par deux classes pédologiques, l'un des sols peu évolués d'apport alluvial à caractère halomorphe (cas de profils p1, p2, p3, p4 et p8), et l'autre est celle des sols halomorphes à structure non dégradée (les profils p5, p6, p7).

Les sols de la classe peu évolués se caractérisent par des sols profonds, présentant une texture dans son ensemble moyenne (sablo-limoneuse à limono-sablo-argileuse).

Ces sols font les transitions entre les sols halomorphes et les sols peu évolués d'apport alluvial à caractère halomorphe. Ces sols présentent une bonne perméabilité et une bonne aération du sol, par contre la concentration en sels en profondeur peut limiter le choix des aptitudes culturales. L'utilisation intensive de ces sols très profonds et aptes à l'irrigation nécessite un drainage pour l'évacuation des sels existants dans les sols et ceux provenant des eaux d'irrigation.

Quant aux sols de la classe des halomorphes, ils se caractérisent par une texture fine à très fine et la structure est polyédrique en surface avec des caractères secondaires de vertisolisation. Les sols irrigués présentent généralement des efflorescences blanchâtres de sels

en surface. De point de vue aptitude culturale, les sols de ces deux classes pédologiques conviennent mieux aux cultures moins sensibles à la salinité.

II.3.1 Profils P1, P2, P3, P4, P8

II.3.1.1 Sols peu évolués d'apport alluvial à caractère halomorphe

Classe : Sols peu évolués

Sous Classe : Non climatique

Groupe : Apport éo-alluvial

S/ Groupe : à caractère Halomorphe ;

Famille : sur alluvions salées et calcaire ;

Série : profond ;

Type : limono sableuse.

Conformément aux normes universelles, ces sols présentent un horizon de surface (A) sableux avec un taux des sables voisin de 55%, en profondeur il est remarqué une légère augmentation des teneurs en argiles qui atteignent 30% par endroit, la structure est favorable et la porosité bonne à moyenne à travers le profil, le sol est assez pauvre en matière organique (sous forme de traces), la teneur en calcaire total varie de 31 à 41%; le pH est légèrement alcalin, La salinité est la caractéristique principale de ces sols, elle est généralement présente, la conductivité électrique varie de 1,98 à 6.51 mmhos/cm au moyenne (peut en dépasser en certains horizons exceptionnellement)

II.3.1.2 Aptitudes culturales

Les aptitudes culturales des différentes unités pédologiques définies ont été établies en tenant comptes des paramètres édaphiques suivants :

- La profondeur du sol
- La texture du sol (selon la profondeur d'enracinement de la culture)
- La structure des horizons.
- Présence d'éléments grossiers dans le profil
- L'hydromorphie
- La salinité du sol
- Le calcaire
- La réaction du sol (pH).

Cultures arboricoles

B26 : Aptitude bonne pour Palmier dattier, olivier et grenadier, moyenne pour la vigne, les cultures arboricoles non-résistantes aux sels sont à exclure.

Cultures maraichères

M15 : Aptitude bonne pour artichaut, oignon, choux et laitue, moyenne pour : tomate, ail, aubergine, pastèque, melon, piment, poivron, haricot, concombre, pois et Pomme de Terre.

Cultures céréales et fourragères

C14: aptitude bonne pour l'orge, et moyenne pour Luzerne, Maïs, blé dur, et blé tendre.

II.3.2 Profils P5, P6, P7

II.3.2.1 Sols halomorphes à structure non dégradée

Classe : Sols Halomorphes ;

Sous Classe : à structure non dégradée

Groupe : Sols salins

S/ Groupe : Modal ;

Famille : sur alluvions salées ;

Série : profond ;

Type : limono sableuse.

Ces sols se distinguent surtout par leur forte halomorphie (salure) dont la conductivité électrique varie de 7,28 à 13,02 mmhos/cm, ainsi par leur forte compacité et leurs caractères de vertisolisation (faces de glissement et fentes de retrait à travers le long profil), la texture est très fine, avec un taux élevé en argiles et en limons. En plus de la limitation des aptitudes culturales, cette texture devient une contrainte pour (après la mise en irrigation), la circulation de l'eau dans le sol et diminue le lessivage des sels pour une éventuelle opération de drainage.

II.3.2.2 Aptitudes culturales

Cultures arboricoles

B42 : Aptitude bonne pour Palmier dattier, moyenne pour l'olivier.

Cultures maraichères

M25 : Aptitude moyenne pour artichaut, oignon, et choux fleur.

Cultures céréales et fourragères

C21: aptitude bonne pour l'orge, et moyenne pour Luzerne, blé dur, et blé tendre. Luzerne, Sorgho et vesce avoine.

Toutes les cultures non résistantes aux sels et à la texture fine sont à exclure.

II.4 Cultures envisageables

Le choix des cultures (aptitude culturelle) est orienté en fonction des caractéristiques physiques et chimiques des sols et des exigences édaphiques et climatiques des différentes cultures, en tenant compte aussi des considérations sociales et de l'intérêt économique de la région, le choix des cultures est orienté vers :

II.4.1 Arboriculture fruitière

- **Le palmier dattier**

C'est l'une des meilleures cultures arboricoles, qui s'adapte le mieux aux sols de la région, il est très tolérant vis-à-vis de la salinité et du climat sévère de Sahara. La variété la plus commercialisable la Deglet-Nour, or elle est atteinte par le Bayoud dans certaines régions fait que l'extension de cette culture est actuellement problématique.

- **Les arbres fruitiers**

En plus des contraintes pédologiques, le facteur limitant pour les arbres fruitiers dans les oasis est aussi le climat, qui est très défavorable, à l'exception de quelques arbres rustiques : amandier, figuier, grenadier et l'olivier. .

II.4.2 Cultures maraîchères

Dans les oasis, toutes les cultures maraichères peuvent être pratiquées à l'exception des cultures qui exigent une texture fine, cependant les risques de gelée restent un facteur limitatif pour les cultures de primeurs, dont il faut tenir compte en prenant certaines précautions aux époques de gelée (prévoir de la plasticulture).

II.4.3 Cultures céréalières - fourragères et industrielles

Les facteurs pédologiques intervenant dans le choix des aptitudes aux cultures céréales et fourragères sont aussi sensibles, mais moins accentuées : profondeur supérieure à 30 cm pour la céréaliculture et 50 cm pour les cultures industrielles, la conductivité ne doit pas dépasser 7 mmhos/cm (après dessalage), les cultures céréales et fourragères qui s'adaptent au climat de la région sont le blé, dur et tendre, l'orge, la luzerne, la vesce avoine et le bersim.

II.5 Conclusion

Le présent chapitre a été consacré à l'étude pédologique dans laquelle nous avons présenté les principales caractéristiques du sol, les unités pédologiques recensées et les contraintes de mise en valeur définies.

Les sols étudiés sont des sols peu évolués ou des sols halomorphes Pauvres en matière Organiques et en réserves minérales, présentent en outre les contraintes suivantes : une salinité élevée qui dans l'état actuel peut gêner le bon développement des végétations, un taux de calcaire important, une texture moyenne d'un terme global, et grossière en certains endroits d'où un faible pouvoir de rétention en eau et en élément fertilisants, une réserve minérale très faible.

L'aptitude des sols reste bonne pour les cultures arboricoles surtout le palmier dattier ainsi que les cultures céréalières et fourragères mais moyenne pour les cultures maraichères à cause des contraintes évoquées ci-dessus.

L'étude a montré qu'une amélioration du périmètre est nécessaire avant toute utilisation de la zone et ce par amendement, implantation d'un brise vent et d'un réseau drainage adéquats

CHAPITRE III : ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA
REUTILISATION DES EAU
USEES

III CHAPITRE III : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA REUTILISATION DES EAU USEES

III.1 Introduction

Les eaux usées sont réparties en plusieurs catégories. Elles regroupent les eaux usées domestiques ou urbaines, les eaux industrielles, les eaux usées agricoles et les eaux de ruissellement dans les villes. La pollution de l'eau est une altération de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique, elle se manifeste généralement sous quatre formes principales : organique, microbiologique, minérale et toxique.

III.2 Aperçu général sur la réutilisation des eaux usées épurées

Dans le cycle d'assainissement de l'eau « classique », après l'épuration, les eaux épurées sont rejetées dans le milieu naturel. Il a été constaté que la réutilisation des eaux usées agit à deux niveaux : premièrement elle évite les rejets d'eaux issues des stations d'épuration dans le milieu naturel, et deuxièmement, elle constitue un approvisionnement supplémentaire. En quelque sorte, le cycle d'assainissement de l'eau est « court-circuité ».

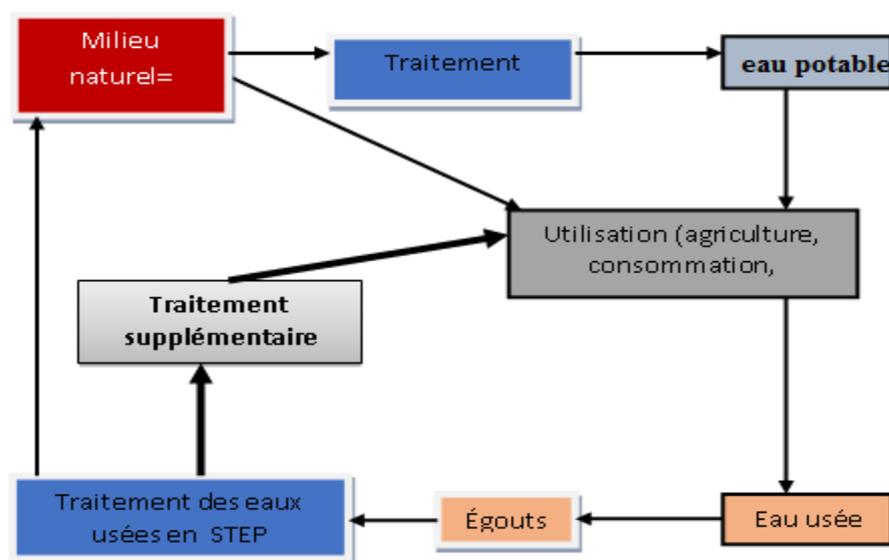


Figure 0-14: Réutilisation des eaux usées épurées dans le cycle d'assainissement

III.3 Principaux paramètres de pollution (Rakha Pronost, 2002)

III.3.1 Paramètres physiques

- **Température** : elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et la détermination du pH. Elle agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau. La température des effluents rejetés doit être inférieure à 30°.
- **Matières en suspension (MES)** : Elles représentent la partie solide de la pollution, les MES est la pollution non dissoute, la plus facile à éliminer.

- **Matières volatiles sèches (MVS)** : Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles constituent environ 70-80 % de MES.
- **Couleur et l'odeur** : est due à la présence de matières organiques dissoutes ou colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés, l'odeur est due à une fermentation des matières organiques
- **Turbidité** : Elle tient compte du taux des matières en suspension.
- **Salinité (CE)** : un terme utilisé pour faire référence à la concentration totale d'ions inorganiques majeurs (Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K , HCO_3^- SO_4^{2-} et Cl^-) dissous dans cette eau. Elle exprime la concentration totale des ions en solution.

La mesure de la salinité d'une eau se fait comme celle d'un extrait saturé à l'aide d'un conductimètre à une température standard de 25°C. CE est exprimée en décimètre par mètre (**ds/m**) ou en **mmhos/cm**

III.3.2 Paramètres chimiques

1. - **le pH** : La valeur du pH altère la croissance et la reproduction des micro-organismes existants dans une eau. La plupart des bactéries peuvent croître dans une gamme de pH comprise entre 5 et 9; l'optimum est situé entre 6,5 et 8,5. Des valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8,5 affectent la croissance et la survie des micro-organismes aquatiques.
2. - **la demande Biochimique en Oxygène (DBO)** : elle correspond à la quantité d'oxygène (O_2) consommée dans les conditions de l'essai d'incubation durant cinq (05) jours à une température de 20°C et à l'obscurité, pour assurer la dégradation par voie biologique de la pollution biodégradable carbonée (oxydation) présentes dans l'eau.
3. - **la demande Chimique en Oxygène (DCO)** : Ce paramètre Elle représente la teneur totale de l'eau en matières oxydables. Correspondant à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir pour oxyder par voie chimique ces matières afin de mesurer la pollution d'un effluent industriel.
4. - **Le rapport DCO/DBO** permet d'apprécier la biodégradabilité de la matière organique. C'est un paramètre révélateur de la présence d'une pollution industrielle d'une part et du mode de traitement d'autre part :
 - ▲ Si $\text{DCO/DBO}_5 \leq 2$: Le traitement se fait biologiquement.
 - ▲ Si $2 < \text{DCO/DBO}_5 < 3$: Le traitement biologique avec adaptation de souches.
 - ▲ Si $\text{DCO/DBO}_5 > 3$: Traitement physico-chimique,

III.3.3 Eléments toxiques :

Dans l'eau usée, Il y a présence des métaux lourds (plomb, mercure, ...) et des substances toxiques (phénols) peut la rendre toxique, ils sont évalués par les tests biologiques.

Nutriments (Azote, phosphore) : Le phosphore est présent dans les eaux usées sous forme de sels minéraux (ortho et poly phosphates) provenant surtout des poudres à lessives, et sous forme organique provenant des matières fécales.

III.4 Réglementations de la REU (Belaid .N, 2010)

Pour permettre la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation, trois critères doivent être satisfaits:

- Un critère microbiologique : l'eau ne doit pas comporter des germes pathogènes qui pourraient mettre en danger la santé des travailleurs agricoles, les voisins des champs irrigués et les consommateurs des produits agricoles,
- Un critère chimique: la qualité chimique de l'eau ne doit pas avoir des effets négatifs sur le développement de la plante,
- Un critère mécanique: le risque de colmatage des installations d'irrigation, en particulier des systèmes d'aspersion ou de goutte à goutte, doit être évité.

III.4.1 Critères microbiologiques (OMS, 2006)

Les recommandations de l'OMS « Recommandations sanitaires pour l'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture » (1989) sont les seules à l'échelle internationale.

En 2000, elles ont été révisées, en intégrant les résultats de nouvelles études épidémiologiques (Blumenthal et al. 2000) (**Tableau III.1**). Ces recommandations sont destinées à une utilisation internationale et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. Elles représentent la limite au-delà de laquelle la santé publique n'est plus assurée.

Table 0-20: Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture (Blumentahl et coll., 2000).

<i>Catégories</i>	<i>Conditions de réutilisation</i>	<i>Groupes exposés</i>	<i>Techniques d'irrigation</i>	<i>Nématodes intestinaux^b</i>	<i>Coliformes fécaux^c</i>	<i>Traitements recommandés pour atteindre le niveau de qualité microbiologique</i>
A	Irrigation sans restriction A1 Pour les cultures maraîchères consommées crues, les terrains de sports, les parcs publics ^d	Travailleurs, consommateurs, public	Toutes	$\leq 0,1$ ^e	$\leq 10^3$	Série de bassin de stabilisation bien conçus, réservoir de stockage et de traitement remplis séquentiellement, ou traitement équivalent (p.ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit d'un lagunage tertiaire, soit d'une filtration et d'une désinfection).
B	Irrigation restreinte. Céréales, cultures industrielles, fourragères, pâturage et forêt ^f	B1 Travailleurs (mais pas les enfants < 15 ans), population alentour	Par aspersion	≤ 1	$\leq 10^5$	Série de bassins de rétention dont un bassin de maturation ou un bassin séquentiel ou un traitement équivalent (p.ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit par des lagunages tertiaires, soit une filtration.
		B2 comme B1	Par rigole d'infiltration ou par gravité	≤ 1	$\leq 10^3$	Comme pour la catégorie A.
		B3 Travailleurs dont les enfants < 15 ans, population alentour	Toutes	$\leq 0,1$	$\leq 10^3$	Comme pour la catégorie A.
C	Irrigation localisation sur des cultures de la catégorie B s'il n'y a pas d'exposition des travailleurs ou du public	Aucun	Goutte-à-goutte, micro-jet, etc.	Pas de norme	Pas de norme	Prétraitement nécessaire pour des raisons techniques liées à l'irrigation, mais pas moins qu'une sédimentation primaire.

- a. Dans certains cas particuliers, les facteurs épidémiologiques, socioculturels et environnementaux, devront être prises en compte, et les recommandations modifiées en conséquence.
- b. Moyenne arithmétique du nombre d'œufs/l. Les espèces considérées sont *Ascaris*, *Trichuris* et l'ankylostome, la recommandation correspond aussi à une protection contre les protozoaires parasites.
- c. Moyenne géométrique ^e du nombre/100 ml. La moyenne géométrique (G) est définie comme étant la racine du produit des N termes d'une série statistique.
- d. Une limite plus restrictive (≤ 200 coliformes fécaux / 100 ml) est appropriée pour les pelouses publiques, comme les pelouses d'hôtels, avec lesquelles le public peut avoir un contact direct.
- e. Cette limite peut être augmentée à ≤ 1 œuf/l si (i) il fait chaud et sec et que l'irrigation de surface n'est pas pratiquée ou (ii) le traitement de l'eau contient aussi des traitements chimiothérapeutiques anti-helminthes.
- f. Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la récolte, et aucun fruit ne doit être récolté au sol. L'irrigation par aspersion ne doit pas être utilisée.

III.4.2 Qualité chimique le FAO (2003)

Selon la durée de réutilisation, des limites concernant les éléments traces dans les eaux usées traitées destinées à l'irrigation sont fixées (tableau III.2).

Table 0-21: Limites recommandées en éléments traces ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (FAO, 2003).

<i>Paramètre</i>	<i>Long terme^a</i> (mg/l)	<i>Court terme^b</i> (mg/l)
Aluminium	5.0	20.0
Arsenic	0.1	2.0
Béryllium	0.1	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Cyanures	0.05	0.5
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Phénols	0.002	0.002
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10.0
Mercur	0.01	0.01
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2.0
Sélénium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

Avec :

^a pour l'eau utilisée sans interruption sur tous les sols.

^b pour l'eau utilisée pendant une période d'au plus 20 ans sur des sols de texture fine, neutres ou alcalin.

La FAO aussi a posée des directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation afin de déterminer le degré à restriction d'usage (tableau III.3).

Table 0-22: Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAO 1985)

<i>Problème potentiel en irrigation</i>	<i>Unité</i>	<i>Degré à restriction d'usage</i>		
		<i>Aucun</i>	<i>Léger à modérer</i>	<i>Sévère</i>
<i>Salinité</i>				
Conductivité électrique ou TDS	dS/m	< 0,7	0,7 – 0,3	> 0,3
	mg/l	450	450 – 2.000	> 2.000
<i>Infiltration</i>				
SAR = 0 – 3 et CE = 3 – 6 = 6 – 12 = 12 – 20 = 20 – 40	dS/m	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
		> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
<i>Toxicité spécifique des ions</i>				
Sodium (Na) Irrigation de surface Irrigation par aspersion	SAR meq/l	< 3	3 – 9	> 9
		< 3	> 3	
Chlorure (Cl) Irrigation de surface Irrigation par aspersion	meq/l meq/l	< 4	4 – 10	> 10
		< 3	> 3	
Bore	mg/l	< 0,7	0,7 – 0,3	> 3,0
<i>Effets divers</i>				
Azote (NO ₃ -N)	mg/l	< 5	5 – 30	> 30
Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH	6,5 – 8,4			

Avec :

(a) sur moyenne de 24 heures.

(b) sauf dérogation particulière.

III.4.3 Problèmes de colmatage (FAO, 85)

Des recommandations concernant le colmatage dans les systèmes d'irrigation sont aussi publiées, elles sont présentées dans le tableau III.4.

Table 0-23: Qualité de l'eau et potentiel de colmatage dans des systèmes d'irrigation par goutte (FAO, 85)

Problème	Unité	Degré de restriction pour l'usage		
		pas de restriction	Peu modéré	sévère
1) Physique Matières en suspension	Mg/l	<50	50-100	>50
2) Chimique				
pH -	-	<7.0	7.0 — 8.0	>8.0
Matières dissoutes	Mg/l	<500	500-2000	>2000
Manganèse	mg/l	<0,1	0,1-1,5	>1.5
Fer	Mg/l	<0.1	0.1-1.5	>1.5
Sulfate d'hydrogène	Mg/l	<0,5	0,5-2	>2
3)Microbiologique				
Coliformes totaux	Unités/100 ml	<10 000	10 000— 50000	>50000

Source : FAO 1985

III.4.4 Concentration des éléments fertilisants (FAO/RNEA, 1992)

L'apport des nutriments des eaux usées à chaque irrigation représente une sorte de fertigation. Cette technique est économiquement intéressante car elle réduit le cout de la fertilisation.

L'azote (N) :

Certaines cultures sont très efficaces pour consommer l'azote et empêcher son accumulation dans le sol et sa migration, sous forme nitrique, vers les eaux souterraines. Ce sont généralement des cultures à coupes multiples et à enracinement profond.

Phosphore (p) :

La teneur en phosphore dans l'eau usée après traitement secondaire varie de 6 à 15 mg/l à moins qu'un traitement tertiaire l'élimine. Pour l'établissement d'un programme de fertilisation, l'évaluation du phosphore dans l'eau usée traitée devrait être réalisée en conjonction avec les analyses du sol.

Potassium (K) :

C'est un macronutriment essentiel qui affecte favorablement la fertilité du sol, le rendement et la qualité des cultures. La concentration en K dans l'eau usée traité secondaire varie de 10 à 30 mg/l.

Table 0-24: potentiel de fertilisation par l'eau usée (FAO/RNEA, 1992)

Nutriment	N	P	K
Concentration mg/l	40	10	30
Nutriments apportés annuellement en kg/ha par l'application de 10000m ³ d'eau/ha (1000 mm)	400	100	300

III.5 Réglementations algériennes fixant la réutilisation des eaux usées à des fins d'irrigation

La récente réglementation spécifique à l'utilisation des eaux usées épurées prise en application des dispositions de la loi relative à l'eau nécessite un cadre réglementaire dans ce domaine.

III.5.1 Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées

En application des dispositions de l'article 15 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada 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 au tableau III.6. Ce texte est promulgué par les ministres chargés des ressources en eau, de l'agriculture et de la santé. Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée.

Table 0-25: Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées

Groupes de cultures pouvant être irriguées par les eaux usées épurées.	Liste des Cultures
Les arbres fruitiers ^(*)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nèfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Les agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Les cultures fourragères ^(**)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce, et luzerne.
Cultures industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Les cultures céréalières	Blé, orge, triticale et avoine.
Les cultures de production de semences	Pomme de terre, Haricot et Petit pois.
Les arbustes fourragers	L'Acacia et l'Atriplex.
Les plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

(*) -L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise a 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.

(**) -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.

On peut noter d'après cet arrêté que l'irrigation, avec des eaux usées épurées des cultures maraîchères dont les produits sont consommés crus est interdite.

Les parcelles irriguées, au moyen des eaux usées épurées, doivent être éloignées de plus de 100 mètres des routes, des habitations, des puits de surface et autres ouvrages destinés à l'alimentation en eau potable. Tout raccordement avec une canalisation transportant de l'eau potable est interdit.

III.5.2 Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation

En application des dispositions de l'article 2 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation conformément à :

- Normes microbiologiques (tableau III.7).
- Normes physico-chimiques (tableau III.8).

Table 0-26:Normes microbiologiques

Groupes de cultures	Paramètres 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 conserverie 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	Pas de norme	Pas de norme

(CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾ .	recommandée	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.

Table 0-27: Normes physico-chimiques

	PARAMÈTRES	UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	PH	-	$6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$
	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 (NO3-N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8.5
	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
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0

Eléments Toxique^(*)	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
	Mercure	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.

III.6 Classification des eaux pour l'irrigation : CE et SAR

III.6.1 Classification mondiale (F.A.O)

La classification donnée en fonction de la concentration des sels CE

- 1 g/l bonne irrigation
- 1 – 3 g/l faiblement salée
- 3 – 5 g/l moyennement salée
- 5 – 10 g/l fortement salée
- > 10 g/l extrêmement salée

III.6.2 Classification Russe

Elle distingue trois classes qui sont basées sur la concentration des sels

- 0.2-0.5 g/l : l'eau est de meilleure qualité
- 1.0-2.0 g/l : l'eau comportant des risques de salinité
- 3.0-7.0 g/l : l'eau ne peut être utilisée pour l'irrigation qu'avec un lessivage et un drainage.

III.6.3 Classification Américaine :

La classification est basée sur deux paramètres C.E à 25°C et S.A.R (figure IV.3chapIV)

Pour la conductivité électrique C.E.

- C1 : C.E < 0,250 mmhos/cm (<0.2g/l): l'eau à faible salinité, elle ne posera aucun problème sur la plus part des sols et des cultures.
- C2 : 0,250 < C.E < 0,75 mmhos/cm (0.2-0.5g/l): l'eau à salinité moyenne
- C3 : 0,750 < C.E < 2,250 mmhos/cm (0.5-1.5g/l): l'eau à forte salinité, et dit inutilisable sur un sol faiblement drainé, elle n'est autorisée que sur un sol bien drainée et sur des cultures tolérantes.

- C4 : $2,250 < C.E < 5.00$ mmhos/cm (1.5-33g/l): l'eau à très forte salinité et inutilisable pour les conditions normales ; elle n'est autorisée que si on pratique un lessivage intense et sur des cultures très tolérantes.
- C5 : $C.E > 5.0$ mmhos/cm ($> 3g/l$): l'eau est inutilisable sauf sur sable drainé et pour les palmiers et dattiers.

- Pour coefficient d'adsorption du sodium S.A.R

S.A.R est calculé par la formule suivante :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{2}}} \quad (0-3)$$

Avec : Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} en meq / l

Elle distingue quatre classes :

- S1 - $S.A.R < 10$: l'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.
- S2 - $10 < S.A.R < 18$: les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, à moins qu'il n'y ait du gypse dans le sol .ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.
- S3 - $18 < S.A.R < 26$: les eaux contenant une quantité de sel élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matières organiques .S'il y a une forte quantité de gypse dans le sol, il peut ne pas surgir de difficultés pendant quelques temps. S'il n'y a pas de gypse, il faut ajouter un amendement chimique exerçant le même effet.
- S4 - $S.A.R > 26$: les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage de gypse ou amendements analogues permettent l'utilisation.

III.6.4 Eléments traces (métaux lourds) (Yang et al., 2008)

Le bore (B), le fer (Fe), le manganèse (Mn), le zinc (Zn), le cuivre (Cu) et le molybdène (Mo) sont nécessaires, en très faibles quantités, au développement des végétaux. L'irrigation à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments, en plus d'autres oligo-éléments, non indispensables à la plante tels que : le plomb (Pb), le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le brome (Br), le fluor (F), l'aluminium (Al), le nickel (Ni), le chrome (Cr), le sélénium (Se) et l'étain (Sn).

Parmi les métaux lourds présentant les risques les plus notables, nous pouvons citer ce qui suit : le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le molybdène (Mo), le nickel (Ni), et le zinc (Zn). Le nickel, le cuivre et le zinc sont d'abord phytotoxiques (Propriété d'une substance ou d'une préparation qui provoque chez une plante des altérations passagères ou durables). Au

contraire, le molybdène et, surtout, le cadmium peuvent être toxiques pour les animaux et l'homme, à des concentrations bien inférieures aux seuils de phytotoxicité.

III.7 Principales voies de la réutilisation (David ECOSSE.2001)

Il apparaît que la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen et le Sud des Etats-Unis.

La figure III.1 résume les principales voies de réutilisation dans les pays ayant une expérience significative dans ce domaine.

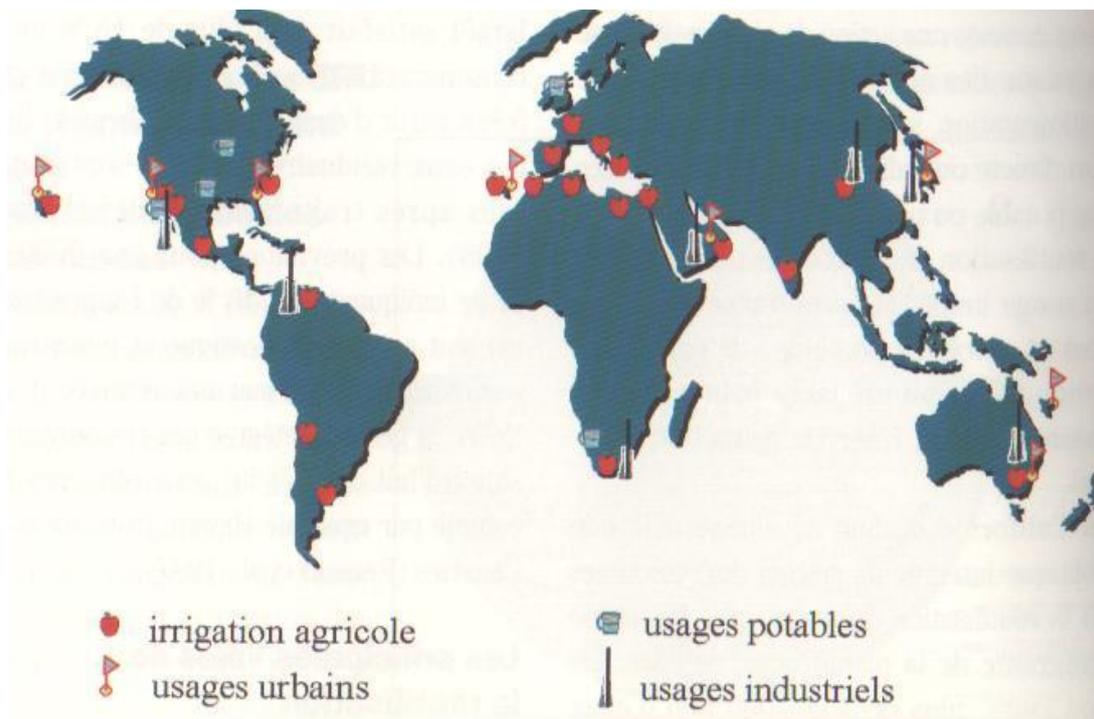


Figure 0-15: répartition des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines.

III.7.1 Le secteur agricole

La majorité des projets de réutilisation des eaux usées concerne des utilisations agricoles. Pour ce secteur, la réutilisation des eaux améliore les rendements des cultures et apporte des bénéfices financiers.

III.8 Expérience de réutilisation des eaux usées épurées (Claude PUIL.1998)

La réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue dans le monde et essentiellement dans les régions affectées par des pénuries de ressources en eau.

Ainsi pour établir un équilibre entre les différents utilisateurs de l'eau, les rejets urbains sont recyclés pour couvrir une partie des volumes d'eau d'irrigation. En effet la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles a connu des applications variables suivant les pays. Pour bien fixer les idées, voici à titre illustratif le cas de certaines régions.

III.8.1 Le continent américain

Les grandes réussites de réutilisation des eaux usées traitées sont ceux de Bakersfield et Orange County en Californie et Manatee County en Floride. A Bakersfield, 64000 m³ par jour d'effluents primaires et secondaires issus de trois stations d'épuration sont utilisés pour l'irrigation de coton, de luzerne, de maïs, d'orge et de betteraves à sucre. Enfin, à Manatee County, 79000 m³ par jour sont utilisés pour irriguer des terrains de golf et des parcs et 3000 hectares de cultures agricoles et de pépinières sont irriguées.

Au Mexique, la ville de Mexico utilise les effluents traités par ses 16 stations d'épuration pour l'irrigation des parcs, des jardins publics et des équipements de loisirs. Elles sont utilisées notamment dans le cadre du plus grand plan d'irrigation du monde.

III.8.2 Le bassin méditerranéen

La réutilisation agricole des eaux usées est aujourd'hui une pratique largement répandue sur le pourtour sud de la Méditerranée, de l'Espagne à la Syrie. En effet, le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie.

En Tunisie, si la demande en eau ne devrait théoriquement rejoindre les disponibilités qu'en 2015, certains endroits souffrent d'une pénurie. De plus, les ressources en eau témoignent souvent d'un degré notable de salinité. Dans ce pays, la réutilisation entre dans le cadre d'une politique nationale. Elle est le premier pays de l'ouest méditerranéen à avoir adopté des réglementations en 1989 pour la réutilisation de l'eau.

En Grèce, la ville d'Athènes a développé en 1996 une stratégie de réutilisation des eaux usées traitées. Les différentes alternatives étudiées sont celles les plus fréquemment appliquées dans les programmes de réutilisation des eaux usées urbaines à travers le monde. Les bassins Thriassio, Megarida et Salamis sont situés autour d'Athènes et font partie intégrante de l'étude de réutilisation.

En France, la réutilisation des eaux épurées est peu développée. Cela est essentiellement dû à l'abondance de nos ressources en eau. En effet, sur les parties du territoire les moins arrosées, la pluviométrie moyenne annuelle ne descend guère au dessous de 600 millimètres. De plus, ces régions et notamment le midi méditerranéen ont très tôt été desservies par de grands équipements hydrauliques (canal de Provence, canal du Bas-Rhône-Languedoc, barrages de Vinça et de Villeneuve de la Rao) satisfaisant leurs besoins en eau. En conséquence, à part quelques situations locales, il n'existe pas de véritable pénurie d'eau en France.

III.8.3 L'Europe du Nord

Elle a aussi, avec ses fermes d'épandage, une tradition longue de plusieurs siècles de réutilisation des eaux usées.

En Grande Bretagne, cette technique qui était sur le point de disparaître dans les années 50, a retrouvé une part de son importance passée. Dans ce pays, la recharge de nappe par des eaux usées constitue une autre forme indirecte et très répandue de recyclage.

III.8.4 Le Japon :

Malgré une moyenne de précipitation annuelle haute (environ 1730 mm par an), le Japon connaît certains problèmes d'approvisionnement en eau en raison d'une forte densité de population sur un territoire restreint.

III.8.5 L'Australie :

Dans ce continent, la réutilisation des eaux usées concerne l'irrigation des cultures, des prairies, des espaces verts ou l'usage industriel. Dans les zones tempérées de l'Australie, la réutilisation concerne essentiellement l'irrigation des cultures telles que la canne à sucre alors que dans les zones arides, c'est l'irrigation des plantations d'arbres qui prédomine.

III.9 En Algérie (ONID.2015)

Le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de 750 millions de m³ et dépassera 1,5 milliards de m³ à l'horizon 2020. Afin de prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation d'installations d'épuration. Le nombre de station d'épuration en exploitation est de 102 (52 STEP et 50 lagunes) pour une capacité installée actuelle de 570 hm³/an (en 1999 : 28 STEP pour une capacité de traitement de 98 millions de m³/jour). Le nombre de stations en cours de réalisation est de 176 (87 STEP plus 89 lacunes) pour 355 hm³/an. La capacité totale installée après l'achèvement de ce programme (2012) serait de 925 millions de m³/an pour une production d'eaux usées épurées de 550 millions de m³/an, c'est-à-dire l'équivalent de 10 barrages de moyenne capacité.

Pour le programme 2010-2014, il est prévu la réalisation de 40 STEP, ce qui porterait la capacité d'épuration à l'horizon 2020 à 1,2 milliards de m³/an.

III.9.1 Réutilisation des eaux usées épurées :

Pour un renforcement des allocations d'eau pour l'agriculture d'où extension des superficies irriguées (800 millions de m³), augmentation graduelle de taux de réutilisation de 37000 ha (280 millions de m³) à court terme, 80000 ha (600 millions de m³) à moyen terme et 100.000 ha (800 millions de m³) à long terme, utilisation des boues comme fertilisants dans l'agriculture, élaboration d'un projet de norme de référence de base qui servira à encadrer les activités de réutilisation des eaux usées épurées. Il s'agit d'un projet évolutif qui pourra être affiné avec les temps, en fonction des modifications possibles aux usages, aux volumes ou aux procédés d'épuration utilisés.

Voici quelques exemples des périmètres irrigués par les eaux usées épurées en Algérie :

➤ Irrigation du périmètre de Mleta par la STEP d'Oran (ONID - Groupement SCET-Tunisie / ENHYD, 2007)

La zone d'étude couvrant environ 10.000 ha a été pré-délimitée. Elle est située à l'Est de la Sebkhia d'Oran, à une vingtaine de km au Sud de la ville d'Oran et à 7 km du site de la station

d'épuration située aux environs d'El Karma. Les débits de cette station sont mesurés pour deux horizons, soient :

Table 0-28: débits de la STEP d'Oran

Débit	Horizon 2005	Horizon 2015
Débit de pointe saisonnière total	169 200 m ³ /j	241 700 m ³ /j
Débit de pointe hebdomadaire total	189 000 m ³ /j	270 100 m ³ /j
Débit de pointe horaire total	10 980 m ³ /j	15 580 m ³ /j
Débit de pointe saisonnière total	169 200 m ³ /j	241 700 m ³ /j

➤ **Irrigation de périmètre d'oued Lahreche à partir de la STEP de Médéa : (ONA de Médéa, 2010).**

La construction et la mise en place des équipements électromécaniques de cette station se feront en deux phases permettant de traiter la pollution résultant d'une population équivalente de 162.500 EQ .H en première phase (horizon 2010) et 195.000 EQ .H en deuxième phase (extension horizon 2020).

L'horizon concerné par la présente étude est fixé à l'an 2010 soit 162.500 équivalent habitants. Le tableau I.2 illustre les débits de la STEP aux deux horizons 2010 et 2020.

Table 0-29: débits de la STEP de Médéa

Horizons	2010	unité	2020	unité
Journalier.	26.000	m ³ /j	39:000	m ³ /j
Moyen.	1.083	m ³ /h	1.625	m ³ /h
Pointe temps sec.	1.776	m ³ /h	2.633	m ³ /h
Pointe par temps de pluie.	3.249	m ³ /h	4.875	m ³ /h

Le périmètre d'oued Lahreche (145.5 ha) se situe environ à 20 km au sud-ouest de la ville de Médéa, sous la route vers la commune d'Oued Harbil. La station d'épuration de la ville de Médéa se trouve dans le périmètre qui possède une capacité préliminaire de 26000 m³/j et qui va atteindre 39000 m³/j à l'horizon 2020.

➤ **Réutilisations des eaux usées épurées de la STEP de Boumerdes pour l'irrigation des périmètres d'EL FLICI et RAHMOUNE : (ONID, 2011)**

Ces deux périmètres sont situés dans la commune de CORSO. Et ils ont les caractéristiques suivantes :

- Le périmètre d'EL FLICI : La superficie irriguée est de 43 ha.
- Le périmètre de RAHMOUNE : La superficie irriguée est de 44 ha.

Le mode d'irrigation : le goutte à goutte

La STEP de Boumerdes est d'une capacité de 15000 m³/j à l'horizon de 2030 le procédé d'épuration installé est celui à boue activé à faible charge, le volume actuel produit est de 8000 m³/j et le volume réutilisé est de 1200 m³/j, soit 15 % réparti entre deux agriculteurs, le reste du volume est rejeté dans l'Oued tatareg. Le rendement est 90%.

➤ **Irrigation localisée sous verger d'agrumes à partir des eaux usées épurées de la STEP DE HADJOUT-TIPAZA (projet PNR ENSH BLIDA 2012 – 2013)**

Le périmètre est localisé dans la Wilaya de Tipaza, située dans le secteur de la vallée de Nador secteur (IV) du périmètre Sahel Algérois Ouest à environ 65 km à l'Ouest d'Alger La station d'épuration des eaux usées urbaines de Hadjout de type boue activée à faible charge, est située au nord-est de l'agglomération de Hadjout à 2 kilomètre de la ville de Hadjout dans la zone industrielle. Les charges hydrauliques et les rendements d'éliminations sont représentés dans les tableaux III.11 et III.12.

Table 0-30: Les débits de la STEP de Hadjout

Désignation	Horizon 2010	Horizon 2020
Type de réseau	Unitaire	Unitaire
Capacité de la STEP (EH)	70.000	105.000
Charge Hydraulique		
- Débit journalier (m ³ /j)	11 200	16 800
- Débit moyen horaire (m ³ /h)	467	700
- Coefficient de pointe (Cp)	1,79	1,72
- Débit de pointe au (m ³ /h)	803	1176

Source : STEP de Hadjout 2012

Table 0-31: Rendement d'élimination

Paramètres chimiques	MES kg/j	DBO-5 kg/j	DCO kg/j
Rendement (%)	94	97.7	92.9

Source : STEP de HADJOUT.2012

L'exemple vivant sur les projets de la réutilisation des eaux usées en irrigation, en Algérie, c'est bien le périmètre Mezdour (Biskra) qui fait l'objet de notre étude. La STEP de

la ville de Biskra, qui est en cours de réalisation, sera la source d'alimentation de notre périmètre.

III.10 Conclusion

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

CHAPITRE IV : ETUDE DES RESSOURCES EN EAU

IV CHAPITRE IV : ETUDE DES RESSOURCES EN EAU

IV.1 Introduction

Tout le développement de la région passe par l'extension et la rationalisation de ses activités, ce qui exige une maîtrise des problèmes de l'eau. Dans cette région l'eau est le facteur limitant du développement économique et surtout de l'activité agricole. C'est pourquoi il est fondamental de connaître et de maîtriser parfaitement ce facteur. Il serait ici intéressant de faire une tentative d'évaluation des ressources potentielles en eau et des besoins, qui constituent cette partie de notre travail.

IV.2 Ressources conventionnelles

IV.2.1 Ressources superficielles

Les ressources superficielles en eau sont omniprésentes dans notre région et sont alimentées par les principaux oueds à savoir : oued Djedi, oued Biskra, oued El Arab, oued El Abiod qui alimente le barrage de Foum El Ghera destiné à l'irrigation des palmiers de Sidi Okba au Sud-ouest, de Seriana au Nord, et de Thouda. Ces oueds qui se caractérisent par un écoulement intermittent, lors des crues, se jettent dans le chott Melrhir.

IV.2.2 Ressources souterraines

L'étude de l'évolution des ressources souterraines montre que la nappe de Pontien est la source la plus exploitée dans notre région, elle se caractérise par une profondeur qui va jusqu'à 900 m, d'un débit moyen de 30 l/s et d'une qualité chimique moyenne.

IV.3 Ressources non conventionnelles

L'eau est un facteur limitant du développement de l'agriculture, la rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec le changement climatique. Face au défi d'assurer la couverture des besoins en eau pour l'agriculture, une politique active de mobilisation des ressources en eau a été mise en œuvre, ainsi que de nouveaux instruments de gestion, c'est la réutilisation des eaux usées.

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau afin de combler des déficits hydriques.

Notre périmètre, en effet, sera alimenté par les eaux usées épurées à partir de la STEP de la ville de Biskra, qui se situe à proximité du site d'étude, d'où, l'importance de traiter les différents critères, expériences, et aboutissements de ce processus.

IV.4 Présentation de la station d'épuration de la ville de Biskra

Le site d'implantation de station est situé au Sud-ouest de la ville de Biskra (figure IV.1) à environ 3 à 4 Km. Le site de la future STEP est éloigné de toute agglomération, sa superficie est estimée à 20 ha. Sur les côtes de 70 à 79m au-dessus de la mer.

Le choix du site a été conditionné par la disposition optimale du collecteur gravitaire d'amenée des eaux usées de 1500 mm de diamètre, la structure géologique des sols, l'absence d'habitations, ce choix du site se fait sur la base du PDAU (plan directeur d'aménagement et d'urbanisme) de la ville de Biskra.

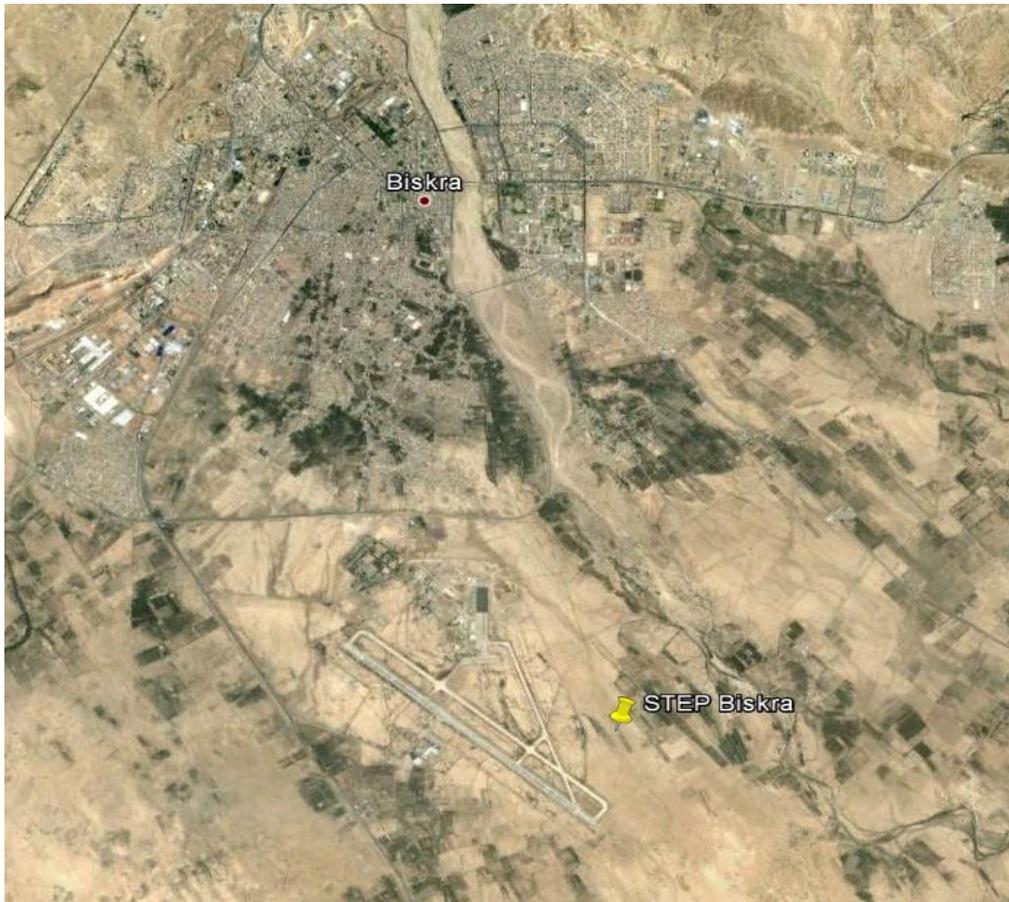


Figure 0-16: localisation de la STEP de la ville de Biskra (Google map)

IV.5.1 Objectifs de la STEP de la ville de Biskra

Actuellement, le rejet des eaux usées de la commune de Biskra se déverse directement dans l'Oued de Sidi Zerzour sans aucun traitement préalable.

L'objectif principal de l'étude du système d'épuration des eaux usées de la ville de Biskra et Chetma consiste à protéger les eaux d'Oued de Sidi Zerzour contre la pollution. La STEP, a donc pour mission de réduire au maximum les paramètres caractérisant un effluent (DBO, DCO; MES, NTK, PT). Pour que ces eaux épurées puissent ensuite être utilisées en irrigation à l'image du cas de notre périmètre Mezdour.

Les caractéristiques de l'effluent final, après chloration sur 24 heures :

- DBO5 : inférieure ou égale à 30 mg/l sur 24 heures ;
- DCO : inférieure ou égale à 90 mg/l sur 24 heures ;
- MES : inférieure ou égale à 30 mg/l sur 24 heures ;
- PH : compris entre 6,5 et 8,5 ;
- Coliformes totaux : 20.000 / 100 ml ;
- Coliformes fécaux : 12.000 / 100 ml.
- Température : 30 °C

L'estimation de la production des eaux épurées pour les horizons 2030 et 2045 par la STEP de Biskra est donnée dans le tableau IV.1:

Table 0-32: production des eaux épurées pour les horizons 2030 et 2045

Horizon	2030	2045
Population (habitant)	333000	552388
Débit moyen journalier (m ³ /j)	55000	110477,3
Volume annuel (m ³)	20075000	40324215

(ONA-2015)

V Ouvrages de la Station d'épuration

La filière de traitement retenue est composée de deux files, des ouvrages annexes avec équipement adéquat sont prévus à l'entrée de la station (un ouvrage de réception des eaux brutes, un déversoir d'orage, un by-pass général de la station, une fosse à bâtards dotée d'une grille manuelle).

- Un prétraitement : Les traitements mécaniques permettent de retirer de l'effluent brut les déchets volumineux, sables et graisses de façon de protéger les ouvrages en aval : et faciliter le traitement biologique.

1- Dégrilleur Cette opération constitue une phase préliminaire à tout traitement, car elle permet de protéger la station contre l'arrivée intempestive de gros objets susceptibles d'endommager les différents ouvrages de la station. Notre STEP comprend un dégrilleur grossier et un autre moyen.

2- Dessableur-déshuileur Il est composé de deux zones :

- L'une aéré pour le dessablage : les sables et les matières lourdes sont récupérées au fond de l'ouvrage.
- Les huiles et les graisses sont récupérées en surface. (Dans une zone de tranquillisation et sont déversées dans un puisard à graisse pour être acheminées par camion vers une décharge).

3- Décanteur primaire : La décantation primaire permet une séparation de deux phases liquide solide, par simple gravité. En effet, une décantation primaire est mise en œuvre pour alléger la charge à l'entrée du bassin d'aération ; elle permet donc l'élimination de 50% à 60% de la charge initiale en matière en suspension(MES) et 20% à 30 % de la charge organique entrante exprimée en DBO5.

- Un traitement biologique comprenant :
 - 1- Bassin d'aération : Le procédé proposé est basé sur le principe des boues activées à moyenne charge. Les bassins d'aération sont des réservoirs rectangulaires ouverts où arrivent les eaux usées prétraitées à partir des décanteurs.
 - 2- Clarificateur : Le but du décanteur secondaire est la séparation de floc biologique de l'eau épurée. Les boues déposées dans le clarificateur sont renvoyées vers le bassin d'aération afin d'y maintenir une concentration quasi constante en bactéries et les boues en excès sont évacuées vers les installations de traitement de boues (épaississement, déshydratation).
 - Un traitement tertiaire comprenant :
 - Bassin de désinfection : La chloration est utilisée pour son action bactéricide et apparaît comme élément complémentaire de traitement indispensable dès lors que les eaux sont destinées à l'agriculture. La dose de chlore nécessaire dans les conditions normales pour un effluent traité est de 5 à 10 mg/l pour un temps de contact de 30 minutes.
 - Traitement des boues : Les boues provenant du décanteur primaire et secondaire sont admises dans une Filière de traitement qui comporte l'épaississement, la stabilisation et la déshydratation.
 - 1- Épaississeur : il constitue la première étape des filières de traitement des boues, il reçoit les boues issues du décanteur primaire et secondaire.
 - 2- Stabilisateur aérobie : La stabilisation est un processus qui limite les fermentations en vue de favoriser la valorisation agricole des boues. Le but est d'éliminer dans la phase de respiration endogène 45% de MVS contenues dans les boues. L'oxygénation est assurée par des aérateurs de surface ou insufflation d'air pour maintenir une concentration d'oxygène au moins égale à 2 mg / l.
 - 3- Lit de séchage : Les boues épaissies sont épandues sur des lits pour y être déshydratées naturellement. Les lits sont formés d'aires délimitées par des murettes. Ils sont constitués d'une couche de sable disposée sur une couche support de gravier. Les drains, disposés sous la couche support, recueillent les eaux d'égouttage pour les ramener en tête de station, la durée de séchage est de 4 à 6 semaines suivant les climats et les saisons.
- La figure IV.1 illustre le schéma général de la STEP de la ville de Biskra.



Figure 0-17: Schéma illustratif de la STEP de la ville de Biskra (ONA-Biskra)

VI Qualité des eaux (ONA-Biskra, 2015)

IV.5.3.1 Analyse des eaux usées

- **Prélèvement et échantillonnage**

Compte tenu de la diversité de la nature des eaux résiduaires, il est difficile de définir une technique de prélèvement satisfaisante. Les erreurs liées au prélèvement sont souvent supérieures aux erreurs d'analyse.

Aussi, la composition des effluents résiduaires varie au cours de la journée, il importe donc de prélever les échantillons à des heures judicieusement réparties afin d'avoir un prélèvement correspondant à la composition moyenne. Il est à noter que les prélèvements se font généralement à fort débit (masse importante des polluants en suspension), et au moment où le site de prélèvement est soumis à l'influence de toutes les sources de pollution.

Les échantillons ont été prélevés les 02-05-2015 et 03-05-2015 au moment du rejet maximum entre (08h:00-17h:00).

- **Paramètres analysés**

Les analyses ont porté sur les paramètres physico-chimiques suivant :

- la température, le pH, la conductivité, les matières en suspension (MES), la demande Biochimique en Oxygène (DBO), la demande Chimique en Oxygène (DCO), NO₂⁻, NO₃⁻, Azote ammoniacal (NH₄⁺), Ortho-phosphates (O-PO₄),).

- **Méthodes d'analyses utilisées**

Le tableau IV.2 illustre les méthodes d'analyses utilisées pour les principaux paramètres examinés :

Table 0-33: Méthodes d'analyses utilisées pour les paramètres examinés

Paramètres	Méthodes utilisées
pH	PH-mètre
Température	Thermomètre
Oxygène dissous	Oxymètre
Conductivité	Conductivimètre
MES	Filtration
DCO	Bichromate de potassium
DBO5	Manométrique (DBO-mètre)
Phosphore, Sulfates, Chlorures	Colorimétrique

Pour les calculs du degré d'épuration des eaux usées, nous avons pris les données des analyses de laboratoire de la STEP. L'analyse étant faite sur les échantillons prélevés sur cinq rejets, les résultats sont présentés dans le tableau IV.3

Table 0-34: Tableau récapitulatif englobant les Valeurs moyennes des matières polluantes, obtenues au niveau des exutoires examinés des deux villes Biskra et Chetma (W .Biskra)

Paramètres	Eau brute
pH (Potentiel Hydrogène)	7,86
T° (Température) °C	25,75
DBO5 mg/l	113,82
MES mg/l	1125
DCO	1082
Conductivité électrique μs/cm	4817
NO ₂ ⁻ mg/l	0,315
NH ₄ ⁺ mg/l	39,5
NTK mg/l	35,9
PO ₄ mg/l	25,4
DCO/ DBO5	9,5
MES / DBO5	9,88
Mg ²⁺ meq/l	45
Na ⁺ meq/l	148
Ca ²⁺ meq/l	95

TDS	mg/l	1970
Sal	-	2.8
SO ₄ ²⁻	meq/l	6.68
Cl ⁻	meq/l	26.8
CO ₃ ²⁻	meq/l	1.28

- **Interprétation des résultats**

Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eaux usées urbaines de l'aire d'études, qui furent obtenus, au niveau des cinq principaux exutoires, lors des deux campagnes de prélèvement d'eaux usées planifiées les 16.05.2015, ainsi que les 17.05.2015 peuvent être interprétés comme suite :

- La valeur du PH obtenu est proche de la neutralité et comparable aux valeurs trouvées pour les eaux usées des cinq rejets qui présentent généralement un PH neutre à légèrement basique. Aussi, cette valeur mesurée rentre dans la fourchette des valeurs de PH des effluents domestiques, en effet, le PH indique l'alcalinité des eaux usées, son rôle est capital pour la croissance des micro-organismes qui ont un PH optimum variant de 6.5 à 7.5. Lorsque le PH est inférieur à 5 ou supérieur à 8.5, la croissance des micro-organismes dans systèmes biologiques est directement affectée.
- La température de l'échantillon des eaux usées analysées est inférieure à 30°C considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur.
- La valeur faible de la DBO5 de l'échantillon analysé pourrait être expliquée par la pauvreté de la matière organique (débris ...), mais la valeur obtenue est hors les normes des rejets.
- La demande chimique en oxygène (DCO) est supérieure aux normes de rejet domestique ; c'est dû essentiellement à la présence des rejets industriels ; qui sont :

ENICAB : Unité de câblerie électrique BISKRA Produits Services : Fil de cuivre, Câbles industriels Producteur - Transformateur
Usines de textiles

- Le rapport DCO/DBO=9,51 → (DCO / DBO >3) => Traitement physico-chimique.

Chlore et 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 le haricot, les fraisiers et, d'une manière générale, les fruits à pépins et à noyaux sont sensibles à des concentrations relativement faibles en Na.

La plupart des arbres et autre plantes ligneuses pérennes sont sensibles au chlore à faible dose, alors que la plupart des cultures annuelles le sont moins, les cultures très sensibles peuvent être affectées par des teneurs en chlore de la solution du sol.

Les effets toxiques apparaissent beaucoup plus facilement quand les sels sont apportés directement sur les feuilles lors des irrigations par aspersion. C'est particulièrement vrai pour le Cl et le Na. Les risques sont moindres avec des irrigations nocturnes.

IV.5.3.2 Qualité des eaux à la sortie de la STEP

- **Paramètres physicochimiques**

Les résultats théoriques des valeurs moyennes des paramètres physicochimiques prévus à la sortie de la STEP sont présentés dans le tableau IV.4.

Table 0-35: Spécifications physico-chimiques des eaux usées épurées prévus de la STEP de la ville de Biskra (ONA-BISKRA, 2015)

Paramètres		Unités	Eaux épurées
Potentiel d'hydrogène	PH	---	7.2
Température	T°	(C°)	20
Conductivité électrique	CE	dS/m	2.4
Demande Chimique en Oxygène	DCO	mg O ₂ /l	90
Matière en Suspension	MES	mg/l	30
Demande Biologique en Oxygène	DBO ₅	mg O ₂ /l	30
Othophosphates	PO ₄ ³⁻	mg/l	1.3
Ammonium	NH ₄	mg/l	4.17
Nitrate N-NO ₃	NO ₃ ⁻	mg/l	7.9
Nitrite N-NO ₂	NO ₂ ⁻	mg/l	0.24
Azote kejeldahl	NTK	Mg/l	7.1
Chlore	Cl ⁻	Mg/l	41.2
Magnésium	Mg ⁺⁺	mg/l	34
Calcium	Ca ⁺⁺	mg/l	99
Sodium	Na ⁺	mg/l	130

- **Interprétations des résultats**

En se référant aux résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées de la ville de Biskra, nous pouvons conclure ce qui suit :

A la sortie de la STEP, les teneurs moyennes enregistrées des eaux usées épurées concernant les paramètres chimiques précédemment cités seraient de :

- MES : 30 mg/l, - DCO : 90mg/l, - DBO₅ : 30 mg/l, - O-PO₄ : 1.3 mg/l, - NTK : 7.1 mg/l, - Huiles et graisses : 11,20 mg/l

Les eaux usées épurées qui sont l'objet de notre étude, présentent les caractéristiques d'un effluent de qualité relativement bonne. Elles contiennent, en effet, peu de matière en suspension (MES ≈ 30mg/l en moyenne, et leur demande chimique et biochimique en oxygène (O₂), représentative de la matière organique, sont aussi aux normes (DCO ≈ 90

mg/l) ; DBO₅ (≈ 30 mg/l). Elles sont faiblement chargées en azote (NTK ≈ 7.53 mg/l) ; la concentration en O-PO₄ (Ortho-phosphates) avoisine les 1.3mg/l). (En moyenne).

Lors de notre analyse, le PH moyen de l'eau brute serait à l'entrée de la STEP de Biskra de 7.86, alors qu'à la sortie, il a atteint les 7.2. Ce dernier semble satisfaire les exigences recommandées pour notre STEP, à savoir : 6,5 – 8,5.

Pour les chlorures, et quand les eaux réutilisées ont été chlorées et que le résiduel en chlore est trop élevé au moment de l'irrigation, les cultures peuvent souffrir si elles sont arrosées par aspersion. Mais le chlore résiduel libre (HOCl, OCl ; Cl₂) est très réactif et instable dans l'eau ; il suffit alors de stocker l'eau quelques heures dans un réservoir ouvert pour l'éliminer. Une teneur en chlore résiduel inférieur à 1mg/l est sans danger pour le feuillage, mais une concentration supérieure à 5 mg/l serait hautement dommageable, la plupart des projets d'irrigation ne devraient pas rencontrer ce problème s'ils utilisent un réservoir de stockage intermédiaire.

Classe des eaux usées épurées (Classification Américaine : CE et SAR)

Les résultats de la conductivité et du SAR des eaux usées épurées de la STEP de Biskra, fait ressortir ce qui suit :

- **La conductivité électrique C.E**

*C.E (Biskra) = 2.4mmhos/cm; fait partie de la classe C4, l'eau à très forte salinité et inutilisable pour les conditions normales ; elle n'est autorisée que si on pratique un lessivage intense et sur des cultures très tolérantes.

- **Coefficient d'adsorption du sodium S.A.R**

En utilisant la relation (III.1)

$$S.A.R (Biskra) = \frac{5.65}{\sqrt{\frac{2.83 + 4.95}{2}}} = 2.87$$

*S.A.R (Biskra)= (2.87), c'est-à-dire appartient à la classe (S1). L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation

Donc les eaux sont de classe C4S1 d'après le diagramme de Riverside (figure IV.3).

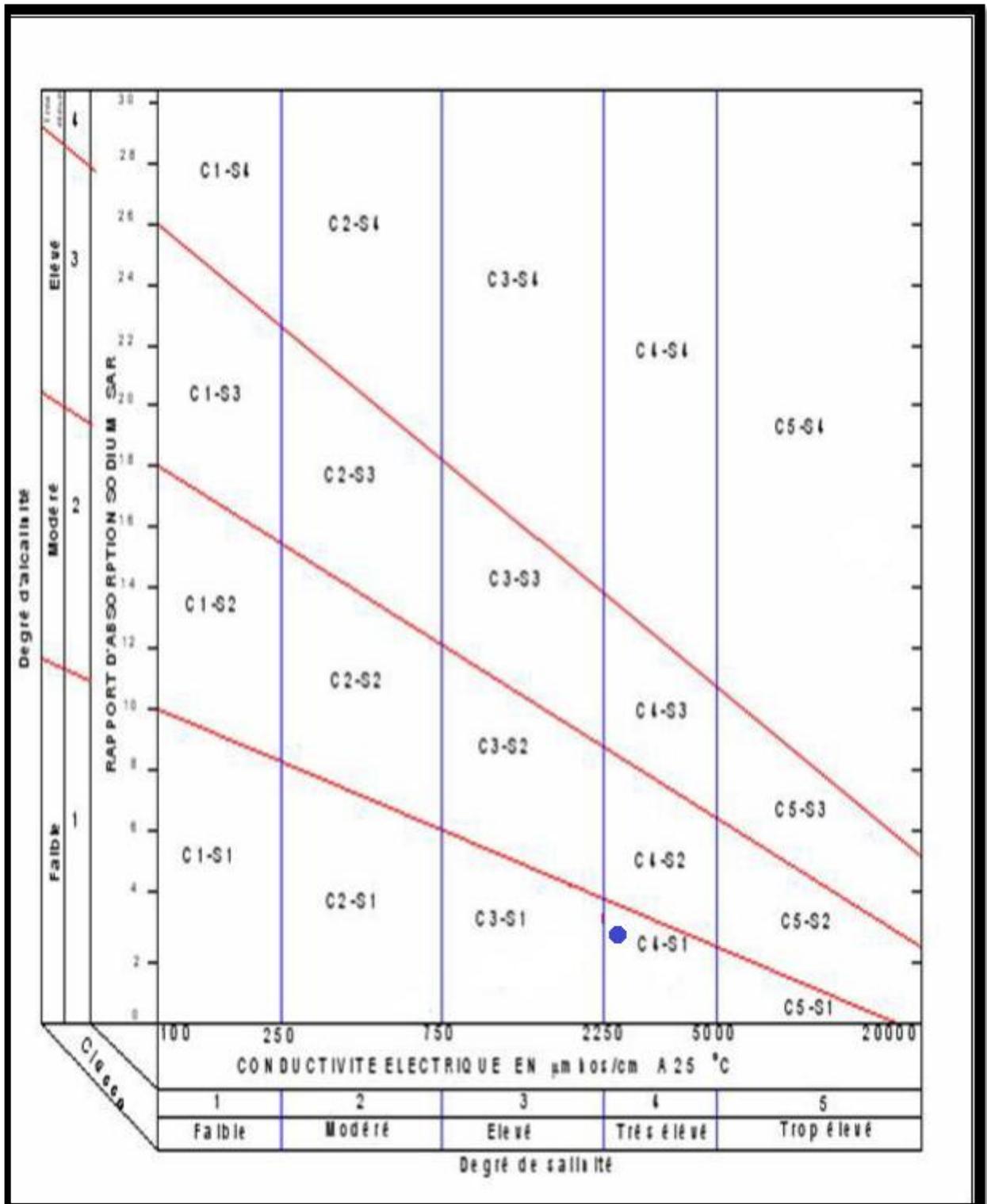


Figure 0-18: Diagramme de Riverside (classification des eaux d'irrigation)

IV.5.4 Eléments traces

Les résultats prévus d'analyses chimiques concernant les métaux lourds examinés : Nickel (Ni), Cadmium (Cd), le Fer (Fe), Plomb (Pb), Bore (B), Chrome (Cr) et Cuivre (Cu), ne

mettent pas en évidence la présence d'une pollution chimique apparente, issue généralement de certains établissements industriels particulièrement polluants raccordés directement au réseau d'assainissement.

Eau Brute : Ni : 0,18 mg/l, Cu : 0,18 mg/l, Fe : 4.3 mg/l Cd : 0,008 mg/l, Pb : 0,89 mg/l, B : 1.8 mg/l, Zn : 1.9 mg/l, Cr : 0,35 mg/l.

Eau épurée : Ni : 0,09 mg/l, Cu : < 0.1mg/l, Fe : 1.5 mg/l, Cd : 0,003 mg/l, Pb : 0,22 mg/l, B : 0.63 mg/l Zn : 0.2 mg/l, Cr : 0,06 mg/l.

Semblent respectées les concentrations maximales recommandées dans les eaux d'irrigation; elles ne constituent de ce fait pas un facteur limitant la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation. L'essentiel de ces métaux est retenu généralement dans les boues de stations d'épuration.

IV.5.5 Paramètres microbiologiques

La station d'épuration de la ville de Biskra est de type « boues activées à moyenne charge » ; celle-ci est équipée de système de désinfection par chloration.

Il est utile de rappeler, que les techniques conventionnelles de type boues activées sont capables d'éliminer, dans des proportions variables, les matières en suspension et les matières organiques, mais n'offrent pas une véritable protection vis-à-vis des risques sanitaires. Ce procédé a en fait peu d'effet sur l'élimination des kystes de protozoaires et sur les œufs d'helminthes, même si une partie des œufs est éliminée dans le décanteur secondaire.

En se basant sur les résultats des analyses bactériologiques effectués par le bureau d'études espagnoles DAM en date du 21/09/15, il ressort ce qui suit :

Coliformes fécaux <1000 UFC/100 ml

Nématodes intestinaux < 1 œuf/l

Streptocoques fécaux : 34

D'après des normes de l'OMS 2000 (**tableau III.1, chapIII**), les eaux usées épurées de la STEP de Biskra peuvent être classées comme une eau de type « B2 » où l'irrigation est restreinte, les cultures qui peuvent être irriguées sont : les Céréales, les cultures industrielles, fourragères, pâturage et forêt ainsi que les arboricultures ; et ceux aussi selon les arrêtes interministériels de la législation algérienne, En prenant les précautions suivantes :

(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 coliforme fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

Il reste cependant prudent, afin d'éviter tout risque, de suivre continuellement la qualité des eaux épurées et de tenir compte de leur composition dans le choix des cultures (tableau IV.5).

Table 0-36: recommandations

Analyses de contrôle des EUE à la sortie de la STEP (Responsable : Opérateur de la STEP (ONA))		
Paramètres	Fréquence	Période prélèvement
Coliformes fécaux	2 échantillons composites par semaine	Pendant la période d'irrigation
Œuf d'helminthe	//	//
pH, Oxygène dissous, Turbidité, Température, N-Total, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , MES, DCO, DBO ₅	//	//
Eléments Traces (Métaux lourds)	1 échantillon composite par an	Un mois avant la période d'irrigation
Analyses de contrôle des EUE à la sortie des bassins de stockage inter saisonnier et de régulation : Responsable : Concessionnaire		
Paramètres	Fréquence	Période prélèvement
Coliformes fécaux	5 échantillons composites par semaine	Pendant la période d'irrigation
Œuf d'helminthe	//	//
pH, Oxygène dissous, Turbidité, Température, N-Total, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , MES, DCO, DBO ₅	1 échantillon composite par semaine	//
Salinité, SAR et toxicité Eléments Traces (M.L)	1 échantillon composite par an en cas de présence industrielle et 1 fois par 3 ans en cas d'absence d'industries polluantes	Un mois avant la période d'irrigation
Production agricole		
Responsable au niveau du périmètre irrigué : Direction régionale de l'agriculture		
Responsable au niveau du marché des fruits et légumes : Direction Régionale du commerce		
Paramètres	Fréquence	Période prélèvement
Coliformes fécaux	1 échantillon par type de produits agricoles et par producteur ⁽¹⁾	A la cueillette et ou avant le transport vers le marché des fruits et légumes
Protection des sols		
Responsable au niveau du périmètre irrigué : Direction régionale de l'agriculture		
Paramètres	Fréquence	Période prélèvement
Eléments Traces	Une fois par an	A la fin de la saison agricole

IV.6 Conclusion

Les résultats obtenus montrent que les normes physico-chimiques de rejet, et métaux lourds exigés pour la station d'épuration sont respectées. La qualité des eaux traitées présente ainsi des valeurs conformes aux normes de réutilisation (Normes OMS) et respecte les nouveaux arrêtés algériens qui fixent les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation et la liste des cultures autorisées.

CHAPITRE V : EVALUATION DES BESOINS EN EAUX DES CULTURES

V CHAPITRE V : EVALUATION DES BESOINS EN EAUX DES CULTURES

V.1 Introduction

L'estimation des besoins en eau des cultures est une étape essentielle dans l'établissement d'un projet d'irrigation. Ces besoins doivent être minutieusement calculés pour éviter tout surdimensionnement ou sous-dimensionnement des réseaux d'irrigation.

Les cultures se développent, puisent du sol l'eau et les éléments nutritifs, une partie percole et se perd en profondeur. L'eau qui rentre dans la constitution de la plante est libérée par transpiration à travers l'appareil foliacé, le reste est évaporé par le sol. L'ensemble de ces deux actions est l'évapotranspiration. Ce phénomène conditionne et détermine les besoins en eau des cultures. Les besoins nets en eau d'irrigation est la quantité d'eau nécessaire à la croissance des cultures.

Dans ce chapitre, nous allons analyser tous ces paramètres de la manière la mieux adaptée à la zone d'étude, afin de mieux estimer les besoins nets en eau d'irrigation.

V.2 Etude hydrologique

L'étude hydrologique a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, cette analyse conditionne l'étude de notre projet, et portera sur : l'homogénéisation des séries pluviométriques, l'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques, et par la suite la détermination de l'année de calcul nécessaire au dimensionnement de notre réseau d'irrigation.

V.2.1 Choix de l'échantillon à analyser

Nous disposons d'un échantillon de pluies annuelles d'une durée d'observation de 30 ans (1985-2015). De la station de Biskra qui a été prise comme station de référence, les caractéristiques de cette dernière sont résumées dans le Tableau I.1 (cf. chapitre I).

V.2.2 Homogénéité de la série pluviométrique

Toute étude hydrologique nécessite la vérification des données utilisées. L'information de base quant à sa qualité revêt une très grande importance. On ne peut espérer à des résultats concluants si la donnée de base n'est pas fiable. Et c'est pour cette raison là que cette étude

d'homogénéisation est faite, donc on va tester l'homogénéité de la série afin de détecter et corriger les anomalies qui peuvent exister, pour cela on se base sur le test de Wilcoxon.

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon.

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous (Touaibia, 2004):

On divise la série complète en deux sous séries X et Y tel que:

N_1 et N_2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_2 > N_1$.

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

La série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée.

Avec:

W_x : somme des rangs de la sous-série x

$$W_{min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \left(\frac{N_1 \cdot N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{1/2} \right] \quad (0-4)$$

$$W_{max} = [N_1 + N_2 + 1]N_1 - W_{min} \quad (0-5)$$

Les résultats du test d'homogénéité sont présentés dans le tableau V.1.

Table 0-37: Test d'homogénéité de Wilcoxon de série pluviométrique (1985-2015)

N	Série (mm)	Série y	Série x	tri	y U x	Rangx
1	119	119	125.4	257	Y	
2	100	100	93.64	228.3	X	2
3	50	50	103.72	215.8	Y	
4	114.33	114.33	48.5	196.1	X	4
5	215.8	215.8	228.3	178.6	X	5
6	91	91	178.6	164.3	Y	
7	131.2	131.2	196.1	159.98	Y	
8	110.2	110.2	124.6	152.7	Y	
9	81.2	81.2	147.22	147.22	X	9
10	107.8	107.8	114.21	131.2	Y	
11	164.3	164.3	86.55	125.4	Y	
12	79.6	79.6		124.6	X	12
13	159.98	159.98		119	Y	
14	107.7	107.7		114.33	Y	
15	109.9	109.9		114.21	X	15
16	40.42	40.42		110.2	Y	
17	60	60		109.9	Y	
18	152.7	152.7		107.8	Y	
19	257	257		107.7	Y	

20	125.4			103.72	X	20
21	93.64			100	Y	
22	103.72			93.64	X	22
23	48.5			91	Y	
24	228.3			86.55	X	24
25	178.6			81.2	Y	
26	196.1			79.6	Y	
27	124.6			60	Y	
28	147.22			50	Y	
29	114.21			48.5	X	29
30	86.55			40.42	Y	

Les calculs donnent :

$N1=10$ (série x), $N2= 20$ (série y), $W_x = 142$, $W_{min} = 109.95$ et $W_{max}= 210.05$

Comme: $W_{min} < W_x < W_{max}$, alors la condition d'homogénéité du test de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la Station Biskra est homogène à seuil de $(1-\alpha)$ avec $\alpha=0,05$.

V.2.3 Choix des lois de probabilités

Les précipitations sont mesurées ponctuellement mais c'est un phénomène organisé dans l'espace et qui présente une certaine cohérence et homogénéité, compte tenu de l'effet du relief, alors que ce n'est pas le cas des débits à l'exutoire des bassins versants. La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible.

Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

- Loi de Gauss (loi Normale).
- Loi de Galton (loi log –Normale).

V.2.4 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss (loi normale)

C'est la loi la plus étudiée des lois de probabilités usuelles. Elle est caractérisée uniquement par la moyenne et l'écart-type, sa fonction de densité de probabilité est :

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad (0-6)$$

$$u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \quad (0-7)$$

u est appelée variable réduite de Gauss. L'intervalle de définition est donc : $x \in]-\infty, +\infty [$
Le procédé de calcul consiste à:

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale (par la formule de Hazen par exemple).
- Calcul des caractéristiques empirique de loi (\bar{X} ; δ ; C_v ; $CS=0$).
- Le coefficient de variation : $C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$

L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien:

$$X_{P\%} = \bar{X} + \sigma * U_{p\%} \quad (0-8)$$

Avec:

$X_{P\%}$: Précipitation de probabilité P%.

$U_{p\%}$: Variable réduite de Gauss.

\bar{X} : Moyenne arithmétique.

σ : Écart type

–Tester l'adéquation de la loi d'ajustement.

–Déterminer les quantiles : les valeurs correspondantes à des probabilités données.

–Déterminer l'intervalle de confiance, en générale pris égale à 95% sur les caractéristiques empiriques de l'échantillon et les quantiles.

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN.

Les résultats obtenus figurent au tableau V.2 et au Figure V.1

Table 0-38: Ajustement à la loi de Gauss (normale)

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)			
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100	0.99	246	18.8	209 – 283
50	0.98	232	17.2	198 – 266
20	0.95	210	15	181 – 240
10	0.9	191	13.1	165 – 217
5	0.8	168	11.3	146 – 190
3	0.67	146	10.1	126 – 166
2	0.5	123	9.65	104 – 142
1.25	0.2	78.8	11.3	56.7 – 101

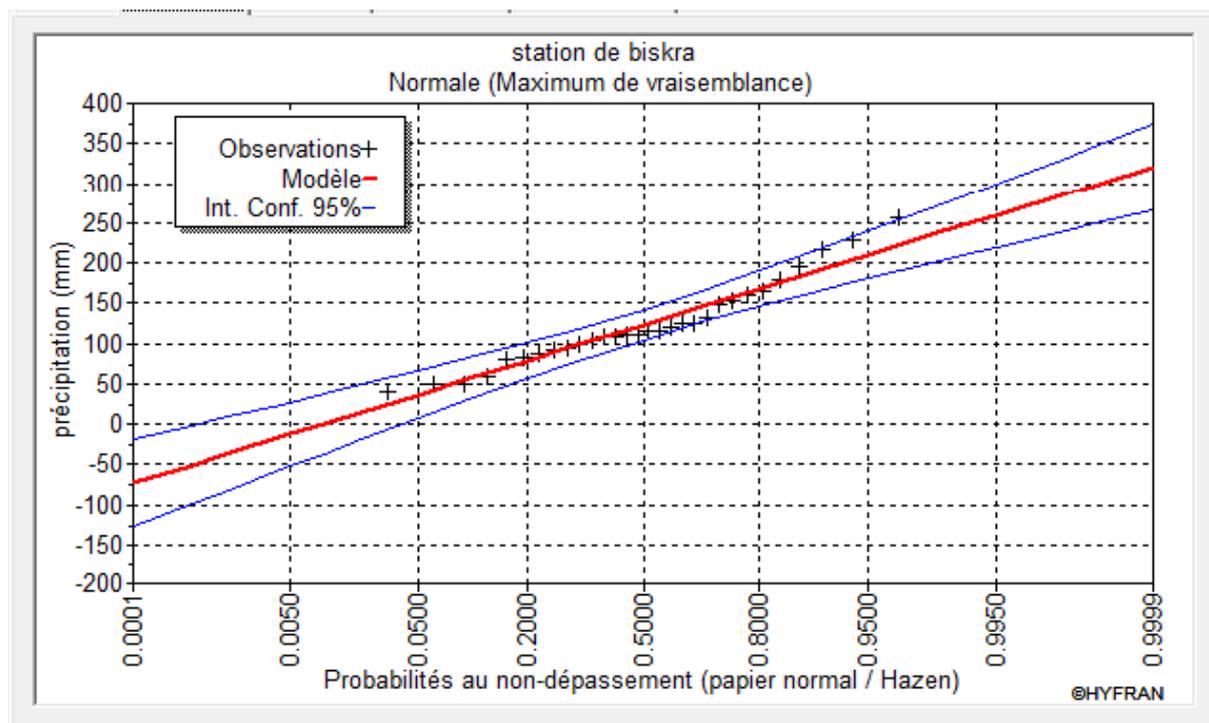


Figure 0-19: graphique d’ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss

V.2.4.1 Test de validité de l’ajustement à la loi Normale

Le test d’adéquation (ou d’ajustement) consiste à vérifier la compatibilité des données avec une distribution choisie a priori. Il convient par conséquent de comparer l’adéquation de ces lois afin d’adopter le meilleur ajustement. L’un des tests le plus employé, est le test du Khi carré (χ^2). Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour le quel une loi de répartition $F(X)$ a été déterminée : On divise cet échantillon en un certain nombre de classes K contenant chacune n_i valeurs expérimentales. Le nombre v_i est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

$$v_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X) dX = N [F(X_i) - F(X_{i+1})] \tag{0-9}$$

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

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i} \tag{0-10}$$

$$\lambda = k - 1 - P \tag{0-11}$$

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

On cherche dans la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondante au nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par λ

Test de Khi carré pour la loi Normale

- ✓ On calcule χ^2 .
- ✓ On calcule le nombre de degré de liberté :
- ✓ On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson (voir tableau V.3)

Avec $\chi^2_{\text{théorique}} = g(\gamma, \alpha)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.01$ si et seulement si : $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$.

Table 0-39: table du χ^2

$\alpha \backslash \gamma$	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

D'après le logiciel HYFRAN on obtenu les résultats suivants:

$\chi^2_{\text{calculé}} = 4.07$, $k=7$, $\lambda = 4$,

D'après la table de Pearson du χ^2 on obtient : $\chi^2_{\text{théorique}} = 13.277$

Comme $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$. Donc la loi est adéquate.

V.2.4.2 Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normale (loi de Galton)

L'ajustement par la loi log-normale se fait comme suit:

-Les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale, nous avons l'équation de la droite de Galton qui s'écrit comme suit:

$$\ln(X_{p\%}) = \ln(X) + \delta_{\ln} \times U_{p\%} \quad (0-12)$$

Avec:

\ln : symbole de l'opérateur mathématique correspondant au logarithme népérien.

$X_{p\%}$: précipitation probable à $P\%$.

$U_{p\%}$: variable réduite de Gauss.

$\ln(X)$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

δ_{Ln} : la variance, calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit:

$$\delta_{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \text{ si } n < 30 \quad (0-13)$$

$$\delta_{Ln} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^n [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \text{ si } n > 30 \quad (0-14)$$

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats obtenus figurent au tableau

V.4 et au Figure V.2

Table 0-40: Ajustement à la loi de Galton (log-normale)

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)			
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100	0.99	319	50.9	219 – 419
50	0.98	282	41.2	202 – 363
20	0.95	235	29.8	177 – 293
10	0.9	200	22.2	156 – 243
5	0.8	164	15.7	133 – 195
3	0.67	136	11.7	114 – 159
2	0.5	112	9.2	94.5 – 131
1.25	0.2	77.2	7.38	62.7 – 91.6

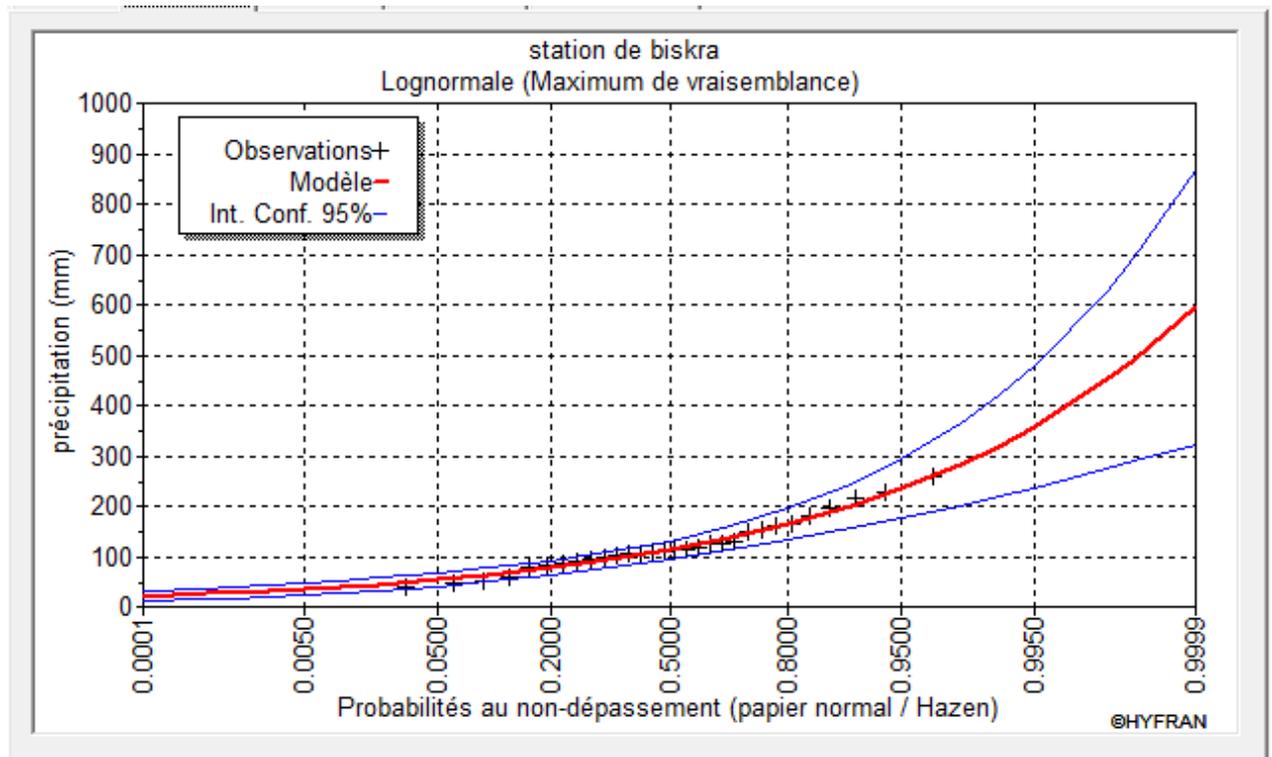


Figure 0-20: Graphique d'ajustement des pluies annuelles à la loi log-normal

V.2.4.3 Test de validité de l'ajustement à la loi log-normale (loi de Galton)

➤ Test de Khi carré pour la loi de Galton

- ✓ On calcule $\chi^2_{\text{calculé}}$.
- ✓ On calcule le nombre de degré de liberté γ .
- ✓ On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson

III. Avec : $\chi^2_{\text{théorique}} = g(\gamma, \alpha)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si : $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$.

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivants:

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 2.67 \quad \gamma = 4$$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a:

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$\chi^2_{\text{calculé}} (= 2.67) < \chi^2_{\text{théorique}} (= 9.488) \rightarrow$ La loi de Galton est adéquate.

V.2.5 Interprétation :

En comparant les résultats des deux lois d'ajustement, à savoir : le degré de liberté, le test de Khi carré et les graphiques d'ajustement, on peut conclure que la loi log-Normale s'ajuste mieux aux pluies annuelles par rapport à la loi normale. Alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région

V.2.6 Détermination de l'année de calcul :

La détermination de l'année de calcul a pour but de tirer la quantité de pluie utilisable par la plante, c'est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%)

Pour l'estimation de l'année sèche de fréquence 80% ; on utilise la formule suivante :

$$P_{\text{sec},i,80\%} = P_{i, \text{moy}} \times \frac{P \text{ théorique (80\%) annuelle}}{P \text{ théorique (50\%) annuelle}} \quad (0-15)$$

Avec i : mois

D'après les résultats d'adéquation de la loi Galton, on tire :

- P théorique (80%) annuelle= **77.2 mm**
- P théorique (50%) annuelle= **112 mm**

Les pluies mensuelles servant au calcul et au dimensionnement du réseau de notre périmètre sont présentées comme suit :

Table 0-41: Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
$P_{i, \text{moy}}$ (mm)	15.7	12.03	12.68	9.95	16.44	7.5	18.12	14.62	8.52	4.7	0.27	2.77
$P_{i, 80\%}$ (mm)	10.82	8.29	8.74	6.86	11.33	5.17	12.49	10.08	5.87	3.24	0.19	1.91

V.3 Calcul des besoins en eaux

Les besoins en eau des cultures sont définis comme étant la quantité d'eau totale utilisée par cette culture (par une plante au cours de son cycle végétatif). Cette quantité comprend aussi les apports naturels (pluie, réserve du sol).

V.3.1 Evapotranspiration

Nous appelons évapotranspiration, la quantité d'eau consommée, qui comprend d'une part l'eau transpirée par la plante, d'autre part l'évaporation directe à partir du sol, la dernière n'est importante que dans le cas de couverts végétaux discontinus.

V.3.2 Evapotranspiration potentielle ou de référence (Michel DUCROCQ, 1982)

C'est le niveau d'évaporation d'une surface importante d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 et 15 cm), en croissance active, recouvrant complètement le sol et alimenté en eau de façon non restrictive »

C'est en principe la valeur maximale possible de l'évapotranspiration dans des conditions climatiques données, cette définition se heurte à certaines difficultés d'interprétation, nous considérons plutôt dans la pratique l'évapotranspiration potentielle comme une référence et nous la définissons comme étant l'évapotranspiration d'un couvert végétal bas, homogène dont l'alimentation en eau n'est pas limitant et qui n'est pas soumis à aucune limitation d'ordre nutritionnelle, physiologique ou pathologique .

V.3.3 Evapotranspiration maximale (ETM ou ETC)

C'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture donnée, à un stade végétatif donné et dans des conditions climatiques données. Sa valeur est théoriquement inférieure ou égale à l'ETP, en fait il n'est pas rare de trouver pour certaines cultures des valeurs d'ETM supérieures à l'ETP, en fin nous posons :

$$ETM = Kc \times ETP \quad (0-16)$$

Avec : Kc ; coefficient cultural qui dépend de la culture et du stade végétatif.

La figure V-3 montre les variations du coefficient culturel en fonction du cycle végétatif annuel

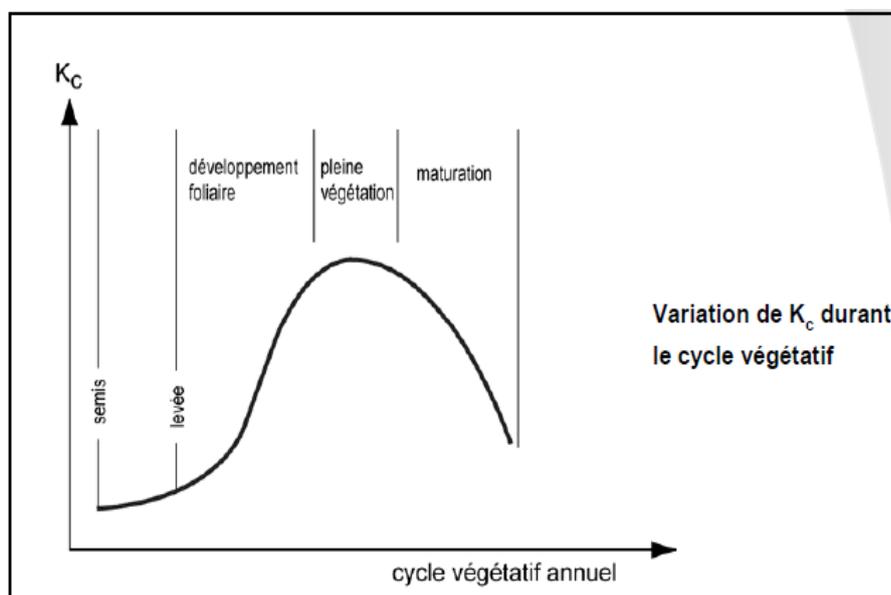


Figure 0-21: la variation de Kc

V.3.4 Evapotranspiration réelle (Michel DUCROCQ, 1982)

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 inférieure ou égale à l'ETP selon que les conditions de celle-ci sont réunies ou non.

V.3.5 Estimation de l'évapotranspiration de références ETP

Pour prédire l'évapotranspiration de référence on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques, parmi les plus employées:

- ✓ Méthodes de lysimètre
- ✓ Méthodes des stations expérimentales
- ✓ Méthodes directes de l'évaporation
- ✓ Méthodes empiriques,

En ce qui concerne les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul dont les principales sont : Blaney – Cridle , Turc , Penman et Monteith modifiée. , Prinstley- Taylor Makkink , Hargreaves et Thornthwaite .

La formule la plus utilisée dans les régions arides et semi aride est celle de Blaney-Cridle.

a. Formule de Turc 1960 : basée sur la température et le rayonnement

Pour le calcul de ETP mensuelles nous pouvons utiliser la formule de Turc donnée par :

$$ETP = 0.4 \times (I_g + 50) \times \frac{t}{t+15} \times k \quad (0-17)$$

Avec :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

I_g : Radiation globale mensuelle (cal/cm²/jour)

b. Formule de Blaney- Criddle 1959:

Elle utilise des paramètres facilement accessibles et introduit des coefficients cultureux susceptibles d'ajustement aux données locales éventuelles. Le facteur f (en mm) de cette formule s'exprime comme suit :

$$f = (0.46 \times T + 8.13) \times P \quad (0-18)$$

Où :

T : (°C) est la température moyenne

P : le pourcentage de la durée d'éclairement pendant la période considérée.

c. Formule de Thornthwaite 1948 :

C'est une formule qui utilise un seul paramètre qui est la température :

$$ETP = 16 \left(\frac{10+t^a}{I} \right) k \quad (0-19)$$

Où :

t : est la température moyenne mensuelle (°C),

a : est fonction de l'indice thermique mensuel et K : coefficient d'ajustement mensuel.

d. Formule de Penman 1948:

La méthode utilisée pour calculer les valeurs de l'évapotranspiration de référence ET₀ est celle qui est exposée dans les bulletins FAO série « d'irrigation et drainage N° 24 des besoins en eau des cultures ».

$$ET_0 = C[W \times R_n + (1 - W) \times f(u) \times (e_a - e_d)] \quad (V.20)$$

Avec :

ET0 : représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm/jour.

W : facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différentes températures et altitudes.

Rn : rayonnement net évaporation équivalente exprimé en mm/j.

F (u) : fonction liée au vent

Ea : tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars

Ed : tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars

(ea-ed) : constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

La détermination de l'évapotranspiration de référence été faite en se basant sur la formule de Penman-Monteith modifiée, avec le logiciel CROPWAT. Pour le calcul, nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Biskra:

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

Le tableau V.6 représente ET0, calculée à l'aide du logiciel CROPWAT.

Table 0-42: Calcul de l'évapotranspiration de référence de station de Biskra(061416).

Month	Avg Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	11.6	58	423	7.3	11.4	2.68
February	13.7	50	389	8.2	14.7	3.54
March	16.9	43	432	8.6	18.3	5.09
April	20.2	37	527	9.6	22.3	7.13
May	26.0	33	467	10.4	25.0	8.95
June	30.7	28	406	11.2	26.6	10.28
July	34.3	26	363	11.3	26.5	10.79
August	34.1	29	346	10.9	24.6	10.07
September	29.0	41	337	8.9	19.5	7.38
October	23.5	47	346	8.4	15.7	5.43
November	15.3	54	337	7.6	12.1	3.24
December	12.8	60	354	6.9	10.3	2.47
Average	22.3	42	394	9.1	18.9	6.42

V.3.6 Calcul de la pluie efficace :

Elle est définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur. C'est la pluie effectivement retenue dans la zone racinaire.

Pour l'estimation de la pluie efficace, nous avons pris en considération la méthode basée sur une fraction de la pluie totale (pourcentage), elle est détaillée comme suit :

$$P_{eff} = 0.8 \times P_{moy} \quad (0-20)$$

avec :

P_{eff} : pluie annuelle efficace en (mm/mois).

P_{moy} : pluie moyenne en (mm/mois).

Le calcul de pluie efficace est fait avec le logiciel CropWat.

Table 0-43: calcul de pluie efficace avec logiciel CropWat.

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	11.3	9.1
February	5.2	4.1
March	12.5	10.0
April	10.1	8.1
May	5.9	4.7
June	3.2	2.6
July	0.2	0.2
August	1.9	1.5
September	10.8	8.7
October	8.3	6.6
November	8.7	7.0
December	6.9	5.5
Total	85.0	68.0

V.3.7 Evaporation maximale de culture (ETM) :

Elle exprime les besoins en eau des cultures suivant leur stade végétatif, elle est donnée par la formule suivante :

$$ETM = K_c \times ET_0 \quad (0-21)$$

avec :

K_c : coefficient cultural.

ET_0 : évapotranspiration de référence, en mm.

Les Coefficients cultureux (Kc) :

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante, de la force du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne minimale de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin

« Irrigation et drainage », (Bulletin F.A.O, N° 24 et 33).

Les coefficients cultureux des cultures de notre périmètre sont détaillés dans le tableau V.8:

Table 0-44: Coefficients cultureux des cultures envisagées (bulletins FAO).

Culture	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
palmier	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Olivier	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Blé	1.05	1.05	1.05	0.65						0.3	0.7	0.7
Maïs				0.5	1.15	1.15	0.6	0.6				0.7
Vesce	0.9	0.9	0.7	0.4						0.3	0.6	0.65
luzerne	0.58	0.65	0.8	0.95	0.95	0.98	1.05	0.58	0.65	0.8	0.95	0.95

V.3.8 Besoins en eau d'irrigation nette d'une culture

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

$$\mathbf{B} = \mathbf{ETM} - (\mathbf{Peff} + \mathbf{RFU}) \quad \mathbf{(0-22)}$$

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

E.T.M : évapotranspiration (mm/mois).

RFU : La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuage et le point de flétrissement.

Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité qui s'approche du point de flétrissement, on considère donc la Réserve Facilement Utilisable (RFU). On considère généralement que la RFU correspond au 2/3 de la réserve Utile, selon le type de cultures. On obtient donc :

$$\mathbf{RFU} = (\mathbf{Hcc} - \mathbf{Hpf}) \times \mathbf{Y} \times \mathbf{Z} \times \mathbf{da} \quad \mathbf{(0-23)}$$

Avec :

Hcc : l'humidité du sol à la capacité au champ

Hpf : l'humidité du sol au point de flétrissement ;

Y= degré de tarissement généralement égal à 2/3

Z : Profondeur d'enracinement (mm)

da : Densité apparente du sol égal à 1.4

V.3.9 Choix des cultures

Pour le choix des cultures, et vu les aptitudes culturales des sols et les spéculations agricoles de la région de Biskra, nous avons opté pour les l'arboriculture (palmier dattier et l'olivier) et les cultures céréalières (blé, la vesce et la luzerne). L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique.

Les différents besoins des cultures sont calculés comme suit :

Table 0-45: Besoins en eau d'irrigation de palmier dattier.

Mois	P eff (mm)	ETP (mm)	RFU _{théo} (mm)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
Janvier	9.1	83.21	298.67	0	0.8	66.57	53.37
Février	4.1	99.2	298.67	0	0.8	79.36	73.36
Mars	10	157.71	298.67	0	0.8	126.17	111.67
Avril	8.1	213.88	298.67	0	0.8	171.10	159.40
Mai	4.7	277.46	298.67	0	0.8	194.22	187.42
Juin	2.6	308.34	298.67	0	0.8	185.00	181.20
Juillet	0.2	334.55	298.67	0	0.8	200.73	200.53
Aout	1.5	312.26	298.67	0	0.8	156.13	153.93
Septembre	8.7	221.29	298.67	0	0.8	177.03	164.43
Octobre	6.6	168.2	298.67	0	0.8	134.56	124.96
novembre	7	97.27	298.67	0	0.8	77.82	67.72
décembre	5.5	76.47	298.67	0	0.8	61.18	53.18

Table 0-46: Besoins en eau d'irrigation pour l'olivier

Mois	P eff (mm)	ETP (mm)	RFU _{théo} (mm)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
Janvier	9.1	83.21	179.20	0	0.65	54.09	40.89
Février	4.1	99.2	179.20	0	0.65	64.48	58.48
Mars	10	157.71	179.20	0	0.65	102.51	88.01
Avril	8.1	213.88	179.20	0	0.65	139.02	127.32
Mai	4.7	277.46	179.20	0	0.75	208.10	201.30

Juin	2.6	308.34	179.20	0	0.75	231.26	227.46
Juillet	0.2	334.55	179.20	0	0.75	250.91	250.71
Aout	1.5	312.26	179.20	0	0.70	218.58	216.38
Septembre	8.7	221.29	179.20	0	0.65	143.84	131.24
Octobre	6.6	168.2	179.20	0	0.65	109.33	99.73
novembre	7	97.27	179.20	0	0.65	63.23	53.13
décembre	5.5	76.47	179.20	0	0.65	49.71	41.71

Table 0-47: Besoins en eau d'irrigation pour le blé

Mois	P eff (mm)	ETP (mm)	RFU_{théo} (mm)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
Janvier	9.1	83.21	74.67	0	1.05	87.37	74.17
Février	4.1	99.2	89.60	0	1.05	104.16	98.16
Mars	10	157.71	104.53	0	1.05	165.60	151.10
Avril	8.1	213.88	104.53	0	0.65	139.02	127.32
Mai	4.7	277.46					
Juin	2.6	308.34					
Juillet	0.2	334.55					
Aout	1.5	312.26					
Septembre	8.7	221.29					
Octobre	6.6	168.2	29.87	0	0.3	50.46	40.86
novembre	7	97.27	44.80	0	0.7	68.09	57.99
décembre	5.5	76.47	59.73	0	0.7	53.53	45.53

Table 0-48: Besoins en eau d'irrigation pour le maïs

Mois	P eff (mm)	ETP (mm)	RFU_{théo} (mm)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
Janvier	9.1	83.21					
Février	4.1	99.2					
Mars	10	157.71					
Avril	8.1	213.88	14.93	0	0.5	106.94	95.24

Mai	4.7	277.46	29.87	0	1.15	319.08	312.28
Juin	2.6	308.34	44.80	0	1.15	354.59	350.79
Juillet	0.2	334.55	59.73	0	0.6	200.73	200.53
Aout	1.5	312.26	74.67	0	0.6	187.36	185.16
Septembre	8.7	221.29					
Octobre	6.6	168.2					
novembre	7	97.27					
décembre	5.5	76.47					

Table 0-49: Besoins en eau d'irrigation pour la vesce

Mois	P eff (mm)	ETP (mm)	RFU _{théo} (mm)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
Janvier	9.1	83.21	8.96	0	0.9	74.89	61.69
Février	4.1	99.2	14.93	0	0.9	89.28	83.28
Mars	10	157.71	29.87	0	0.7	110.40	95.90
Avril	8.1	213.88	59.73	0	0.4	85.55	73.85
Mai	4.7	277.46					
Juin	2.6	308.34					
Juillet	0.2	334.55					
Aout	1.5	312.26					
Septembre	8.7	221.29					
Octobre	6.6	168.2	4.48	0	0.3	50.46	40.86
novembre	7	97.27	5.97	0	0.6	58.36	48.26
décembre	5.5	76.47	7.47	0	0.65	49.71	41.71

Table 0-50: Besoins en eau d'irrigation pour la luzerne

Mois	P eff (mm)	ETP (mm)	RFU _{théo} (mm)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
Janvier	9.1	83.21			0.58		
Février	4.1	99.2			0.65		
Mars	10	157.71			0.80		
Avril	8.1	213.88	44.80	0	0.95	203.19	191.49
Mai	4.7	277.46	74.67	0	0.95	263.59	256.79
Juin	2.6	308.34	89.60	0	0.98	302.17	298.37
Juillet	0.2	334.55	119.46	0	1.05	351.28	351.08
Aout	1.5	312.26	134.40	0	1.10	343.49	341.29
Septembre	8.7	221.29	149.33	0	1.15	254.48	241.88
Octobre	6.6	168.2			0.40		
novembre	7	97.27			0.40		

décembre	5.5	76.47			0.45		
----------	-----	-------	--	--	------	--	--

V.4 Calcul du débit spécifique

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 22 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle. Les débits spécifiques (en l/s/ha) sont définis par la formule suivante :

$$q = \frac{Bm}{T \cdot t \cdot 3600 \cdot Ei} \quad (0-24)$$

Bm : Besoins mensuels maximum net (m³/ha)

T : Temps d'irrigation par jour = (24 h)

t : Nombre de jours du mois d'irrigation= (30 j)

Ei: Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation≈ 0.75

Table 0-51: Calcul des besoins en eau des cultures

Mois culture	Jan	Fév	mar	Avr	mai	Juin	Juil	aout	sep	Oct	nov	déc	annuel
Palmier	53.37	73.36	111.67	159.4	187.42	181.2	200.53	153.93	164.43	124.96	67.72	53.18	1531.17
Olivier	40.89	58.48	88.01	127.32	201.3	227.46	250.71	216.38	131.24	99.73	53.13	41.71	1536.36
Blé	74.14	98.16	151.1	127.32						40.86	57.99	45.53	595.1
maïs				95.24	312.28	350.79	200.53	185.16					1144
Vesce	61.69	83.28	95.90	73.85						40.86	48.26	41.71	445.55
luzerne	0	0	0	191.49	256.79	298.37	351.08	341.29	241.88				1680.89
Besoin total	230.09	313.28	446.68	774.62	957.79	1057.82	1002.85	896.76	537.55	306.41	227.1	182.13	6933.08

V.5 Lessivage des sols

Le lessivage est une pratique qui consiste à appliquer des doses d'eau supplémentaires, en dehors des besoins en eau des plantes, cela, afin d'entraîner tout ou une partie des sels dissout dans le sol en profondeur, hors de la zone racinaire des cultures.

Il permet le maintien de la salinité du sol à un seuil souhaité.

V.5.1 Le rôle du lessivage

En culture irriguée, l'objectif de lessivage du sol est d'éliminer les sels qui se sont accumulés sous l'effet de l'évapotranspiration dans la partie du sol exploitée par les racines (sels préexistants ou apportés par les eaux d'irrigation)

Le lessivage implique donc la connaissance de la dose (excès) d'eau apportée pour abaisser la salinité à un niveau satisfaisant.

V.5.2 Notions du bilan salin dans un sol

Le bilan salin dans le sol permet d'évaluer la quantité des sels stockés au bout d'un certain nombre d'irrigation, il s'écrit sous l'expression :

$$\Delta S = I_w \times C_i - D_w \times C_d + S_a + S_s + S_p + S_e \quad (0-25)$$

Avec :

ΔS : La variation du stock de sels dans le sol.

I_w : Le volume d'eau d'irrigation.

C_i : La concentration en sels de l'eau d'irrigation.

C_d : Concentration en sels de l'eau de drainage.

S_a : La quantité de sels apportés par les engrais ou amendement.

S_p : La quantité de sels mise en solution par l'eau traversant le sol.

S_e : La quantité de sels consommés par les plantes.

L'idéal serait de parvenir à un modèle où ΔS serait égale à zéro, c'est-à-dire supposé.

$$S_a \times S_s \times S_p \times S_e = 0.$$

V.5.2 Périodes et méthodes de lessivage des sols

Dans les zones arides ou semi-arides, les doses de lessivage doivent être apportées comme doses d'irrigation. En effet, les sols salés, il faut non seulement couvrir les besoins d'évapotranspiration de la culture et les besoins d'humectation et d'évaporation du sol avec une quantité d'eau, mais il faut ajouter une quantité supplémentaire pour dissoudre les sels solubles, et qui seront évacués en dehors de la zone racinaire.

On appelle la quantité supplémentaire la dose de lessivage.

Cette méthode de lutte contre la salinité a pour but de limiter l'extension des terres salées, de récupérer les sols, ainsi d'améliorer les rendements des cultures.

Lessivage capital (initial): consiste à ramener une grande quantité d'eau pour lessiver le sol.

Lessivage continus (lessivage d'entretien): Pour ce mode, la dose de lessivage est apportée par fraction en même temps que les doses d'irrigation, c'est à dire qu'on ne laissera pas les sels s'accumuler dans le sol, ils seront progressivement lessivés. Le système d'irrigation en place sert donc à l'application des doses de lessivage avec les doses d'irrigation.

La formule la plus simple pour l'estimation de la fraction de lessivage d'entretien serait:

$$LR = \frac{D_w}{I_w} = \frac{C_i}{C_d} = \frac{C_e I_w}{C_e D_w} \quad (0-26)$$

En 1972 Mr Rhodes a présente la formule, qui permet l'appréciation de la fraction de lessivage d'entretien d'une manière plus raisonnable.

$$LR = \frac{ECw}{5ECe - ECw} \quad (0-27)$$

LR : Fraction minimal de lessivage d'entretien en%.

ECw: Conductivité électrique de l'eau d'irrigation ($ECw = 2.4 \text{ mmhos/cm}$).

ECe : Limite de l'extrait de pate saturée par les cultures qui provoque une chute de rendement de 10% (d'après la table de FAO)

Donc: pour $ECe = 4 \text{ mmhos/cm}$.

$$LR = \frac{2.4}{5 \cdot 4 - 2.4} = 0.14$$

Contrairement à celui capital, ce type consiste à ramener de l'eau sous forme de doses supplémentaires avec ceux d'irrigation et ce type de lessivage la qu'on va utiliser dans notre projet.

V.5.4 Calcule de dose de lessivage

En utilisant la formule de RHOADS (Leaching Requirement) :

$$V = \frac{LR \cdot ETM}{1 - LR} \quad (0-28)$$

On a résumé le calcul de la dose de lessivage des cultures dans les tableaux ci-dessous

Table 0-52: Calcul de la dose de lessivage

Mois Culture	Jan	fév	mar	Avr	mai	Juin	juil	aout	sep	Oct	nov	déc	annuel
<i>Palmier</i>	10.65	12.70	20.19	27.38	31.08	29.60	32.12	24.98	28.33	21.53	12.45	9.79	260.78
<i>Olivier</i>	8.65	10.32	16.4	22.24	33.3	37	40.15	34.97	23.01	17.49	10.12	7.95	261.61
<i>Blé</i>	13.98	16.67	26.5	22.24						8.07	10.89	8.56	106.92
<i>mais</i>				17.11	51.05	56.73	32.12	29.98					186.99
<i>Vesce</i>	11.98	14.28	17.66	13.69						8.07	9.34	7.95	82.98
<i>luzerne</i>				32.51	42.17	48.35	56.20	54.96	40.72				274.91
<i>Besoin total</i>	45.26	53.97	80.75	135.17	157.61	171.68	160.59	144.88	92.06	55.17	42.80	34.26	1174.20

Table 0-53: Calcul de la dose d'irrigation totale (besoin de culture + lessivage)

Mois culture	jan	fév	mar	Avr	mai	Juin	juil	aout	sep	Oct	nov	déc	annuel
<i>Palmier</i>	64.02	86.06	131.85	186.78	218.50	210.80	232.65	178.91	192.76	146.49	80.17	62.96	1791.95
<i>Olivier</i>	49.54	68.80	104.41	149.57	234.59	264.46	290.86	251.36	154.25	117.22	63.24	49.66	1797.96
<i>Blé</i>	88.15	114.83	177.59	149.57						48.93	68.88	54.09	702.04

maïs				112.35	363.33	407.53	232.65	215.13	0.00	0.00	0.00	0.00	1330.99
Vesce	73.67	97.56	113.56	87.54						48.93	57.60	49.66	528.53
luzerne				224.00	298.96	346.72	407.28	396.24	282.60				1955.80
Besoin total	275.38	367.25	527.41	909.80	1115.38	1229.51	1163.44	1041.65	629.61	361.58	269.89	216.37	8107.27

D'après le tableau V.17, les besoins de pointe correspondent au mois de juin, soient donc **1229.51**mm/mois. Le débit spécifique calculé est très important, il est de 6.32 l/s/ha, ce débit dépasse les normes (1.5 l/s/ha), ce qui risque d'aboutir à un surdimensionnement. Dans ce cas, on a deux méthodes pour estimer le débit spécifique :

- Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante ; Dans notre cas, la culture la plus exigeante est le maïs (Mois de juin), avec des besoins estimés à 407.53 mm/mois, le débit spécifique est donc : 2.1 l/s/ha. Comme on est encore hors les normes, on procède la deuxième méthode : On prend donc la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures pour le mois de pointe. Le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est donc de : **1.41 l/s/ha**.

Pour notre périmètre ayant une superficie de 150 hectares, le débit du réseau (débit caractéristique) sera : $Q_c = 1.41 * 150 = 211.5$ l/s

V.5.5 Estimation des besoins en eau totaux:

La connaissance des volumes totaux d'irrigation est indispensable, elle permet de prévoir les volumes d'eau nécessaire à fournir par la STEP pour le périmètre et d'effectuer un meilleur calendrier d'arrosage.

Etant donné, que nous avons pris en considération un assolement triennal, nous avons calculé les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant, en plus des besoins de l'arboriculture (hors assolement).

V.5.6 Calcul des besoins bruts en eau d'irrigation :

Les besoins bruts du périmètre sont estimés à partir des besoins nets de chaque culture.

Cette estimation dépend des paramètres suivants :

- L'efficacité du système d'irrigation ;
- La répartition des différentes cultures adaptées ;
- La superficie irriguée.

On calcule les besoins bruts d'après la formule suivante :

$$B. \text{ brute} = \frac{B_{\text{net}}}{E_i} \quad (0-29)$$

B.brute : Besoin brut des cultures (mm)

Bnet : Besoin des cultures (mm)

Ei : L'efficacité globale du système d'irrigation, on prend $E_i = 0.75$

Table 0-54 : Besoins en eau totaux calculés pour le périmètre de Mezdour

Assolement	Culture	B _{net} (mm)	B _{bruts} (mm)	B _{bruts} (m ³ /ha)	Surface (ha)	B tot (m ³)
------------	---------	-----------------------	-------------------------	---	--------------	-------------------------

Sol I	Mais	1330.99	1774.65	17746.53	15.00	266198.00
Sol II	Vesce	528.53	704.71	7047.07	15.00	105706.00
Sol III	Orge	702.40	936.53	9365.33	15.00	140480.00
Sol IV	luzerne	1955.80	2607.73	26077.33	15.00	391160.00
Hors assolement	Palmier	1791.95	2389.27	23892.67	50.00	1194633.33
	olivier	1797.96	2397.28	23972.80	40.00	958912.00
Total		8107.27	10809.69	108096.93	150.00	3057089.33

V.6 Conclusion

Au cours de ce chapitre, et après la vérification de l'homogénéité de notre série pluviométrique et l'adéquation avec la loi log normal, nous avons pu estimer les besoins nets en eau d'irrigation pour les cultures de notre périmètre. Le mois de pointe est le mois de juin, les besoins nets totaux annuels sont de 3057089.33 m³. Il est à conclure que la capacité de production de la STEP de Biskra suffit à l'alimentation de notre périmètre

CHAPITRE VI : ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION

VI CHAPITRE VI : ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION

VI.1 Introduction

Le présent chapitre a pour but de proposer un schéma d'aménagement pour irriguer le périmètre de Mezdour à partir des eaux usées épurées de la STEP de la ville de Biskra, et ça pour renforcer les ressources en eau du périmètre d'étude.

VI.2 Orientations du choix du périmètre à aménager

Proximité du site de la STEP

Les zones aptes à l'irrigation qui sont plus proches de la STEP, ont été privilégiées, afin de limiter les couts des infrastructures d'adduction jusqu'à l'entrée du périmètre, rappelons aussi que la STEP se localise dans la partie Est du périmètre (dans le périmètre).

Production d'eau conforme aux normes

Les eaux usées épurées de la STEP de la ville de Biskra répondent largement aux normes internationales prise en considération lors de l'irrigation par les eaux usées épurées. ces derniers sont rejetées directement sur l'oued Biskra. D'ou l'utilité de les exploiter sera un investissement trop important.

Topographie du site

Les zones topographiquement les plus basses ont été privilégiées afin de limiter les contraintes et les couts liés au pompage pour l'alimentation du périmètre.

Critères socio-économiques

Les zones où le nombre de bénéficiaires est important, où les futurs bénéficiaires sont les plus actifs et motivés pour une mise en valeur en irrigué, ont été privilégiés.

VI.3 Description du schéma d'aménagement proposé

VI.3.1 Problématique

En raison des contraintes topographiques (pente faible), hydrauliques (faible charge à la sortie de la STEP) donc l'irrigation gravitairement directe à partir de la STEP ne sera pas suffisante pour répondre aux exigences des cultures (pression admissible), pour meilleurs résultats technico-économiques, on s'intéresse à analyser deux autres variantes d'aménagement :

Variante n°01 :

Un réservoir surélevé est prévu pour stocker l'eau et garantir une distribution gravitaire vers la tête du réseau et par la suite, desservir les exploitations de notre périmètre, Une station de pompage sera implantée à l'aval de la STEP pour refouler les eaux produites par cette dernière dans le réservoir. Le volume à stocker est défini à partir de la confrontation des volumes nécessaires à l'irrigation.

Variante n°02 :

Projeter une station de pompage jouant le rôle d'un supprimeur qui sert à garantir l'alimentation directe des différents îlots du périmètre permettant ainsi d'assurer une pression suffisante au niveau des bornes les plus défavorisées. Le choix des pompes est basé sur le débit nécessaire et le dénivelé entre le point le plus défavorable et le supprimeur incluant la perte de charge totale.

VI.3.2 Choix de variante

Après l'analyse comparative, on a conclu que la deuxième variante est à éviter pour les raisons suivantes :

- Le cout d'investissement de la station de pompage est élevé.
- le périmètre ne sera pas irrigué en cas de cassure ou fuite dans la conduite.
- La consommation d'énergie électrique est très couteuse.
- Le rendement réel de pompage est faible.
- Le rendement électrique diminue avec le temps.
- Maintenance souvent inadéquate.
- Pollution de l'environnement.

Par contre, en plus de la limitation de ces inconvénients pour la première variante, le stockage des eaux épurées dans un bassin jouant le rôle de réservoir offre les avantages suivants :

- Garantir une offre d'eau épurée à la demande du calendrier d'irrigation des cultures et indépendamment des variations de débits journaliers des effluents.
- Disposer d'une réserve d'eau en cas d'arrêt momentané de la station d'épuration à cause d'une panne.

Donc on garde la variante du réservoir surélevé (1^{ère} variante). Le schéma descriptif de l'aménagement est illustré dans la figure VIII-1

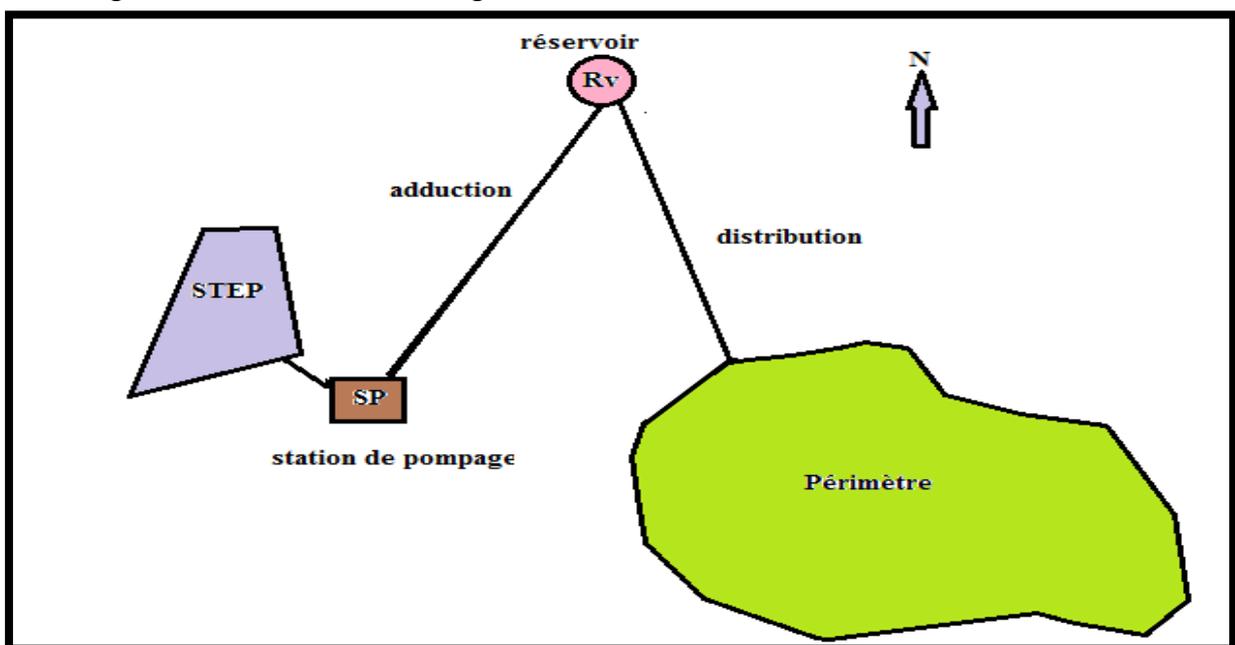


Figure VI-22:Schéma descriptif de l'aménagement proposé

1. Tracé de la conduite

Pour le choix du tracé de la conduite d'adduction (refoulement) il sera tenu compte de certain impératif que qu'il faut respecter dans la mesure du possible :

- Il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes
- Dans le but d'économie du projet, le tracé doit être le plus court possible;
- Eviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et vibration de la canalisation au cours de la phase de surpression ;
- Eviter les forêts, bois et zones marécageuses ;
- Eviter autant que possible la traversée des obstacles (routes, voies ferrées, canaux, oueds,...).

2. Réservoir

Les critères les plus importants à respecter lors du l'emplacement sont :

- Adaptation d'une hauteur manométrique assurant la distribution gravitaire touche toutes les cultures du périmètre on assurant le point le plus défavorable.
- Adaptation d'une hauteur du réservoir moyennement petite pour assurer le traitement tertiaire par le rayonnement du soleil.
- Connaitre l'homogénéité du terrain ou le réservoir sera implanté par le fait des études géotechniques, afin de connaitre la portance des sols qui recevront ce réservoir d'une part et de s'assurer qu'on n'est pas en présence de nappe d'autre part.

VI.4 Découpage du périmètre en îlots d'irrigation

Le terme « îlot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimentée par une borne d'irrigation. Cette borne comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément, en particulier lorsqu'elle se trouve en limite de plusieurs exploitants. Chaque borne aura pour rôle :

- ❖ laisser passer ou arrêter le débit.
- ❖ Régler ce débit, ou plus exactement le limiter au module.
- ❖ Régler la pression

La position de chaque borne résulte d'un compromis entre l'intérêt économique qu'il y a à limiter le nombre des bornes et le désir d'une utilisation facile par l'agriculteur.

VI.4.1 Taille des îlots d'irrigation

La taille de l'îlot est déterminée en fonction des modèles d'exploitations élaborés suivant plusieurs critères : fonciers, topographiques, hydro-agricoles. Dans certains cas, la taille de l'îlot dépend du débit d'équipement de prise en relation avec le débit fictif continu maximum au niveau de l'îlot. En outre, le débit fourni par la prise d'irrigation soit

correspondre à une main d'eau compatible avec la méthode d'irrigation adoptée au niveau de l'exploitation.

VI.4.2 Rôle et fonction de la borne d'irrigation

- ❖ Le vannage
- ❖ La stabilisation de la pression
- ❖ La limite du débit et le comptage du volume d'eau

VI.4.3 Modalités de desserte de l'eau

VI.4.3.1 Distribution d'eau à la demande

Dans ce mode chaque irrigant étant libre d'utiliser le débit qu'il a souscrit à toute heure du jour ou de la nuit.

VI.4.3.2 Distribution au tour d'arrosage

Elle est inspirée du mode de desserte spécifique des réseaux d'irrigation de surface avec réseau collectif constitué de canaux à ciel ouvert dont le débit transité par chaque tertiaire correspond au module d'irrigation.

➤ Tour d'arrosage à la borne

Chacune des bornes représentant le tertiaire dans le réseau de surface, reçoit un débit correspondant au débit fictif continu ce qui constitue alors le module d'irrigation qui est utilisé successivement par les différentes prises de la borne.

➤ Tour d'arrosage au niveau de l'antenne

Dans le cas des petites propriétés, les modules disponibles en appliquant la modalité précédente pourront être trop faibles. On peut alors songer à regrouper plusieurs bornes sur une antenne donnée. Le débit fictif continu relatif aux superficies irriguées desservies par cette antenne constituera le module d'irrigation successivement délivré aux différentes prises de l'antenne.

Dans notre étude, le réseau a été dimensionné pour une irrigation à la demande, les débits des bornes, des canalisations seront donc calculés en fonction de ce type de demande.

VI.4.3.3 Calcul des débits des ilots

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. Ce débit a été évalué (cf chapitre V) à :

$$q_s = 1.41 \text{ l/s/ha}$$

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

$$Q_s = q_s \cdot S \quad (\text{VI-1})$$

Q_s = Débit caractéristique de chaque ilot (l/s)

q_s = Débit spécifique moyen (l/s/ha)

S = Superficie de l'ilot (ha)

Le tableau VI-1 récapitule les caractéristiques des ilots

Table VI-1: Caractéristiques des ilots

<i>N° d'ilot</i>	<i>N° de parcelle</i>	<i>Surface de parcelle (ha)</i>	<i>surface d'ilot (ha)</i>	<i>N° de borne</i>	<i>débit de prise (l/s)</i>	<i>débit de borne (l/s)</i>
1	1	10.18	10.18	B1	14.35	14.35
2	2	11.85	11.85	B2	16.71	16.71
3	3	11.80	11.80	B3	16.65	16.65
4	4	16.26	16.14	B4	22.92	22.76
5	5a	8.96	18.44	B5	12.64	26.00
	5b	9.47			13.36	
6	6	10.49	10.49	B6	14.79	14.79
7	7a	9.32	15.40	B7	13.14	21.71
	7b	2.9			4.09	
	7c	3.18			4.48	
8	8a	7.02	18.12	B8	9.89	25.55
	8b	11.10			15.65	
9	9a	6.75	13.15	B9	9.52	18.54
	9b	6.40			9.03	
10	10a	9.26	15.82	B10	13.06	22.30
	10b	6.55			9.24	
11	11a	5.23	8.64	B11	7.38	12.18
	11b	3.41			4.81	
total			150.00			211.50

VI.5 Choix du type et de diamètre de la borne

Le choix du type de la borne dépend de la surface à desservir par la borne :

Pour les surfaces $S \leq 15$ ha on prend la Borne à deux prises ;

Pour les surfaces $S > 15$ ha on prend la Borne à quatre prises.

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

Table VI-2: Choix de 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
------------	----------

Les diamètres des bornes et des prises sont présentés dans le tableau VI.3.

Table VI-3: Les diamètres des bornes et des prises.

<i>N° d'îlot</i>	<i>N° de parcelle</i>	<i>N° de borne</i>	<i>Nombre de prises</i>	<i>débit de prise (l/s)</i>	<i>Diamètre de prise (mm)</i>	<i>débit de borne (l/s)</i>	<i>Diamètre de borne (mm)</i>
1	1	B1	2	14.35	100	14.35	100
2	2	B2	2	16.71	100	16.71	100
3	3	B3	2	16.65	100	16.65	100
4	4	B4	4	22.92	150	22.76	150
5	5a	B5	4	12.64	200	26.00	200
	5b			13.36	100		
6	6	B6	4	14.79	100	14.79	100
7	7a	B7	4	13.14	100	21.71	150
	7b			4.09	65		
	7c			4.48	65		
8	8a	B8	4	9.89	100	25.55	200
	8b			15.65	100		
9	9a	B9	2	9.52	100	18.54	100
	9b			9.03	100		
10	10a	B10	4	13.06	100	22.30	150
	10b			9.24	100		
11	11a	B11	2	7.38	65	12.18	100
	11b			4.81	65		
total				211.50		211.50	

VI.6 Matériaux de construction des canalisations

VI.6.1 Choix du matériau des conduites

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol et de l'ordre économique (coût et disponibilité sur le marché local et leur production en Algérie) ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes... etc.).

VI.6.2 : Les matériaux

Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC, le PEHD et Béton précontraint.

VI.6.2.1 : Conduites en fonte

Présentent plusieurs avantages :

- Bonne résistance aux forces internes ;
- Bonne résistance à la corrosion ;

L'inconvénient est que les tuyaux en fonte sont très lourds, très chers et ne sont pas disponible sur le marché.

VI.6.2.2 : Conduites en acier

- Les tuyaux en acier sont plus légers que les tuyaux en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose ;
- Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement) ;

Leur inconvénient est la corrosion.

VI.6.2.3 : Conduites en PVC (Polyvinyle de chlorure)

- Bonne résistance à la corrosion ;
 - Disponible sur le marché ;
 - Une pose de canalisation facile ;
- Leur inconvénient est le risque de rupture.

VI.6.2.4 : Avantages des canalisations en PEHD

- Ils supportent des pressions élevées ;
- Une résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain);
- Ils peuvent être adaptés à toutes les conditions de service;
- Ils offrent une bonne flexibilité ;
- Disponible sur le marché.

Nous utiliserons les conduites en PEHD (polychlorure de vinyle non plastifié) pour les conduites dont le diamètre est inférieur ou égal à 500 mm et inférieur ou égale à 16 Bars.

VI.7 Dimensionnement des canalisations

Le dimensionnement optimal est une des problématiques auxquelles doit résoudre l'ingénieur. Dans un souci technico-économique, les dimensions des conduites doit répondre aux normes hydrauliques.

VI.7.1 Vitesses admissibles

La fixation d'un seuil de vitesse admissible dans les conduites, permet outre l'introduction

d'un seuil raisonnable de diamètre maximum, un compromis technique:

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

La vitesse admissible est choisie entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2 m/s comme vitesse maximale.

VI.7.2 Calcul des diamètres

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses. La formule de " LABYE " nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \quad (\text{VI-2})$$

Avec : **Q** : débit, exprimé en m³/s.

D: diamètre exprimé en mm

V : vitesse économique de l'ordre de 1.25 m/s

VI.7.3 Calcul des pertes de charge

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de Lechapt et Calmon, elle est donnée par l'expression suivante :

$$h_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \quad (\text{VI-3})$$

Avec h_{pu} : perte de charge unitaire en mm/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

C : coefficient compris une majoration de 10 % pour les pertes de charge singulière

Table VI-4: Les paramètres de perte de charge

(mm)	L	M	N
0,1	1,2	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

Pour une conduite en fonte ou en PEHD, nous avons la rugosité $K=0,1\text{mm}$, avec les paramètres suivants : $L=1.2$, $M=1.89$, $N= 5.01$.

Les résultats de calculs sont donnés dans le **Tableau VI.5:**

Table VI-5: Caractéristiques des conduites du réseau.

N° du	$L_{\text{tronçon}}$	Débit	Diamètre calculé	Diamètre normalisé	Vitesse	PDC unitaire	PDC Totale
-------	----------------------	-------	------------------	--------------------	---------	--------------	------------

tronçon	(m)	Q (l/s)	(mm)	(mm)	réelle (m/s)	h_{pu} (m/km)	ΔHt (m)
R-N1	666.51	211.50	473.84	500	1.08	2.26	1.5
N1-B1	231.23	14.35	123.43	125	1.17	14.51	3.35
N1-N2	164.78	197.15	457.48	500	1.00	1.98	0.33
N2-B5	206.09	26.00	166.12	200	0.83	4.23	0.87
N2-B2	343.2	16.71	133.18	160	0.83	5.61	1.93
N2-N3	227.86	154.44	404.91	500	0.79	1.25	0.28
N3-B3	319.38	16.65	132.93	160	0.83	5.57	1.78
N3-B6	206.85	14.79	125.31	160	0.74	4.46	0.92
N3-N4	119.21	123.01	361.36	400	0.98	2.48	0.30
N4-B7	278.48	21.71	151.70	160	1.08	9.18	2.56
N4-N5	154.09	101.33	327.98	400	0.81	1.72	0.26
N5-B4	285.89	22.76	155.43	160	1.13	10.07	2.88
N5-N6	333.36	78.57	288.81	315	1.01	3.52	1.17
N6-B8	256.77	25.55	164.68	200	0.81	4.10	1.05
N6-B10	195.77	22.30	153.87	160	1.11	9.69	1.90
N6-N7	193.27	30.72	180.60	200	0.98	5.80	1.12
N7-B11	181.78	12.18	113.73	125	0.99	10.65	1.94
N7-N8	161.42	18.54	140.29	160	0.92	6.83	1.10
N8-B9	242.9	18.54	140.30	160	0.92	6.83	1.66

VI.7.4 Calcul de pression aux bornes et nœuds

On suppose une moyenne pression (3.7bar) au point le plus défavorable B11 pour déterminer la cote piézométrique suivant la formule :

$$Cp_i = Ct_i + P_i \quad (VI-4)$$

Ensuite on calcule la cote piézométrique et la pression des différents nœuds de la conduite principale en partant de l'aval vers l'amont suivant la formule :

$$Cp_i = Cp_{i+1} + \Delta Ht_{i,i+1} \quad (VI-5)$$

Pour la cote du radier, l'implantation est choisie selon la cote la plus haute possible pour réduire la hauteur :

$$Cr = Ctr + H \quad (VI-6)$$

En fin, on calcule la pression au chaque point :

$$Pi = Cp_i - Cti \quad (VI-7)$$

Table VI-6: La pression aux bornes et nœuds en (m.c.e).

Nœud	Altitude (m)	Cote piézométrique (m)	Pression (m)
N1	71.8	107.03	35.23

B1	71.06	103.67	32.61
N2	69.9	106.70	36.80
B2	69.34	105.83	36.49
B5	69.56	104.77	35.21
N3	69	106.42	37.42
B3	68.5	104.64	36.14
B6	67.64	105.50	37.86
N4	68.07	106.12	38.05
B7	66.59	103.56	36.97
N5	68	105.86	37.86
B4	67.62	103.24	35.62
N6	67	104.69	37.69
B8	66.45	103.63	37.18
B10	66	102.79	36.79
N7	66	103.56	37.56
B11	65	101.63	36.63
N8	65	102.46	37.46
B9	63.8	100.80	37.00

VI.7.5 Simulation du réseau par le logiciel EPANET :

Après approche du diamètre des canalisations par un calcul hydraulique, on utilise le logiciel EPANET pour déterminer la vitesse et les pertes de charge au niveau de la conduite principale et dans chaque partie du réseau de distribution.

Les pertes de charge ont été estimées selon la formule de Darcy Weisbach :

$$J = \frac{\lambda V^2}{D2g} \quad (\text{VI-8})$$

Où V est la vitesse moyenne (m/s) et λ est le coefficient de perte de charge.

Les résultats de simulation sont présentés dans la figure ci-dessous :

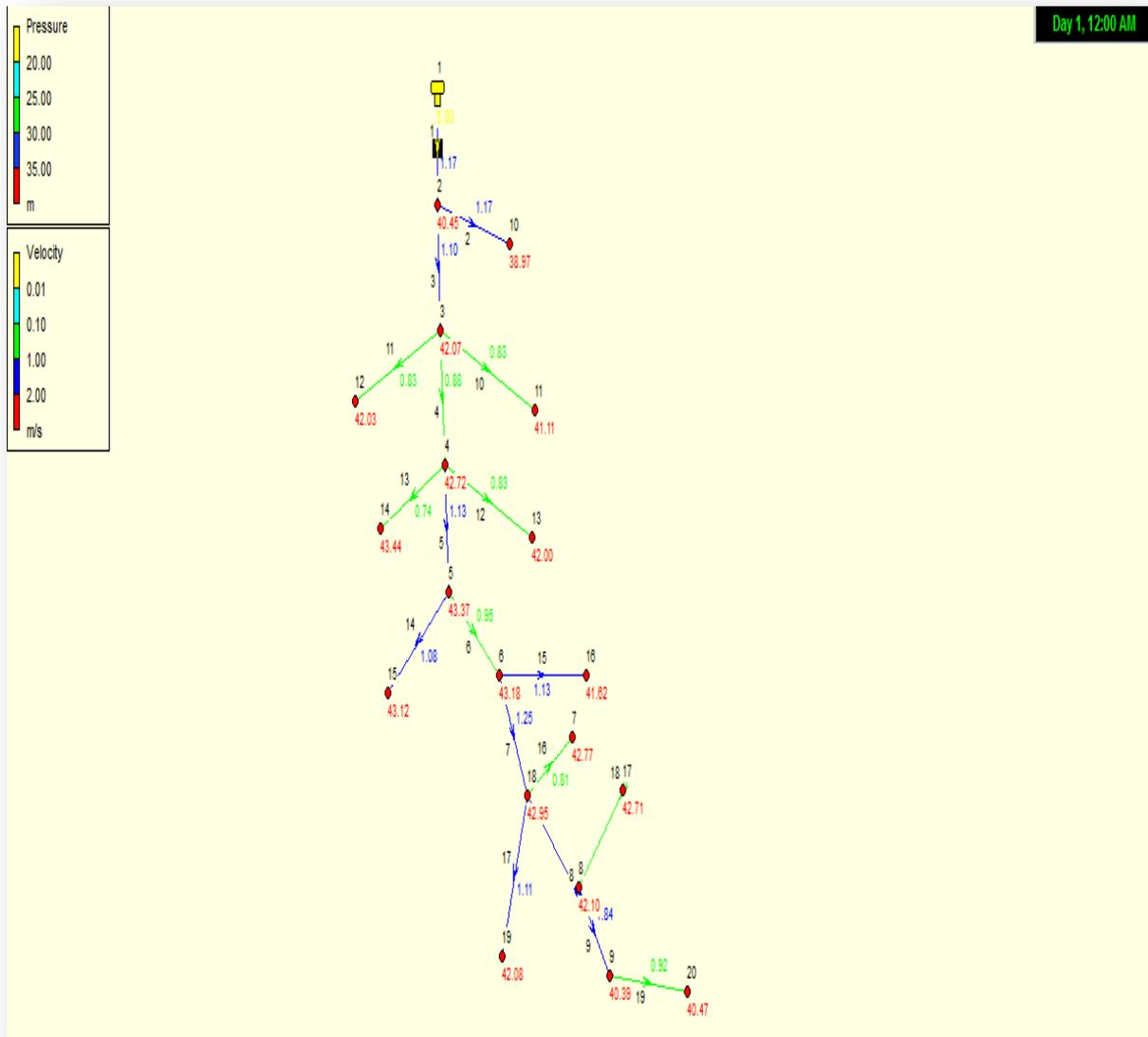


Figure VI-2: Réseau de distribution simulé par EPANET

VI.8 Dimensionnement du réservoir de distribution

Le volume du réservoir correspondra au volume d'eau correspondant à la tranche la plus exigeante.

L'irrigation se fera après remplissage du réservoir, donc à chaque fois une tranche est irriguée, on pompe l'eau de la STEP pour remplir le réservoir, puis on irrigue la tranche suivante:

On sait que :

$$V=Q \times T$$

Avec:

V : volume de la bache.

Q : Débit caractéristique

T : Temps de remplissage du réservoir : 2 H.

Sachant que :

$$Q_{\text{caractéristique}} = Q_{\text{sp}} * \text{surface}$$

Surface totale= 150 ha

$$Q_{\text{caractéristique}} = 211.5 \text{ l/s}$$

$$\text{Donc : } V = 211.5 * 0.001 * 2 * 3600 = 1522.8 \text{ m}^3 \text{ On prend } V = 1530 \text{ m}^3$$

On a $V = S * H$, sachant que H : La hauteur de réservoir : 5 m

$$\text{Donc } S = 306 \text{ m}^2$$

$S = \pi r^2$ (On suppose que le réservoir est circulaire) donc $r = 9.87 \text{ m}$,

on prend $D = 20 \text{ m}$

VI.9 Station de pompage :

Les stations de pompage sont des ouvrages hydrauliques servant à relever l'eau à une altitude supérieure. L'implantation de la station de pompage est nécessaire toutes les fois que l'on ne le dispose pas d'une pente suffisante pour véhiculer l'eau gravitairement. Elle est conçue, ainsi, pour abriter les pompes et les moteurs qui les entraînent.

Une station de pompage est projetée à proximité de la STEP de Biskra soit de **78.09 m** vers le Sud (sortie des eaux épurées), vu la topographie et la surface existante convenables.

VI.9.1 Choix des pompes :

Les hauteurs manométriques en fonctions de débits sont données dans les graphes (courbes caractéristiques) de divers groupes centrifuges, ces caractéristiques permettent de choisir les types des pompes en évitant le phénomène de cavitation.

Un grand intérêt est porté à une pompe pouvant fonctionner dans une zone à rendement maximal, ce qui entraîne une réduction de l'énergie à fournir.

Les critères de choix du type de pompe sont :

- ◆ Assurer le débit appelé Q_{app} et la hauteur HMT ;
- ◆ Meilleur rendement ;
- ◆ Vérifier la condition de non cavitation ;
- ◆ Encombrement et poids les plus faibles ;
- ◆ Vitesse de rotation la plus élevée ;
- ◆ puissance absorbée minimale ;

VI.9.2 Choix du nombre de pompe:

Le choix du nombre de pompe repose sur les critères suivants :

- Recherche de l'investissement minimal par limitation du nombre de pompe de groupe sans perdre de point de vue la sécurité de fonctionnement ;
- Assure la hauteur et le débit calculer ;

- Assurer le rendement maximal de pompe ;
- Présenter le minimum d'encombrement ;
- La disponibilité, surtout sur le marché national.

VI.9.3 Couplage des pompes :

On distingue deux types de couplage des pompes :

- Le couplage en série : ce type de couplage est utilisé en vue de l'augmentation de la hauteur d'élévation des pompes.
- Le couplage en parallèle : ce type de couplage est utilisé en vue de l'augmentation du débit refoulé par les pompes.

Pour notre cas, on a adapté à notre installation un couplage en parallèle.

VI.9.4 Le moteur électrique :

Les critères de choix du moteur électrique sont :

- Puissance absorbée minimale ;
- Position de l'arbre de transmission horizontale ou verticale ;
- Tension d'alimentation en fonction de la puissance du moteur et de l'investissement.

VI.10 La conduite de refoulement :

La conduite de refoulement, transporte l'eau sous pression de la station de pompage à la cote de 71 m, vers le bassin du stockage à la cote de 108.53m, cette dernière sera dimensionnée par le débit de la station de pompage projeté, qui doit être égale ou supérieure au débit du pointe des besoins, soit de $Q_{sp} = 761.4 \text{ m}^3/\text{h}$. avec une longueur totale égale a 691.84 m.

VI.10.1 Diamètre économique de conduite de refoulement :

Le choix de la gamme des diamètres sur laquelle portera notre étude sera donnée par les relations:

Bonin :

$$D_{éc} = \sqrt{Q} \quad (\text{VI-9})$$

Bresse :

$$D_{éc} = 1.5\sqrt{Q} \quad (\text{VI-10})$$

Où :

$D_{éc}$: diamètre économique de la conduite (m) ;

Q : débit véhiculé par la conduite (m^3/s).

Remarque : La formule de Bresse n'est valable que pour les petits projets (longueur < 1km)

VI.10.2 Hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique totale sera calculée de la manière suivante :

$$Hmt = Hg + \sum Hp \quad (\text{VI-11})$$

H_g : Différence de niveau entre le plan d'aspiration et le plan de refoulement (m) ;

$\sum Hp$: Somme des pertes de charge linéaires et singulières (m).

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

$$\sum Hp = 1.1 \times \Delta hp^{lin} \quad (\text{VI-12})$$

Δhp^{lin} : Pertes de charge linéaires (m) ; elle est selon Darcy-Weisbakh) :

$$\Delta hp^{lin} = \frac{8 \times \lambda \times L \times Q^2}{\pi^2 \times g \times D^{5.3}} \times \lambda \quad (\text{VI-13})$$

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

Q : Débit à refouler (m^3/s) ;

L : longueur géométrique de la conduite (m) ;

λ : Coefficient de frottement qui est en fonction de la rugosité de la paroi interne de la conduite et du régime d'écoulement,

Formule de Nikuradzé :

$$\lambda = \left(1.14 - 0.86 \times \ln \frac{\varepsilon}{D} \right)^{-2} \quad (\text{VI-14})$$

Formule Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \times \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{\text{Re} \times \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{VI-15})$$

Remarque :

Dans les calculs introduisant le coefficient λ , ce dernier est estimé par la formule (VI.16)

Re : Nombre de Reynolds

$$\text{Re} = \frac{V \times D}{\nu} \quad (\text{VI-16})$$

V : vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s) ;

D : diamètre de la conduite (m) ;

ν : viscosité cinématique de l'eau (m^2/s).

ε : Rugosité absolue de la conduite ;

Table VI-7: Calcul de la hauteur manométrique (Hmt)

D(mm)	L (m)	Q (m^3/s)	V (m/s)	Re	λ	ΔHL (m)	ΔHT (m)	Hg	HMT
160	692	0.2115	10.52	1683917.20	0.079601	3367.99	3873.19	37.54	3910.73
200	692	0.2115	6.74	1347133.76	0.071565	927.96	1067.16	37.54	1104.70
250	692	0.2115	4.31	1077707.01	0.06471	257.14	295.72	37.54	333.26
315	692	0.2115	2.72	855323.02	0.05859	68.40	78.66	37.54	116.20
400	692	0.2115	1.68	673566.88	0.05313	17.49	20.11	37.54	57.65
500	692	0.2115	1.08	538853.50	0.04871	4.91	5.65	37.54	43.19

630	692	0.2115	0.68	427661.51	0.0447	1.32	1.52	37.54	39.06
-----	-----	--------	------	-----------	--------	------	------	-------	-------

VI.10.3 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 est déterminé par la relation suivante :

$$F_{am} = P_{rc} \times A \quad (\text{VI-17})$$

Avec :

P_{rc} : Prix de la conduite en (DA) ;

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

$$A = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i \quad (\text{VI-18})$$

A : Frais d'amortissement (DA) ;

i : Taux d'annuité ; $i = 10\%$;

n : Durée de l'amortissement de la conduite, $n = 30$ ans.

$$A.N : A = \frac{0,1}{(1+0,1)^{30} - 1} + 0,1 \Rightarrow A = 0,1061 = 10.61\%$$

Pour faire ce calcul, il est préférable de poser une gamme de diamètres normalisés, le tableau V.1 résume le prix d'achat de mètre linéaire de ces conduites en fonction de leurs diamètres normalisés, dont le type de matériaux choisi est PEHD.

Table VI-8: Calcul des frais d'amortissement

Diamètre (mm)	Diamètre (m)	Prix unitaire (DA)	Longueur (m)	Amortissement annuel(%)	Frais d'amortissement (DA)
160	0.16	1.786.51	692	10.61	131167.708.01
200	0.2	2.805.48	692	10.61	205981.708.18
250	0.25	4.340.56	692	10.61	318689.123.87
315	0.315	6.881.37	692	10.61	505238.443.04
400	0.4	11.116.05	692	10.61	816153.730.26
500	0.5	17.335.76	692	10.61	1272812.302.11
630	0.63	26.341.10	692	10.61	1933995.171.32

VI.10.4 Calcul des Frais d'exploitation :

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

$$F_{\text{exp}} = E \times e \quad (\text{VI-19})$$

Avec :

F_{exp} : Frais d'exploitation (DA) ;

E : Énergie totale dépensée par la pompe (Kw) ;

e : Prix unitaire d'un Kw imposé par la SONELGAZ. ($e=4,2\text{DA}$)

VI.10.4.1 Puissance des pompes:

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

$$P = \frac{g \times Q \times H_{\text{MT}}}{\eta} \quad (\text{VI-20})$$

Avec :

P : Puissance absorbée par la pompe (kw) ;

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

Q : Débit à refoulé (m^3/s) ;

H_{MT} : Hauteur manométrique totale (m) ;

η : Rendement du pompage (85%).

VI.10.4.2 Energie consommée par la pompe :

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

$$E = P \times T \times 365 \quad (\text{VI-21})$$

Avec :

E : Énergie totale consommée par la pompe pendant une année (kwh) ;

P : Puissance absorbée (Kw) ;

T : Temps de pompage en (heure); dans notre cas $T = 22\text{h}$.

Table VI-9: Calcul des frais d'exploitation

Diamètre (mm)	Diamètre (m)	Q (l/s)	HMT (m)	Puissance (kw)	Energie (kwh)	Frais d'exploitation (DA)
160	0.16	0.2115	3910.73	9545.93	76653855.79	321946194.30
200	0.2	0.2115	1104.70	2865.05	23006357.47	96626701.38
250	0.25	0.2115	333.26	864.31	6940387.30	29149626.67
315	0.315	0.2115	116.20	301.37	2420013.69	10164057.50
400	0.4	0.2115	57.65	149.52	1200612.63	5042573.04
500	0.5	0.2115	43.19	112.01	899477.09	3777803.78
630	0.63	0.2115	39.06	101.31	813530.81	3416829.39

VI.10.5 Bilan total des frais

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

Le calcul du bilan total des frais est représenté dans le tableau V1 et illustré dans la figure VI.2.

Table VI-10: Calcul du bilan total des frais

Diamètre (mm)	Frais d'amortissement (DA)	Frais d'exploitation (DA)	Bilan (DA)
160	131167.708.01	321946194.30	322077362.01
200	205981.708.18	96626701.38	96832683.09
250	318689.123.87	29149626.67	29468315.80
315	505238.443.04	10164057.50	10669295.95
400	816153.730.26	5042573.04	5858726.77
500	1272812.302.11	3777803.78	5050616.08
630	1933995.171.32	3416829.39	5350824.56

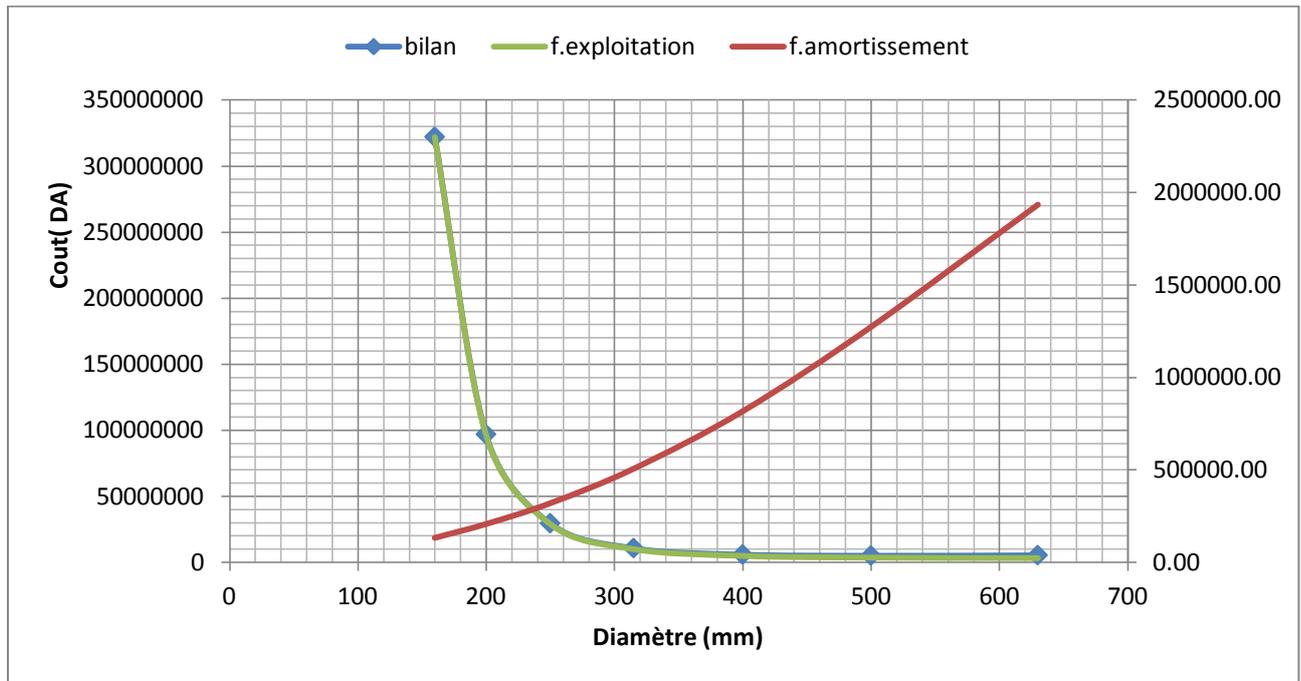


Figure VI-3: graphique du bilan des frais en fonction du diamètre.

Le diamètre économique d'après le bilan des frais est $D_{éc}=500 \text{ mm}$

VI.11 Détermination de la variante de pompage

Notre station de pompage est dimensionnée à partir d'un débit max, donc il faudra choisir un nombre de pompes qui assure un débit total égal à ce débit maximum.

On note le nombre, le type et les caractéristiques des pompes choisie par le logiciel CAPRARI PUMP TUTOR dans le tableau VI.10 :

Table VI-11: Variantes pour le choix du nombre de pompes

n	Q appelé (l/s)	HMT appelé (m)	Type de pompe	η (%)	P_{abs} (Kw)	Vitesse (tr/min)	$(NPSH)_r$ (m)
1	211.5	43.19	-	-	-	-	-
2	101.6	43.2	MEK-AZRBH2/125E	72.5	2900	131	5.01
3	70.5	43.2	PM 150/2D	78.4	1450	116	2.45
4	53.01	43.2	MEC-A2/100	76.5	2920	122	4.72

A partir de ce tableau, on remarque que la 3eme variante (03 pompes en parallèle) est le choix le plus convenable du point de vue rendement, puissance absorbée et nombre de pompes en parallèle. Elles ont les caractéristiques suivantes :

Pompe PM 150/2D

- Centrifuge multicellulaire pour hautes pressions à axe horizontal
- Roues, diffuseurs et corps d'aspiration : en fonte
- Corps d'aspiration, refoulement et corps d'étage : en fonte
- Corps de refoulement avec pieds de support et orifice de
- refoulement tourné vers le haut ; corps d'aspiration à bouche orientable
- Arbre en acier inoxydable entièrement protégé par une
- douille en acier inoxydable. Double palier
- Roulements à billes largement dimensionnés pour supporter les
- charges radiales et axiales dans les deux sens
- Garniture : à tresse, réglable à faible coefficient de frottement
- Hauteur d'arbre normalisée (UNI 2946).

➤ **Choix du moteur électrique :**

D'après le logiciel **Caprari** :

Nous avons choisi un moteur, présentant les caractéristiques suivantes :

Moteur électrique

- Asynchrones, triphasé, fermé, standardisé aux normes UNEL-CEI, ventilation extérieure, rotor en court-circuit

- Coffrages de construction: B3

- Protection: IP55

- Classe d'isolation: F

- puissance du moteur : 45 kw

• **Courbes caractéristiques des pompes :**

Pour chaque pompe dont la vitesse de rotation et le diamètre de la roue sont connus, on peut l'associer les courbes caractéristiques suivantes :

$[H-Q]$, $[P_{abs} - Q]$, $[\eta_p - Q]$, $[(NPSH)_r - Q]$.

Les courbes caractéristiques des pompes choisies sont représentées dans la figure suivante :

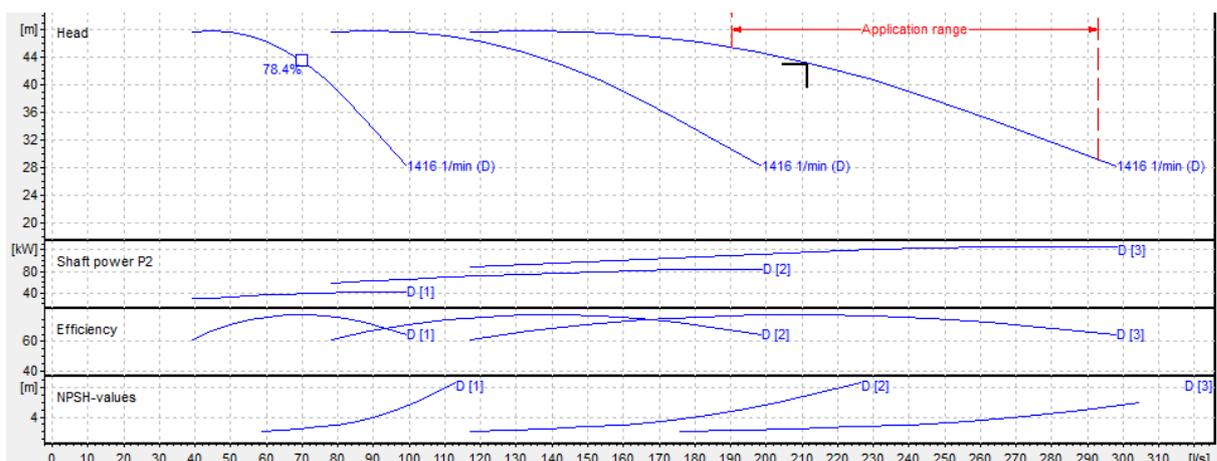


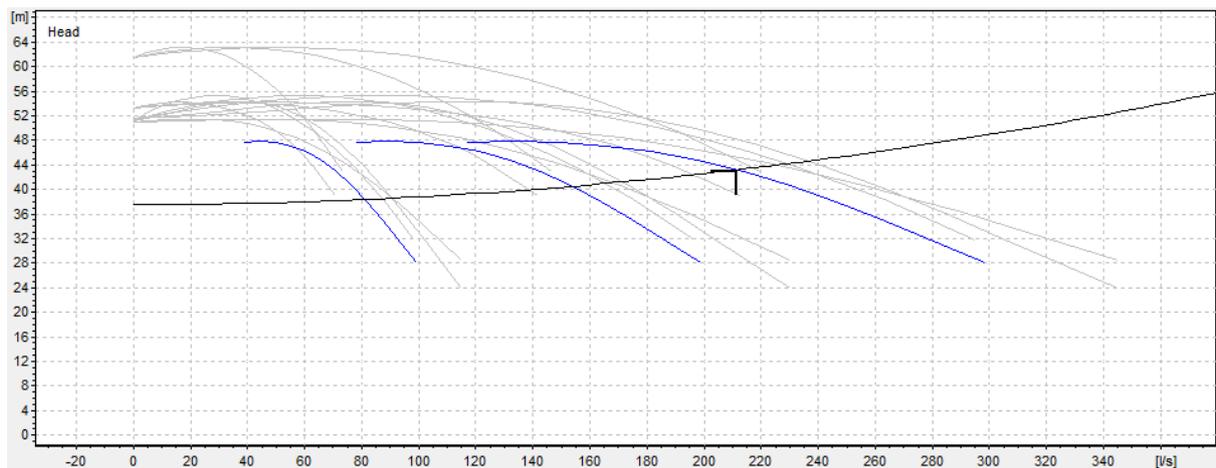
Figure VI-4: Courbes caractéristiques de la pompe choisie.

- **Point de fonctionnement:**

Portant les courbes caractéristiques de la pompe $H=f(Q)$; de la conduite $H_c= f(Q)$ sur le même graphe (H-Q).

Le point d'intersection de ces deux courbes est le point de fonctionnement du système. C'est-à-dire la pompe va pouvoir refouler un débit Q à une hauteur H lorsque ce point se trouve sur la plage du rendement maximal.

La pompe fonctionne alors dans les conditions optimales. Cette condition dans la plupart des cas n'est pas généralement satisfaite, modifications vont être introduites des dans le fonctionnement ou dans le dimensionnement de la pompe afin de l'adapter à des conditions de marche données.

**Figure VI-5: point de fonctionnement des pompes choisies.**

- **Etude de la cavitation :**

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

Afin d'éviter le phénomène de cavitation, la condition suivante doit être vérifiée :

$$(NPSH)_r < (NPSH)_d$$

$(NPSH)_r$: Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur ;

$(NPSH)_d$: Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur.

$$(NPSH)_d = (NPSH)_r + r \quad ; \quad r: \text{marge de sécurité, } r = (0,3 - 0,5) \text{ m,}$$

On prend : $r = 0,3 \text{ m}$.

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

Dans notre cas, on a choisi des installations en aspiration au niveau de notre station de pompage, alors la hauteur d'aspiration admissible est régie par la relation suivante :

$$h_{qp}^{adm} = P_{at} - (NPSH)_r - r - T_v - \frac{v_a^2}{2 \times g} - \Delta h_{asp} \quad (VI-22)$$

V_a : vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration (m/s) ;

P_{at} : pression atmosphérique (m.c.e) ;

T_v : tension de vapeur d'eau (m.c.e)

$$P_{at} = 10,33 - 0,00139 * H$$

Avec : H : altitude de la station.

Nous avons une charge nette d'aspiration (NPSH)_r de 6.01 m. La station de pompage sera implanté a la cote 71 m ce qui donne une pression atmosphérique de :

$$P_{atm} = 10,33 - 0,00139 \times H = 10,33 - 0,00139 * 71 \quad \rightarrow P_{atm} = 10,23 \text{ mce}$$

Table VI-12: Variation de la tension de vapeur d'eau en fonction de la température

T° (°C)	5	10	20	30	40	50	80	100
T _v (m.c.e)	0,09	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25	4,82	10,33

La tension de vapeur d'eau sera choisie pour une température de 20°C $\rightarrow T_v = 0,24 \text{ mce}$

Q_{app} : débit refoulé (m³/s)

$$Q_a = \frac{Q_{app}}{n} \quad (VI-23)$$

Avec : n : nombre de pompes en parallèles (n=3) $\rightarrow Q_a = 70,5 \text{ l/s}$

$$\Delta h_{asp}^{lin} = \frac{8 * 0,04871 * 5 * 0,0705^2}{\pi^2 * g * 0,2^5} = 0,98 \text{ mce.}$$

$$\text{Donc } \Delta h_{asp}^{tot} = 1,1 * \Delta h_{asp}^{lin} \quad \rightarrow \Delta h_{asp}^{tot} = 1,08 \text{ mce}$$

$$\bullet \quad V_a = \frac{Q_a}{S} = \frac{4Q_a}{\pi D^2} = \frac{4 * 0,0705}{3,14 * (0,2 * 1,5)^2} = 1 \text{ m/s}$$

$$H_{asp}^{adm} = 10,23 - 2,45 - 0,5 - 0,24 - 0,05 - 1,08 = 5,9 \text{ mce}$$

$$\rightarrow NPSH_d = 10,23 - 0,24 - 1,08 - 0,05 - 5,9 = 2,96 \text{ mce}$$

Donc (NPSH)_d > (NPSH)_r

On peut dire donc que notre pompe est loin de risque de cavitation.

VI.12 Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons projeté le schéma d'aménagement du périmètre de Mezdour, cette phase d'étude nous a permis de choisir la variante la plus adéquate de point de vue technico-économique, qui consiste à refouler les eaux épurées vers un réservoir surélevé ; pour garantir par la suite une distribution gravitaire vers le réseau de distribution.

En se basant sur les besoins en eaux calculés précédemment, nous avons dimensionné les différentes canalisations du réseau tout en s'assurant des pressions des bornes, qui sont nécessaires à toute projection d'un réseau d'irrigation.

CHAPITRE VII :
DIMENSIONNEMENT DU
RESEAU GOUTTE Á GOUTTE

VII CHAPITRE VII : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU GOUTTE Á GOUTTE

VII.1 Introduction

L'irrigation est une opération qui consiste à apporter de l'eau à des végétaux cultivés pour augmenter leurs rendements, et permettre leur développement optimal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides.

Le présent chapitre concerne le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée (le système goutte à goutte), dont les principales caractéristiques ont été définies précédemment. Pour ce projet, nous avons choisi d'étudier la culture de l'olivier.

VII.2 Techniques d'irrigation (OLLIER, CH, POIREE, M .1983)

En irrigation, il y a trois systèmes les plus répandus, qui sont : l'irrigation gravitaire, l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée.

VII .2.1 Irrigation gravitaire :

Est l'application de l'eau aux champs à partir de canaux ouverts se situant au niveau du sol. La totalité du champ peut être submergée, ou bien l'eau peut être dirigée vers des raies ou des planches d'irrigation.

VII.2.2 Irrigation par aspersion :

Le but d'une irrigation par aspersion est l'application uniforme de l'eau sur l'aire occupée par la culture. Le système d'irrigation doit être conçu pour appliquer l'eau à un taux inférieur à la capacité d'infiltration du sol et éviter ainsi les pertes par ruissellement. Différents systèmes sont utilisés, à savoir : l'irrigation classique à asperseurs, l'enrouleur, la rampe frontale et le pivot...

VII.2.3 Irrigation localisée (Goutte à Goutte):

Cette méthode d'irrigation sous pression est appelée ainsi du fait que l'eau est appliquée en des endroits où l'on désire la voir s'infiltrer.

Cette application est donc localisée. L'irrigation localisée regroupe tous les systèmes caractérisés par un réseau de distribution à la parcelle, fixe sous pression, permettant des apports d'eau continus ou fréquents en des endroits déterminés par apport au dispositif cultural et de façon telle que l'infiltration ne se produise que sur une fraction réduite de la surface du sol, en l'occurrence la zone racinaire.

➤ Les avantages de cette technique sont :

- a) Economie d'eau importante qui peut atteindre plus de 50 % par rapport à l'irrigation à la raie car les doses étant faibles, les pertes par percolation se trouvent limités.
- b) Pression de fonctionnement très faible

- c) Réduction des mauvaises herbes : La localisation de l'eau limite le développement des adventices (mauvaise herbe).
- e) Réduction du tassement du sol et maintien d'une structure favorable.
- f) Possibilité d'automatiser le réseau.
 - Les inconvénients majeurs de cette technique sont résumés comme suit :
 - a) Leur coût très élevé en investissements, qui peuvent être amortis après quelques années d'exploitation.
 - b) l'obstruction des goutteurs dans le cas d'irrigation avec une eau chargée ;
 - c) Leur emploi est réservé aux cultures pérennes et maraîchères, et ne s'adaptent pas aux Cultures en plein champ.

VII.1 VII.3 Données générales :

En irrigation localisée, l'eau est transportée le long des rangs de culture et distribuée au voisinage des plantes, l'eau provient aux cultures au moyen de tuyaux munis de goutteurs et s'écoule par ceux-ci sous forme de gouttes avec un débit réglable selon le besoin.

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.

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°7 alimentée par la borne N°7 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 4.3 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est celle de la parcelle 7c de 3.18 hectares.

Culture : Olivier

Espacement entre arbres : 4 m

Espacements entre rangs : 4 m

Besoins de pointe 290.86 mm

Caractéristique du goutteur :

Débit nominal : 4l/h

Pression nominale : 10 m.c.e

Espacement des goutteurs : 1 m

Le nombre de goutteurs par arbre : 2

VII.4 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

VII.4.1 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 (Ollier & Poirée, 1981).

On applique alors à l'ETM un coefficient de réduction : K_r
 K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) pour les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après :

KELLER et KARMELI (1974) :

$$Kr = \frac{Cs}{0.85} = 0.71 \quad (\text{VII-1})$$

La formule de Freeman et Garzoli :

$$Kr = Cs + 0.5(1 - Cs) = 0.8 \quad (\text{VII-2})$$

La formule de Decroix (CTGREF) :

$$Kr = 0.1 + Cs = 0.7 \quad (\text{VII-3})$$

On prend La formule de Freeman et Garzoli donc : $Kr = 0.8$

VII.4.2 Les besoins journaliers en tenant compte de la réduction K_r

En eau d'irrigation localisée pour l'olivier sont calculés par les formules suivantes :

B_j = Besoin du mois de pointe (mm).

$$B_j = \frac{\text{besoin du mois de pointe}}{\text{Nombre de jours}} \quad (\text{VII-4})$$

$$B_j = \frac{290.86}{30} = 9.70 \text{ mm/j} \quad (\text{VII-5})$$

D'où:

$$BJL = B_j \times Kr = 9.70 \times 0.8 = 7.75 \text{ mm/j} \quad (\text{VII-6})$$

VII.4.3 La dose d'irrigation nette pratique

Le besoin d'irrigation, B_{net} , 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).

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Y \cdot Z \cdot P\% = RFU \times P\% \quad (\text{VII-7})$$

Tel que : H_{cc} : humidité à la capacité au champ ($H_{cc}=31\%$)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement ($H_{pf}=15\%$)

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

Z : profondeur d'enracinement en ($Z= 1200 \text{ mm}$)

D_a : est la densité apparente du sol ($D_a=1.4$)

$RFU= 179.2 \text{ mm}$

P : Pourcentage du sol humidifié

$$P\% = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r} \quad (\text{VII-8})$$

P : Volume du sol humidifié

N : Nombre de point de distribution par arbre (2 par arbre)

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m)

S_h : Largeur de la bande humidifiée (1m)

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre (4m)

S_a : espacement des arbres sur les rangs (4m)

On obtient $P = 25\%$

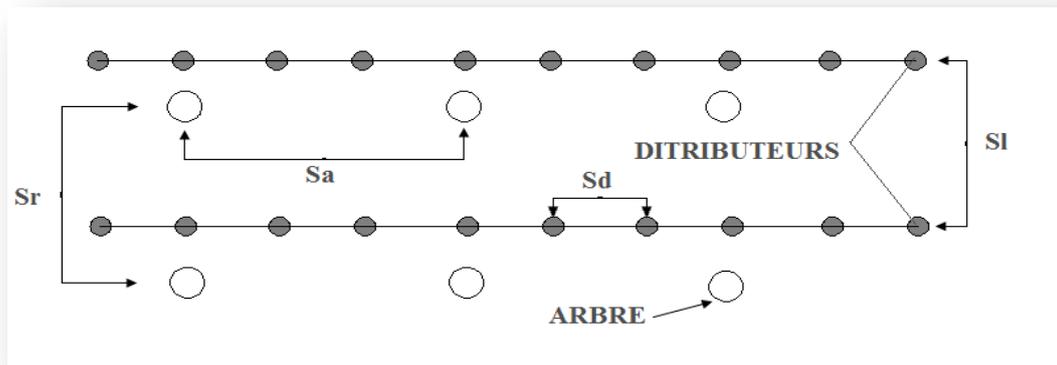


Figure VII-1: Schéma explicatif du réseau goutte à goutte.

La dose nette corrigée est donc :

$$D_p = 179.2 * 0.25 = 44.8 \text{ mm} \quad (\text{VII-9})$$

- **Fréquence des arrosages**

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

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{B_{jl}} = \frac{44.8}{7.51} = 5.97 \text{ jour} \quad (\text{VII-10})$$

Donc on prend $Fr = 6$ jours.

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

- **La dose réelle :**

$$D_r = Fr \times B_{jl} = 6 * 7.51 = 46.53 \text{ mm} \quad (\text{VII-11})$$

- **La dose brute :**

$$D_{brute} = \frac{D_r}{C_u * \text{eff}} = \frac{46.53}{0.9 * 0.9} = 57.45 \text{ mm} \quad (\text{VII-12})$$

Avec :

C_u : coefficient d'uniformité $C_u = 90\%$

Eff : efficacité du réseau d'irrigation $E_{\text{eff}} = 90\%$

- **Durée d'arrosage par mois**

$$\theta = \frac{D_b * S_a * S_r}{n * qg} \quad (\text{VII-13})$$

$$= \frac{57.45 * 4 * 4}{4 * 2} = 114.90 \text{ heures/mois}$$

- **Durée d'arrosage journalier**

$$Dj = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} \quad (\text{VII-14})$$

$$= \frac{114.15}{6} = 20 \text{ heures/jour}$$

- **Nombre de poste**

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} \quad (\text{VII-15})$$

$$= \frac{22}{20} = 1.11 \text{ postes}$$

On prend: N=2

- **Surface du poste**

$$Sp = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} \quad (\text{VII-16})$$

$$= \frac{3.18}{2} = 1.59 \text{ ha}$$

VII.5 Calculs hydrauliques

VII.5.1 Condition hydraulique

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \quad (\text{VII-17})$$

La variation maximale de la pression

$q = K.H^x$ avec $x=0.5$ (caractéristique du goutteur)

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = \frac{\Delta H}{H(n)} \quad (\text{VII-18})$$

Telle que :

$q(g)$: débit nominal du goutteur

$H(n)$: pression nominal

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\text{max.})}{10} \quad (\text{VII-19})$$

$$\Delta H(\text{max}) = 1/0.5 = 2 \text{ mce.} \quad (\text{VII-20})$$

La valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% et la variation maximale de pression

$$Pdc(\text{sing}) = 2 * 0.1 = 0.2 \text{ mce} \quad pdc(\text{sing}) = 0.2$$

$$Pdc(\text{linéaire}) = 2 - 0.2 = 1.8 \text{ mce} \quad pdc(\text{linéaire}) = 1.8 \text{ mce}$$

La répartition de la perte de charge est :

$$1/3 \text{ sur les porte-rampes} \quad P.d.c(\text{pr}) = 0.6 \text{ mce}$$

2/3 sur les rampes P.d.c (r) = 1,2 m c e

La conduite principale

Le débit :

$$Qr = Qg \times Ng/r \quad (\text{VII-21})$$

et

$$Qpr = Qr \times Nr \quad (\text{VII-22})$$

Avec:

Qr : Débit de rampe ;

Qg: Débit des goutteur ;

Ng/r : Nombre des goutteurs par rampe

Nr : Nombre des rampes ;

Qpr: Débit de porte rampe

Avec :

La longueur de la rampe Lr =120 m

La longueur de la porte rampe Lpr=270 m

La longueur de la conduite secondaire Ls : 12.06 m

Le nombre d'arbres par rampe

$$N \text{ arbres} = Lr/Er = 120/4 = 30 \text{ arbres/rampe} \quad (\text{VII-23})$$

Nombre de goutteurs par rampe

$$Ng = N \text{arbres} \times n = 30 \times 2 = 60 \text{ goutteurs/rampe} \quad (\text{VII-24})$$

Le nombre de rampes

$$Nr = Lpr/Er = 270/4 = 68 \text{ rampes} \quad (\text{VII-25})$$

Débit de la rampe

$$Qr = Ng \times Qg \quad (\text{VII-26})$$

$$Qr = 60 \times 4 = 240 \text{ l/h}$$

Débit de la porte rampe

$$Qpr = Qr \times Nr = 240 \times 68 = 16320 \text{ l/h} \quad (\text{VII-27})$$

Débit de la conduite secondaire

Etant donné que nous avons 1 porte rampe :

$$Qcsl = Qpr \times Npr = 16320 \times 1 = 16320 \text{ l/h} \quad (\text{VII-28})$$

VII.6 Dimensionnement des différentes parties du réseau

Pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD ou PEHD .Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r)*2.75}{0.478*Q(r)^{1.75}L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (\text{VII-29})$$

$$\varnothing pr(cal) = \left[\frac{P.d.c(pr)*2.75}{0.478*Q(pr)^{1.75}L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (\text{VII-30})$$

Avec :

- Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe
- Q(r) : le débit de la rampe en l/h
- L(r) : la longueur de la rampe en m
- $\varnothing r(cal)$: le diamètre de rampes
- $\varnothing pr(cal)$: le diamètre de porte rampe

VII.6.1 Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, on applique la formule de « Tison ».

La perte de charge unitaire

$$i = \frac{0.478}{2.75} \cdot D^{-4.75} \cdot Q^{1.75} \quad (\text{VII-31})$$

La perte de charge le long de la conduite en (m)

$$j = \frac{L}{2.75} \cdot i \quad (\text{VII-32})$$

Où : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation

VII.6.2 Calculs hydrauliques de la rampe

Table VII-1:Caractéristique de la rampe

Culture	Surface ha	Lr(m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse m/s	hcal(m)
Olivier	1.59	120	60	240	1.2	13.74	16	0.33	0.21

Les valeurs de pertes de charges sont inférieures à 1, 2mce (la valeur maximale)

VII.6.3 Calculs hydrauliques de la porte rampe

Table VII-2:Caractéristiques de la conduite de la porte rampe

Culture	Surface ha	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
Olivier	1.59	270	68	16320	0.6	89.26	90	0.71	0.21

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 0.6 mce (hpr max).

D'après les deux tableaux précédents, on voit que les pertes de charges totales n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

VII.6.4 Calcul des diamètres de la conduite secondaire

La conduite secondaire alimente la parcelle d'oliviers ayant une surface de **1.59** ha. Pour calculer le diamètre on doit calculer

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi V}} \quad (\text{VII-33})$$

avec : Q : débit de la conduite considérée (m³/s);

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

VII.6.5 Calcul de caractéristique de conduites secondaires

Table VII-3:Caractéristique de la conduite secondaire

culture	L(m)	Q (l/h)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Olivier	12.06	16320	1.25	67.95	90	0.71	0.009

VII.6.6 La pression d'eau à la borne de distribution

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution a la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

VII.6.7 Les pertes de charge de la borne jusqu'au goutteur le plus défavorable.

Table VII-4:Résumer des caractéristique de la conduite secondaire (Q,D , l , ΔH)

	La rampe	Porte rampe	Conduite secondaire
Longueur(m)	120	270	12.06
Diamètre(m)	16	90	90
Débit (m ³ /s)	6.66 .10 ⁻⁵	0.0045	0.0045

Pertes de charge(m)	0.21	0.21	0.009
---------------------	------	------	-------

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable ; Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$\Delta h = 10 + 0.21 + 0.21 + 0.009 = 10.43 \text{ m}$$

Le tableau VII-5 récapitule tous les résultats de dimensionnement

Table VII-5:Résumer des résultats du dimensionnement

Culture	
Numéro d'Ilot	7
Numéro de Borne	B7
Pression de la borne (mce)	43
S (ha)	3.18
DOSE nette pratique mm	44.8
Dose réelle	46.53
Dose brute	57.45
Fréquence des arrosages	6
Espacement rang	4
Espacement arbre	4
Durée arrosage heures	114.9
Durée arrosage journalière	20
Temps de travail	22
Nombre de poste	2
Surface poste irrigué	1.59
Nombre de goutteurs	2
Q goutteurs l/s	4
Dose besoins journalière mm	8
DIMENSIONNEMENT	
Largeur parcelle m	270.16
Longueur Rampe m	270
Longueur porte rampe m	120
Longueur Cdt secondaire m	12.06
Nbre arbre rampe	30
Nbre Goutteur rampe	60
Nbre rampe	68
Q débit rampe l/h	240

Nbre porte rampe	1
Q porte rampe l/h	16320
Q débit Cdt secondaire l/h	16320
Perte charge rampe	
Diam Rampe cal mm	13.74
Diam normalisé mm	16
Vitesse m/s	0.33
Perte charge Di normalisé m	0.21
Perte charge prote Rampe	
Diam prote Rampe cal mm	89.26
Diam normalisé mm	90
Vitesse m/s	0.71
Perte charge Di normalisé m	0.21
Conduite secondaire	
Diam calculé mm	67.95
Diam Normalisé mm	90
Vitesse calculée m/s	0.71
Perte de charge totale m	0.009
Conduite Borne	
Diam calculé mm	63.3
Diam Normalisé mm	65
Vitesse normalisé m/s	1.185
Perte de charge totale m	0.009

VII.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte. Ayant dimensionné tous les organes du réseau localisé projeté sur la parcelle choisie, nous avons effectué une vérification de la pression à la sortie de la borne, afin d'assurer la pression nominale de 10 mce dans le goutteur le plus éloigné et cela pour assurer le bon fonctionnement des goutteurs. Avec la technique de goutte à goutte, nous aurons non seulement une efficacité de l'eau d'irrigation, mais aussi des rendements des cultures très élevés, ce qui permettra d'intensifier les cultures dans cette région aride.

CHAPITRE VIII :

Organisation du chantier et estimation du cout

VIII CHAPITRE VIII : Aménagement du projet

VIII.1 Introduction

Ce chapitre représente la dernière étape dans l'étude d'un projet d'irrigation, il décrit la détermination, la coordination et la mise en œuvre des moyens nécessaires pour la réalisation et l'exécution des travaux dans les meilleures conditions et dans les plus brefs délais afin d'évaluer par la suite le coût estimatif total du projet.

Les devis proposés à l'irrigant sont actuellement très fluctuants pour une même parcelle ; ce ci est dû à l'importance de l'installation de tête: filtration selon la nature des eaux et matériel de fertilisation; au coût du matériel selon les entreprises et aux services fournis par l'entreprise.

VIII.2 Exécution des travaux

Les principales étapes à exécuter pour la pose des canalisations sont :

- Vérification, manutention des conduites
- Décapage de la couche du goudron (si elle existe)
- Emplacement des jalons des piquets
- Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards
- Aménagement du lit de pose
- La mise en place des canalisations en tranchée
- Assemblage des tuyaux
- Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints
- Remblai des tranchées

VIII.2.1 Les engins de terrassement utilisés

Afin d'obtenir un meilleur rendement, il est important de choisir pour chaque type de travaux, l'engin et le matériel, les mieux adaptés.

Le matériel utilisé est le matériel classique des chantiers de travaux public, les engins que nous allons utiliser sont :

- Une pelle hydraulique ;
- Un bulldozer ;
- Un chargeur ;
- Un camion

➤ **Bulldozer**

Le bulldozer est un tracteur à chenilles muni d'une lame frontale. L'outil de terrassement est une lame profilée portée par deux bras articulés qu'un mécanisme hydraulique permet de rabaisser ou de relever

Le bulldozer permet de préparer les terrains à excaver, et d'éliminer les obstacles grâce à sa puissance qui est caractérisée par celle du tracteur et qui varie de 25 à 1000 ch pour un poids de 5 à 100 T, ainsi que par la longueur de sa lame qui varie de 1,8 à 6 m.



Figure VII-2: Le Bulldozer

➤ **La pelle hydraulique :**

La pelle hydraulique est constituée d'un châssis porteur à chenilles ou à pneus, surmonté d'une tourelle dotée d'une rotation continue sur 360 degrés. Cette tourelle porte le moteur, les organes hydrauliques (pompe, moteurs, vérins), le poste de conduite et l'équipement (bras, flèche, balancier et godet).

La pelle en position retro est utilisée pour :

- Excaver dans la direction de la machine
- Creuser au-dessous de la surface d'appui
- Creuser à une profondeur importante
- Creuser rapidement et avec précision les tranchées à talus verticaux



Figure VII-3: Pelle équipée en rétro

➤ **Les chargeurs :**

Très largement utilisé dans les chantiers de terrassement, il permet, outre le chargement des camions, de créer, modifier, et déplacer de manière rapide des tas de terres excavées. Les imposantes roues du chargeur, mues par un moteur puissant, permettent la pratique de tous types de terrain suffisamment durs et une poussée importante vers l'avant.



Figure VII-4: chargeur et camion

VIII.2.2 Calcul des volumes de terrassement

VIII.2.3 Décapage de la couche de terre végétale ou goudron

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

Le volume de la couche à décapier est :

$$V = BhL \text{ (m}^3\text{)} \quad \text{(VII-34)}$$

Avec :

B : largeur de la couche végétale (m)

h : hauteur de la couche (h=0.1m)

L : longueur totale des tranchées (m)

VIII.2.4 Excavation des tranchées:

Selon les caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement la profondeur minimale de la tranchée à excaver atteint 1 m pour :

- Garder la fraîcheur de l'eau pendant les grandes chaleurs.
- Ne pas gêner le travail de la terre (exploitation).
- Protéger la canalisation contre le gel.

L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successive en commençant par les points hauts pour assurer s'il y lieu l'écoulement naturel des eaux d'infiltrations.

VIII.2.5 Calcul de la largeur de tranchée

La largeur du fond de tranchée est obtenue par la formule :

$$b = (L \times 2) + \emptyset \quad \text{(VII-35)}$$

Où :

b : Largeur de la tranchée (m);

\emptyset : Diamètre de la conduite (m).

L : la distance entre la conduite et le fruit de talus =0.3m

VIII.2.6 Calcul de la profondeur de tranchée

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

La profondeur de la tranchée est :

$$H = e + \emptyset + h \quad \text{(VII-36)}$$

Avec :

H : profondeur de la tranchée. (m)

e : hauteur de lit de pose. (m)

\emptyset : diamètre de la conduite. (m)

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

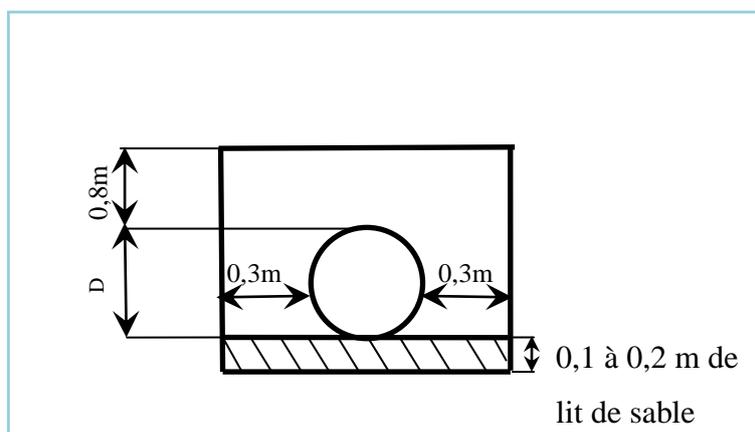


Figure VII-5: Schéma d'une tranchée

Les volumes de décapage et d'excavation sont représentés dans le tableau VIII.1

Table VII-6: Les volumes des travaux de décapage et d'excavation

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Volume de décapage (m ³)	Volume d'excavation (m ³)
125	413.01	29.94	321.89
160	2033.89	154.58	1715.79
200	656.13	52.49	603.64
315	333.36	30.5	385.86
400	273.3	27.33	368.96
500	1751.15	192.63	2793.08
total	5460.84	487.47	6189.22

VIII.2.7 Remblaiement des tranchées:

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

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

L'exécution de l'assis et de l'enrobage doit être effectuée avec des matériaux purgés des éléments supérieurs à 3mm.

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

$$V_r = V_d - [V_{cdt} + V_{cv} + V_{ls}] \quad (\text{VII-37})$$

V_r : Volume du remblai en (m³).

V_d : Volume du déblai en (m^3)

V_{cdt} : Volume occupée par la conduite (m^3)

V_{cv} : Volume de la couche végétale (m^3)

V_{ls} : Volume du lit de sable (m^3)

VIII.2.8 Aménagement du lit de sable :

Le fond de la tranchée est, normalement, arasé avec une couche du sable de 0.50m d'épaisseur. Si le terrain est instable, des travaux spéciaux se révèlent nécessaires : Exécution d'un béton de propreté, de berceaux ou même de dalles de répétition.

La pose de canalisation joue un rôle très important dans leur stabilisation, et leur durabilité, et par conséquent dans la durée de vie du réseau et son bon fonctionnement.

L'épaisseur du remblai au dessus de la génératrice supérieure de la conduite est variable suivant les régions du fait du gel. En général, elle est de 1 m. Une conduite doit être toujours posée avec une légère pente afin de créer des points bas pour la vidange, et des points hauts pour l'évacuation de l'aire entraîner soit lors du remplissage de la conduite soit pendant le fonctionnement. On adopte en conséquence un tracé en dents de scie avec des pentes de quelques millimètres par mètre et des changements de pente tout les 200 à 400 m.

Les résultats de calculs des travaux de remblaiement sont résumés dans le tableau suivant.

Table VII-7: volumes des travaux de remblaiement.

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Volume de lit de sable (m^3)	Volumes de remblai (m^3)
125	413.01	44.91	247.02
160	2033.89	231.86	1329.33
200	656.13	78.74	472.38
315	333.36	45.95	309.52
400	273.3	41	300.50
500	1751.15	288.94	2311.13
total	5460.84	731.4	4969.88

VIII.2.9 Volume excédentaire :

$$V_{exc} = V_f - V_r \quad (\text{VII-38})$$

$$V_f = V_d \times k_f \quad (\text{VII-39})$$

Avec

V_{exc} : Volume du sol excédentaire en (m³).

V_f : Volume du sol foisonné en (m³).

V_d : Volume du déblai en (m³)

K_f : Coefficient de foisonnement dépend de la nature de sol pour notre cas on a : $K_f = 1,25$.

Table VII-8: Volume excédentaire

Diamètre (mm)	Volume de foisonnement (m ³)	Volume excédentaire (m ³)
125	402.36	80.47
160	2144.74	428.25
200	754.55	150.91
315	482.32	96.46
400	461.19	92.24
500	3491.36	698.27
total	7736.52	1546.6

VIII.3 Dépense des travaux :

Le prix de terrassement est égal à :

VIII.3.1 Pour les déblais :

$$F_{deb} = V_{deb} \times k_{deb} \quad (\text{VII-40})$$

K_{deb} : prix de 1 m³ de déblai=250 DA

V_{deb} : volume total de déblai

VIII.3.2 Pour les remblais:

$$F_{rem} = V_{rem} \times K_{rem} \quad (\text{VII-41})$$

K_{rem} : prix de 1 m³ de remblai=100 DA

V_{rem} : volume total de remblai.

Le tableau suivant résume les dépenses de tous les travaux de terrassement

Table VII-9 :Dépense des travaux de terrassement.

Opération	Volume (m ³)	Montant (DA)
Décapage	487.47	121867.5
Excavation	6189.22	1547305
Lit de sable	731.4	73140
remblaiement	4969.88	469988

Volume excédentaire	1546.6	154660
Total	13924.6	2 366 960.5

VIII.3.3 Plantation d'un réseau brise vent

Un brise-vent efficace contribue à diminuer les problèmes d'érosion par le vent et permet d'obtenir de meilleurs rendements.

Les brise-vent naturels ont des avantages incontestés en agriculture. Une bonne localisation du brise-vent sur la ferme et un choix judicieux d'arbres par rapport aux cultures avoisinantes assureront une efficacité maximale de ce rideau végétal.

Notre variante consiste à implanter un réseau de brise vent (cyprès, pins, Casuarina) sur une longueur de 4968 m avec un intervalle de deux mètres dans un trou de 60x60x60 cm.

Table VII-10 :Devis estimatif et quantitatif de brise vent

Brise vent				
Désignation	unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
Arbre	U	2484	50	124200
implantation	U	2484	100	248400
TOTAL	U	2484	-	372 600

VIII.4 Accessoires :

Sur une canalisation, déférents organes et accessoires sont installées pour assurer un bon écoulement, régulariser les pressions et mesurer les débits et protéger les canalisations, à savoir :

- **les robinets vannes**; des appareils de sectionnement utilisés pour le cas de manœuvres lentes pour les gros diamètres.
- **les robinets de prise**; utilisés dans le réseau (petite diamètre) au niveau de branchement ($\varnothing < 100$ mm), sont à quatre tour.
- **les vannes papillons** ; des vannes à survitesses utilisées surtout au niveau des réservoirs d'eau (sortie de la conduite), elles se ferment sous la pression de l'eau.

En plus des conduites, un certain nombre de pièces spéciales complètent l'équipement

Dans notre projet nous avons besoin de : Raccords en Té ; Cônes de réduction ; Croix avec réduction ; Joints de démontage ; Raccords (fonte ductile-PEHD) ; Les ventouses

Pour le réseau, le tableau suivant récapitule le devis estimatif des conduites et accessoires.

Table VII-11: Devis estimatif des conduites et accessoires (adduction et distribution)

Désignation	Quantité	Unité	Prix unitaire DA	Prix total
<i>1-Conduites</i>				
Tube en polyéthylène PE 100, DN 90 mm, e8.2 mm, PN=16 bars.	132	m	571.69	75463.08
Tube en polyéthylène PE 100, DN 125 mm, e11.4 mm, PN=16 bars.	413.01	m	1093.0842	451454.71
Tube en polyéthylène PE 100, DN 160 mm, e14.6 mm, PN=16bars.	2033.89	m	1786.5081	3633560.96
Tube en polyéthylène PE 100, DN 200 mm, e18.2 mm, PN=16 bars.	656.13	m	2805.4845	1840762.55
Tube en polyéthylène PE 100, DN 315 mm, e28.6 mm, PN=16 bars.	333.36	m	6881.3667	2293972.40
Tube en polyéthylène PE 100, DN 400 mm, e36.3 mm, PN=16 bars.	273.3	m	11116.053	451454.71
Tube en polyéthylène PE100, DN 500 mm, e45.4 mm, PN=16 bars.	1751.15	m	17335.7613	30357518
Sous total				39 104 186
<i>2.-Equipements mécaniques et accessoires</i>				
Té avec réduction dans la dérivation, en PEHD, PN 16 bars				
DN 500/160	1.00	U	980	980
DN 400/160	2.00	U	980	980
Té avec réduction à une extrémité et dans la dérivation, en PEHD, PN 16 bars				
DN 250/160/110	1.00	U	1250	1250
Réduction, en PEHD, PN 16 bars DN				
DN 500/400	1.00	U	1250	1250
DN 400/315	1.00	U	1250	1250
DN 315/200	1.00	U	1250	1250
Joint Gibault auto buté pour tube PEHD/Fonte ductile				
DN 315	3.00	U	4000	12000
DN 250	3.00	U	4000	12000

Sous total				30960
Robinet vanne, PN 16 bars, DN 160	6.00	U	11200.00	67200
Robinet vanne, PN 16 bars, DN 200	2.00	U	13000.00	26000
Robinet vanne, PN 16 bars, DN 125	2.00	U	16050.00	32100
Robinet vanne, PN 16 bars, DN 90	2.00	U	22000.00	44000
Borne d'irrigation, avec accessoires de raccordement, DN 100 à 1 prise	6.00	U	85000	510000
Borne d'irrigation, avec accessoires de raccordement, DN 150 à 2 prises	3.00	U	94000	282000
Borne d'irrigation, avec accessoires de raccordement, DN 200 à 2 prises	5.00	U	115400	577000
Ventouse automatique, DN, PN 16 bars	1.00	U	60000	60000
Sous total				1 598 300
total				40 733 446

VIII.5 Réservoir :

Table VII-12:Devis estimatif du réservoir

Désignation	Volume m ³	Prix unitaire DA	Montant DA
Réservoir	386	15000	5 790 000

VIII.6 Station de pompage :

Table VII-13:Devis estimatif de station de pompage

Pompe + moteur	nombre	couplage	Prix unitaire DA	Prix total DA
PM 150/2D	3+1 secours	parallèle	300000	12 000 000

VIII.7 Cout estimatif total :

Finalement, on détermine le cout estimatif total du projet (tableau VIII.9)

Table VII-14:cout total du projet

désignation	Montant (DA)
-------------	--------------

Déblai et remblai	2 366 961
Plantation d'un réseau brise vent	496 800
Conduites et accessoires	40 733 446
Réservoir	5 790 000
Station de pompage	800 000
Total	54 187 207

VIII.8 Conclusion

On constate d'après le cout de la projection du réseau d'adduction et de distribution, que l'estimation financière du réseau est relativement importante.

Les prix utilisés dans cette étude restent des prix référentiels, le bon choix des offres selon les dispositions du code des marchés publics joue un rôle important dans contrôle du cout du projet.

L'estimation de l'investissement consiste à transformer en coût l'annuité à payer pour l'installation d'irrigation et à la comparer au rendement annuel moyen supplémentaire donné par la culture qu'il doit être supérieur à l'annuité pour que l'irrigation soit considérée comme payante.

Conclusion générale

Le présent mémoire permet de concevoir un aménagement pour le périmètre Mezdour Biskra, alimenté avec les eaux épurées produites par la station d'épuration de la ville de Biskra, ce projet rentre dans la politique active de mobilisation des ressources en eau contre le stress hydrique et l'irrégularité des ressources d'un part, et d'assurer la couverture des besoins en eau pour l'agriculture afin de développer ce secteur.

Les résultats analytiques ont montré que les eaux usées épurées de la STEP de Biskra sont de bonne qualité et susceptibles d'être utilisées en irrigation selon les normes tout en prenant en considération les recommandations proposées.

La région d'étude située au sud-est de Biskra présente une géomorphologie assez plate avec de dépressions de petites superficies, un climat méditerranéen aride avec des pluies faibles, et une température moyenne assez élevée.

L'étude des caractéristiques physiques et pédologiques du site a montré qu'une amélioration est nécessaire avant toute utilisation du périmètre et ceci par un amendement, implantation d'un réseau de drainage et d'un brise de vents adéquats.

L'estimation des besoins en eau des cultures aptes au sol du périmètre est basée sur le calcul de l'évaporation potentielle avec la méthode de Penman-Monteith-FAO ce qui nous a permis par la suite de dimensionner le réseau de distribution et ces différents ouvrages annexes.

La desserte gravitaire du réseau de distribution proposé est assurée par un réservoir surélevé alimenté avec un système de pompage projeté en aval de la STEP. Les conduites constituant le réseau sont en PEHD de PN16 bars avec des diamètres ente 125 et 500 mm, le schéma proposé assure une pression généralement supérieure à 3.5 bars permettant aux agriculteurs de pratiquer les nouvelles techniques d'irrigation.

L'étude comparative entre les techniques d'irrigation nous a montré que le système d'irrigation localisée est le plus convenable aux caractéristiques naturelles de la région et aux cultures envisagées pour une meilleure gestion de la ressource en eau.

Le futur projet du périmètre de Mezdour est un grand pas dans le développement du secteur agricole avec une potentialité importante, il reste seulement que toutes les conditions agronomiques et hydrauliques soient appliquées.

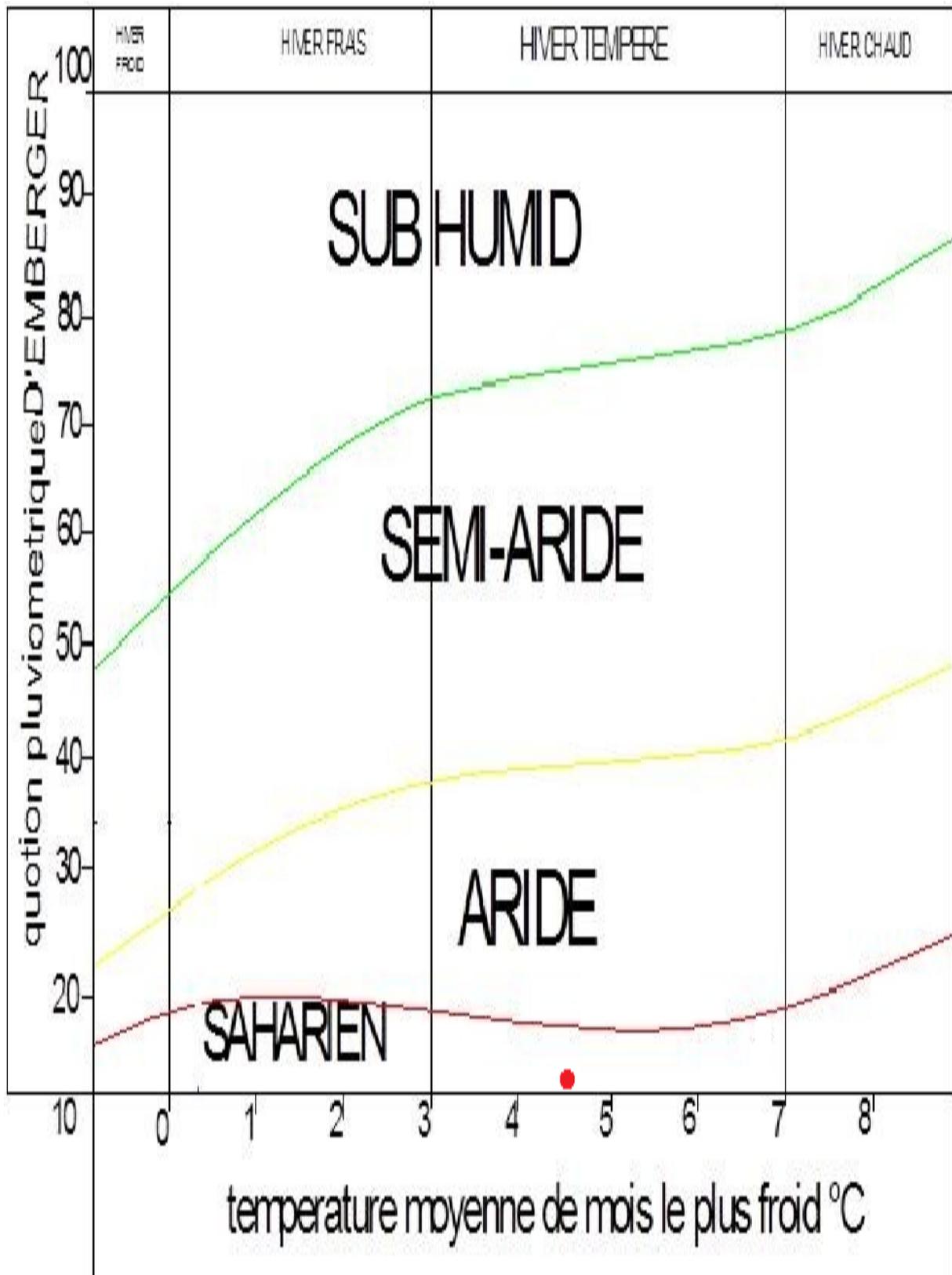
Références bibliographiques:

- [1]. **AISSANI AISSA** (2011) Utilisation des eaux usées épurées de la station de Boumerdes pour l'irrigation des vergers d'arboriculture. Mémoire de fin d'étude.
- [2]. **BELAID et al** (2010) la gestion sémantique des flux de travail de modélisation géologique. En Conférence internationale sur la Ingénierie des connaissances et le développement Ontology (KEOD'10)
- [3]. **BLUMENTAHL ET COLL** (2000)« des lignes directrices pour la qualité microbiologique des eaux usées traitées utilisées dans l'agriculture: Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS» bulletin de l' OMS, vol 87, n°9,p 1104-1116.
- [4].**BOUBEKEUR SAMI** (2015) Etude de périmètre d'irrigation Lahzima commune de l'Outaya (W.BISKRA) à partir du barrage de fontaines des gazelles superficie de288 ha. Mémoire de fin d'étude.
- [5]. Bulletin N°30 FAO Calcul des besoins en eau des cultures
- [6]. **ECOSSE D.** (2001) - Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mém. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens, 62 p.
- [7]. **KHADRAOUI A. MOULTI A.** (1989) : Etude hydrodynamique et pédologique du périmètre d'EL Outaya.
- [8]. **KHALFI, AHMED.** (2011) dimensionnement d'un réseau de distribution destiné à l'irrigation du périmètre de la commune de TIPAZA a partir des eaux usées épurées des STEP de HADJOUT et de TIPAZA. Mémoire fin d'étude
- [9]. **M. MESSAHEL** (1988): Irrigation au goutte à goutte (Régime d'irrigation)Edition O.P.U.Alger.
- [10]. **OLLIER, CH, POIREE, M** (1983). Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, Paris. 500P.
- [11].**OMS** (2006) lignes directrices pour l'utilisation sécuritaire des eaux usées, des excréta et greywater, tome II, l'utilisation des eaux usées dans l'agriculture, pp 222
- [12].**PUIL C.** (1998) - La réutilisation des eaux usées urbaines après épuration. Mém. D.U.E.S.S. "Eau et Environnement", D.E.P., univ. Picardie, Amiens, 62 p
- [13]. **R. PRONOST** (2002) : Conception et dimensionnement des stations d'épuration à boues activées.

ANNEXES

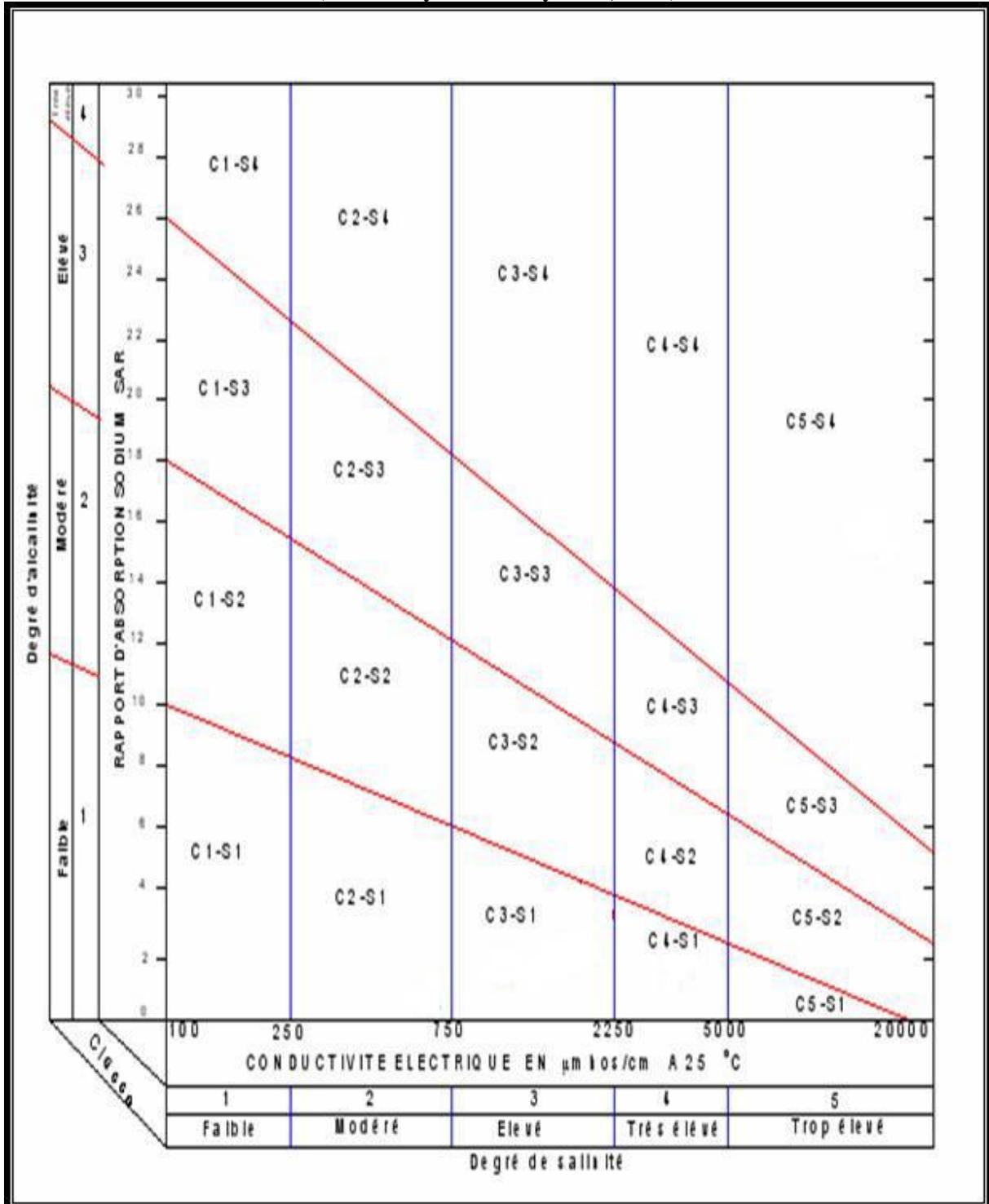
ANNEXE 01

DIAGRAMME BIOCLIMATIQUE D'EMBERGER



ANNEXE 02

DIAGRAMME DE CLASSIFICATION DES EAUX D'IRRIGATION
(US salinity Laboratory Staff, 1953)



ANNEXE 03

RESERVE D'HUMIDITE FACILEMENT UTILISABLE

5. RESERVE D'HUMIDITE FACILEMENT UTILISABLE (RFU)

DONNEES GENERALES SUR LA PROFONDEUR D'ENRACINEMENT DES CULTURES EN PHASE DE PLEIN DEVELOPPEMENT, FRACTION DE L'EAU UTILISABLE (p) ET RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (p.Sa) POUR DIFFERENTS TYPES DE SOLS (en mm/m de profondeur) QUAND ET _{cult} = 5-6 mm/jour					
Culture	Profondeur d'enracinement (d) m	Fraction (p) de l'eau utilisable ¹	Réserve d'eau facilement utilisable (p.Sa) mm/m ¹		
			T. fin	T. moyenne	T. grossière
Luzerne	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Banane	0.5-0.9	0.35	70	50	20
Orge ²	1.0-1.5	0.55	110	75	35
Haricot ²	0.5-0.7	0.45	90	65	30
Betterave	0.6-1.0	0.5	100	70	35
Chou	0.4-0.5	0.45	90	65	30
Carotte	0.5-1.0	0.35	70	50	20
Céleri	0.3-0.5	0.2	40	25	10
Agrumes	1.2-1.5	0.5	100	70	30
Trèfle	0.6-0.9	0.35	70	50	20
Cacao		0.2	40	30	15
Coton	1.0-1.7	0.65	130	90	40
Concombre	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Datte	1.5-2.5	0.5	100	70	30
Fruitiers cadu.	1.0-2.0	0.5	100	70	30
Lin ²	1.0-1.5	0.5	100	70	30
Céréales ²	0.9-1.5	0.6	120	80	40
Céré. d'hiver ²	1.5-2.0	0.6	120	80	40
Vigne	1.0-2.0	0.35	70	50	20
Gazon	0.5-1.5	0.5	100	70	30
Arachide	0.5-1.0	0.4	80	55	25
Laitue	0.3-0.5	0.3	60	40	20
Maïs ²	1.0-1.7	0.6	120	80	40
Maïs-ensilage		0.5	100	70	30
Melon	1.0-1.5	0.35	70	50	25
Olivier	1.2-1.7	0.65	130	95	45
Oignons	0.3-0.5	0.25	50	35	15
Palmier	0.7-1.1	0.65	130	90	40
Pois	0.6-1.0	0.35	70	50	25
Poivron	0.5-1.0	0.25	50	35	15
Ananas	0.3-0.6	0.5	100	65	30
Pomme de terre	0.4-0.6	0.25	50	30	15
Carthame ²	1.0-2.0	0.6	120	80	40
Sisal	0.5-1.0	0.8	155	110	50
Sorgho ²	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Soja	0.6-1.3	0.5	100	75	35
Epinard	0.3-0.5	0.2	40	30	15
Fraisier	0.2-0.3	0.15	30	20	10
Betterave suc.	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Canne à sucre ²	1.2-2.0	0.65	130	90	40
Tournesol ²	0.8-1.5	0.45	90	60	30
Patate douce	1.0-1.5	0.65	130	90	40
Tabac - init.	0.5-1.0	0.35	70	50	25
tard		0.65	130	90	40
Tomate	0.7-1.5	0.4	180	60	25
Légumes	0.3-0.6	0.2	40	30	15
Blé	1.0-1.5	0.55	105	70	35
maturité		0.9	180	130	55
Volume total d'eau du sol disponible (Sa) (mm/m)			200	140	60

¹ Quand ET_{cult} < 3 mm/jour, augmenter les valeurs de 30 % ; quand ET_{cult} > 8 mm/jour, réduire les valeurs de 30 %. Ceci suppose des conditions non salines (CE < 2 dS/m).

² Des valeurs supérieures à celles indiquées ici sont observées durant la maturation.

Sources: Taylor (1965), Stuart et Hagan (1972), Salter et Goode (1967), Rijtema (1965), etc.

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage N° 24, Tableau 39 (nouvelle version).

ANNEXE 04

COEFFICIENT CULTUREL DES CULTURES

2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière saison	Récolte	
Banancier tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
sec	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Chou	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Coton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Mais doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
vert	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Poivron, frais	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Pomme de terre	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Riz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tourmesol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Luzerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés						0.65-0.75
sans sarclage						0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6

Premier chiffre : avec forte humidité (HRmin > 70%) et vent faible (U < 5 m/sec).
 Second chiffre : avec faible humidité (HRmin < 20%) et vent fort (> 5 m/sec).

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 33, Tableau 18.

ANNEXE 05

TARIF CATALOGUE PUBLIC TUBE PEHD PN16 EAU POTABLE

SPA-CHIALI 2016

Référence	Désignation	Diamètre	Epaisseur	Qualité	Pression	Prix HT	Prix TTC
		Ext en MM	en MM	Produit	Service	le M/L	le M/L
11 004 0201	Tube PEHD	20	2.3	PE80	16 Bars	29.61	34.64
11 004 0251	Tube PEHD	25	3.0	PE80	16 Bars	48.03	56.20
11 004 0321	Tube PEHD	32	3.6	PE80	16 Bars	75.47	88.30
11 004 0401	Tube PEHD	40	4.5	PE80	16 Bars	116.64	136.47
11 004 0501	Tube PEHD	50	5.6	PE80	16 Bars	180.68	211.40
11 004 0631	Tube PEHD	63	7.1	PE80	16 Bars	288.17	337.16
11 004 0751	Tube PEHD	75	8.4	PE80	16 Bars	404.81	473.63
11 008 0901	Tube PEHD	90	8.2	PE100	16 Bars	488.62	571.69
11 008 1101	Tube PEHD	110	10.0	PE100	16 Bars	721.62	844.30
11 008 1251	Tube PEHD	125	11.4	PE100	16 Bars	934.26	1.093.08
11 008 1601	Tube PEHD	160	14.6	PE100	16 Bars	1.526.93	1.786.51
11 008 2001	Tube PEHD	200	18.2	PE100	16 Bars	2.397.85	2.805.48
11 008 2501	Tube PEHD	250	22.7	PE100	16 Bars	3.709.88	4.340.56
11 008 3151	Tube PEHD	315	28.6	PE100	16 Bars	5.881.51	6.881.37
11 008 4001	Tube PEHD	400	36.3	PE100	16 Bars	9.500.90	11.116.05
11 008 5001	Tube PEHD	500	45.4	PE100	16 Bars	14.816.89	17.335.76
11 008 6301	Tube PEHD	630	57.2	PE100	16 Bars	22.513.76	26.341.10

- TVA = 17%.

- Longueur de Tubes : du Diamètre < au 20 mm les Tubes sont en couronne de 200 ml.

- Longueur de Tubes : du Diamètre > au 25 mm les Tubes sont en couronne de 100 ml.

- Longueur de Tubes : du Diamètre 90 mm au 110mm les Tubes sont en rouleaux de 50 ml.

- Longueur de Tubes : du Diamètre 125 mm les Tubes sont en longueur de 12 ml.

- Longueur de Tubes : du Diamètre > au 160 mm les tubes sont en longueur de 06 ml ou de 12 ml.

- Jonction par soudure électrique, ou avec raccords a compression.

- Pour toutes informations complémentaires, prière contacter le Service Commercial