

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 D'UN RESEAU D'IRRIGATION
DU PERIMATRE AIN SMARA (141.5ha) A PARTIR DE LA
STEP DE LA NOUVELLE VILLE ALI MENDJELI
(W.CONSTANTINE)**

PRESENTE PAR

M^r DERGHAL ZAKARYA

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
M^r : MEDDI Mohamed	Professeur	Président
M^{me} : MEDJDOUB Sonia	M.A.A	Examinatrice
M^{me} : SAADOUNE Samra	M.A.A	Examinatrice
M^r : KOLAI Djafer	Assistant	Examineur
M^r : BENKACI Tarik	M.C.B	Promoteur

Septembre - 2015

Dédicaces

Je dédie ce travail :

Avant tout à mes chers parents, pour leur soutien immense qu'ils n'ont cessé de m'apporter ainsi que les conseils qu'ils m'ont prodigué sans les quels j'avoue je ne serai pas ce que je suis aujourd'hui.

*A mes frères : WASSIM le petit RAMEZI, et Ma
sœur KHOULOU*

A toute la famille DERGHAL

Mon promoteur Mr Benkaci Tarik

A tous mes amis sans exception et d'une façon spéciale à :

*HAKIM, BASSET, OUSSAMA, FETEH, BINJO,
YASSER, SOFIANE, CHOUCOU, PATO, MOUSSAAB,
IDERIS, YAAKOUB, MEROUANE, HATEM, AHMED,
ALI, RABIA , HICHEM, BILAL, ZIZI, ELARBI,
IMED, ABDERAHMANE, , KHALIL, AISSA, Taki,
SABARE, MOUSSA....., tous les étudiants
d'Ensh.*

REMERCIEMENTS

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

Au terme de cette étude qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude envers tous ceux qui m'ont apporté leur aide.

Je tiens à remercier chaleureusement, Mon promoteur Mer: Benkaci Tarik qui 'a bien voulu m'encadrer durant ce mémoire de fin d'études, et qui a assuré la direction et l'orientation scientifique de ce travail. Je lui exprime mes vifs remerciements

Monsieur Madame W.AZIZ, S.MEDJDOUB, L.S.BAHBOUH, Monsieur M.MEDDI, Y. B O U N A H pour leurs conseils ainsi que pour leurs disponibilités à chaque fois que je les sollicite.

Je profite de l'occasion pour remercier tous mes enseignants de l'ENSH de la première année jusqu'à maintenant.

Je tiens aussi à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail.

Mon respect aux membres du jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail.



Derghal Taraya

في هذا المشروع قمنا بدراسة كيفية سقي الأراضي الزراعية المكونة لمحيط 141.5 هكتار الواقع في بلدية عين سمارة بالمياه انطلاقا من محطة تصفية المياه المستعملة الواقعة في بلدية المدينة الجديدة على منجلي الواقعتين بولاية قسنطينة.

لهذا الغرض قمنا بدراسة عامة لمختلف خصائص المنطقة من حيث المناخ ومن حيث الخصائص المتعلقة بنوعية التربة وكذلك نوعية المياه.

دلالية: سقي، المياه المستعملة، قسنطينة، خصائص المنطقة

Résumé

L'objectif de ce projet est la conception d'un réseau d'irrigation qui va irriguer le périmètre d'Ain Smara d'une superficie de 141.5ha. Ce périmètre sera alimenté à partir de la future station d'épuration de la nouvelle ville Ali Mendjeli. Pour cela nous avons fait en premier une présentation sur les normes d'utilisation des eaux usées en irrigation, puis analyser les caractéristiques climatiques, pédologiques de la région ainsi que la qualité de l'eau d'irrigation. Ceci en vue de tirer des conclusions sur la faisabilité d'un tel projet, qui permet d'économiser la ressource en eau devenue très rare.

Mots clés : Irrigation, les eaux usées, Constantine, caractéristiques de la région

Abstract

The objective of this project is the conception of the irrigation network that is going to irrigate in used waters treated the perimeter of 141.5 Ha localized in Smara of from the station of purification of ALI MENDJELI. For this, we made a general survey on the climatic feature as well as the characteristic of the soils of the region and the quality of water irrigation.

Key words: Irrigation, waters treated, Constantine, characteristic of the region

Sommaire

Introduction Générale	1
------------------------------------	----------

Chapitre I : Étude bibliographique

I-1) Introduction	3
I-2) Historique sur la réutilisation des eaux usées en irrigation	3
I-2-1) En Amérique	3
I-2-3) Australie	4
I-2-4) En Chine et en Inde	4
I-3) Principaux aspects de la réutilisation des eaux usées	4
I-3-1) Utilité des eaux usées	4
I-3-2) Protection de l'environnement	5
I-3-3) Polluants chimiques.....	5
I-3-4) Aspects économiques	6
I-3-5) Aspects institutionnels.....	6
I-4) La réutilisation des eaux usées en irrigation	7
I-4-1) Agriculture	7
I-4-2) Arrosage des espaces verts	7
I-4-3) Aquaculture	8
I-5) Mesures de protection de la santé	8
I-5-1) Recommandations de l'OMS	8
I-5-2) Recommandation de l'USPEA.....	9
I-5-3) Directives de la FAO	10
I-7) Infection causées par les agent pathogènes	11
I-7) Évaluation des risques liés à la santé	12
I-8) Conclusion	12

Chapitre II : Présentation de la zone

II-1)Introduction	13
--------------------------------	-----------

II-2)Présentation de l'aire d'irrigation d'Ali Mendjeli	13
II-2-1)Situation Générale.....	13
II-2-2)Géomorphologie	14
II-2-3)Lithologie.....	15
II-2-4)Hydrographie	15
II-2-5)Ressources en eau :.....	15
II-3)Etude climatique	15
II-3-1)Présentation des stations météorologique	16
II-3-2)Etude des précipitations	16
II-3-3)Température de l'air	17
II-3-4)Les vents	18
II-3-5)L'humidité relative de l'air	19
II-3-6)L'insolation	20
II-3-7)Les Phénomènes climatiques accidentelles	21
II-3-7-1)La neige :.....	21
II-3-7-2)La grêle :.....	21
II-3-7-3)Le siroco :.....	21
II-3-8-1)Indice de De Martonne :.....	22
II-3-8-2)Classification du climat selon le diagramme d'Emberger	23
II-3-8-3)Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen	24
II-4)Conclusion :.....	26

Chapitre III : Ressources en sol

III-1)Introduction.....	27
III-2)Classification des sols.....	27
III-2-1)Les sols clacimagnésiques	28
III-2-1-1)Description des profils analysés	29
III-2-2)Les sols peu évolués.....	30

III-2-2-1)Profils analysés	30
III-3)Etude des aptitudes culturales des sols	31
III-3-1)Aptitudes culturales en irrigué avec une eau douce de bonne qualité.	32
III-3-1-1)Classe C11 I11 M15 B25	32
III-3-1-2)Classe des aptitudes C11 I 11 M15 B31	32
III-3-1-3)Aptitude culturales pour les cultures irriguées par des eaux usées épurées.	33
III-3-1-4)Propriétés hydrodynamiques des sols.....	35
III-4)Les Réserves utiles en eau des sols (Ru).....	35
III-5)Analyse physico-chimique des sols	36
III-7)Conclusion	38

Chapitre IV : Ressources en eau

IV-1)Introduction	39
IV-2)Alimentation en ressource en eau du périmètre	39
IV-2-1)Description de la station d'épuration Ali Mendjli.....	39
IV-2-1-1)Choix du site de la station d'épuration	39
IV-2-2)Données liées à l'environnement de la station d'épuration.....	40
IV-2-2-1)Etude démographique	40
IV-2-3)Système d'approvisionnement en eau potable	40
IV-2-3-1)Production :.....	40
IV-2-3-2)Stockage.....	40
IV-2-3-3)Dotation réelle	40
IV-2-4)Estimation des besoins en eau :.....	41
IV-2-4-1)Besoins domestiques.....	41
IV-2-4-4)Estimation des pertes	43

IV-2-5)Réseaux d'assainissement	43
IV-2-5-1)Etat du réseau existant	43
IV-2-5-2)Fonctionnement du réseau	43
IV-2-5-3)Taux de raccordement :.....	43
IV-2-6)Caractéristiques du site d'implantation de la future STEP.....	44
IV-2-6-1)Situation géographique du site.....	44
IV-2-6-2)Géologie du site	44
IV-2-7)Choix du site de la future STEP.....	44
IV-2-7-1)Inventaire des industries	45
IV-2-8)Données liées à la station d'épuration :	45
IV-2-9)Caractéristique de la pollution actuelle	46
IV-2-9-1)Résultats des Analyses des eaux usées	46
IV-2-9-1-1)Prélèvement et échantillonnage :.....	46
IV-2-9-1-3)Méthodes d'analyses utilisées :	46
IV-2-9-1-4)Normes de rejet :	47
IV-2-9-10)Interprétation des résultats :.....	50
IV-2-9-11) Biodégradabilité et nature de rejet :.....	52
IV-2-9-12) Teneur nécessaire en substances nutritives :	53
IV3).Réutilisation des eaux épurées	54
Qualité requise pour les eaux d'irrigation	54
IV-3)Prévention des risques liés à l'usage des eaux usées épurées	56
IV-3) Irrigation avec l'eau usée traitée.....	56
IV-5) Conclusion.....	57

Chapitre V : Régime d'irrigation et besoins en eau

V-1)Introduction.....	59
V-2)Choix des cultures à mettre en place de la région d'études	59
V-3)Assolement –Rotation proposés.....	59

V-4)Les pourcentages proposés aux différentes cultures	63
V-5)Régime d'irrigation et besoins en eau des cultures.....	63
V-5-1)Etude hydrologique :	64
V-5-1-1) Présentation de la station météorologique	64
V-5-1-2) Etude de l'Homogénéité de la série pluviométrique.....	66
V-5-1-3) Ajustement statistique des pluies.....	67
V-5-2) Besoin en eau du périmètre	70
V-5-2-1)L'évapotranspiration potentielle de référence (ET _o) :	70
V-5-2-2)La Formule de PENMAN et MONTHEIT modifiée.....	71
V-6)Calcul hydraulique :	88
V-6-1)Calcul du débit spécifique	90
V-6-2)Calcul du débit caractéristique	90
V-6-3)Calcul du débit du réseau	90
V-6-4)Calcul du Volume nécessaire	90
V-7)Conclusion	90

Chapitre VI : Etude du système de distribution

VI-1)Introduction.....	91
VI-2)Bassin d'irrigation projeté.....	91
VI-2-1)Implantation bassin d'irrigation projeté.....	91
VI-2-2)Capacité du bassin d'irrigation :	92
VI-3)Réseau de distribution	92
VI-3-1)Description du tracé de distribution	93
VI-3-2)Les bornes d'irrigation	94
VI-3-2-1)Implantation des bornes	94
VI-3-2-2)Calcul des débits des bornes.....	94

VI-3-2-3)calcul du débit caractéristique	95
VI-3-2-4)Pression demandée aux bornes d'irrigation	95
VI-3-2-5)Choix de diamètre des bornes	95
VI-3-3)Méthodologie et hypothèses de calcul.....	96
VI-3-3-1)Pertes de charge dans les conduites.....	97
VI-3-3-2)Vitesse d'écoulement dans les conduites	98
VI-3-3-3)Réseau de distribution	96
VI-4-2-1) Matériaux envisageables pour les conduites	102
VI-4-2-2) Critères de choix des conduites.....	102
VI-4-2-1) Conduites en fonte ductile	102
VI-4-2-2) Conduites en béton âme tôle (BAT).....	103
VI-4-2-3) Polyéthylène à haute densité (PEHD).....	103
VI-4-2-4) Choix du matériau de la conduite	103
VI-4-3)Tracés des conduites et variantes proposées	104
VI-4-3-1)Descriptions des Variantes de tracés	104
VI-4-4) Etude hydraulique du système d'adduction projeté.....	106
VI-4-4-1) Hypothèses de dimensionnement des conduites d'adduction	106
VI-4-4-2) Calcul des pertes de charge :.....	106
VI-4-4-5) Commentaires sur les profils piézométriques	111
VI-4-4-7) Conclusion et recommandation	111
VI-5)Conclusion.....	112

Chapitre VII : technique d'irrigation

VII-1)Introduction	113
VII-2)Les différentes techniques d'irrigation.....	113
VII-2-1)L'irrigation De Surface	113

VII-2-2-1) Les planches de ruissellement	113
VII-2-2-2) L'arrosage à la raie	114
VII-2-2-3) Irrigation Par Submersion	114
VII-2-2) L'irrigation Par Aspersion	115
VII-2-3) L'irrigation Localisée.....	116
VII-3) Comparaison entre différents techniques :	117
VII-3-1) Les avantages et les inconvénients de l'irrigation Localisée	117
VII-3-2) L'irrigation Souterraine.....	117
VII-4) Choix Des Techniques D'irrigation.....	118
VII-5) Choix de la technique d'arrosage.....	118
VII-6) Conclusion	119

Chapitre VIII : Dimensionnement a la parcelle

VIII-1) Introduction.....	120
VIII-2) Dimensionnement hydraulique d'un réseau goutte à goutte	120
VIII-2-1) Données générales :	120
VIII-2-2) Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	121
VIII-2-2-1) Influence du taux de couverture du sol	121
VIII-2-2-2) Dose pratique (Dose nette) :	122
VIII-2-2-3) Fréquence des arrosages.....	123
VIII-2-2-5) Durée d'arrosage journalier :	123
VIII-2-2-6) Nombre de poste :	123
VIII-2-2-7) Surface du poste (théorique) :	123
VIII-2-2-8) Nombre des goutteurs	124
VIII-3) Calculs hydrauliques.....	124
VIII-3-1) Conditions hydrauliques de base	124
VIII-3-2) Le débit	124
VIII-3-3) Le nombre d'arbres par rampe.....	125

VIII-3-4) Nombre des goutteurs par rampe	125
VIII-3-5) Le nombre des rampes	125
VIII-3-6) Débit de la rampe.....	125
VIII-3-7) Débit de la porte rampe.....	125
VIII-3-8) Nombre de porte rampe	125
VIII-3-9) Débit de la conduite tertiaire.....	126
VIII-4) Dimensionnement des canalisations du réseau.....	126
VIII-5) Calcul du diamètre de la rampe et vérification des pertes de charges	126
VIII-5-1) Calcul du diamètre des rampes	126
VIII-5-2) Vérification des pertes de charges	126
VIII-6) Calcul de diamètre de porte rampe et Vérification des pertes de charges	127
VIII-6-1) calcule de diamètre	127
VIII-6-2) Vérification des pertes de charges	128
VIII-7) Calcul de diamètre de la conduite d’approche (C. tertiaire)	128
VIII-8) La pression d’eau à la borne de distribution	129
VIII-9) Conclusion.....	129

Chapitre IX : Évaluation économique du projet

IX-1.Introduction :	131
IX-2)Calcil du volume des travaux	131
IX-2-1) Implantation des tracchées sur le terrain :.....	131
IX-2-1) Excavation des tranchées	131
IX-2-1-1) Calcul de largeur de la tranchée	132
IX-2-1-2) Calcul du volume de terrassement	132
IX-2-1-3) Décapage de la couche de erre végétæe ou goudron	132
IX-2-1-4) calcul du volme de déblai	133

IX-2-1-5) Calcul du volume de lit de sable	133
IX-2-1-6) Remblaiement des tranchées	134
IX-2-1-7) Calcul du volume excédentaire	134
IX-2-1-8 La grillage avestisseur	135
IX-2-1-9) Estimation de cout de pose de canalisation de l'adduction	135
IX-2-1-10) Estimation de cout de oise de canalisation	135
IX-3)Charge d'investissement	136
IX-3-1) Dévis estimatif et quantitatif des pièces spéciales :.....	136
IX-3-1-1) Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation	136
IX-3-1-2) Devis estimatif et quantitatif des vannes et chambres des vannes	137
IX-3-1-3) Devis estimatif et quantitatif des ventouses	138
IX-3-1-4) Devis estimatif et quantitatif de vidange direct et indirect	139
IX-3-1-5) Devis estimatif et quantitatif du brise-vent	139
IX-4)Conclusion	140
 conclusion Général	 141

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I

- Tableau I. 1 : Recommandations microbiologiques de l’OMS pour le traitement des eaux usées**..... Erreur ! Signet non défini.
- Tableau I. 2: Recommandations de l’USEPA concernant la réutilisation des eaux usées** Erreur ! Signet non défini.
- Tableau I. 3: Directives pour l’interprétation de la qualité d’une eau d’irrigation d’après la FAO** Erreur ! Signet non défini.

Chapitre II

- Tableau II. 1: Coordonnées de la station d’Ain El Bey**..... Erreur ! Signet non défini.
- Tableau II. 2: précipitations moyennes mensuelles aux stations Ain El Bey (1990-2010).** Erreur ! Signet non défini.
- Tableau II. 3: Température moyenne mensuelle à la station D’Ain el Bey- Périodes (1990-2010).** Erreur ! Signet non défini.
- Tableau II. 4: moyenne mensuelle des vitesses des vents à la station d’Ain El Bey (périodes 1990-2010).** Erreur ! Signet non défini.
- Tableau II. 5 moyenne de l’humidité relative de l’air (1990-2010).** Erreur ! Signet non défini.
- Tableau II. 6: insolation moyenne mensuelle en heures (1990-2010).**... Erreur ! Signet non défini.
- Tableau II. 7: Nombre de jours de neige par mois** Erreur ! Signet non défini.
- Tableau II. 8: Nombre de jours de grêle par mois** Erreur ! Signet non défini.
- Tableau II. 9: Nombre de jours moyen mensuel de siroco.**..... Erreur ! Signet non défini.
- Tableau II. 10: Classement de l’Indice selon De Martonne** Erreur ! Signet non défini.
- Tableau II. 11: Limite de climat d’après le quotient d’EMBERGER ..** Erreur ! Signet non défini.
- Tableau II. 12: Moyennes mensuelles de précipitations et de températures...** Erreur ! Signet non défini.

Chapitre III

- Tableau III. 1: Description des profils pédologiques** Erreur ! Signet non défini.
- Tableau III. 2: coupes naturelles utilisées comme points d’observation.**..... Erreur ! Signet non défini.

Tableau III. 3 Aptitude culturales pour les cultures irriguées par des eaux usées épurées.

.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau III. 4: les réserves utiles en eau des solsErreur ! Signet non défini.

Tableau III. 5 L’analyse des profils au laboratoireErreur ! Signet non défini.

Chapitre IV

Tableau IV. 1 capacités des

réservoirs.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 2 : dotation réelleErreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 3 :Variation des besoins domestique de la zone OUEST de la nouvelle ville Erreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 4 Variation des besoins d’équipements de la zone OUEST de la nouvelle ville.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 5: Variation des débits moyens journaliers de la zone d’étude .. Erreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 6: Variation des débits maximum journalière de la zone OUEST de la nouvelle ville.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 7: Estimation des pertes de la zone OUEST de la nouvelle ville . Erreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 8: données de base nécessaires pour le dimensionnement de la STEPErreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 9: les méthodes d’analyses des principaux paramètres examinés Erreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 10: normes de rejets en rivièreErreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 11: les paramètres physico- chimique.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 12: Moyenne des trois campagnes du 19/01/2010 ; 23/02/210 et 02/06/2010 .Erreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 13: Paramètres des métaux lourdsErreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 14: le rapport de la biodégradabilité.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 15: Teneur en substances nutritives.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 16: Réutilisation des eaux usées, selon les normes algériennes.... Erreur ! Signet non défini.

Tableau IV. 17: Traitement proposé pour répondre aux critères applicables à la réutilisation des eaux usées, selon L’OMSErreur ! Signet non défini.

Chapitre V

Tableau V. 1 : cycle végétatif des cultures mises en place

.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 2 : Assolement et rotation proposé (modèle1)

.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 3 : Assolement et rotation proposé (modèle2)

.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 4 : Assolement et rotation proposé (modèle N°1)

.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 5 : Assolement et rotation proposé (modèle N°2)

.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 6 : Les pourcentages occupés aux différentes cultures.....

.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 7 : Présentation de la station météorologique De Ain El

Bey.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 8 : La répartition mensuelle des précipitations (mm).....

..... Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 9 : Résultats de calculs pour les deux lois

.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 10 : Pluie sec80% de la zone d'étude

.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 11 : Résultat de calcul de l'Evapotranspiration de référence (ET₀)

.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 12 : Pluies efficaces pour chaque mois en mm

.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 13 : Calcul des besoins en eau du pommier.

.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 14: Calcul des besoins en eau de l'Abricotier Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 15: Calcul des besoins en eau du figuier..... Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 16: Calcul des besoins en eau de l'olivier Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 17 : Calcul des besoins en eau du pêcher. Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 18: Calcul des besoins en eau du Tomate industrielle.Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 19: Calcul des besoins en eau de la betterave. Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 20: Calcul des besoins en eau du pois a rame. Erreur ! Signet non défini.

Tableau V. 21: Calcul des besoins en eau du poivron..... Erreur ! Signet non défini.
Tableau V. 22 : Calcul des besoins en eau du Bersim..... Erreur ! Signet non défini.
Tableau V. 23: Calcul des besoins en eau du maïs..... Erreur ! Signet non défini.
Tableau V. 24: Calcul des besoins en eau mensuels pour les différentes cultures modèle 01..... Erreur ! Signet non défini.
Tableau V. 25: Calcul des besoins en eau mensuels pour les différentes cultures modèle 02..... Erreur ! Signet non défini.
Tableau V. 26: la consommation en eau des deux modèles. Erreur ! Signet non défini.
Tableau V. 27: Estimation des volumes d'eau d'irrigation
..... Erreur ! Signet non défini.

Chapitre VI

Tableau VI. 1 : choix de diamètre des bornes Erreur ! Signet non défini.
Tableau VI. 2: Caractéristiques des ilots et débits des bornes..... Erreur ! Signet non défini.
Tableau VI. 3: les caractéristiques des bornes d'irrigation Erreur ! Signet non défini.
Tableau VI. 4: les caractéristiques des tronçons d'irrigation..... Erreur ! Signet non défini.
Tableau VI. 5: Synthèse des paramètres examinés..... Erreur ! Signet non défini.
Tableau VI. 6: Coefficients K', m, s pour différents types du tuyau Erreur ! Signet non défini.
Tableau VI. 7: Tableau récapitulatif des variantes. Erreur ! Signet non défini.
Tableau VI. 8: Résumé des variantes étudiées Erreur ! Signet non défini.
Tableau VI. 9: : Calcul des pressions Erreur ! Signet non défini.
Tableau VI. 10 : Caractéristiques de la conduite d'adduction (Variante 1) ... Erreur ! Signet non défini.

Chapitre VII

Tableau VII. 1: Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage
..... Erreur ! Signet non défini.

Chapitre VIII

Tableau VIII. 1 Calculs des diamètres et pertes de charges des rampes :
..... Erreur ! Signet non défini.

Tableau VIII. 2 Calculs des diamètres et pertes de charges des rampes :

.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau VIII. 3: Récapitulatif des calculs des diamètres et pertes de charges

.....Erreur ! Signet non défini.

Chapitre IX

Tableau IX. 1: calcul du volume de la couche végétale ou le goudron pour le réseau..... Erreur ! Signet non défini.

Tableau IX. 2: calcul du volume de déblai pour le réseauErreur ! Signet non défini.

Tableau IX. 3 : calcul du volume de sable pour le réseauErreur ! Signet non défini.

Tableau IX. 4 : calcul du volume de remblai.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau IX. 5: calcul du volume excédentaireErreur ! Signet non défini.

Tableau IX. 6: calcul du volume excédentaireErreur ! Signet non défini.

Tableau IX. 7: Estimation du coût de pose de canalisation de l'adduction..... Erreur ! Signet non défini.

Tableau IX. 8: Devis estimatif et quantitatif des conduitesErreur ! Signet non défini.

Tableau IX. 9: Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation (fourniture, transport, pose et terrassement.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau IX. 10: Devis estimatif et quantitatif des vannes (fourniture, transport et pose)Erreur ! Signet non défini.

Tableau IX. 11: Devis estimatif et quantitatif des chambres des vannes..... Erreur ! Signet non défini.

Tableau IX. 12: Devis estimatif et quantitatif des ventousesErreur ! Signet non défini.

Tableau IX. 13: Devis estimatif et quantitatif des vidanges.....Erreur ! Signet non défini.

Tableau IX. 14: Devis estimatif et quantitatif du-brise vent.....Erreur ! Signet non défini.

- Figure II. 1. Plan de Situation du Périmètre d'irrigation. (Echelle : 1/200000)**Erreur ! Signet non défini.
- Figure II. 2 : Histogramme de la pluviométrie moyenne mensuelle en (mm) de la station de**Erreur ! Signet non défini.
- Figure II. 3: Evolution des températures enregistrées au niveau de la station Ain El Bay**Erreur ! Signet non défini.
- Figure II. 4 : La vitesse du vent moyenne mensuelle en m/s (Périodes : 1990-2010).**Erreur ! Signet non défini.
- Figure II. 5 : Histogramme de l'humidité relative en % (Périodes : 1990-2010).**Erreur ! Signet non défini.
- Figure II. 6: courbe de l'insolation (Période 1990-2010).**.....Erreur ! Signet non défini.
- Figure II. 7: Climatogramme D'Emberger**Erreur ! Signet non défini.
- Figure II. 8: Diagramme ombrothermique de la wilaya de Constantine**Erreur ! Signet non défini.
- Figure III. 1: les différents profiles et points d'observation**.....
Erreur ! Signet non défini.
- Figure IV. 1: Situation géographique du site de la future STEP**.....Erreur ! Signet non défini.
- Figure IV. 2: Plan de masse « échelle : 1/500»**.....Erreur ! Signet non défini.
- Figure V. 1: Ajustement des pluies annuelles par la loi Normale (Logiciel Hyfran)**.....Erreur ! Signet non défini.
- Figure VI. 1: Vue aérienne pour site du bassin d'irrigation projeté**.....Erreur ! Signet non défini.
- Figure VI. 2: Site du bassin d'irrigation 800m³**Erreur ! Signet non défini.
- Figure VI. 3: Réseau de distribution projeté**Erreur ! Signet non défini.
- Figure VI. 4: Schéma du réseau de distribution**Erreur ! Signet non défini.
- Figure VI. 5: Variante 01**Erreur ! Signet non défini.
- Figure VI. 6: Variante 02**Erreur ! Signet non défini.
- Figure VI. 7: Simulation du fonctionnement par gravité de la variante 01.**Erreur ! Signet non défini.
- Figure VI. 8: Profil piézométrique du fonctionnement par gravité de la variante 01**Erreur ! Signet non défini.

Figure VI. 9: Simulation du fonctionnement par gravité de la variante 02.Erreur ! Signet non défini.

Figure VI. 10: Profil piézométrique du fonctionnement par gravité de la variante 02Erreur ! Signet non défini.

Figure VII. 1: Irrigation par planche de ruissellement.....
Erreur ! Signet non défini.

Figure VII. 2: Partie essentielle d'une installation en aspersion classique.....
..... Erreur ! Signet non défini.

Figure VII. 3: Partie essentielle d'une installation localisée.....
.....Erreur ! Signet non défini.

Figure VIII. 1: schéma explicatif d'un réseau de gouteur
.....Erreur ! Signet non défini.

Figure VIII. 2 : schéma explicatif d'un réseau d'irrigation localisée.
.....Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES PLANS

Désignation	Numéro	Echelle
CARTE DES APTITUDES CULTURALES AVEC DELIMITATIONS DES ILOTS	Plan 1	1/10000
RESEAU D'IRRIGATION AVEC SCHEMA D'AMENAGEMENT	Plan 2	1/1000
PROFILS EN LONG CONDUITE D'ADDUCTION	Plan 3	1/1000
PROFILS EN LONG DE LA CONDUITE D'ADDUCTION	Plans 4	1/1000
PROFILS EN LONG DE RESEAU D'IRRIGATION	Plan 5	1/2500

Introduction générale

L'aridité est un fait climatique significativement exprimé par le rapport des précipitations à l'évapotranspiration potentielle pour une durée de référence donnée, annuelle en général. Elle augmente la demande en eau du fait d'un accroissement de la part consommée et non restituée pour satisfaire les nécessités de l'évapotranspiration et du lessivage des sols salinisés. Elle diminue les ressources en eau du fait de la faiblesse des précipitations et de la faiblesse des apports du réseau hydrographique. De sorte que même lorsque la demande n'est pas excessive, sa confrontation avec la ressource disponible se traduit par de fréquentes inadéquations c'est à dire par des "pénuries chroniques".

Au cours des dernières années, il y a eu un considérable regain d'intérêt pour l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation dans les régions arides et semi-arides, où les autres sources d'approvisionnement en eau sont rares et où il est nécessaire d'accroître la production vivrière locale.

La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation en agriculture peut se traduire par de nombreux avantages, mais elle s'avère particulièrement utile et rentable dans les pays arides et semi-arides à faible revenu. Dans de telles régions, les ressources en eau supplémentaires à faible coût peuvent constituer un gain important pour le bien-être et la santé des humains.

Le présent travail a pour but de concevoir un réseau d'irrigation alimenté par les eaux usées épurées pour un périmètre qui est localisé dans la région d'Ain Smara.

Cette étude a pour objectif d'éradiquer toute évolution négative sur le milieu récepteur. Et pour cela les eaux de la station d'épuration de d'Ali Mendjeli seront mobilisées et réutilisées à des fins agronomiques.

Afin d'aboutir dans ce projet, il est envisageable d'effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques de ces eaux, en se basant sur les normes de préservation de l'environnement et de la santé les plus strictes pour une éventuelle utilisation dans l'irrigation.

Les démarches qui ont été préconisées sont comme suit :

Après une introduction, le premier chapitre est consacré à une recherche bibliographique sur les études similaires réalisées dans ce domaine ;

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation du périmètre d'étude ;

Le troisième chapitre traite les ressources en sol.

Le quatrième chapitre est consacré à la présentation de la STEP de d'Ali Mendjeli ;

Le chapitre cinq est consacré aux besoins d'irrigation.

Dans le chapitre six on détaille la variante d'adduction.

Les chapitres sept et huit sont consacrée au dimensionnement à la parcelle.

Une conclusion générale est présentée à la fin de ce mémoire.

Chapitre I :

Étude bibliographique

Chapitre I Etude Bibliographique : la réutilisation des eaux usées en irrigation

I-1) Introduction

Le problème de l'eau se pose avec acuité aussi bien au Nord qu'au Sud, chez les uns en termes de qualité, chez les autres en termes de quantité.

L'accroissement démographique, les activités anthropiques et les changements climatiques exercent une grande pression sur la ressource «eau ». Celle-ci diminue à cause de la surexploitation des nappes, de la pollution des lacs et des rivières, etc. Pour disposer de plus d'eau douce pour les usages industriels et d'eau potable, l'agriculture, qui consomme près de 70% de toute l'eau douce utilisée, doit réutiliser davantage les eaux usées en irrigation. Cette réutilisation permet, en plus de l'eau, d'apporter des fertilisants et de la matière organique.

La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation est particulièrement intéressante dans les pays qui ont des ressources hydriques faibles avec présence de saisons sèches et où la compétition avec l'eau potable est très marquée. Dans ces pays, l'irrigation de cultures ou d'espaces verts constitue donc la voie de l'avenir pour la réutilisation des eaux usées urbaines traitées, à court et à moyen termes. (**Valiron et al.** 1983), la réutilisation de l'eau est définie ainsi : « La réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques ».

I-2) Historique sur la réutilisation des eaux usées en irrigation

La réutilisation des eaux usées est une pratique très ancienne. Au milieu du 19^e siècle, de nombreuses villes d'Amérique du nord et d'Europe ont adopté l'irrigation des cultures comme moyen d'éliminer leurs eaux résiduaires (**Mara et Cairncross, 1991**). La raison essentielle était d'empêcher la pollution des cours d'eau et non l'amélioration de la production agricole.

I-2-1) En Amérique

Aux États-Unis, 34 états disposent de réglementations ou de recommandations relatives à l'usage agricole des eaux usées (**Ecosse, 2001**). Les grandes réalisations sont en Californie où les eaux usées sont utilisés pour irriguer le coton, la luzerne, le maïs, l'orge et la betterave à sucre et en Floride, où en plus des parcs et des golfs, 3000 ha de cultures et de pépinières sont irriguées par les eaux usées traitées.

Au Mexique, les eaux usées brutes de Mexico sont réutilisées pour l'irrigation agricole dans le cadre d'un plus grand projet d'irrigation (irrigation de 90 000 hectares de maïs, d'orge et de tomates). Pour l'ensemble des villes mexicaines la superficie irriguée par les eaux usées brutes est de l'ordre de 250 000 ha (**Mara & Cairncross, 1991**).

I-2-2) En Méditerranée

La réutilisation agricole des eaux usées a toujours existé sur le pourtour sud de la Méditerranée. En effet, le bassin méditerranéen est une région où la pénurie d'eau est particulièrement ressentie. La Tunisie est le premier pays de l'Ouest méditerranéen à avoir adopté des réglementations en 1989 pour la réutilisation de l'eau (**Bahri, 2002**). On compte environ 6400 hectares irrigués par les eaux usées traitées dont presque 70% sont situés autour de Tunis (grand centre urbain), lieu de production des eaux usées. Les cultures irriguées sont les arbres fruitiers (citrons, olives, pommes, poires etc.), les vignobles, les fourrages (luzerne, sorgho), le coton, etc.

I-2-3) Australie

L'Australie est un continent sec. L'intensité des précipitations est très variable dans l'espace puisqu'un quart du continent concentre 80% des précipitations. Le plus ancien périmètre irrigué au monde se trouve à Melbourne (**créé en 1897**) et il comporte 4000 ha (**Mara & Cairncross, 1991**). Essentiellement, les eaux usées brutes servent à irriguer les pâturages.

I-2-4) En Chine et en Inde

La Chine et l'Inde, deux pays très peuplés et qui risquent d'être en stress hydrique dans la prochaine décennie, pratiquent à grande échelle la réutilisation des eaux usées en irrigation agricole. Pour l'ensemble des villes chinoises, on compte 1 330 000 ha irrigués par les eaux usées. Pour l'Inde, le total s'élève à 73000 ha.

I-3) Principaux aspects de la réutilisation des eaux usées

I-3-1) Utilité des eaux usées

En tant que substitut de l'eau douce pour l'irrigation et l'aquiculture, les eaux usées ont un rôle important à jouer dans la gestion des ressources en eau. En laissant l'eau fraîche pour l'alimentation en eau potable et pour d'autres usages prioritaires, la réutilisation des eaux usées contribue à la conservation de l'eau ; elle présente aussi certains avantages économiques. Les eaux

usées sont disponibles à proximité des agglomérations urbaines, où est concentrée la demande de produits agricoles et de bois de feu.

Réutiliser les eaux usées pour irriguer les cultures et les plantations d'arbres peut donner aider à améliorer l'état nutritionnel des populations urbaines et à fournir le combustible pour la cuisine et le chauffage. Dans certains pays, cette application est essentielle. Cependant, il faut s'assurer avant tout à ce que les eaux usées soient réutilisées de façon rationnelle, tout en veillant à la protection de la sante.

I-3-2) Protection de l'environnement

Il réside dans la dégradation de la qualité des sols, des eaux souterraines et de surface, les sols ayant une perméabilité interstitielle (gravier, sable) permettent une bonne épuration à l'inverse des sols fissurés (calcaire, dolomies, granit, etc.). Les nappes libres sont les plus exposées à la contamination, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection naturelle vers la surface, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes. La réutilisation des eaux usées épurées peut donc être remise en cause dans des zones qui cumulent ces facteurs de risque (**Lazarova et Brissaud, 2007**).

L'utilisation des eaux usées pour l'irrigation et l'épandage des boues d'épuration comportent cependant un risque : celui de la contamination des eaux souterraines, ou l'accumulation d'azote est un grave problème dans de nombreux pays. Ce risque dépend des conditions locales et du taux d'application, quand la couche saturée.

I-3-3) Polluants chimiques

Partout où les déchets industriels sont déversés dans le réseau d'assainissement, les eaux usées municipales risquent de contenir des polluants chimiques.

Cela est particulièrement préoccupant lorsqu'il s'agit de polluants toxiques pour l'homme, les plantes et le biotope aquatique, comme les métaux lourds et les substances organiques non dégradables. La présence de buron, composant des détergents synthétiques toxique pour les plantes, en particulier les agrumes, devrait être contrôlée quand les eaux usées sont utilisées pour l'irrigation. La meilleure solution est d'empêcher les polluants chimiques de se déverser dans les égouts, mais cela est difficile la ou les petites industries sont nombreuses, à moins d'aménager des zones industrielles isolées et dotées de leurs propres stations d'épuration des eaux usées.

A long terme, l'irrigation au moyen d'eaux usées peut entraîner l'accumulation dans le sol de substances toxiques ou de sel.

A mesure que la zone non saturée absorbe les polluants chimiques, en particulier les métaux lourds, leur concentration dans le sol augmente et, après de nombreuses années, elle atteint un niveau tel que les plantes elles-mêmes absorbent les polluants dans des quantités toxiques pour l'homme. Dans les régions arides, où l'eau d'irrigation est saline, il est fréquent que la salinité du sol augmente et l'irrigation avec des eaux usées salines peut avoir le même effet à long terme. Pour y remédier, il est impératif dans tout projet d'irrigation, de prévoir le drainage adéquate des sols.

I-3-4) Aspects économiques

De toute évidence la réutilisation des eaux usées supposent leur récupération dans les grandes agglomérations urbaines, les eaux usées consistent le plus souvent en eaux d'égout. De toute façon, la récupération est nécessaire, que les eaux usées soient réutilisées ou non, et son coût ne devrait pas être inclus dans l'évaluation économique des projets de réutilisation. Cela est vrai aussi pour le coût du traitement et de l'évacuation des eaux usées, nécessaires pour assurer la protection de l'environnement.

Il est plus facile de trouver des solutions satisfaisantes du point de vue économique quand la réutilisation est envisagée dès le stade de la planification, car même la conception du système de récupération des eaux usées et l'emplacement de la station d'épuration influent sur la viabilité économique des projets d'irrigation ou d'aquiculture. Le transport des effluents traités sur de longues distances, jusqu'aux régions où ils sont utilisés, doit être évité, en raison de son coût élevé.

I-3-5) Aspects institutionnels

Si un seul organisme ne peut être chargé de gérer un projet de réutilisation des eaux usées, des dispositions doivent être prises localement pour coordonner les activités des différents organismes concernés, qui doivent coopérer étroitement non seulement pour assurer la bonne marche des opérations, mais surtout pour mettre en place des mesures de protection sanitaire efficaces. Ces organismes concernés doivent avoir ou acquérir la capacité et les moyens de contrôler la qualité des eaux usées. Ce contrôle peut être moins strict si des bassins de stabilisation bien conçus sont aménagés pour leur traitement. Toute autre mesure de protection doit aussi faire l'objet d'une surveillance. Des informations en retour doivent être données au personnel des stations d'épuration et aux utilisateurs, afin d'assurer la protection constante de la santé et à cette fin, les organismes responsables doivent être prêts à appliquer les règlements et à donner des directives chaque fois que cela est nécessaire.

I-4) La réutilisation des eaux usées en irrigation

L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture est répandue dans le monde entier, Cette pratique est apparue avec l'installation d'égouts dans les agglomérations urbaines et elle s'est développée au cours des dernières décennies, en particulier dans les régions arides et semi-arides. Ce développement s'explique principalement par le besoin urgent d'accroître la production agricole, par le manque d'eau fraîche et par le désir de faire des économies en employant moins d'engrais et de minéraux. Il existe actuellement des milliers de projets utilisant des eaux usées, dont la taille varie de quelques hectares à plusieurs milliers d'hectares en Inde par exemple, on dénombre plusieurs centaines de réseaux d'irrigation de ce type, desservant une superficie d'environ 73 000 ha. Aux Etats-Unis, leur nombre augmente rapidement, il y avait plus de 3400 projets de ce type en 1980.

Mais, dans le monde entier, rares sont les projets conçus et réalisés d'une façon assurant convenablement la protection de la sante des ouvriers et des utilisateurs. Dans la plupart des cas, les eaux usées sont utilisées à l'état brut ou après un traitement minimal, et pratiquement aucune mesure n'est prise pour protéger la santé. Et il n'est pas rare que les paysans entrent par effraction dans les égouts ou prélèvent clandestinement des eaux usées dans les canaux de drainage à ciel ouvert.

I-4-1) Agriculture

La restriction des cultures pouvant être pratiquées est un bon moyen de protéger la santé publique quand des eaux usées sont utilisées à l'état brut ou seulement partiellement traitées. Au Mexique, la majeure partie des effluents produits à raison d'environ 55 m³/s, ces eaux usées servent à irriguer 80 000 ha, destinés principalement à la production de luzerne, de maïs, d'orge et d'avoine, ce qui en fait le plus vaste projet de réutilisation au monde.

Les cultures interdites sont notamment les laitues, les choux, les betteraves, le coriandre, les radis, les carottes, les épinards et le persil, mais les autorités permettent la culture de tomates et de piments sur une petite superficie estimant que les fruits poussent suffisamment loin du sol pour ne pas être contaminés par les eaux usées.

I-4-2) Arrosage des espaces verts

Les eaux usées sont couramment employées pour l'arrosage des espaces verts urbains, comme les jardins publics et les terrains de golf. Dans de nombreux pays, les normes de qualité des effluents du Département de la santé publique de l'Etat de Californie ont été prises comme modèle et un traitement tertiaire, avec filtrage rapide sur sable et chloration, est effectué après le traitement biologique secondaire classique. Cette méthode est employée à Oman, au Qatar, en Arabie Saoudite et dans les Emirats Arabes Unis, bien que les effluents secondaires soient utilisés depuis longtemps dans les pays arides, pour arroser les bordures de rues. A Mexico, les jardins publics et les accotements routiers sont arrosés avec des eaux usées ayant subi un traitement secondaire, qui sont distribuées par un réseau de conduites ou par des camions- citernes. Des arroseurs ou des tuyaux d'arrosage sont généralement utilisés pour ces espaces verts.

I-4-3) Aquaculture

L'élevage de poissons et la culture de plantes aquatiques dans des bassins fertilisés par des eaux usées et des excréta sont des pratiques courantes, en particulier en Asie. Il existe, en Inde, plus de 130 réseaux de viviers fertilisés par des eaux-vannes, couvrant une superficie d'environ 12 000 ha. En Allemagne, 25% environ des eaux usées stabilisées (c'est-à-dire débarrassées de la majeure partie des solides en suspension) provenant de la ville de Munich sont traitées dans un complexe piscicole de 233 ha comprenant 30 grands bassins exploités en parallèle.

I-5) Mesures de protection de la santé

La réutilisation des eaux usées a toujours existé, mais elle a toujours été traitée d'une façon mono-disciplinaire, le seul critère retenu étant la santé humaine. Toutes les normes de l'OMS ont été élaborées dans un souci sanitaire. Celles-ci ont été d'une part contraignantes, car difficile à respecter par les pays en voie de développement et, d'autre part, ont posé le problème d'acceptabilité sociale c'est-à-dire l'image négative d'une eau considérée dangereuse.

I-5-1) Recommandations de l'OMS

L'OMS a publié en 2006 de nouvelles lignes directrices sur l'utilisation des eaux usées (WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater), qui tiennent compte des situations locales et privilégient les moyens à prendre pour réduire au minimum les risques sanitaires posés par ces eaux. L'approche innove surtout parce qu'elle encourage l'adoption de mesures relativement simples pour protéger la santé à tous les maillons de la chaîne alimentaire.

Il s'agit d'une approche à barrières multiples qui cherche à protéger la santé des consommateurs. Cette approche peut inclure la combinaison des éléments suivants : le traitement des eaux usées, la restriction des cultures, les techniques d'irrigation, le contrôle de l'exposition aux EU ainsi que le lavage, la désinfection et la cuisson des produits (OMS, 2006).

Tableau I-01 : Recommandations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des eaux usées Destinées à l'irrigation (OMS, 2006).

Catégorie	Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux (nombre d'œufs par litre – moyenne arithmétique)*	Coliformes intestinaux (nombre par 100 ml – moyenne géométrique)*	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics ^d	Ouvriers agricoles, consommateurs, public	≤ 1	≤ 1000	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	≤ 1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8–10 jours ou tout autre procédé d'élimination des helminthes et des coliformes intestinaux
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire

* Dans certains cas, il faut tenir compte des conditions locales épidémiologiques, socio-culturelles et environnementales et modifier les directives en conséquence.

^a Espèces *Ascaris* et *Trichuris* et ankylostomes.

^b Pendant la période d'irrigation.

^c Une directive plus stricte (≤ 200 coliformes intestinaux par 100 ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

^d Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et les fruits tombés ne doivent jamais être ramassés. Il faut éviter l'irrigation par aspersion.

I-5-2) Recommandation de l'USEPA

L'USEPA (United States Environmental Protection Agency, 2004) a publié, en collaboration avec l'USAID (United States Agency of International Développement), des recommandations sur la réutilisation des eaux usées traitées, dont plusieurs paramètres sont pris en compte : le pH, la DBO, la turbidité ou les MES et microbiologiquement seul les coliformes fécaux permet de juger la qualité de l'eau (USEPA, 2004).

Tableau I-02 : Recommandations de l'USEPA concernant la réutilisation des eaux usées (USEPA, 2004)

Type of use	Reclaimed Water Quality	Treatment
Urban uses, crops eaten raw, Recreational impoundments	<ul style="list-style-type: none"> • pH = 6 - 9 • ≤ 10 mg/L BOD • ≤ NTU^a • No detectable fecal coli/100mL^b • ≥ 1 mg/L Cl₂ residual^c 	<ul style="list-style-type: none"> • Secondary • Filtration • Disinfection
Restricted access area irrigation, processed food crops, nonfood crops, aesthetic impoundments, construction uses, industrial cooling, environmental reuse	<ul style="list-style-type: none"> • pH = 6 - 9 • ≤ 30 mg/L BOD • ≤ 30 mg/L TSS • ≤ 200 fecal coli/100 mL^e • ≥ 1 mg/L Cl₂ residual^c 	<ul style="list-style-type: none"> • Secondary • Disinfection
Groundwater recharge of nonpotable aquifers by spreading	<ul style="list-style-type: none"> • Site specific and use dependent 	<ul style="list-style-type: none"> • Site specific and use dependent • Primary (minimum)
Groundwater recharge of nonpotable aquifers by injection	<ul style="list-style-type: none"> • Site specific and use dependent 	<ul style="list-style-type: none"> • Site specific and use dependent • Secondary (minimum)
Groundwater recharge of potable aquifers by spreading	<ul style="list-style-type: none"> • Site specific • Meet drinking water standards after percolation through vadose/one 	<ul style="list-style-type: none"> • Secondary • Disinfection • May Also need filtration & advanced wastewater
Groundwater recharge of potable aquifers by injection, augmentation of surface supplies	Includes Following : <ul style="list-style-type: none"> • pH = 6.5 - 8.5 • ≤ 2 NTU^a • No detectable fecal coli/100mL^e • ≥ 1 mg/L Cl₂ residual^c • ≤ 3 mg/L TOC • ≤ 0.2mg/L TOX • Meet drinking water standards 	<ul style="list-style-type: none"> • Secondary • Filtration • Disinfection • Advanced wastewater

I-5-3) Directives de la FAO

La FAO établit en 1974 des directives concernant la qualité physicochimique et d'éléments traces métalliques de l'eau d'irrigation dans lesquelles l'accent était mis sur l'influence à long terme de la

qualité de l'eau, sur la production agricole, sur les conditions du sol et les techniques culturales (Ayers et Westcot, 1994) :

Tableau I-03 : Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation d'après la FAO

		Restriction pour l'irrigation		
		Aucune	Légère à modérée	Forte
Salinité (influe sur l'eau disponible pour la plante)				
CEi	dS/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
TDS	mg/l	<450	450-2000	>2000
Infiltration (influe sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol : utiliser à la fois CEi et SAR)				
SAR = 0-3 et CEi =		>0.7	0.7-0.2	<0.2
SAR = 3-6 et CEi =		>1.2	1.3-0.3	<0.3
SAR = 6-12 et CEi =		>1.9	1.9-0.5	<0.5
SAR = 12-20 et CEi =		>2.9	2.9-1.3	<1.3
SAR = 20-40 et CEi =		>5.0	5.0-2.9	<2.9
Toxicité de certains ions (affectent les cultures sensibles)				
Sodium :				
Irrigation de surface	SAR	<3	3-9	>9
Irrigation par aspersion	méq/l	<3	>3	□
Chlore :				
Irrigation de surface	méq/l	<4	4-10	>10
Irrigation par aspersion	méq/l	<3	>3	
Bore	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3.0
Effets divers (affecte les cultures sensibles)				
Azote (NO ₃ -N)	mg/l	<5	5-30	>30
Bicarbonate (HCO ₃) (pour aspersion sur frondaison)	méq/l	<1.5	1.5-8.5	>8.5
pH		Zone normale : 6.5-8.4		

I-6) Infections causées par les agents pathogènes

Des virus, des bactéries, des protozoaires et des helminthes pathogènes passent dans les excréta des personnes infectées et peuvent être transmis soit par voie orale (par exemple, par la consommation de légumes contaminés), soit par la peau (comme dans le cas des ankylostomes et des schistosomes). Les excréta et les eaux usées contiennent généralement de

fortes concentrations d'agents pathogènes, en particulier dans les pays où les maladies diarrhéiques et les parasites intestinaux sont particulièrement répandus.

Il existe un grand nombre d'infections de ce genre, qui ont des répercussions importantes sur la santé publique et qui sont transmises de différentes manières. Les caractéristiques des agents à l'origine de ces infections varient également et sont très importantes pour déterminer dans quelles conditions une infection peut être favorisée ou maîtrisée par la réutilisation des eaux usées.

I-7) Évaluation des risques liés à la santé

Connaissant le mode de survie des agents pathogènes contenus dans les excréta et le degré d'élimination de ces agents par le traitement des eaux usées, on peut dans une certaine mesure, évaluer le risque de propagation des maladies transmissibles lié à l'utilisation d'eaux usées.

Cette approche, qui donne la priorité aux critères microbiologiques, table sur l'élimination des agents pathogènes pour déterminer l'absence de risque «potentiel», mais elle ne tient pas compte du concept épidémiologique de risque «effectif» ou «attribuable». On considère qu'il existe un risque potentiel (de contracter une maladie) quand des micro-organismes pathogènes sont détectés dans les eaux usées ou sur les plantes, même si aucun cas de maladie causée par ces micro-organismes n'est détecté. En revanche, du point de vue épidémiologique, l'accent est mis sur le risque probable, pour un individu, de contracter une maladie donnée (ou de voir sa santé s'altérer), pendant une période donnée, par suite d'une certaine exposition. Un risque potentiel peut ne jamais devenir effectif, pour des raisons liées au temps de survie des agents pathogènes, à la dose infectieuse minimale, au comportement humain et à l'immunité de l'hôte, une infection peut se transmettre dans la communauté par d'autres voies; aussi la maladie observée n'est-elle pas nécessairement associée à l'utilisation d'eaux usées.

I-8) Conclusion

Les eaux usées urbaines sont une ressource de valeur qu'il faudrait exploiter partout où cela est possible, en prenant les mesures nécessaires pour protéger la santé publique.

Leur réutilisation présente de nombreux avantages ; elle permet de réduire la pollution du milieu naturel et d'accroître la production agricole.

La protection de la santé publique peut être assurée par une série de mesures intégrées, comprenant les différents processus du traitement des eaux usées.

Chapitre II :

Présentation de la zone

CHAPITRE II : ETUDE DU MILIEU PHYSIQUE

II-1) Introduction

La zone d'étude concerne la ville d'Ali Mendjli, cette nouvelle ville est située dans la partie Nord-Est de l'Algérie sur le territoire de la wilaya de Constantine à l'Est du chef-lieu de la ville d'Ain Smara.

Sur le plan géologique, elle est caractérisée par la présence de couches marno-calcaires issues du Maestrichtien et du Pléistocène, Cette zone fait partie de la plaine d'Ali Mendjeli avec des altitudes ne dépassant pas les 600 m.

II-2) Présentation de l'aire d'irrigation d'Ali Mendjeli

II-2-1) Situation Générale

Le périmètre d'irrigation est situé juste en aval de la ville d'Ali Mendjeli, dans la wilaya de Constantine à l'est du chef-lieu de la ville d'Ain Smara dont les coordonnées 36°16'03'' Nord, et 6°30'05'' Est.

La zone d'étude est limitée par :

- Au Nord : thalweggs et collines.
- Au Sud : Châbaat, colline et Chemin De Wilaya N° 101.
- A l'Est : monts de Oulad Selam et Oued Rhumel.
- A l'Ouest : la route nationale N° 05 et chef-lieu de la commune Ain Smara.

Le périmètre d'irrigation Ali Mendjeli est de forme irrégulière, il est d'une superficie totale d'environ 300 ha, et est traversé par l'oued Rhumel, qui le divise donc en deux secteurs.

L'altitude de la surface terrestre dans les limites du périmètre d'irrigation évolue entre 580 et 650 m N.G.A. par contre l'altitude de la ressource d'eau (STEP ALI MENDJELI) est de 725m NGA.

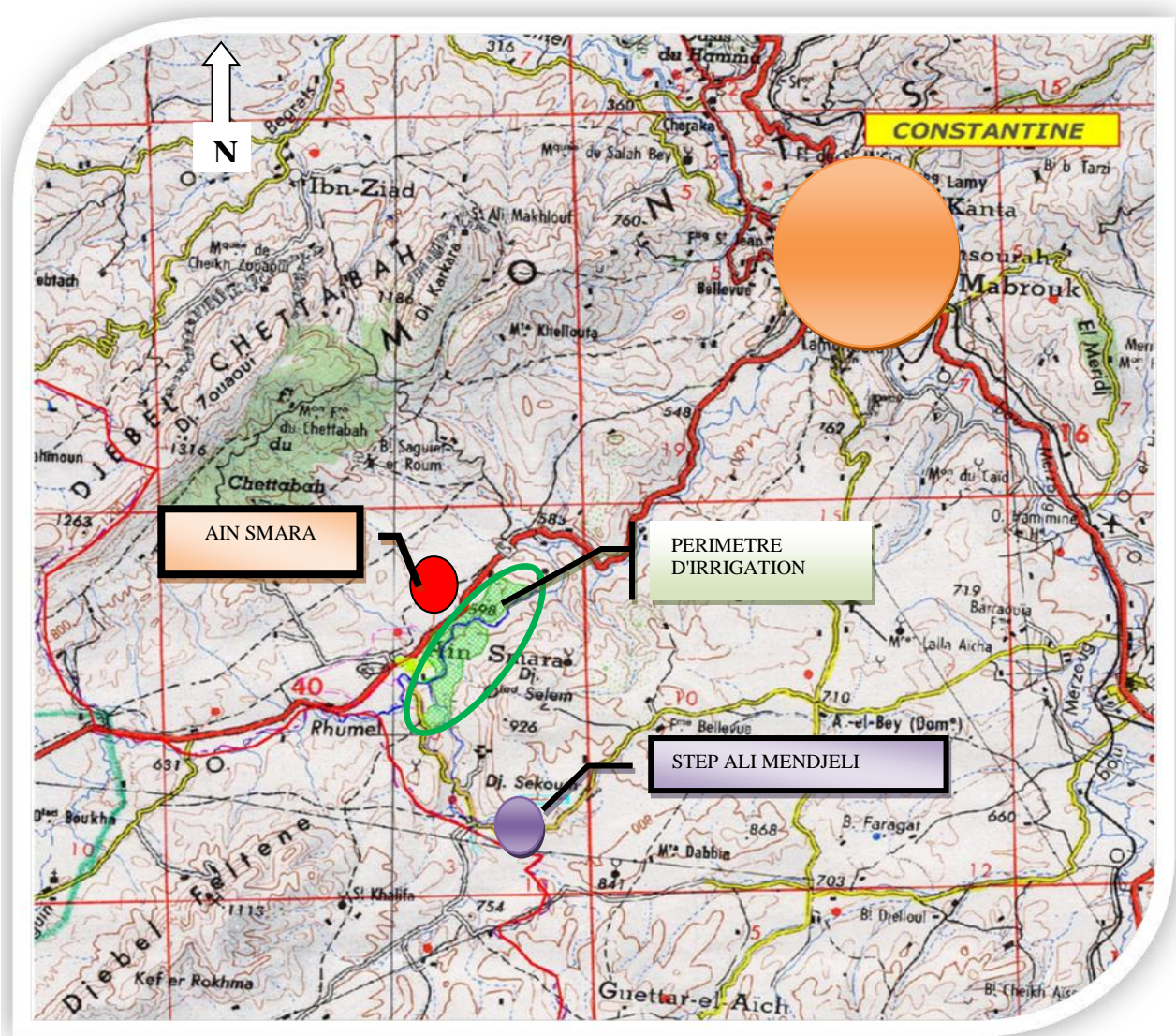


Figure II-1 : Plan de Situation du Périmètre d'irrigation. (Echelle : 1/200000)

II-2-2) Géomorphologie

D'une manière générale le périmètre d'Ali Mendjeli est une plaine peu accidentée d'une altitude ne dépassant pas 700 m.

La zone d'étude est entourée à l'Ouest du chef-lieu de la commune Ain Smara avec une altitude qui varie de 600 à 650m.

À l'Est de la ville, les altitudes varient entre 580m et 650 m (djebel oulad selam). Au sud l'altitude est de 718 m.

- **Les Pentes**

Compte tenu du relief montagneux faible et moyennement accidenté de ce périmètre, on distingue plusieurs pentes, qui sont réparties à travers le territoire de site comme suit :

- **Les pentes faibles entre 0 – 5 % :**

Elles couvrent une superficie de 154 ha et représentant 51 % de la superficie totale qui traversent la région du l'Est au sud.

- **Les pentes moyennes entre 5 – 10 % :**

Ces terrains couvrent une superficie évaluée 48.19 Ha et représentant 16.06% de la surface globale du périmètre.

- **Les pentes fortes 10 - 15 % :**

Ces terrains occupent 32.61 % (97.83 Ha) de la superficie de périmètre.

II-2-3) Lithologie

Le périmètre d'irrigation est dominé par la présence de quatre faciès :

- **a2** : Alluvions actuelles et récentes du fond des vallées Cône de déjection, elles couvrent 20 % de la surface globale du périmètre.
- **ev-c9** : Maestrichtien : Calcaires et marnes noires, ces terrains occupent 15% de la surface périmètre.
- **q2** : Pléistocène récent : terrasse de 30-50 mètres, elles couvrent 30% de la superficie du périmètre.
- **q1** : terrasse de 15-25 mètres, Elles couvrent 35% de la superficie du périmètre

II-2-4) Hydrographie

La zone d'étude est drainée par les thalwegs et les oueds suivants :

- ✓ Oued Rhumel S'étend sur une distance de 4,27 km entre les deux parties de périmètre
- ✓ Chaabat SADJAR Est du périmètre avec longueur de 1.17 km, Chaabat Barkouchou est du périmètre à longueur de 420 m.

II-2-5) Ressources en eau :

Dans la région d'Ali Mendjeli, on note la présence de quelques sources d'eau qu'on utilise généralement pour l'agriculture et l'alimentation en eau.

Cependant, il est prévu de diversifier les ressources en eau du périmètre, par la réutilisation des eaux usées à partir de la station d'épuration de la nouvelle ville **ALI Mendjeli**.

II-3) Etude climatique

L'analyse des conditions climatiques est nécessaire dans l'élaboration de notre étude, la connaissance des différents paramètres climatiques est en effet un des facteurs essentiels qui

conditionnent la production végétale et qui est nécessaire pour évaluer le potentiel agricole de la région. L'objectif est d'obtenir des données observées, mesurées afin de mieux dimensionner les réseaux hydrauliques et évaluer les besoins en eaux des cultures pratiquées.

Pour mieux analyser le climat, nous avons exploité les données de la station climatologique la plus proche, qui est celle d'Ain El Bey, cette station comporte une série de données de plus de 20 années d'observations.

II-3-1) Présentation des stations météorologique

Les données climatiques sont données par l'office national de météorologie (direction régionale de Constantine).

Tableau II-01 : Coordonnées de la station d'Ain El Bey

Station	Code	Latitude	Longitude	Altitude
Station Ain El Bey	100510	36°17 N	06°37 E	694 m

II-3-2) Etude des précipitations

Tout étude climatologique nécessite une analyse des précipitations, car la pluie est évidemment le facteur essentiel des régimes hydrologiques, puisqu'elle constitue la première ressource en eau pour les cultures et conditionne donc l'écoulement saisonnier.

❖ Répartition des précipitations mensuelles

La quantité des précipitations mensuelles tombées mesurée au niveau de la station Ain el Bey est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau II-02 : précipitations moyennes mensuelles aux stations Ain El Bey (1990-2010).

Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Année
MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jt	Aou	Total
Pm	44.96	36.42	61.16	85.66	71.10	58.87	55.46	62.48	47.00	16.35	4.70	11.99	556.15
Ps	142.54			215.63			164.94			33.04			556.15
%	25.63			38.77			29.66			5.94			100 %

Source O.N.M

Note : **Pm** : précipitation moyenne mensuelle ; **Ps** : Précipitation moyenne saisonnière.

❖ Répartition des précipitations saisonnières

Le régime pluviométrique dans la région est irrégulier, il connaît des variations importantes au cours de l'année.

D'après ce tableau, on remarque que 94% des précipitations tombent durant les mois d'automne, d'hiver et de printemps tandis que la saison estivale se constitue que 6% des précipitations totales annuelles.

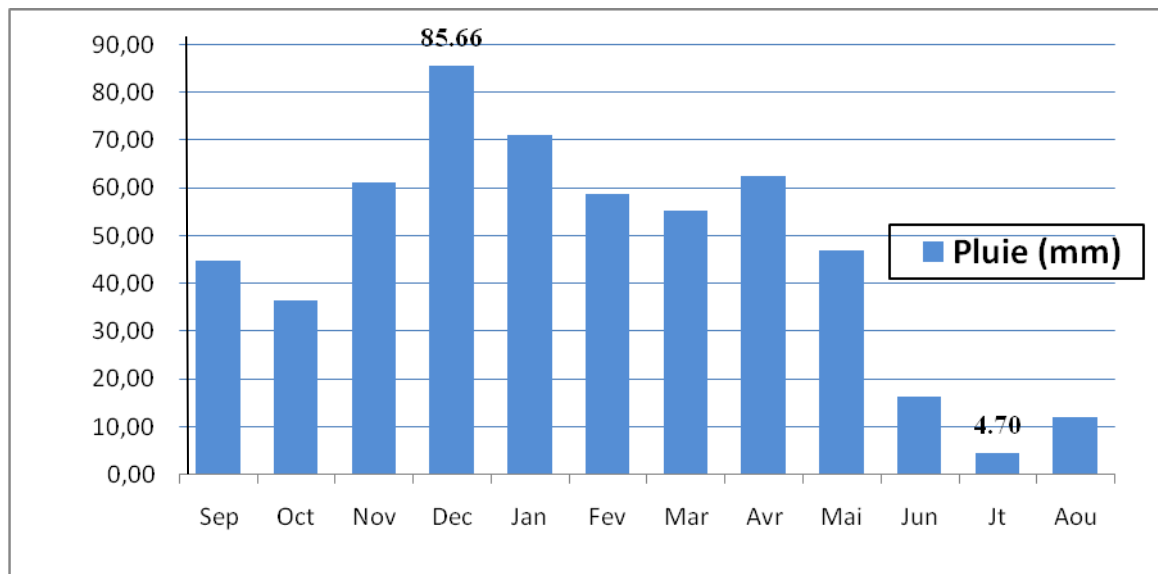


Figure II-2 : Histogramme de la pluviométrie moyenne mensuelle en (mm) de la station de Constantine (périodes : 1990-2010).

L'analyse de la répartition des précipitations à la station Ain El Bey nous permet de conclure que la période la plus humide se situe entre les mois de Novembre au mois de Mars.

La **période été** est la période sèche, où les besoins des cultures augmentent d'où la nécessité de l'irrigation. En effet, les mois les plus pluvieux sont novembre, décembre janvier, et Avril, avec des valeurs comprises entre 61.16 et 85.66 mm, les mois les plus secs sont Juin, juillet et Aout.

II-3-3) Température de l'air

La température est le deuxième facteur important dans l'étude climatique car elle agit directement sur le phénomène d'évapotranspiration et donc le déficit d'écoulement annuel et saisonnier.

La connaissance des températures et leurs amplitudes est indispensable au choix des paramètres d'irrigation et des cultures à mettre en place. Les températures moyennes mensuelles sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau II-03 : Température moyenne mensuelle à la station D'Ain el Bey Périodes (1990-2010).

MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jt	Aou	Moy annuel
T_{moy max}	28.88	23.96	17.54	12.93	12	13.35	16.52	19.04	24.96	30.79	34.24	34.19	22.37
T_{moy min}	15.32	11.79	6.61	3.64	2.46	2.77	4.84	6.9	11.01	15.33	18.22	18.6	9.79
M+m)/2	22.1	17.88	12.08	8.29	7.23	8.06	10.68	12.97	17.99	23.06	26.23	26.40	16.08

Source O.N.M

D'après le tableau on peut remarquer deux périodes distinctes :

✓ **Une période chaude**

Elle s'étale du mois de mai jusqu'au mois d'octobre, les mois de juillet et aout sont les plus chauds, avec des moyennes mensuelles de **26°C**.

✓ **Un période froide**

Elle s'étale sur les mois de novembre jusqu'au mois d'avril, où les températures moyenne mensuelles enregistrées sont inférieures à la moyenne annuelle. Le mois de Janvier reste le mois le plus froid.

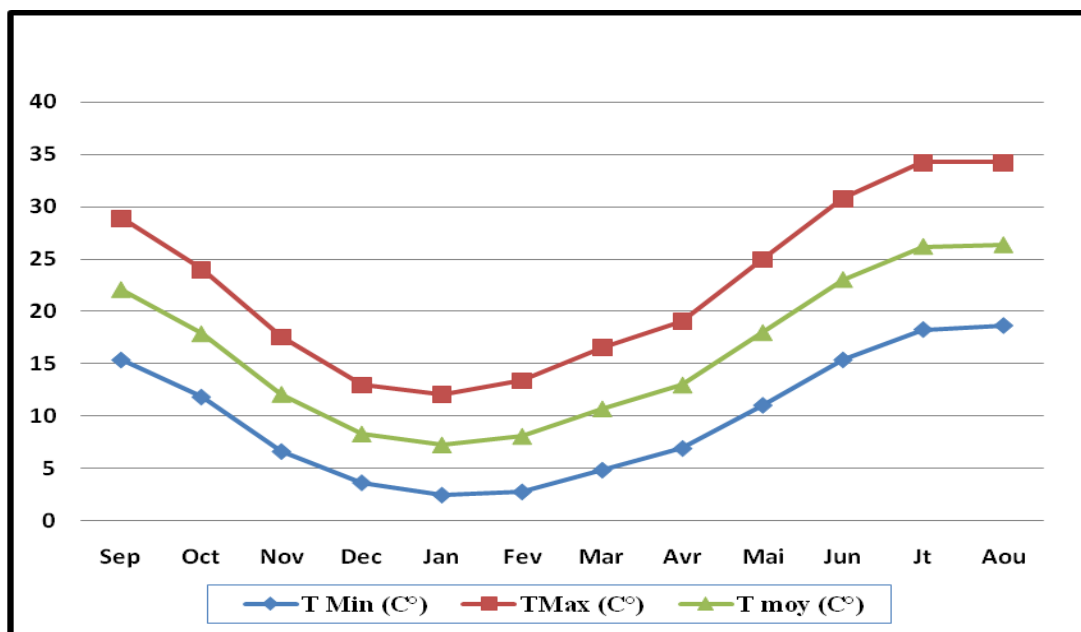


Figure II-03 : Evolution des températures enregistrées au niveau de la station Ain El Bay (Périodes : 1990-2010).

II-3-4) Les vents

Le vent reste un facteur important, puisqu'il agit sur l'évapotranspiration des cultures au niveau d'une parcelle. En irrigation par aspersion en régime venté, on estime en général les pertes d'eau par évaporation entre 10 et 15% de l'apport d'eau nécessaire, sans compter l'irrégularité de la

répartition de l'eau autour des asperseurs ou dans le champ d'action des canons. Les moyennes mensuelles de la vitesse des vents sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau II-04 : moyenne mensuelle des vitesses des vents à la station d'Ain El Bey (périodes 1990-2010).

Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Été			Année
MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jt	Aou	Année
Vitesse des vents (m/s)	2.63	2.69	3.81	3.09	3.79	3.92	2.45	2.17	2.76	2.81	2.54	2.47	2.93
Moyenne saisonnières	3.04			3.6			2.46			2.61			2.93

Source O.N.M

- La vitesse moyenne mensuelle du vent observée dans la station d'Ain El Bey oscille entre **2.17 m/s** en avril et **3.92 m/s** en février.
- Les vents dominants sont principalement ceux de direction **Nord-Ouest**, Les vents secs et chauds (Sirocco) affectent surtout la zone **Nord** de la wilaya de Constantine.

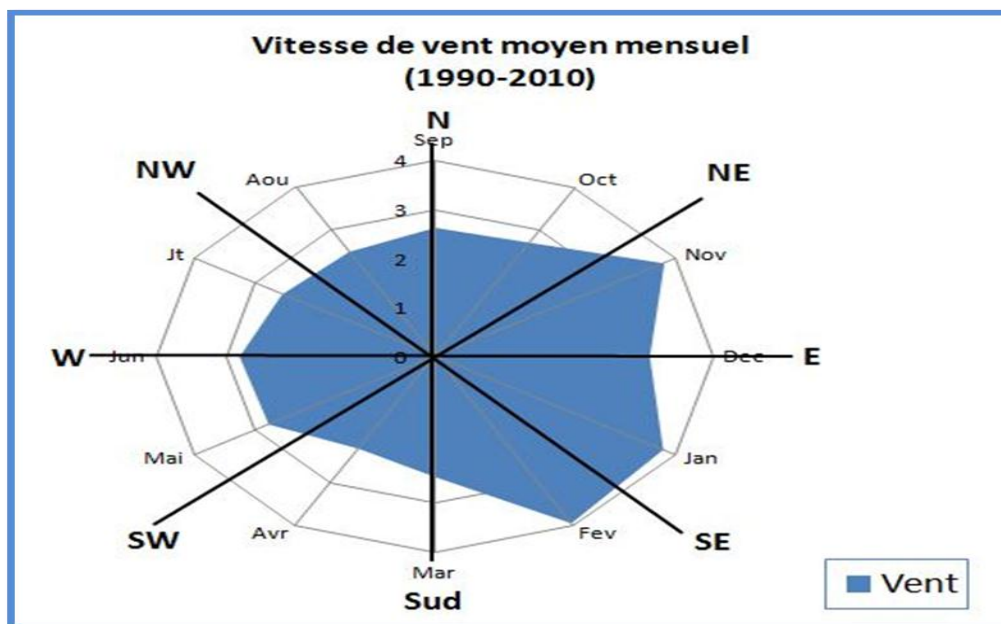


Figure II-04 : La vitesse du vent moyenne mensuelle en m/s (Périodes : 1990-2010).

II-3-5) L'humidité relative de l'air

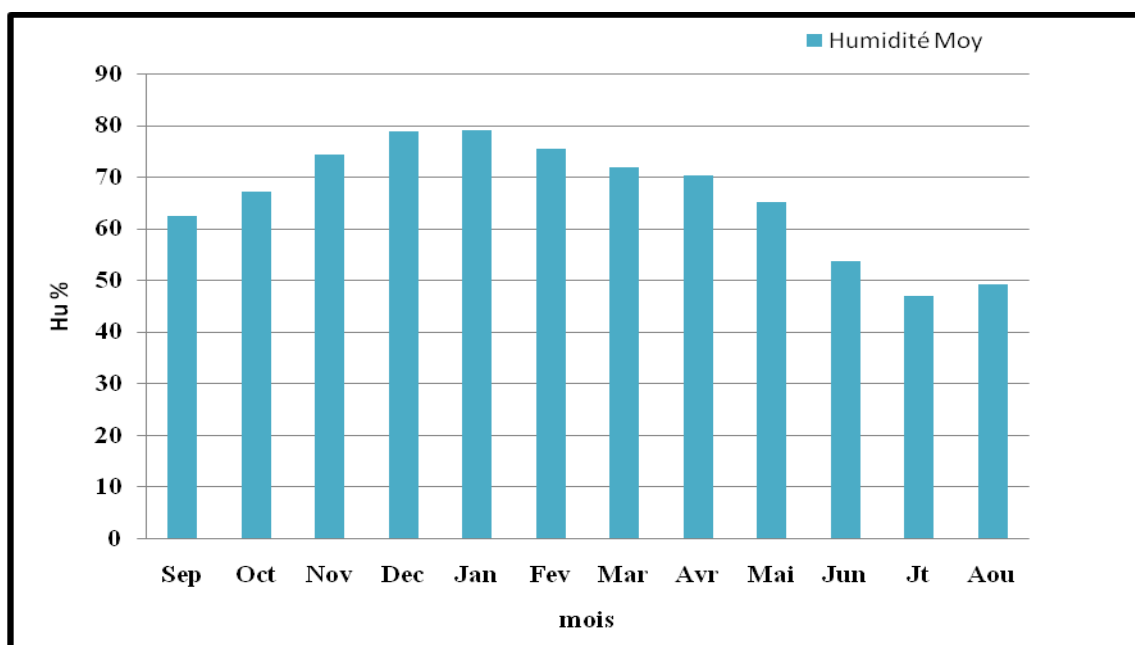
L'humidité est un facteur qui conditionne le déficit de saturation et donc l'évapotranspiration, elle influe sur les conditions de développement de la végétation

Tableau II-05 : moyenne de l'humidité relative de l'air (1990-2010).

Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Année
MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jt	Aou	Année
Humidité (%)	62.48	67.2	74.33	78.77	79.07	75.4	71.73	70.29	65.07	53.6	46.87	49.18	66.17

Source O.N.M

D'après ce tableau, on peut observer que l'humidité maximale correspond au mois de janvier avec **79.07%** tandis que la minimale est celle du mois de juillet avec **46.87%**.

**Figure II-05.** Histogramme de l'humidité relative en % (Périodes : 1990-2010).

II-3-6) L'insolation

C'est la durée pendant laquelle le soleil brille, elle conditionnée l'activité photosynthétique.

Tableau II-06 : insolation moyenne mensuelle en heures (1990-2010).

MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jt	Aou
Inso/jour	8.1	6.73	5.74	4.7	5.16	6.31	7.01	5.13	9.09	10.51	11.27	9.96

Source O.N.M

D'après ce tableau, on voit que la durée d'insolation varie en fonction des mois de saison, elle augmente en juillet (11.27 heures), et diminue en hiver durant le mois de décembre avec 4.7 heures par jour.

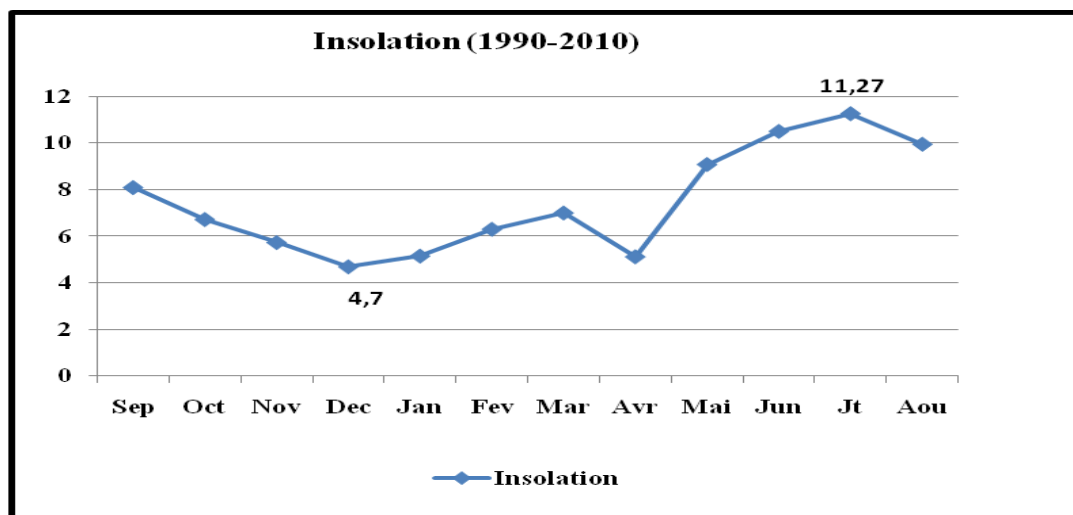


Figure II-06 : courbe de l'insolation (Période 1990-2010).

II-3-7) Les Phénomènes climatiques accidentelles

II-3-7-1) La neige :

La neige influe d'une manière directe sur le développement des végétaux, le nombre de jours de neige est donné dans le tableau suivant :

Tableau II-07 : Nombre de jours de neige par mois

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jt	Aou
Nbr de neige	0	0	0,3	0	1,0	0,8	0,3	0,3	0	0	0	0

Source O.N.M

La chute de neige est observée depuis le mois de novembre à avril, le nombre de jours de neige maximum est au mois de janvier. Le nombre moyen de jours de neige est de 2.7 jours par année.

II-3-7-2) La grêle :

Le nombre de jours où il y a de la grêle est donné dans le tableau N°08.

Tableau II-08 : Nombre de jours de grêle par mois

MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jt	Sep
Nbr de grêle	0	0	0	0	0	0,1	0,6	0,3	0,2	0,1	0	0,1

Source O.N.M

Dans la zone étudiée le plus souvent il y a de la grêle au mois de mars.

II-3-7-3) Le siroco :

C'est un vent sec et chaud qui assèche le sol et fait augmenter l'évapotranspiration des plantes et de ce fait il constitue un danger pour les cultures agricoles.

Le nombre de jours moyen de siroco pris d'après les données de la station météorologique d'Ain El Bey pour la période de 1985 – 1999, est indiqué dans le tableau 09.

Tableau II-09 : Nombre de jours moyen mensuel de siroco.

MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jt	Aou
Nbr de siroco	2,6	1,0	1,1	0,1	0,1	0,5	1,1	1,8	1,9	3,8	6,0	4,0

Source O.N.M

Le tableau N°9 montre une période bien déterminée de l'année, qui s'étale du mois de Mars à Octobre avec un nombre de jours moyen annuelle de 24 jours.

II-3-1) Indices Agro-météorologiques :

Pour étudier et classer le climat de la zone d'étude, on utilise des indices agro-météorologiques qui permettent de définir l'étage bio-climatologique, et son impact sur les cultures.

II-3-8-1) Indice de De Martonne :

L'indice d'aridité de De Martone est un paramètre qui permet la classification du climat en fonction d'un rapport de température sur la pluviométrie annuelle, cet indice nous renseigne sur le degré de sécheresse de la région et donc la nécessité d'introduction de l'irrigation par rapport au climat :

$$Ia = \frac{P}{T + 10} \dots\dots\dots [II-1]$$

Avec :

Ia : indice d'aridité

P : précipitations moyennes annuelles : **556.15 (mm)**.

T : températures moyennes annuelles : **16.08 (°C)**.

Tableau II-10 : Classement de l'Indice selon De Martonne

Valeurs de I	Type de climat	Irrigation
I<5	Désertique	Indispensable
5<I<10	Très sec	Indispensable
10<I<20	Sec	Souvent Indispensable
20<I<30	Relativement humide	Parfois utile
I>30	Humide	Inutile

Commentaire des résultats

D'après la valeur de l'indice climatique qui est égal à 21.32, on voit que la région se caractérise par un climat relativement humide, alors l'irrigation est parfois utile. Cependant, l'indice de De Martonne est influencé par les basses températures d'hiver.

II-3-8-2) Classification du climat selon le diagramme d'Emberger

Le quotient pluviométrique indique l'étage bioclimatique de la région étudiée.

$$Q = \frac{P}{M^2 - m^2} \dots\dots\dots [11.2]$$

Avec :

Q : coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

$$Q3 = 3.43 * p / (M - m) \dots\dots\dots [11.3]$$

$$Q3 = 3.43 * \frac{556.15}{34.24 - 2.46} = 60.02$$

La région d'Ain Smara suivant le climagramme d'EMBERGER, se trouve dans l'étage bioclimatique (Semi-aride) à hiver frais et sec.

Tableau II-11 : Limite de climat d'après le quotient d'EMBERGER

Valeur de Q	Type de climat
Q > 100	Humide
100 > Q > 50	Sub - humide
50 > Q > 25	Semi-humide
25 > Q > 10	Aride
Q < 10	Désertique

D'après le tableau, on peut dire que le climat de notre région est dans la limite du semi-aride à hiver frais, l'irrigation est indispensable dans la plus part des cas.

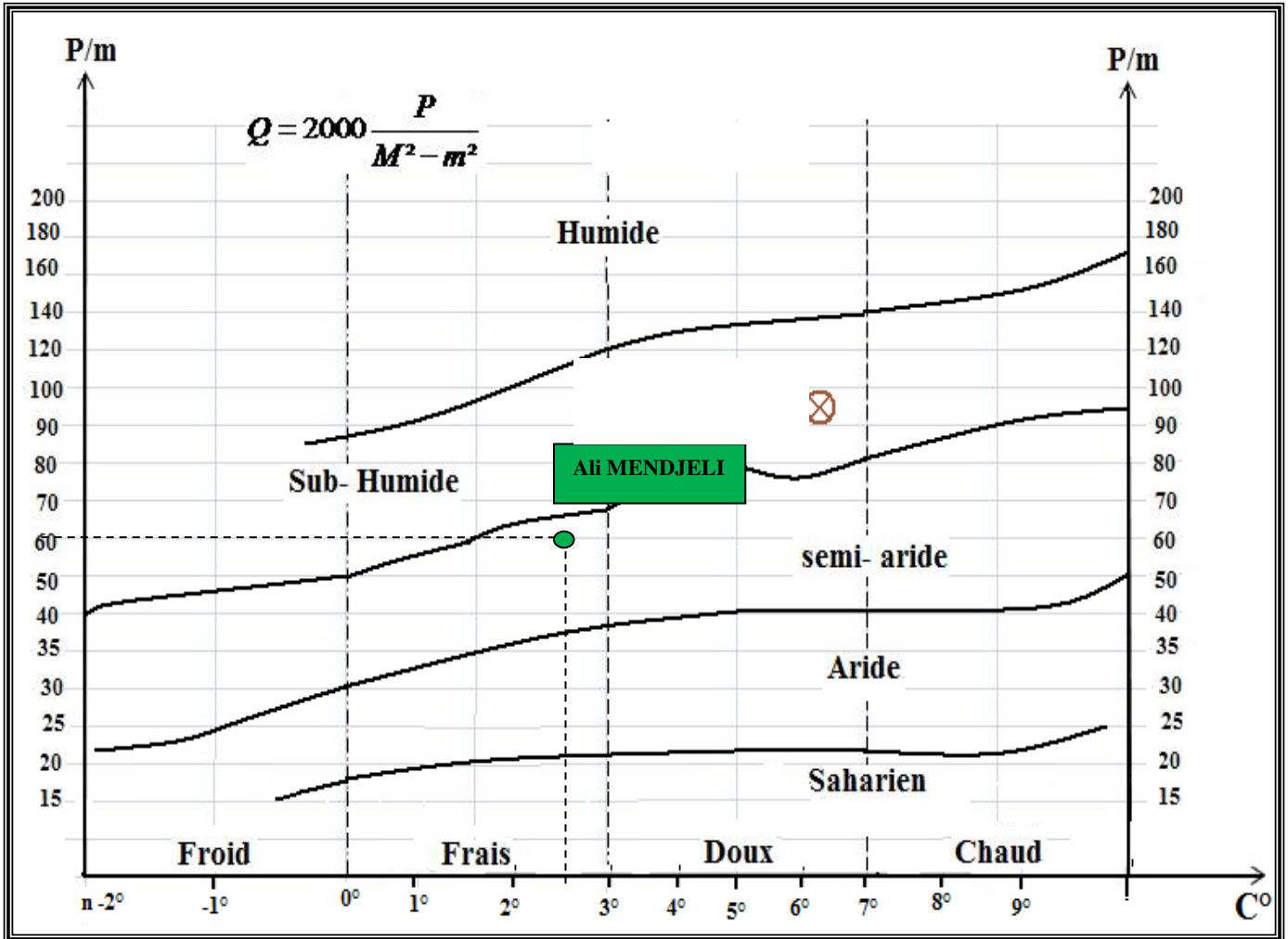


Figure II-07 : Climatogramme D'Emberger

II-3-8-3) Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausсен

Le diagramme ombrothermique de Gausсен et Bagnouls est la combinaison de deux paramètres climatiques principaux, qui sont la température et la précipitation. D'après cet indice, un mois est sec lorsque le total moyen des précipitations exprimé en (mm) est inférieur ou égal au double de la température moyenne ($P = 2T^{\circ}C$). Cette relation permet d'établir un graphique sur lequel les précipitations sont portées à l'échelle double des températures.

La détermination de cette période est d'une grande importance puisqu'elle permet d'identifier les périodes où l'irrigation est indispensable.

Tableau II- 12 : Moyennes mensuelles de précipitations et de températures

MOIS	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jt	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Total annuel
Pluie (mm)	71,1	58,87	55,46	62,48	47	16,35	4,7	11,99	44,96	36,42	61,16	85,66	556,15
T moy (C°)	7,23	8,06	10,68	12,97	17,99	23,06	26,23	26,4	22,1	17,88	12,08	8,29	16,08

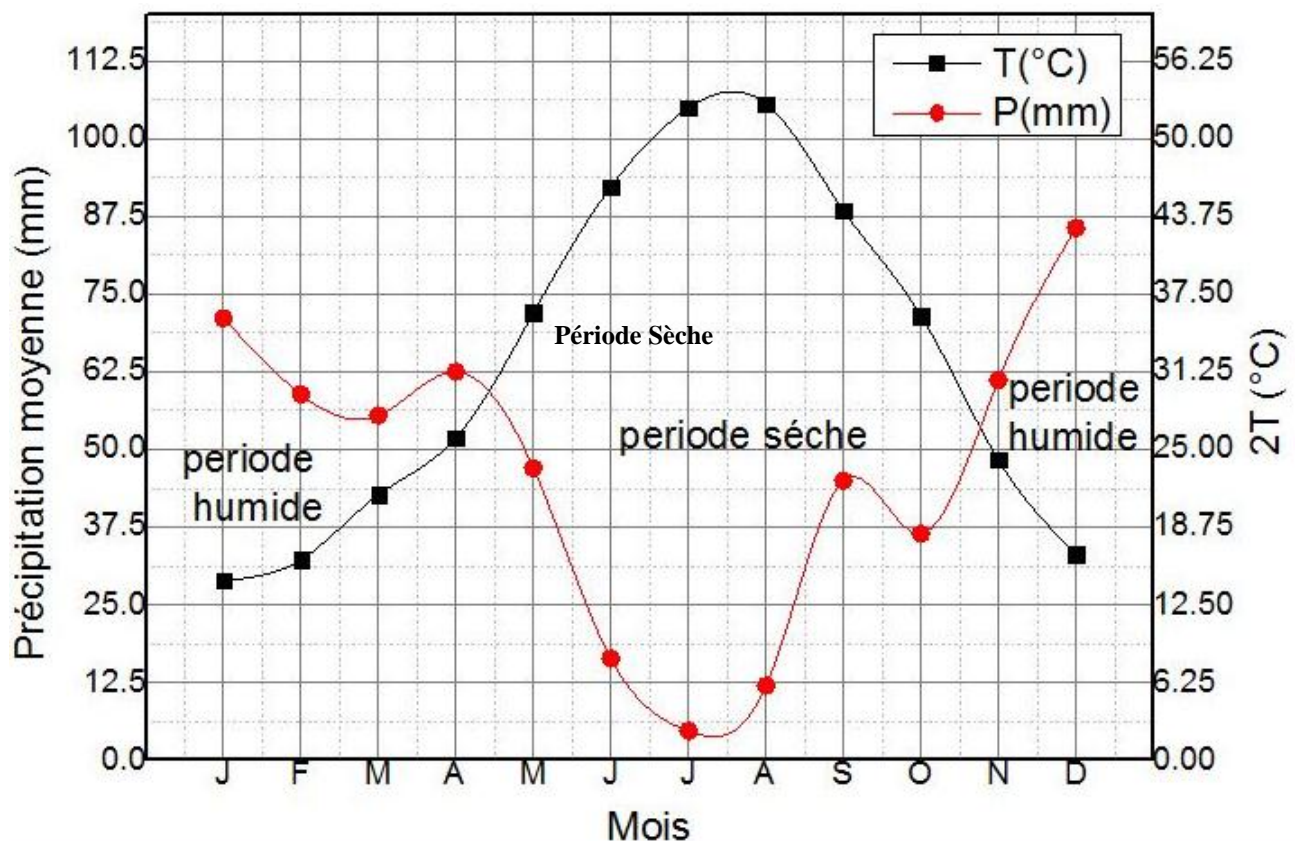


Figure II-08 : Diagramme ombrothermique de la wilaya de Constantine

➤ **Discussion du diagramme**

D'après la courbe on distingue deux zones : une zone humide et une zone sèche.

La zone humide s'étale du mois de novembre jusqu'au mois d'Avril, alors que la zone sèche s'étale du mois de Mai jusqu'au mois d'octobre.

II-4) Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons étudié les conditions naturelles de la zone d'étude qui nous ont amenés aux conclusions suivantes :

Le périmètre d'irrigation de la ville d'Ali Mendjli présente une pluviométrie annuelle de 555 mm

Les paramètres climatiques et agro-météorologiques indiquent que la zone d'étude est relativement sub-humide à semi-aride.

L'introduction de l'irrigation est donc indispensable pour un développement des cultures et une intensification de l'agriculture dans cette zone.

Chapitre III :

Ressources en sol

Chapitre III Etude pédologique

III-1) Introduction

L'étude pédologique est l'une des sources essentielles pour prendre en compte la nature et la distribution des caractéristiques et des contraintes relevant des sols. Pour l'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considérations. On peut citer notamment :

- ✓ La profondeur du sol qui régit 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 ;

III-2) Classification des sols

L'étude pédologique de la zone d'étude est basée sur la prospection du terrain suivie d'une délimitation des unités à différentes échelles.

La prospection du terrain (ou prospection de reconnaissance) a permis de parcourir physiquement le terrain d'étude et de comprendre les facteurs de formation du sol.

Dans ce contexte, une séquence type, englobant trois (03) profils ont été étudiée ; il s'agit des profils P6, P7 et P8.

En tout, neuf (09) profils pédologiques ont été décrits dont cinq (5) d'entre eux ont été en plus analysés.

A ceci, il faut ajouter l'observation de six (06) coupes naturelles utilisées comme points d'observation et de confirmation.

Les différents points d'observation et leur nature sont résumés dans le tableau suivant III.1

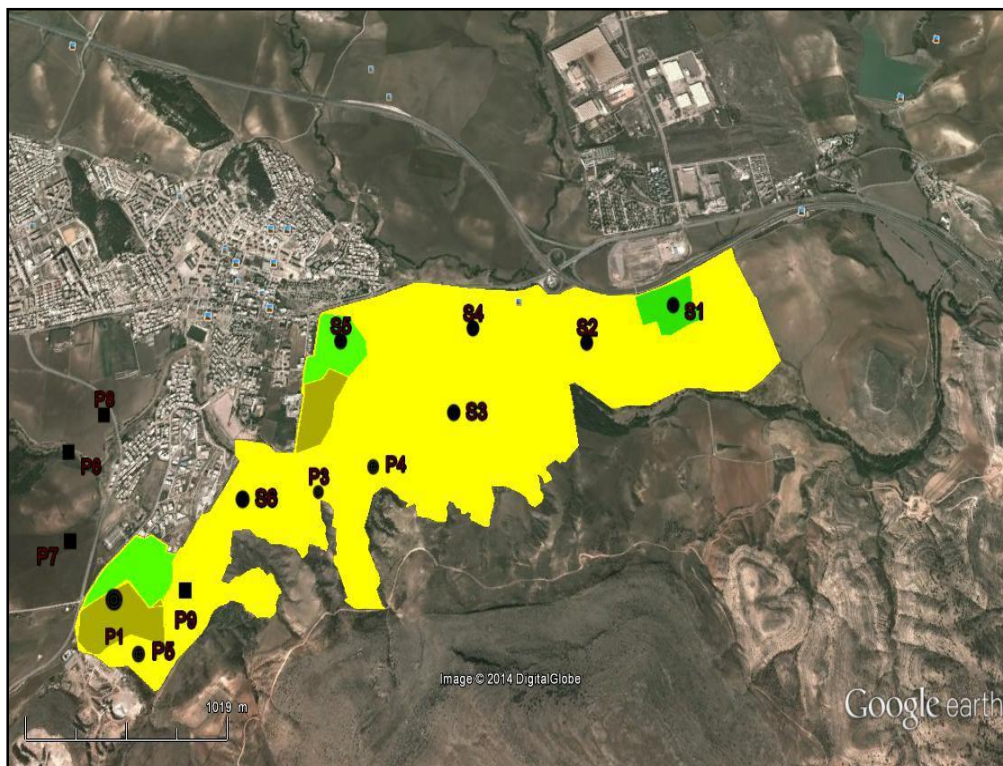
Tableau -01: Description des profils pédologiques

Symboles	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Type profil	creusé	creusé	creusé	Creusé	creusé	creusé	creusé	creusé	creusé
Observations	analysé	analysé	analysé	Analysé	analysé	décrit	décrit	décrit	décrit

Tableau III-02 : coupes naturelles utilisées comme points d'observation

Symboles	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Type profil	naturel	naturel	Naturel	naturel	naturel	naturel
Observations	confirmation	confirmation	confirmation	confirmation	confirmation	confirmation

Les différents points d'observation et leur nature sont consignés dans la figure suivante :

**Figure III-1** : les différents profils et points d'observation

A travers cette étude, on constate une uniformité de la nature du sol avec un facteur dominant qui est le matériau parental calcaire.

Les sols présents sur le terrain sont de deux (02) types.

Il s'agit des sols calcimagnésiques vertiques et des sols peu évolués vertiques. (Voir carte pédologique).

III-2-1) Les sols clacimagnésiques

Selon la classification française (CPCS, 1967) adoptée par l'ANRH ce sont :

Des sols clacimagnésiques, carbonatés, bruns calcaires, vertiques. Ces sols s'étendent sur une superficie de 281,65 ha représentant environ 86 % de la superficie totale.

Le taux de calcaire total varie entre 23 et 47 % et les taux de calcaire actif suivent cette tendance en allant de 6 à 17%.

Leur structure est bonne jusqu'à au moins 50cm de profondeur.

Le taux d'argile dépasse souvent les 30% et peut même arriver à plus de 40%.

La matière organique reste généralement inférieure à 2% avec un rapport C/N inférieur à 15.

Les valeurs faibles de la conductivité électrique de la pâte saturée traduisent la faible salinité du sol.

Le taux de calcaire actif élevé nuit au bon comportement des porte-greffes.

La texture lourde défavorise la circulation de l'eau dans le sol et compresse les racines des arbres et les bulbes des plantes (**Gobât et al. 2010**).

Le faible taux de matière organique accentue ces contraintes physico-chimiques.

A travers ces caractéristiques physico-chimiques, les sols en place nécessitent des apports massifs d'amendements organiques sous une irrigation fractionnée dans le temps pour éviter l'engorgement des terres argileuses.

Les profils 01, 02, 03 et 04 représentent les profils décrits et analysés de la classe des sols clacimagnésiques.

Les profils 07 et 08 représentent les profils décrits seulement de cette classe. A ces profils, il faut ajouter les observations S1, S2, S3, S5 et S6 pour cette classe de sols.

III-2-1-1) Description des profils analysés

▪ Profil N°1

- ✓ Numéro du profil : 01
- ✓ Localisation : 36°15'14.11"N 6°30'31.85"E
- ✓ Physiographie : faible pente, altitude 651m
- ✓ Matériau parental : matériaux calcaires
- ✓ Drainage : normal à faible
- ✓ Végétation : Terrain labouré, restes de chaumes de céréales

Classification (CPCS 1967) : Sol clacimagnésiques, carbonaté, brun calcaire, vertique

Ap 0-25cm : 10Y/R4/3, brun à l'état frais, argile limono-sableuse, structure polyédrique moyenne à grossière, charge en cailloux forte (20 à 25 %) de calibre 5 cm et plus avec des restes de coquillages, nombreuses racines fines et grosses, forte effervescence à l'HCl, transition graduelle.

AB 25- 40cm : 10Y/R5/3, brun à l'état frais, argile limono-sableuse, structure polyédrique grossière à tendance prismatique, quelques fentes de retrait de faible diamètre, forte effervescence à l'HCl, peu de racines fines, charge en cailloux de 5 à 10 % avec des coquillages pulvérisés, transition graduelle.

C 40-120cm : 10Y/R5/3, brun à l'état frais, argileux, structure massive, quelques fentes de retrait de faible diamètre, forte effervescence à l'HCl, peu de racines, charge en cailloux faible avec des restes de coquillages pulvérisés.

▪ Profil N°2

- ✓ Numéro du profil : 02
- ✓ Localisation : 36°15'22.52"N 6°30'31.41"E
- ✓ Physiographie : faible pente, altitude 633m
- ✓ Matériau parental : matériaux calcaires
- ✓ Drainage : normal
- ✓ Végétation : Terrain labouré, restes de chaumes de céréales

Classification (CPCS 1967) : Sol calcimagnésique, carbonaté, brun calcaire, vertique

Ap 0-20cm : 10Y/R3/4, brun jaunâtre foncé à l'état frais, argileux, structure grumeleuse, charge en cailloux faible (3 à 5 %) avec des restes de coquillages, nombreuses racines fines et grosses, forte effervescence à l'HCl, transition distincte.

AB 20-95cm : 10Y/R6/4, brun jaunâtre clair à l'état frais, argile limono-sableuse, structure polyédrique grossière à tendance massive, forte effervescence à l'HCl, peu de racines fines, charge en cailloux très faible avec quelques dépôts de calcaire blanchâtre, transition graduelle.

C 95-140cm : 10Y/R6/4, brun jaunâtre clair à l'état frais, argile limono-sableuse, structure massive, forte effervescence à l'HCl, pas de racines, charge en cailloux très faible.

III-2-2) Les sols peu évolués

Ces sols occupent une superficie d'environ 44,30 ha avec 13,59 % de la superficie totale. Ce sont des sols à texture argileuse avec des valeurs du calcaire total de 36% et celle du calcaire actif de 14 à 17%. La matière organique reste au-dessous de 2% avec un rapport C/N inférieur à 15.

Leur salinité qui est très faible en surface augmente parfois en profondeur pour atteindre 2,44 millimohs/cm.

La structure du sol est généralement massive dès les 20 premiers centimètres. Selon la classification française (CPCS, 1967) adoptée par l'ANRH ce sont :

Des Sols peu évolués, d'origine non climatique, d'apport alluvial et colluvial, vertiques.

Ces sols présentent les mêmes caractéristiques que les sols calcimagnésiques avec en plus, une structure massive dès les 20 premiers centimètres.

Le profil 05 représente les profils décrits et analysés de la classe des sols calcimagnésiques.

Le profil 06 représente les profils décrits seulement de cette classe.

III-2-2-1) Profils analysés

▪ Profil N°5

- ✓ Numéro du profil : 05
- ✓ Localisation : 36°15'12.10"N 6°30'42.99"E

- ✓ Physiographie : faible pente, altitude 605m
- ✓ Matériau parental : alluvions/colluvions calcaires
- ✓ Drainage : normal
- ✓ Végétation : Terrain labouré

Classification (CPCS 1967) : Sol peu évolué, d'origine non climatique, d'apport alluvial, vertique

Ap 0- 20cm : 10Y/R3/5, brun jaunâtre foncé à l'état frais, argileux, structure polyédrique fine, charge en cailloux faible (2%), beaucoup de racines fines, forte effervescence à l'HCl, transition graduelle.

AC 20- 50cm : 10Y/R3/3, brun foncé à l'état frais, argileux, structure massive, forte effervescence à l'HCl, peu de racines fines, quelques galets arrondis, transition diffuse.

C 50-140cm : 10Y/R3/3, brun foncé à l'état frais, argile limono-sableuse, structure massive, forte effervescence à l'HCl, pas de racines, charge en cailloux faible avec une couche mince de graviers à 100 cm de profondeur

Profils décrits

- **Profil N°6**
- ✓ Numéro du profil : 06
- ✓ Localisation : 36°15'23.24"N 6°29'59.86"E
- ✓ Physiographie : faible pente, altitude 604m
- ✓ Matériau parental : alluvions/colluvions calcaires
- ✓ Drainage : normal
- ✓ Végétation : Terrain labouré

Classification (CPCS 1967) : Sol peu évolué, d'origine non climatique, d'apport alluvial, vertique

Ap 0- 30cm : 10Y/R 3/2, brun grisâtre très foncé à l'état frais, argileux, structure polyédrique moyenne, charge en cailloux faible (2%), beaucoup de racines fines, forte effervescence à l'HCl, transition graduelle.

AC 30 -60cm : 10Y/R4/3, brun grisâtre foncé à l'état frais, argileux, structure polyédrique massive, forte effervescence à l'HCl, peu de racines fines, quelques galets arrondis, transition diffuse.

C 60-140cm : 10Y/R3/2, brun grisâtre très foncé à l'état frais, argile limono-sableuse, structure massive, forte effervescence à l'HCl, pas de racines, charge en cailloux faible.

III-3) Etude des aptitudes culturales des sols

L'étude de l'aptitude culturale des sols vise à estimer la valeur agronomique des sols du point de vue cultures, cette étude est primordiale, elle permet de mieux orienter les agriculteurs dans leur choix des cultures.

Les critères de détermination des aptitudes culturales reposent essentiellement sur les caractères morphologiques des sols et leur position topographique sans tenir compte de la ressource en eau. Ainsi la détermination a été établie en considérant que l'on dispose d'une eau d'irrigation de bonne qualité.

III-3-1) Aptitudes culturales en irrigué avec une eau douce de bonne qualité.

Il est à rappeler qu'une eau de bonne qualité est caractérisée par une CE (à 25°C) inférieure à 750 micromohs/cm. C'est à dire appartenant aux classe C1 et C2 selon le diagramme de Riverside.

Sur le plan des aptitudes culturales ; on peut distinguer les trois (03) classes suivantes :

C11 I11 M15 B25, C11 I11 M15 B31, C11 I13 M15 B31.

III-3-1-1) Classe C11 I11 M15 B25

Cette classe de sol, la plus favorable, s'étend sur 31,51 ha avec 09,67 % de la surface totale.

III-3-1-1-1) Aptitude pour l'arboriculture fruitière (B25)

La texture argileuse reste la première contrainte pour l'arboriculture fruitière. S'ajoute à ceci une structure défavorable en profondeur qui limite l'enracinement à partir de 80 cm.

L'aptitude culturale sera bonne pour le pêcher et le pommier et juste moyenne pour l'abricotier, le poirier, l'olivier et le figuier.

III-3-1-1-2) Aptitude pour les cultures maraîchères (M15)

La texture fine décline ce sol pour les cultures maraîchères.

L'aptitude est bonne pour l'artichaut, l'oignon, le navet, la choux fleur, le chou pommé et l'épinard. Elle est moyenne pour la tomate, l'ail, l'aubergine, le melon, le piment- poivron, le haricot, le concombre et le pois. Les espèces telles la pomme de terre, la carotte et les primeurs sont à exclure.

III-3-1-1-3) Aptitudes pour les cultures céréalières et fourragères (C11).

Pour ces cultures il n'y a que la contrainte de la texture qui décline l'aptitude du C10 au C11 pour la luzerne qui ne supporte pas la texture argileuse.

Ce sol convient bien à la culture du bersim, du sorgho, du maïs, de la fétuque, de la vesce-avoine, du ray-grass, des blés dur et tendre et de l'orge.

Il convient moyennement à la luzerne.

III-3-1-1-4) Aptitudes pour les cultures industrielles (I11).

Pour les cultures industrielles, il n'y a aucune contrainte pour les plantes. Ce type de sol convient bien à toutes les cultures, betterave à sucre, tournesol, tabac et lin.

III-3-1-2) Classe des aptitudes C11 I 11 M15 B31

Cette classe est la plus répandue dans le périmètre étudié. Elle s'étend sur une superficie de 275,92 ha représentant 84,65 % de la surface totale.

Les sols de cette classe présentent des valeurs du calcaire actif légèrement plus élevées ($\geq 12\%$).

Ceci affecte plus le développement de l'arboriculture fruitière.

Ces sols sont aptes à supporter moyennement le pêcher, l'abricotier, le figuier et l'olivier.

Pour les cultures maraichères (M15). Ces sols ont les mêmes aptitudes que celle de la classe précédente (voir classe C11 I11 M15 B25).

L'aptitude est bonne pour l'artichaut, l'oignon, le navet, le chou fleur, les choux pommés et l'épinard. Elle est moyenne pour la tomate, l'ail, l'aubergine, le melon, le piment-poivron, le haricot, le concombre et le pois.

Les espèces telles la pomme de terre, la carotte et les primeurs sont à exclure.

Aptitude culturelle pour les cultures céréalières et fourragères (C11).

Ces sols ont une bonne aptitude culturelle aussi bonne que celle de la classe précédente. C'est-à-dire bonne aptitude pour toutes les cultures sauf pour le bersetim.

Contraintes à la mise en valeur de ces sols

La première contrainte reste la texture argileuse qui restreint la mise en place de l'arboriculture. A ceci s'ajoute le taux du calcaire actif élevé défavorable au comportement des porte-greffes des arbres fruitiers.

La troisième contrainte, qui est le faible taux de matière organique peut être levée par l'apport de fumures organiques.

Travaux d'aménagement pour la mise en valeur

L'apport d'amendements organiques reste la seule possibilité d'aménagement de ces terres. Cet apport va améliorer les propriétés physiques et chimiques des sols en contrecarrant les méfaits de la texture lourde du sol et en augmentant la vitesse d'infiltration de ces sols.

III-3-1-3) Aptitude culturelles pour les cultures irriguées par des eaux usées épurées.

L'irrigation des cultures par des eaux usées épurées doit prendre en compte l'impact de ses eaux sur le sol et sur les cultures, en adoptant des normes strictes pour éviter des risques majeurs pour la santé.

Il est rappelé que selon le décret exécutif N° 07-149 du 20 mai 2007 et les deux arrêtés de 02 janvier 2012, il est stipulé que l'eau épurée, pour être utilisée pour l'irrigation des terres, doit remplir les conditions édictées par les arrêtés sus- mentionnés.

En se basant sur ces conditions, on peut déduire les restrictions à apporter dans le volet des aptitudes culturales suivant le tableau suivant :

Tableau III-03 : Aptitude culturales pour les cultures irriguées par des eaux usées épurées.

culture	Classe d'aptitude	Cultures autorisées
Arboricultures fruitières	C11 I11 M15 B25	Bonne aptitude pour : pêcher, pommier. Aptitude moyenne pour : abricotier, poirier, figuier.
	C11 I11 M15 B31	Aptitude moyenne pour : pêcher, abricotier, figuier.
	C11 I13 M15 B31	Aptitude moyenne pour : pêcher, abricotier, figuier.
Cultures de Production de semences	C11 I11 M15 B25	Aptitude moyenne pour : Haricot, pois.
	C11 I11 M15 B31	Aptitude moyenne pour : Haricot, pois.
Cultures céréalières et fourragères	C11 I11 M15 B25	Bonne aptitude pour : Bersim, Sorgho, maïs. Vesce-avoine, blé dur, blé tendre, orge, triticale. Aptitude moyenne pour : Luzerne.
	C11 I11 M15 B31	Bonne aptitude pour : Bersim, Sorgho, maïs. Vesce-avoine, blé dur, blé tendre, orge, triticale. Moyenne pour la luzerne
	C11 I13 M15 B31	Bonne aptitude pour : Bersim, Sorgho, maïs. Vesce-avoine, blé dur, blé tendre, orge, triticale. Aptitude moyenne pour : Luzerne.

Suite Tableau III-03 : Aptitude culturales pour les cultures irriguées par des eaux usées épurées.

Cultures industrielles	C11 I11 M15 B25	Bonne aptitude pour : Betterave à sucre, coton, tabac, lin, tomate, haricot à rame, pois à rame.
	C11 I11 M15 B31	Bonne aptitude pour : Betterave à sucre, coton, tabac, lin, tomate, haricot à rame, pois à rame.
	C11 I13 M15 B31	Bonne aptitude pour : coton, tomate, haricot à rame, pois à rame. Aptitude moyenne pour : Betterave à sucre, tabac, lin.

III-3-1-4) Propriétés hydrodynamiques des sols

Précédemment, les analyses des sols ont révélé la texture argileux limoneuse des sols se notre périmètre. Pour une meilleure exploitation de l'irrigation, il est nécessaire de connaître les propriétés hydrodynamiques des sols, indispensables aux calculs des doses d'irrigation.

III-4) Les Réserves utiles en eau des sols (Ru).

Sur la base de la granulométrie, les paramètres suivants ont été calculés en utilisant le logiciel américain "Ritchie and all, 1999 " :

- ✓ Densité apparente (Da).
- ✓ Conductivité hydraulique à saturation.
- ✓ Les réserves utiles en eau RU (mm) pour 60 cm et 100 cm d'épaisseur.

La Reserve utile pour 60 cm est utilisée pour les cultures maraîchères, les cultures céréalières, fourragères et industrielles.

La Reserve utile pour 100 cm est utilisé pour l'arboriculture fruitière.

Ces valeurs vont être utilisées lors du calcul des doses d'irrigation du périmètre.

Tableau III-04 : les réserves utiles en eau des sols

Profils	Da	Conductivité hydraulique (cm/h)	RU à 60 cm	RU à 100 cm
			(mm)	(mm)
P1	1.28	0.51	89.50	149.16
P2	1.30	0.51	98.50	164.16
P3	1.29	0.63	96.00	159.99
P4	1.27	0.31	92.50	154.16
P5	1.27	0.73	99.00	164.99

III-5) Analyse physico-chimique des sols

L'analyse physico-chimique faite au laboratoire permet de mieux apprécier les propriétés en particulier texturales et hydrodynamiques de notre sol. Ces analyses moyennes des profils sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau III-05 : L'analyse des profils au laboratoire

Horizons		H1	H2	H3
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-35	35-80	80-120
Granulométrie	Argile %	35,20	32,50	30,60
	Limon fin %	18,25	18,20	20.10
	Limon grossier %	9.50	12.45	11.36
	Sable fin %	20.60	18.20	26.89
	Sable grossier %	16.45	18.65	10.96

Suite Tableau III-05 : L'analyse des profils au laboratoire

Matière organique	Matière organique %	1,45	0,56	0,39
	Carbone C ‰	8,55	3,3	2,3
	Azote N ‰	0,74	0,63	0,67
	C/N	11,56	5,23	3,43
Reserve minérales	CaCO ₃ TOTAL %	12,04	22,8	21,5
	CaCO ₃ ACTIF %	2 393	2 184	2 315
	P ₂ O ₅ ASSIMIL	28,95	30,44	31,45
	P ₂ O ₅ TOTAL ‰	39,45	39,46	34,75
	K ₂ O ASSIMIL en méq /100 g	28,95	30,44	31,45
	K ₂ O TOTAL ‰	39,45	39,46	34,75
	GYPSE TOTAL %			
Complexe absorbant	Ca ⁺⁺ en méq /100 g	22,5	16,5	16,5
	Mg ⁺⁺ en méq /100 g	4,17	5,11	5,21
	K ⁺ en méq /100 g	1,13	0,36	0,47
	Na ⁺ en méq /100 g	1,52	2,04	1,39
Solution du sol	pH Eau	7.3	7.4	7.5
	C.E. mmhos/cm	0,1	0,05	0,11

Source ENHYD

Interprétation :

Le sol est de texture argileux-limoneux à limoneux argileux, avec une bonne teneur en matières organiques, ne présente pas de risque salin. Cependant, le taux de calcaire est parfois élevé. Les capacités de rétention en eau des sols sont bonnes 25 à 30%. Les vitesses d'infiltration sont variables suivant le type de structure qui caractérise chaque sol.

III-7) Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'analyse agro-pédologique de la zone d'étude. Cette prospection pédologique, qui a porté sur une superficie d'environ 165.58 ha, a fait ressortir différentes classes présentant de bonnes aptitudes culturales.

Les analyses physico-chimiques des sols ont mis en évidence des propriétés adéquates pour toute mise en valeur de ce périmètre.

De façon générale les sols présentent de bonnes aptitudes culturales à diverses spéculations agricoles les plus cultivées dans la région, ce qui constitue un avantage agronomique.

Chapitre IV :

Ressources en eau

Chapitre IV : Ressources en eau

IV-1) Introduction

Avant d'entamer une étude d'aménagement hydro-agricole, il est indispensable de localiser et de quantifier l'eau nécessaire à l'irrigation. Pour cela on va présenter la ressource en eau qui va alimenter notre zone d'étude. Les eaux d'irrigation proviennent soit des eaux superficielles soit des eaux souterraines.

Eaux non conventionnelles : il s'agit de réutiliser les eaux usées après traitement en irrigation, ces eaux doivent acquérir certaines propriétés physico-chimiques avant leur utilisation selon un plan de charge bien défini (polluants).

IV-2) Alimentation en ressource en eau du périmètre

La nouvelle ville Ali Mendjeli est parmi les plus importants pôles urbains de la wilaya de Constantine, vu l'importance géographique et économique dans lequel son développement doit fournir des solutions futures aux problèmes d'urbanisme rencontrés par la ville de Constantine.

IV-2-1) Description de la station d'épuration Ali Mendjli.

IV-2-1-1) Choix du site de la station d'épuration

L'assiette du site est située sur des terrains limitrophes du chemin de wilaya N°101 le séparant d'une borne fontaine à 2 km de l'intersection qui mène vers Oued Seguen à la ville d'Ain Smara.

Les coordonnées Lambert du site sont : **X=844300.Y=331850.**



Figure IV-01 : Situation géographique du site de la future STEP

IV-2-2) Données liées à l'environnement de la station d'épuration

IV-2-2-1) Etude démographique

Le nombre d'habitants de la zone Ouest objet de l'étude est de 82 271, ceci d'après les statistiques du RGPH établi par la direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya de Constantine.

Le projet de la future STEP prendra en charge uniquement la nouvelle ville Ali Mendjli Zone Ouest. L'horizon d'étude a été défini pour l'an 2035.

IV-2-3) Système d'approvisionnement en eau potable

IV-2-3-1) Production :

La nouvelle ville Ali Mendjeli, en question d'eau potable et selon les données reçues de la direction de l'hydraulique de la wilaya de Constantine, la production en eau est réalisée à partir du barrage de **Beni Haroun** avec un débit de 860 l/s et de 130 l/s supplémentaires du forage de **Boumerzoug**.

IV-2-3-2) Stockage

La nouvelle ville Ali Mendjeli est dotée de plusieurs ouvrages de stockages (réservoirs) existants, en cour de réalisation et projetés.

Les ouvrages de stockages qui assurent la distribution en eaux potable de la zone ouest de la nouvelle ville **Ali Mendjeli** concernée par notre étude sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau IV-01 : capacités des réservoirs

UV	Nombres des réservoirs	Capacité (m ³ /j)	Observation
04 et 14	2	2 x 2500	Réalise
	4	4 x 2500	Projetés
18	2	2 x 2500	Réalise
	4	4 x 2500	Projetés
20	4	4 x 2500	Projetés

IV-2-3-3) Dotation réelle

La dotation réelle se déduit à partir du volume distribué par le biais de réservoirs de stockage dotés de débitmètres.

Pour la zone d'étude nous n'avons pas eu des données suffisantes pour déterminer la dotation réelle pour cela nous allons utiliser les débits des rejets mesurés pour avoir une approche de la réalité.

Pour les besoins de nos calculs, nous avons calculé la production journalière de l'eau potable, qui servira à estimer approximativement la dotation réelle.

Pour la nouvelle ville nous avons un débit journalier à partir du barrage **Beni Haroun** qui est de 74304 m³/j et de 11232 m³/j du forage de **Boumerzoug** :

$$Q_j = 74304 \text{ m}^3/\text{j} + 11232 \text{ m}^3/\text{j} = 85536 \text{ m}^3/\text{j},$$

On estime les pertes du réseau de distribution à 20 % du débit distribuer, d'où

$$Q_{prt} = 0,2 \cdot Q_j = 0,2 \times 85536 \Rightarrow Q_{prt} = 17107 \text{ m}^3/\text{j}.$$

Donc, le volume de consommation journalière

$$Q_{cons} = Q_j - Q_{prt};$$

$$Q_{cons} = 85536 - 17107 \Rightarrow Q_{cons} = 68429 \text{ m}^3/\text{j}.$$

La dotation est calculée à partir de la formule suivante :

$$D = \frac{Q_{cons}}{\text{Nombre d'habitants}} = \frac{68429}{292906} = 0.234 \text{ m}^3 / \text{j} / \text{hab}$$

Avec ce calcul on obtient une dotation actuelle approximative :

$$D = 234 \text{ l/j/hab}.$$

Tableau IV-02 : dotation réelle

Volume produit (m ³ /j)	Dotation (l/hab/j).		Gain/déficit
	Approximative	Théorique	
85 536	234	200	Gain de 34 l/j/hab.

On peut dire que pour l'état actuel les besoins en eau potables pour la nouvelle ville sont suffisants.

IV-2-4) Estimation des besoins en eau :

IV-2-4-1) Besoins domestiques

Les besoins domestiques se calculent ainsi

$$Q_d = D \cdot N \text{ (l/s) avec :}$$

- D : Dotation (Pour notre cas D = 200 l/j.hab)

- N : Nombre d'habitants ;

Tableau IV-03 : Variation des besoins domestique de la zone OUEST de la nouvelle ville

Populations	Dotation (l /j/hab)	Q _d (m ³ /j)	Q _d (l/s)
82 271	200	16 454,2	190,44

IV-2-4-2) Besoins d'équipements

Ces équipements représentent les infrastructures administratives et les établissements scolaires, sanitaires et autres tel que les mosquées où il y a une demande (consommation) supplémentaire en eau potable, le débit journalier des équipements est :

$$Q_{eq} = Q_d \times C_{eq}$$

Avec :

- Q_d : Débit domestique (l/s)
- C_{eq} : Coefficient de majoration variant de 10 à 25 % selon le degré d'urbanisation 20%.

Tableau IV-04 : Variation des besoins d'équipements de la zone OUEST de la nouvelle ville

Populations	C. de Majoration %	Q_d (m ³ /j)	Q_{ed} (m ³ /j)
82271	20	16 454,2	3290,84

Donc le débit total de consommation moyenne journalière est :

$$Q_{moyj} = Q_d + Q_{eq}$$

Tableau IV-05 : Variation des débits moyens journaliers de la zone d'étude

Populations	Q_d (m ³ /j)	Q_{ed} (m ³ /j)	Q_{moyj} (m ³ /j)
82271	16 454,2	3290,84	19 745,04

IV-2-4-3) Calcul du débit maximum journalier

Le débit maximum journalier se calcule comme suit :

$$Q_{maxj} = K_j \cdot Q_{moyj}$$

Avec : Q_{maxj} : Débit maximum journalier (l/s)

K_j : Coefficient d'irrégularité journalier ;

$K_j = 1,1 \div 1,3$ on prend $K_j = 1,2$.

D'où: $Q_{maxj} = 1,2 \times Q_{moyj}$ (l/s)

Tableau IV-06 : Variation des débits maximum journalière de la zone OUEST de la nouvelle ville

Populations	Coefficient d'irrégularité	Q_{moyj} (m ³ /j)	Q_{maxj} (m ³ /j)
82271	1.2	19 745,04	23 694,04

IV-2-4-4) Estimation des pertes

En général, les pertes sont estimées après une appréciation du réseau de distribution, cette estimation se traduit par un coefficient qu'on multiplie avec le débit total, donc pour le réseau d'AEP on peut prendre comme un coefficient de pertes $C_{prt}=20\%$.

$$Q_{prt} = Q_{maxj} \times C_{prt}$$

Tableau IV- 07 : Estimation des pertes de la zone OUEST de la nouvelle ville

Populations	Coefficient de pertes	$Q_{maxj}(m^3/j)$	$Q_{prt}(m^3/j)$
82271	0.20	23 694,04	4738,80

IV-2-5) Réseaux d'assainissement

IV-2-5-1) Etat du réseau existant

Le réseau d'assainissement de la nouvelle ville est doté d'un réseau d'assainissement existant et un autre en cours de réalisation, il est du type unitaire et conçu pour collecter les eaux usées et pluviales. Le réseau d'assainissement est constitué de conduites circulaires en béton comprimé et béton armé de diamètres allant de 200 à 2000 mm convergeant vers El Khroub pour la partie Est et vers Ain Smara pour la partie Ouest, qui est l'objet de notre étude.

- Le premier rejet, Il est situé au niveau de sonalgaz, il est accourt de réalisation, de diamètre 400 mm
- Le deuxième rejet qui se trouve en face la ferme est de diamètre 2000 mm
- Le Troisième rejet qui se trouve en face la ville et en allons vers Ain Smara de diamètre 800 mm

IV-2-5-2) Fonctionnement du réseau

Pour assurer un fonctionnement adéquat du réseau, des déversoirs d'orage et une station de relevage seront projetés dans le cadre de collecte des rejets vers la future station d'épuration de la nouvelle.

IV-2-5-3) Taux de raccordement :

Le taux de raccordement au réseau d'assainissement est un facteur très important, pour faire une étude complète d'une station d'épuration des eaux usées.

Nous avons en premier lieu le taux de raccordement des habitations au réseau d'assainissement qui nous permet d'estimer le volume pris en charge par le réseau d'assainissement vers la future station d'épuration, suivant nos visites de la zone d'étude et après analyses des données et les informations fournies par la direction de l'hydraulique de wilaya de Constantine, le taux de raccordement des habitations au réseau atteint un pourcentage de 100.

IV-2-6) Caractéristiques du site d'implantation de la future STEP

IV-2-6-1) Situation géographique du site

L'assiette du site est située sur des terrains limitrophes du chemin de **wilaya N°101**. Les coordonnées Lambert du site sont (X=844300 et Y=331850).

IV-2-6-2) Géologie du site

La zone du site de la station d'épuration de la nouvelle ville « Ali Mendjeli » fait partie du tell constantinois.

Selon les observations faites sur le terrain et l'examen de la carte géologique d'oued Athménia, le terrain de fondation du site de la future station d'épuration est constitué par des calcaires et marnes lacustres présumés Pliocène-Villafranchien.

Concernant la portance des sols de fondation, les terrains du site de la future station d'épuration se prêtent favorables à la projection d'une station d'épuration.

A noter que toutes les conditions géologiques du site de la future station d'épuration seront revues en détail après la projection des ouvrages qui seront mises en évidence par des travaux de sondages et essais géotechniques de laboratoire.

IV-2-7) Choix du site de la future STEP.

Le choix du site de la future station d'épuration de la nouvelle ville Ali Mendjeli a été étudié et décidé par la direction de l'hydraulique de la wilaya de Constantine.

Les caractéristiques du site sont :

- La future station d'épuration est située entre la nouvelle ville et AIN SMARA. Le site choisi et en se basant sur le PDAU, est dans une zone qui est extérieure au limites des extensions futures.
- Le site choisi est en forme de cuvette, traversé par une importante chaabat qui servira à l'évacuation des eaux épurées
- La future station d'épuration est dans une zone entourée d'exploitations agricoles, ce qui facilite l'acheminement des eaux épurées.
- L'accès vers le site choisi est facilité par la présence de l'ancienne route menant vers la ville d'AIN SMARA facilitant l'accès et les travaux de réalisation de la future station d'épuration.
- Le site choisi est dans un endroit éloigné des habitations d'où seront écartés les désagréments dus aux odeurs résultant des procédés d'épuration.

IV-2-7-1) Inventaire des industries

La nouvelle ville **Ali Mendjeli** se situe dans une zone agricole ; on note l'absence totale d'activité industrielle.

IV-2-8) Données liées à la station d'épuration :**Tableau IV-08** : données de base nécessaires pour le dimensionnement de la STEP

Paramètres		Horizon 2035
Capacité Eq.Hab		82 271
Dotation l/hab/j		200
Charge hydraulique		
- Journalière	m ³ /j	18956
- Moyenne horaire (Q _m) sur 24h	m ³ /h	789,9
- Pointe horaire en temps sec (Q _{Ps})	m ³ /h	1319,2
- Pointe horaire en temps de pluie (Q _{Pp} = 2Q _{Ps})	m ³ /h	2638,4
Charge polluante		
DBO5		
- Charge spécifique	g/hab/j	54
- Charge journalière	Kg/j	4442,7
- Concentration correspondante	mg/l	234,4
MES		
- Charge spécifique	g/hab/j	70
- Charge journalière	Kg/j	5759
- Concentration correspondante	mg/l	303,8
NTK		
- Charge spécifique	g/hab/j	15
- Charge journalière	Kg/j	1234,1
- Concentration correspondante	mg/l	65,1
P total		
- Charge spécifique	g/hab/j	5
- Charge journalière	Kg/j	411,4
- Concentration correspondante	mg/l	21,7

IV-2-9) Caractéristique de la pollution actuelle

Pour la zone d'étude nous avons recensé trois rejets. A cet effet, trois campagnes de prélèvement ont été effectuées pour l'analyse des différents points de rejet (02 campagnes à la période d'hiver et une campagne à la période sèche).

Les analyses ont été effectuées par les laboratoires suivants : Centre National des Technologies et de Consulte (CNTC) de **Boumerdes**, le laboratoire **BIO-QUAL de BOUGERRA –BLIDA**.

IV-2-9-1) Résultats des Analyses des eaux usées

Les prélèvements ont été effectués au niveau des différents points de rejets de la partie Ouest de la nouvelle ville Ali Mendjeli.

IV-2-9-1-1) Prélèvement et échantillonnage :

Les prélèvements ont été effectués en date du **19/01/2010 ; 23/02/2010 et 02/06/2010 ;** au niveau des différents rejets.

IV-2-9-1-2) Paramètres analysés :

Les paramètres analyses sont les suivants :

- PH - Température
- Matière en suspension (MES)
- Oxygène dissous
- Conductivité
- Demande chimique en oxygène (DCO)
- Phosphore (Protal)
- Zinc(Zn)
- Plumb (Pb)
- Ammonium (NH₄)
- NTK
- Residu sec
- Chrome (Cr)
- Cuivre (Cu)
- Cadmium (Cd)
- Fer(Fe)
- Demande biochimique en oxygène (DBO₅)
-

IV-2-9-1-3) Méthodes d'analyses utilisées :

Les méthodes utilisées pour chaque paramètre sont détaillées comme suit :

Tableau IV-09 : les méthodes d'analyses des principaux paramètres examinés

Paramètre mesurés	Méthodes utilisées
Température	Thermomètre
PH	pH - mètre
Oxygène dissous	Oxymètre
Conductivité	Conductimètre
M.E.S	Filtration à 105 °C
D.C.O	Spectrophotométrie
D.B.O ₅	Manométrie (DBO- mètre)
Détergents	Colorimétrie (bleu de méthylène)
Phosphore total	Colorimétrie
Métaux lourds	Spectrophotométrie d'absorption atomique

IV-2-9-1-4) Normes de rejet :

Le tableau suivant illustre les normes de rejets en rivière des effluents urbains à atteindre après l'épuration selon le décret exécutif N° 06 -141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels (**tableau N°10**).

Tableau IV-10 : normes de rejets en rivière

N°	Paramètres	Unité	Valeurs Limites	Tolérances aux valeurs limites Anciennes Installations
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO ₅	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5

Suite du Tableau IV-10 : normes de rejets en rivière

N°	Paramètres	Unité	Valeurs Limites	Tolérances aux valeurs limites Anciennes Installations
9	Substances toxiques bioaccumulable	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et Graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercure total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Détergents	"	12	12

Les normes de rejet, après traitement, ont pour objet la protection de l'environnement en général et les milieux récepteurs en particulier.

Un effluent brut est considéré comme biodégradable lorsqu'un échantillon moyen sur 24 heures, après une décantation de deux heures, présente les caractéristiques suivantes :

- ◆ Un rapport DCO/DBO₅ <2,5
- ◆ Une DCO <750 mgO₂/l
- ◆ Une teneur en Azote total < 100mg/l

IV-2-9-2) Résultats analytiques et interprétation :

IV-2-9-9) Résultats analytiques

➤ **Campagne du 19/01/2010**

✓ **Rejet 01 :**

Tableau IV-11 : les paramètres physico- chimique

Campagne de prélèvement		19/01/2010	
Echantillons		A1	B1
Heure de prélèvement		10h00	12h00
Paramètres analysés	Unités		
Température	°C	20	20
PH	Sans	7,53	7,56
Conductivité	µs/cm	2010	2120
D.C.O	mg/l	288	312
D.B.O5	mg/l	100	20
M.E.S	mg/l	828	2340
Résidu sec	mg/l	962	1154
NTK	mg/l	30,6	34,6
Phosphore total (P)	mg/l	4,8	5,20
Ammonium (NH4)	mg/l	21,5	27
Détergents	mg/l	3,9	6,41

☞ **Pour les rejets 2 et 3, les résultats des campagnes sont résumés dans l'annexe 2.**

Tableau IV-12 : Moyenne des trois campagnes du 19/01/2010 ; 23/02/2010 et 02/06/2010

Paramètres	Moyenne
Température	19,3
PH	7,31
Conductivité	2260,78
D.C.O	361,15
D.B.O5	141,55
M.E.S	437,78
Résidu sec	774,48
NTK	65,27
Phosphore total (P)	9,85
Ammonium (NH ₄)	44,71
Carbone organique total	103
Détergents	6,51

IV-2-9-10) Interprétation des résultats :

A. Température :

L'activité biologique augmente régulièrement avec la température, ce qui influe sur le rendement d'épuration. Les valeurs des températures retenues sont comprises entre 19 et 20 °C avec une moyenne de 19,3°C. Ces valeurs ne dépassent pas 30°C, elles sont donc conformes aux caractéristiques d'une eau usée urbaine et favorisant la croissance des micro-organismes responsables de l'épuration et permettant ainsi des meilleurs rendements d'épuration.

B. Le pH :

Les valeurs de pH mesurés pour les différents rejets sont comprises entre 6,88 et 7,62 avec une moyenne de 7,31. Ces valeurs s'inscrivent dans la fourchette des valeurs généralement observées pour les eaux usées urbaines ($6,5 < \text{PH} < 8,5$).

C. Conductivité électrique

La mesure de la conductivité permet d'évaluer approximativement la minéralisation globale de l'eau. Les valeurs de la conductivité trouvées sont comprises entre 1400 $\mu\text{S/cm}$ et 5000 $\mu\text{S/cm}$, avec une moyenne de 2260,78 $\mu\text{S/cm}$, ce qui indique une minéralisation excessive de l'eau usée.

D. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) est la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes contenus dans l'effluent au bout de cinq jours dans des conditions expérimentales

définies (obscurité, température de 20°C). Les valeurs de la DBO5 enregistrées sont comprises entre 40 et 250 mg/l, avec une moyenne de 141,55 mg/l, ce qui correspond donc à une eau usée urbaine normalement chargée en matières organiques biodégradable.

E. Demande chimique en oxygène (DCO)

Les valeurs de la DCO enregistrées sont comprises entre 194 mg/l et 614 mg/l, avec une moyenne de 361,15 mg/l, ces valeurs font ressortir que la charge organique biodégradable et non biodégradable est important.

F. Matières en suspension (MES)

Il est d'usage en traitement des eaux d'appeler « Matières en suspension », des impuretés séparables par filtration ou centrifugation. Les matières en suspension se composent des matières organiques et des matières minérales.

Les valeurs de MES obtenues sont comprises entre 70 et 2340 mg/l avec une moyenne de 437,78 mg/l, ce qui confirme que les rejets sont chargés en matières en suspensions (organique et minérale).

G. Ammonium NH_4^+ :

L'azote ammoniacal traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique.

La présence d'ammonium dans les eaux usées a pour origine, la matière organique issue de l'animal ou l'humain, (l'homme élimine 15 à 30 g d'urée par jour).

Les analyses des échantillons des rejets ont donné des teneurs en ammonium comprises entre : 20,5 et 130 mg/l avec une moyenne de 44,71 mg/l. Ceci montre que l'eau de rejet est moyennement chargée en ammonium.

H. Phosphore total

L'apport des phosphates par les réseaux d'égout varient fortement avec les usages alimentaires et domestiques. Les valeurs obtenues sont comprises entre 3,9 et 15 mg/l avec une moyenne de 9,85 mg/l, cette valeur est inférieure à la norme 10 mg/l.

I. Le Résidu secs :

Le résidu sec représente la teneur des sels qui précipitent, les valeurs moyennes des résidus secs sont comprises entre 148 mg/l et 1000 mg/l, avec une moyenne de 774,48 mg/l, cela est dû à la présence des sels minéraux dans les eaux usées.

J. Azote total et Carbone organique total

Les valeurs moyennes de l'azote total obtenus sont comprises entre 21 mg/l et 145,6 mg/l, avec une moyenne est de 65,27 mg/l.

Le dosage du Carbone Organique Total concerne tous les composés organiques volatils ou non, naturels ou de synthèse, présents dans les eaux résiduaires (cellulose, sucres, huiles, etc.).

K. Métaux lourds :**Tableau IV-13 :** Paramètres des métaux lourds

Paramètres	Unite	Rejet 01	Rejet 02	Rejet 03	Moyenne
Plomb	mg/l	0,00	0,01	0,00	0,00
Chrome	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00
Cuivre	mg/l	0,00	0,00	0,05	0,016
Fer	mg/l	0,01	0,01	0,5	0,023

L'analyse chimique des échantillons pour ces rejets fait apparaître que la totalité des métaux lourds se trouve sous formes de traces et par conséquent, il ne peut y avoir d'inhibition de l'épuration ou un effet toxique sur l'activité des micro-organismes épurateurs.

IV-2-9-11) Biodégradabilité et nature de rejet :

Un effluent brut du type domestique présente les caractéristiques suivantes :

- DCO inférieur ou égal à 750 mg/l
- DCO/DBO5 inférieur ou égal à 2,5
- Teneur en azote total < 100mg/l

Les valeurs moyennes de DBO5 et de DCO ainsi que le rapport DCO/DBO5 moyen sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau VI-14 : le rapport de la biodégradabilité

Parameter	Moy 1	Moy 2	Moy 3
DCO (mg/l)	374,4	274,67	397,77
DBO5 (mg/l)	126	111,16	164,55
DCO / DBO5	2,9	2,47	2,41

- Le rapport moyen est de l'ordre de 2,59, il n'est pas exagéré du fait que les valeurs relatives à la DBO₅ (111,16 ; 126 et 164,55 mg/l) et à la DCO (274,67 ; 374,4 et 397,77 mg/l) sont celles d'un rejet exclusivement urbain et donc majoritairement biodégradable,
 - La valeur moyenne de l'azote total est de 65,27 mg/l, cette valeur est inférieure à 100 mg/l.
 - Les valeurs de la DCO sont inférieures à 750 mg/l.

Donc, Ce qui montre que nous sommes en présence d'une eau usée urbaine chargée en matières organiques biodégradables.

IV-2-9-12) Teneur nécessaire en substances nutritives :

Pour que les micro-organismes aient un métabolisme normal, il est indispensable que certaines substances nutritives minérales soient présentés à côté des substances organiques biodégradables, ce sont essentiellement l'azote et le phosphore.

Il est indispensable de vérifier les proportions N /DBO5 et P /DBO5 :

Si : - N/ DBO5 5%
- P/DBO5 0,6%

Pas d'apport de phosphore et d'azote.

Si : - N/ DBO5 5%
- P/DBO5 0,6%

Les valeurs des rapports N/ DBO5 et P/ DBO5 sont reportées au tableau suivant :

Tableau IV-15 : Teneur en substances nutritives

Parameters	Moy 01	Moy 02	Moy 03
DBO5	126	111,16	164,55
P	5,8	12	10,81
N	34,78	113,06	56,63
N/DBO5	27,6	101,7	34,41
P/DBO5	4,6	10,8	6,57
(N/DBO5) moyen	54,57		
(P/DBO5) moyen	7,32		

Au vu des résultats obtenus, nous pouvons conclure que les proportions en azote et phosphore sont suffisantes pour l'enclenchement du processus épuratoire, ce qui assure aux bactéries épuratrices pour se développer en dégradant les matières organiques biodégradables.

IV-3). Réutilisation des eaux épurées :**Qualité requise pour les eaux d'irrigation**

Afin de garantir la protection de la santé publique, des normes et réglementation strictes adoptées à la spécificité des différentes cultures agricoles devront être respectées.

IV-3-1) Normes algériennes :

Les normes utilisées pour l'irrigation par les eaux usées sont données dans le tableau suivant :

Tableau IV-16 : Réutilisation des eaux usées, selon les normes algériennes

Groupes De Cultures	Paramètres microbiologiques	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/1) (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 (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

1-L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.

2-Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

3-Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

4- Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts.

5- Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes, à 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.

IV-3-2) Normes OMS

Selon les usages, l'organisation mondiale de la santé (OMS), donne les traitements qu'il convient de pratiquer pour une réutilisation des eaux.

Le tableau ci-joint met en évidence les traitements proposés pour répondre aux critères sanitaires, applicables à la réutilisation des eaux usées dans l'agriculture pour l'irrigation.

Tableau IV-17 : Traitement proposé pour répondre aux critères applicables à la réutilisation des eaux usées, selon L'OMS :

	Récoltes non destinées à la consommation	Récoltes consommées après cuisson	Récoltes destinées à être consommées
Critères sanitaires	A + F	B + F ou D + F	D + F
Traitement primaire	obligatoire		obligatoire
Traitement secondaire		obligatoire	obligatoire
Filtration sur sable ou méthodes équivalentes de Traitements très poussées		éventuel	obligatoire
Désinfection		éventuel	obligatoire

Avec :

- ✓ A : Absence de solides grossiers, élimination d'une grande partie d'œufs de parasites.
- ✓ B : En plus de A, il y a élimination d'une grande partie de bactéries.
- ✓ D : Suspension de plus de 100 coliformes par 100 ml, dans 80 % des échantillons.
- ✓ F : Pas de produits chimiques laissant des indésirables dans les récoltes.

IV-3-3) Normes FAO

Selon les recommandations de la FAO 29 rev1 1988, l'eau à utiliser pour l'irrigation contient toujours des quantités mesurables de substances dissoutes qui selon une terminologie collective admise, sont appelés «sels». On y trouve des quantités relativement faibles mais ayant des effets importants.

Une eau convient ou non à l'irrigation selon la qualité et le type de sels qu'elle contient. Avec une eau de qualité médiocre, on peut s'attendre à divers problèmes pédologiques et agronomiques.

IV-3) Prévention des risques liés à l'usage des eaux usées épurées

Selon la FAO, les préventions des risques en matière d'eaux usées sont :

- ✓ L'irrigation, avec des eaux usées épurées des cultures maraichères dont les produits sont consommables crus est interdite.
- ✓ La liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées est fixée par arrêté conjoint des 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.
- ✓ L'irrigation par les eaux usées épurées des cultures autorisées doit cesser au moins deux semaines avant la récolte. La consommation des fruits tombant au sol est interdite ; ces fruits tombés doivent être détruits ou transportés à la décharge publique.
- ✓ L'irrigation des arbres fruitiers par aspersion, ou par tout autre système mettant l'eau usée épurée en contact avec les fruits est interdite.
- ✓ Le pâturage direct sur les parcelles et aires irriguées par les eaux usées épurées est interdit.
- ✓ 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.

IV-4) Irrigation avec l'eau usée traitée

L'irrigation joue un rôle essentiel dans l'accroissement et la stabilité des rendements des cultures. Dans les régions arides et semi-arides, l'irrigation est essentielle pour une agriculture économiquement viable, alors que dans des régions semi-humides l'irrigation est souvent apportée sur certaines cultures en complément de la pluviométrie.

Recommandations

D'après les directives de l'OMS, si l'eau usée ne répond pas aux critères de santé alors :

- ✓ l'irrigation par aspersion (mini asperseurs, asperseurs, 'cracheurs', etc.) est seulement limitée aux fourrages.
- ✓ l'irrigation par pulvérisation d'eau sur les pelouses ou les domaines à accès illimité, peut être pratiquée pendant la nuit.
- ✓ l'irrigation par aspersion n'est pas recommandée en conditions venteuses. Les microbes pathogènes peuvent être emportés par le bouillard ou l'aérosol ce qui peut engendrer un risque sanitaire pour les ouvriers, les habitants de la ferme et des zones résidentielles voisines.
- ✓ si l'eau usée traitée n'a pas la qualité sanitaire et/ou environnementale acceptable, il faut impérativement arrêter l'irrigation avec l'eau traitée.

IV-5) Conclusion

Les campagnes de prélèvement et d'analyses, réalisées au niveau des différents rejets des eaux usées de la nouvelle ville Ali Mendjeli nous ont permis constater que :

-La DBO₅ et la DCO sont plus ou moins élevés pour caractériser une pollution par la matière organique.

-Par ailleurs,

- ✓ Le rapport DCO/DBO₅ moyen est inférieur à 2,50.
- ✓ Les valeurs de la DCO sont inférieures à 750 mg/l.
- ✓ La valeur moyenne de l'azote total est inférieure à 100 mg/l.

Nous pouvons conclure :

Les résultats des analyses confirment la nature domestique des rejets.

L'apport des phosphates par le réseau d'égout de la nouvelle ville Ali Mendjeli ne présente aucune particularité et ne peut avoir d'influence sur le processus d'épuration.

Un système d'épuration biologique convient parfaitement à ce type des rejets, puisque l'analyse a montré qu'il n'existe pas dans l'eau usée d'éléments toxiques ou de produits susceptibles d'agresser la vie aquatique diversifiée qui aura à se développer et grâce à laquelle l'eau usée sera épurée dans le bassin biologique.

Dans le cas de la réutilisation de l'eau épurée pour l'irrigation, il serait préférable d'utiliser l'eau pour les cultures les moins sensibles aux sels et d'adapter des techniques d'irrigation les plus appropriés aux cultures choisit.

Chapitre V :
Régime d'irrigation et
besoins en eau
d'irrigation

Chapitre V : Régime d'irrigation et besoins en eau d'irrigation

V-1) Introduction

Dans ce présent chapitre, on se propose de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base d'informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, cultures envisageables, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols, pratique culturale et méthodes d'irrigation.

V-2) Choix des cultures à mettre en place de la région d'études

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

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

D'après les résultats recueillis de l'étude pédologique ainsi que les caractéristiques climatiques de la zones d'étude ; les cultures à mettre en place sont :

- ✓ **L'arboriculture** : Pécher, Pommier, Abricotier, Figuier, olivier.
- ✓ **Les cultures fourragères** : Sorgho, Vesce- Avoine, Bersim, sorgho.
- ✓ **Les cultures industrielles** : Betterave à sucre, coton, tabac, lin, tomate industriel, haricot à rame, pois à rame.
- ✓ **La céréaliculture** : Blé dur, Blé tendre, maïs, Orge vert.

V-3) Assolement –Rotation proposés

On appelle assolement la répartition des cultures dans l'espace, par opposition à la rotation qui est la succession des cultures sur une même sole pendant un nombre d'année correspondant au type d'assolement adopté.

Pour l'établissement des différents assolements –rotation nous avons tenu compte de plusieurs facteurs :

- ✓ La variation des profondeurs d'enracinement.
- ✓ L'équilibre du sol en éléments minéraux et en matière organique.
- ✓ La période de végétation et le procédé cultural.

Le cycle végétatif des différentes cultures est présenté dans le tableau dessous V.1

Tableau V-01 : cycle végétatif des cultures mises en place

Culture	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
Pommier												
Abricotier												
Figuier												
Olivier												
Pêcher												
Tomate In												
Betterave												
Poivron												
Pois a rame												

V-3-1) Modèle d'assolement








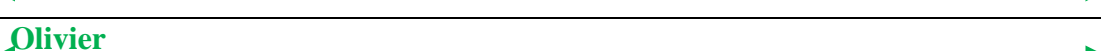
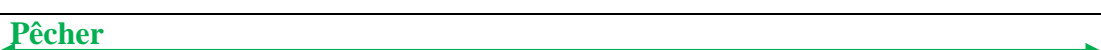
Nous donnons ci-après la composition de modèle qui nous semble les plus adaptés à la pédologie et aux surfaces d'exploitations du périmètre d'étude.

Cet assolement constitué de type des cultures fourragère et industrielles, en plus de l'arboriculture (abricotier) en hors assolement.

Tableau V-02 : Assolement et rotation proposé (modèle1)

N° parcelle	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JI	A	S
5	← Betterave →											
10_11	← Tomate industrielle →											
9	← Poivron →											
6	← Pois a rame →											
1_2	← Pommier →											
12	← Abricotier →											
7_8	← Figuier →											
3_4	← Olivier →											
13	← Pêcher →											

Tableau V-03 : Assolement et rotation proposé (modèle2)

N°de la parcelle	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JI	A	S
5	Tomate industrielle 											
10_11	Pois a rame 											
9	Betterave 											
6	Poivron 											
1_2	Pommier 											
12	Abricotier 											
7_8	Figuier 											
3_4	Olivier 											
13	Pêcher 											

V-3-1-1) Modèle 1 :

Il est composé d'un mélange entre les cultures fourragères (Bersim) et la culture industrielle (tomate industriel, Betterave, Pois a rame), cet assolement est caractérisé par la dominance des cultures céréalières, et de l'arboriculture.

Tableau V-05 : Assolement et rotation proposé (modèle N°1)

MODELE N°1		
les ilots	SOLE I	SOLE II
5	Pois a rame	Bersim
10_11	Bersim	Tomate industrielle
9	Poivron	Pois a rame
6	Tomate industrielle, Bersim	Betterave
1_2	pommier	pommier
12	Abricotier	Abricotier
7_8	fliquer	fliquer
3_4	olivier	olivier
13	Pêcher	Pêcher

V-3-1-2) Modèle 2 :

Il est composé d'un mélange entre les cultures céréalières (maïs), les cultures fourragères (Bersim) et la culture industrielle (tomate industriel, Betterave, Pois a rame), et de l'arboriculture.

Tableau V-06 : Assolement et rotation proposé (modèle N°2)

MODELE N°2		
LES ILOTS	Sole I	Sole II
5	Abricotier	Abricotier
10 _ 11	Pois a rame	Tomate industrielle, Bersim
9	Bersim, maïs	Betterave
6	Poivron	Pois a rame
1_2	Tomate industrielle, Bersim	Bersim, maïs
12	Betterave	Poivron
7_8	fliquer	fliquer
3_4	olivier	olivier
13	Pêcher	Pêcher

V-4) Les pourcentages proposés aux différentes cultures

Après détermination de l'assolement et rotation, l'occupation du périmètre en cultures sera faite de la manière suivante :

Tableau V-07 : Les pourcentages occupés aux différentes cultures.

N° de la parcelle	culture	superficie (m2)	superficie (ha)	Pourcentage (%)	Pourcentage (%)
1	pommier	109875	10,9875	15,86	7,77
2		114500	11,4500		8,09
3	olivier	92750	9,275	16,77	6,56
4		144452	14,4452		10,21
5	Betterave	82315	8,2315	5,82	5,82
6	Pois a rame	91244	9,1244	6,45	6,45
7	fliquer	114903	11,4903	8,12	8,12
8	Bersim, mais	129715	12,9715	9,17	9,17
9	Poivron	72506	7,2506	5,12	5,12
10	Tomate industriel	103889	10,3889	15,06	7,34
11		109148	10,9148		7,71
12	Abricotier	127630	12,763	9,02	9,02
13	Pêcher	121933	12,1933	8,62	8,62
Total		1414860	141,486	100	100,00

D'après le tableau V-4, on conclue que la culture la plus dominante est l'arboriculture fruitière avec plus de 67.57 % et les cultures industrielles avec 32.43%.

V-5) Régime d'irrigation et besoins en eau des cultures

Pour estimer le régime d'irrigation, il est impératif de :

- Procéder à l'étude hydrologique et l'année de calcul
- Estimer les besoins en eau di périmètre.

V-5-1) Etude hydrologique :

L'étude hydrologique a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies annuelles de fréquences données, qui conditionnent l'étude du projet d'aménagement hydro-agricole, tels que le calcul des besoins des cultures projetés dans le périmètre, ainsi que le dimensionnement du réseau d'irrigation. La connaissance de ces pluies est nécessaire au dimensionnement du réseau d'irrigation.

Dans ce cas, un ajustement des pluies annuelles à une loi (normale ou log normale) est indispensable pour la détermination des pluies de probabilité 50% et 80%.

V-5-1-1) Présentation de la station météorologique

La station pluviométrique choisie est celle d'Ain Bey qui est proche du périmètre d'étude, et gérée par l'ANRH elle présente les caractéristiques suivantes :

Tableau V-08 : Présentation de la station météorologique De Ain El Bey

Station	Code	Latitude	Longitude	Altitude
Ain El Bey	100510	36°17 N	06°37 E	694 m

La répartition des pluies de la station est comme suit :

Tableau V-09 : La répartition mensuelle des précipitations (mm).

Année	Spt	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Annuel
1990	21,3	9,5	115,4	99,9	56,0	0,0	23,3	33,6	26,7	12,4	1,8	26,3	426,2
1991	43,7	88,3	21,8	21,0	20,9	67,1	92,8	59,3	81,0	8,5	3,1	1,5	509,0
1992	20,6	22,9	116,1	192,8	52,8	33,2	49,5	134,5	97,3	10,7	17,3	10,3	758,0
1993	22,1	11,9	21,6	127,0	49,5	57,3	25,5	12,3	52,8	14,9	2,9	4,8	402,6
1994	28,8	90,6	24,0	49,9	66,1	87,5	36,3	78,8	6,0	0,0	0,3	2,0	470,3
1995	48,0	8,0	43,0	28,0	216,0	18,0	85,0	30,0	6,0	52,0	0,0	1,0	535,0
1996	15,0	10,0	26,0	47,0	88,0	181,0	54,0	67,0	62,0	42,0	21,0	6,0	619,0
1997	39,0	50,0	110,0	66,0	33,0	22,0	59,0	58,0	18,0	33,0	1,0	17,0	506,0
1998	75,0	33,0	135,0	53,0	36,0	53,0	37,0	71,0	50,0	18,0	0,0	9,0	570,0
1999	59,0	38,0	79,0	94,0	64,0	42,0	57,0	32,0	11,0	20,0	3,0	8,0	507,0
2000	18,0	38,0	32,0	58,0	17,0	19,0	14,0	33,0	84,0	44,0	0,0	16,0	373,0
2001	79,0	48,0	26,0	20,0	123,0	45,0	18,0	38,0	53,0	10,0	0,0	10,0	470,0
2002	22,0	27,0	135,0	111,0	24,0	53,0	53,0	32,0	17,0	5,0	19,0	24,0	522,0
2003	62,0	46,0	20,0	148,0	231,0	50,0	32,0	120,0	44,0	1,0	2,0	12,0	768,0
2004	34,7	45,1	155,1	202,5	64,9	87,3	40,7	64,4	11,3	3,5	3,7	4,4	717,6
2005	17,3	5,5	23,0	74,6	106,1	71,0	39,5	21,1	85,5	3,4	0,2	25,3	472,5
2006	47,2	8,6	21,2	148,0	18,3	40,2	150,3	89,4	22,2	15,1	2,4	13,1	576,0
2007	53,2	37,6	38,9	131,9	12,6	15,4	102,9	22,6	62,6	20,3	3,9	11,2	513,1
2008	68,2	22,2	47,1	24,6	105,7	59,5	76,0	133,0	71,5	0,6	6,1	24,6	639,1
2009	136,5	54,8	24,3	61,1	96,4	43,8	57,9	85,2	72,9	16,5	8,6	18,7	676,7
2010	33,6	69,9	69,8	40,5	11,8	191,0	61,0	96,9	52,1	12,4	2,4	6,6	648,0
Moyenne	45,0	36,4	61,2	85,7	71,1	58,9	55,5	62,5	47,0	16,3	4,7	12,0	556,1

Source : Station Ain El Bey (1990-2010)

La moyenne annuelle des précipitations est de **556.1** mm sur une période d'observation de 21ans (1990-2010).

V-5-1-2)Etude de l'Homogénéité de la série pluviométrique

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

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé suivant :

- On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que : N_1 et N_2
Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_1 > N_2$.
- On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. a ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.
- Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004) , si la relation ci-dessous est vérifiée .

Avec :

$$W_{MIN} < W_x < W_{MAX} \dots\dots\dots [V-1]$$

$$W_x = |Rang|_x \dots\dots\dots [V-2]$$

W_x : Somme des rangs de sous-série x.

Et :

$$W_{MIN} = \left[\left(\frac{N_1 + N_2 + 1}{2} * N_1 - 1 \right) - 1.96 * \left(\frac{N_1 * N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{(1/2)} \right] \dots\dots\dots [V-3]$$

$$W_{MAX} = [(N_1 + N_2 + 1) * N_1 - W_{MIN}] \dots\dots\dots [V-4]$$

Le tableau des calculs est présenté dans l'Annexe.

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Après les calculs on a : $W_x = 93$; $W_{min} = 110$; $W_{max} = 137.83$

Donc : **$110 < W_x < 137.83$**

D'après les calculs, on voit que la condition de Wilcoxon : $W_{min} < W_x < W_{max}$ est vérifiée, ce qui stipule que la série des précipitations moyenne annuelle de la station Ain El Bey est homogène.

V-5-1-3) Ajustement statistique des pluies

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 dans le cas de pluies annuelles sont la loi de Gauss ou loi normale ou la loi de Galton ou loi log-normale.

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

L'ajustement des séries par la loi normale appelée souvent loi de Gauss s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \text{Exp}\left(\frac{-1}{2x\mu^2}\right) du \dots\dots\dots[V-5]$$

- (Fréquence au non dépassement)
- U est variable réduite de gauss. Elle est donnée par :

$$U = \frac{X - \bar{X}}{\delta} \dots\dots\dots [V-6]$$

- **Test de validité de l'ajustement à la loi choisie**

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

- Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour lequel une loi de répartition F(X) a été déterminée.
- On divise cet échantillon en un certain nombre de classe 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 :

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

- $f(X)$: 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 :

$$\chi^2_{calculée} = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i} \dots\dots\dots [V-7]$$

- n_i : nombre d'observations contenues dans la classe i .
- v_i : nombre d'observations théoriques calculés dans la classe i .
- $\gamma = k - 1 - m$

Avec :

- k : nombre de classes.
- γ : degré de liberté.
- m : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition Donc :
- $m=2$: pour la loi de **Gumbel** et Gauss

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

Tableau V-10 : Résultats de calculs pour les deux lois

Loi Normale	Loi log-normale
Khi carré = 1.57 = $\chi^2_{calculée}$	Khi carré = 2.71 = $\chi^2_{calculée}$
Probabilité p ($\chi^2_{calculée}$) = 0, 6659	Probabilité p ($\chi^2_{calculée}$) = 0, 4378
Degrés de liberté : 3 = γ	Degrés de liberté : 3 = γ

D'après les valeurs du khi carré, l'ajustement des pluies annuelles par la loi normale est meilleur, puisque que cette loi présente un khi-carré minimum.

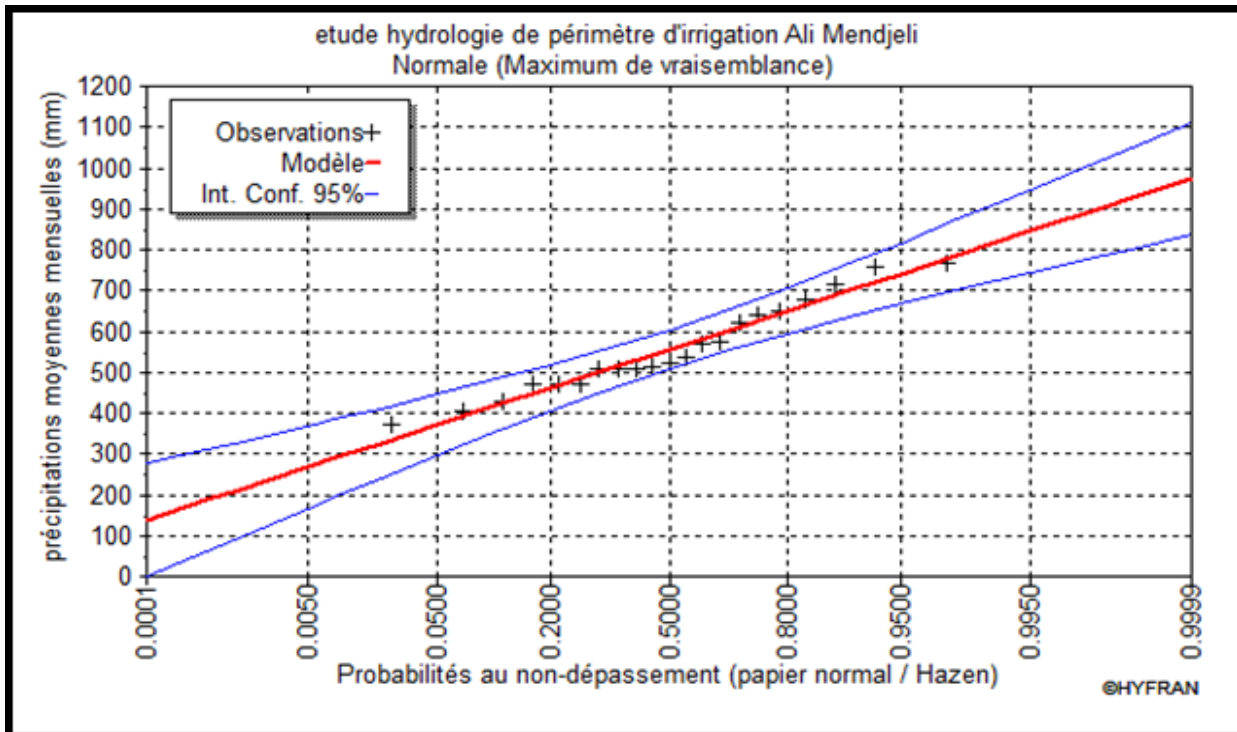


Figure V.2 : Ajustement des pluies annuelles par la loi Normale (Logiciel Hyfran)

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

$$P_{moy80\% \text{ de chaque mois}} = P_{moy \text{ de chaque mois}} \cdot \frac{P_{théorique (80\%) \text{ annuelle}}}{P_{théorique (50\%) \text{ annuelle}}} \dots\dots\dots [V-8]$$

On déduit les résultats suivants :

P80% =469.1 mm

P50%=562.6 mm

$$P_{moy80\%} = \frac{469.1}{562.6} \cdot P_{moy.mensuelle} \dots\dots\dots [V-9]$$

Tableau V-11 : Pluie sec80% de la zone d'étude

Mois	jan	fev	mar	avr	mai	jui	juil	aou	spt	oct	nov	dec
Pluie	71	59	55	62	47	16	5	12	45	36	61	86
Pluie 80%	59	49	46	52	39	14	4	10	37	30	51	71

V-5-2) Besoin en eau du périmètre

Afin d'évaluer le volume d'eau nécessaire à l'irrigation du périmètre il est indispensable de quantifier les besoins de chaque culture composant l'assolement. Dans notre cas, le calcul sera fait pour les deux modèles choisis.

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme étant la dose apportée aux cultures dans des moments propices, afin de mettre celles-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal.

Pour déterminer l'évapotranspiration de la culture (ETc) on utilise l'évapotranspiration de référence (ETo) d'une culture de référence conduite dans des conditions de référence, de telle sorte que le taux d'évapotranspiration (**mm/j**) représente les conditions climatiques locales.

V-5-2-1) L'évapotranspiration de référence (ETo) :

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

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

- 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:

- Prinstley- Taylor
- Makkink
- Turk
- Hargreaves
- Blaney – Cridle
- Thornthwaite
- Penman et Monteith modifiée.

Sur la base des résultats de plusieurs études, notamment celle de Jensen (1990), la consultation d'experts menée par la FAO sur les méthodologies d'estimation des besoins en eau des cultures (Smith 1992), a conduit à recommander la méthode de Penman-Monteith modifiée comme méthode privilégiée d'estimation de ET_0 .

La formule de Penman est une des méthodes les plus fiables d'estimation de l'ETP sous tous les climats. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite un nombre important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station.

V-5-2-2) La Formule de PENMAN et MONTHEIT modifiée

Elle est détaillée comme suit :

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{c_{ste}}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \dots\dots\dots[V-10]$$

Avec :

- ET₀** : évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],
- R_n** : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹],
- G** : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹],
- T** : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]
- u₂** : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹],
- e_s** : pression de vapeur saturante [kPa],
- e_a** : pression de vapeur réelle [kPa],
- e_s-e_a** : déficit de pression de vapeur saturante [kPa],
- D** : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C⁻¹],
- g** : constante psychrométrique [kPa °C⁻¹].

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel **CROPWAT (version 8)**, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique d'Ain El Bey :

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence calculés sont récapitulés dans le tableau V.12 :

Tableau V-12 : Résultat de calcul de l'Evapotranspiration de référence (ET₀)

Pays		ALGERIE		Station climatique : ZOUAGHI Ain El Bay			21 ans		
Altitude		694		Coordonnées :		Latitude : 36°17n		Longitude : 06°37 e	
Mois	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidité %	Vent km/jour	Insolation heures	Ray. MJ/m ² /jour	ET ₀ mm/jour		
Janvier	2.0	12.0	79	4	5.0	8.9	0.75		
Février	3.0	13.0	75	4	6.0	12.0	1.15		
Mars	5.0	17.0	72	2	7.0	16.0	1.94		
Avril	7.0	19.0	70	2	5.0	15.8	2.27		
Mai	11.0	25.0	65	3	9.0	22.9	3.61		
Juin	15.0	31.0	54	3	11.0	26.3	4.54		
Juillet	18.0	34.0	47	3	11.0	25.9	4.68		
Août	19.0	34.0	49	2	10.0	23.2	4.27		
Septembre	15.0	29.0	62	3	8.0	18.1	3.15		
Octobre	12.0	24.0	67	3	7.0	13.8	2.05		
Novembre	7.0	18.0	74	4	6.0	10.3	1.18		
Décembre	4.0	13.0	79	3	5.0	8.3	0.73		
Moyenne	9.8	22.4	66	3	7.5	16.8	2.53		

➤ Commentaire du tableau

D'après le graff, on remarque que l'évapotranspiration de référence ET₀ est élevé dans la période d'été et atteint 4.68 (144,93 mm/mois) pour le mois de juillet, c'est-à-dire le besoin en eau des cultures augmentent dans cette période.

V-5-2-3) Calcul des pluies efficaces

C'est la fraction des pluies totales réellement utilisée par la culture, elle dépend des caractéristiques du sol, et de l'intensité des pluies. Plusieurs méthodes permettent de calculer Les pluies efficaces. Dans notre cas, nous nous sommes référés sur la méthode du pourcentage, détaillée comme suit :

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

A : coefficient estimé à 0,8. Les pluies efficaces sont données dans le tableau suivant :

Il est à noter que dans le cas où la pluie efficace est inférieure à 5 mm, elle est automatiquement remise à zéro (P_{eff}=0).

Tableau V-13: Pluies efficaces pour chaque mois en mm

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Pluie (mm)	59	49	46	52	39	14	4	10	37	30	51	71	462
Pluie eff (mm)	53,4	46,8	44,3	49,3	37,4	13,7	4	9,8	36,6	29,5	48,5	65,2	438,5

V-5-3) Calcul des besoins en eau des cultures

Les besoins en eau des cultures sont calculés par le bilan hydrique :

$$B = ETM - (P_{\text{eff}} + RFU) \dots \dots \dots [V-11]$$

Avec :

- ✓ B : Besoins en eau d'irrigation (mm).
- ✓ ETM : Evapotranspiration (max/jour).
- ✓ RFU : La réserve facilement utilisable (RFU).
- ✓ **Peff** : pluie efficace.

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

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

V-5-3-1) Evapotranspiration maximale ou de culture (ETM) :

C'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture exempte de maladies, poussant dans un champ jouissant de conditions agronomiques, pédologiques, et climatiques optimales, suivant un stade végétatif donné.

L'évapotranspiration maximale d'une culture est donnée par l'expression ci-dessous :

$$ETM = K_C * ET_0$$

Avec :

K_C : le coefficient cultural.

Les valeurs du coefficient cultural (K_C) 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 FAO « irrigation et drainage » N33.

V-5-3-2) La réserve facilement utilisable (RFU)

La réserve utile est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme Réserve Facilement Utilisable (RFU), la quantité d'eau égale à 1/3 ou 2/3 de la réserve utile :

$$\text{RFU} = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Z \quad \dots \dots \dots [V-12]$$

Avec :

- ✓ **Y** : degré de tarissement.
- ✓ **Da** : densité apparente.
- ✓ **Z** : profondeur d'enracinement mm.
- ✓ **Hcc** : humidité à la capacité au champ, dans notre cas, on prend (27%).
- ✓ **Hpf** : humidité au point de flétrissement, dans notre cas, on prend (16%).

Lorsque les besoins en eau des cultures tout au long de leur phase de croissance sont connus, il reste à estimer les quantités d'eau d'irrigation à fournir au niveau de la parcelle. Pour ce faire, il est nécessaire d'en connaître les données pédologiques.

L'irrigation est faite lorsque $B > 0$.

Les résultats de calcul de chaque culture sont récapitulés dans les tableaux suivants :

Tableau V -14 : Calcul des besoins en eau du pommier.

POMMIER	Mois	P_eff (mm)	ETo(mm)	KC	ETM (mm)	Z (m)	RFU_theo	RFU_reelle	B_irri (mm)	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
	Janvier	47.2	23.04	0.85	19.58	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00
	Février	39.2	32.01	0.85	27.21	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00
	Mars	36.8	59.81	0.85	50.84	1.2	118.8	39.60	0.00	0.00	0.00
	Avril	41.6	67.85	0.85	57.67	1.2	118.8	0.00	16.07	214.30	0.08
	Mai	31.2	111.73	0.85	94.97	1.2	118.8	0.00	63.77	850.27	0.33
	Juin	11.2	136.08	0.70	95.26	1.2	118.8	0.00	84.06	1120.75	0.43
	Juillet	3.2	144.93	0.70	101.45	1.2	118.8	0.00	98.25	1310.01	0.51
	Août	0	132.29	0.70	92.60	1.2	118.8	0.00	92.60	1234.71	0.48
	Septembre	29.6	94.39	0.70	66.07	1.2	118.8	0.00	36.47	486.31	0.19
	Octobre	24	63.35	0.80	50.68	1.2	118.8	0.00	26.68	355.73	0.14
	Novembre	40.8	34.95	0.80	27.96	1.2	118.8	11.65	0.00	0.00	0.00
Décembre	56.8	22.42	0.80	17.94	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00	

Tableau V -15 : Calcul des besoins en eau de l'Abricotier

	mois	P_eff (mm)	ETo(mm)	KC	ETM (mm)	Z (m)	RFU_theo	RFU_reelle	B_irri (mm)	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
Abricotier	Janvier	47.2	23.04	0.85	19.58	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00
	Février	39.2	32.01	0.85	27.21	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00
	Mars	36.8	59.81	0.90	53.83	1.2	118.8	39.60	0.00	0.00	0.00
	Avril	41.6	67.85	0.90	61.07	1.2	118.8	0.00	19.47	259.53	0.10
	Mai	31.2	111.73	0.75	83.80	1.2	118.8	0.00	52.60	701.30	0.27
	Juin	11.2	136.08	0.70	95.26	1.2	118.8	0.00	84.06	1120.75	0.43
	Juillet	3.2	144.93	0.70	101.45	1.2	118.8	0.00	98.25	1310.01	0.51
	Août	0	132.29	0.70	92.60	1.2	118.8	0.00	92.60	1234.71	0.48
	Septembre	29.6	94.39	0.70	66.07	1.2	118.8	0.00	36.47	486.31	0.19
	Octobre	24	63.35	0.80	50.68	1.2	118.8	0.00	26.68	355.73	0.14
	Novembre	40.8	34.95	0.80	27.96	1.2	118.8	11.65	0.00	0.00	0.00
	Décembre	56.8	22.42	0.80	17.94	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00

Tableau V -16 : Calcul des besoins en eau du figuier.

	mois	P_eff (mm)	ETo(mm)	KC	ETM (mm)	Z (m)	RFU_theo	RFU_reelle	B_irri (mm)	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
FIGUIER	Janvier	47.2	23.04	0.78	17.97	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00
	Février	39.2	32.01	0.72	23.05	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00
	Mars	36.8	59.81	0.50	29.91	1.2	118.8	39.60	0.00	0.00	0.00
	Avril	41.6	67.85	0.50	33.93	1.2	118.8	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mai	31.2	111.73	0.58	64.80	1.2	118.8	0.00	33.60	448.05	0.17
	Juin	11.2	136.08	0.74	100.70	1.2	118.8	0.00	89.50	1193.32	0.46
	Juillet	3.2	144.93	0.89	128.99	1.2	118.8	0.00	125.79	1677.17	0.65
	Août	0	132.29	0.95	125.68	1.2	118.8	0.00	125.68	1675.67	0.65
	Septembre	29.6	94.39	0.95	89.67	1.2	118.8	0.00	60.07	800.94	0.31
	Octobre	24	63.35	0.95	60.18	1.2	118.8	0.00	36.18	482.43	0.19
	Novembre	40.8	34.95	0.91	31.80	1.2	118.8	11.65	0.00	0.00	0.00
	Décembre	56.8	22.42	0.84	18.83	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00

Tableau V -17 : Calcul des besoins en eau de l'olivier

	mois	P_eff (mm)	ETo(mm)	KC	ETM (mm)	Z (m)	RFU_theo	RFU_reelle	B_irri (mm)	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
olivier	Janvier	47.2	23.04	0.65	14.98	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00
	Février	39.2	32.01	0.65	20.81	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00
	Mars	36.8	59.81	0.65	38.88	1.2	118.8	39.60	0.00	0.00	0.00
	Avril	41.6	67.85	0.65	44.10	1.2	118.8	0.00	2.50	33.37	0.01
	Mai	31.2	111.73	0.65	72.62	1.2	118.8	0.00	41.42	552.33	0.21
	Juin	11.2	136.08	0.75	102.06	1.2	118.8	0.00	90.86	1211.47	0.47
	Juillet	3.2	144.93	0.75	108.70	1.2	118.8	0.00	105.50	1406.63	0.54
	Août	0	132.29	0.90	119.06	1.2	118.8	0.00	119.06	1587.48	0.61
	Septembre	29.6	94.39	0.90	84.95	1.2	118.8	0.00	55.35	738.01	0.28
	Octobre	24	63.35	0.90	57.02	1.2	118.8	0.00	33.02	440.20	0.17
	Novembre	40.8	34.95	0.90	31.46	1.2	118.8	11.65	0.00	0.00	0.00
	Décembre	56.8	22.42	0.70	15.69	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00

Tableau V -18 : Calcul des besoins en eau du pêcher.

	mois	P_eff (mm)	ETo(mm)	KC	ETM (mm)	Z (m)	RFU_theo	RFU_reelle	B_irri (mm)	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
pêcher	Janvier	47.2	23.04	0.85	19.58	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00
	Février	39.2	32.01	0.85	27.21	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00
	Mars	36.8	59.81	0.90	53.83	1.2	118.8	39.60	0.00	0.00	0.00
	Avril	41.6	67.85	0.90	61.07	1.2	118.8	0.00	19.47	259.53	0.10
	Mai	31.2	111.73	0.75	83.80	1.2	118.8	0.00	52.60	701.30	0.27
	Juin	11.2	136.08	0.70	95.26	1.2	118.8	0.00	84.06	1120.75	0.43
	Juillet	3.2	144.93	0.70	101.45	1.2	118.8	0.00	98.25	1310.01	0.51
	Août	0	132.29	0.70	92.60	1.2	118.8	0.00	92.60	1234.71	0.48
	Septembre	29.6	94.39	0.70	66.07	1.2	118.8	0.00	36.47	486.31	0.19
	Octobre	24	63.35	0.80	50.68	1.2	118.8	0.00	26.68	355.73	0.14
	Novembre	40.8	34.95	0.80	27.96	1.2	118.8	11.65	0.00	0.00	0.00
	Décembre	56.8	22.42	0.80	17.94	1.2	118.8	59.40	0.00	0.00	0.00

Tableau V -19 : Calcul des besoins en eau du Tomate industrielle.

Tomate industrielle	mois	P_eff (mm)	ETo(mm)	KC	ETM (mm)	Z (m)	RFU_theo	RFU_reelle	B_irri (mm)	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
	Janvier	47,2	23,04								
	Février	39,2	32,01								
	Mars	36,8	59,81	0,45	26,91	0,4	39,6	0,00	0,00	0,00	0,00
	Avril	41,6	67,85	0,50	33,93	0,9	89,1	0,00	0,00	0,00	0,00
	Mai	31,2	111,73	0,85	94,97	1,2	118,8	0,00	63,77	850,27	0,33
	Juin	11,2	136,08	1,15	156,49	1,2	118,8	0,00	145,29	1937,23	0,75
	Juillet	0	144,93	0,96	139,13	1,2	118,8	0,00	139,13	1855,10	0,72
	Août	8	132,29								
	Septembre	29,6	94,39								
	Octobre	24	63,35								
	Novembre	40,8	34,95								
Décembre	56,8	22,42									

Tableau V -20 : Calcul des besoins en eau de la betterave.

	mois	P eff	ETo(mm)	KC	ETM	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	B	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
betterave	Janvier	47.2	23.04	0.9	20.74	0.9	89.1	23.10	0.00	0.00	0.00
	Février	39.2	32.01	0.95	30.41	0.95	94.05	29.70	0.00	0.00	0.00
	Mars	36.8	59.81	0.9	53.83	0.9	89.1	0.00	17.03	227.05	0.09
	Avril	41.6	67.85	0.7	47.50	0.7	89.1	0.00	5.89	78.60	0.03
	Mai	31.2	111.73								
	Juin	11.2	136.08								
	Juillet	0	144.93								
	Août	8	132.29								
	Septembre	29.6	94.39								
	Octobre	24	63.35								
	Novembre	40.8	34.95	0.5	17.48	0.5	49.5	0.00	0.00	0.00	0.00
	Décembre	56.8	22.42	0.7	15.69	0.7	69.3	23.10	0.00	0.00	0.00

Tableau V -21 : Calcul des besoins en eau du pois a rame.

pois a rame	mois	P_eff (mm)	ETo(mm)	KC	ETM (mm)	Z (m)	RFU_theo	RFU_reelle	B_irri (mm)	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
	Janvier	47.2	23.04								
	Février	39.2	32.01								
	Mars	36.8	59.81								
	Avril	41.6	67.85								
	Mai	31.2	111.73								
	Juin	11.2	136.08								
	Juillet	0	144.93	0.60	86.96	0.7	69.3	0.00	86.96	1159.44	0.45
	Août	8	132.29	0.70	92.60	0.7	69.3	0.00	84.60	1128.04	0.44
	Septembre	29.6	94.39	0.95	89.67	0.7	69.3	0.00	60.07	800.94	0.31
	Octobre	24	63.35	0.95	60.18	0.7	69.3	0.00	36.18	482.43	0.19
	Novembre	40.8	34.95	0.70	24.47	0.6	59.4	11.65	0.00	0.00	0.00
	Décembre	56.8	22.42								

Tableau V -22 : Calcul des besoins en eau du poivron.

poivron	mois	P eff	ETo(mm)	KC	ETM	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	B	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
	Janvier	47.2	23.04								
	Février	39.2	32.01								
	Mars	36.8	59.81	0.7	41.87	0.7	69.3	0.00	5.07	67.56	0.03
	Avril	41.6	67.85	0.8	54.28	0.7	69.3	0.00	12.68	169.07	0.07
	Mai	31.2	111.73	0.85	94.97	0.7	69.3	0.00	63.77	850.27	0.33
	Juin	11.2	136.08	0.95	129.28	0.7	69.3	0.00	118.08	1574.35	0.61
	Juillet	0	144.93	0.95	137.68	0.7	69.3	0.00	137.68	1835.78	0.71
	Août	8	132.29								
	Septembre	29.6	94.39								
	Octobre	24	63.35								
	Novembre	40.8	34.95								
	Décembre	56.8	22.42								

Tableau V -23 : Calcul des besoins en eau du Bersim.

Bersim	mois	P eff	ETo(mm)	KC	ETM	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	B	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
	Janvier	47,2	23,04	1,01	5,76	0,25	24,75	4,95	0,00	0,00	0,00
	Février	39,2	32,01								
	Mars	36,8	59,81								
	Avril	41,6	67,85								
	Mai	31,2	111,73								
	Juin	11,2	136,08								
	Juillet	0	144,93								
	Août	8	132,29								
	Septembre	29,6	94,39								
	Octobre	24	63,35	0,65	3,17	0,05	4,95	24,00	0,00	0,00	0,00
	Novembre	40,8	34,95	0,95	3,50	0,10	9,9	1,65	0,00	0,00	0,00
	Décembre	56,8	22,42	1,00	3,36	0,15	14,85	3,30	0,00	0,00	0,00

Tableau V -24 : Calcul des besoins en eau du maïs.

maïs	mois	P eff	ETo(mm)	KC	ETM	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	B	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
	Janvier	47,2	23,04								
	Février	39,2	32,01								
	Mars	36,8	59,81								
	Avril	41,6	67,85	0,50	33,93	0,20		13,87			
	Mai	31,2	111,73	0,90	100,56	0,30			69,36	924,76	0,36
	Juin	11,2	136,08	1,00	136,08	0,40	19,8		124,88	1665,07	0,64
	Juillet	0	144,93	0,60	86,96	0,50	29,7		86,96	1159,44	0,45
	Août	8	132,29								
	Septembre	29,6	94,39								
	Octobre	24	63,35								
	Novembre	40,8	34,95								
Décembre	56,8	22,42									

Tableau V -25 : Calcul des besoins en eau mensuels pour les différentes cultures modèle 01

mois	Pommier	Abricotier	Figuier	Olivier	Pêcher	Bersim	Tomate In	Poivron	Betterave	Pois a rame	Somme B_net (mm)	efficence	somme.B _brut (m3)
Janvier						0,00						0,75	
Février								0,00			0,00	0,75	0,00
Mars								5,07	17,03		22,10	0,75	294,61
Avril			0,00	2,50	19,47		0,00	12,68	5,89		40,54	0,75	540,57
Mai	63,77	52,60	33,60	41,42	52,60		63,77	63,77			371,53	0,75	4953,79
Juin	84,06	84,06	89,50	90,86	84,06		145,29				577,82	0,75	7704,26
Juillet	98,25	98,25	125,79	105,50	98,25		139,13			86,96	752,13	0,75	10028,39
Août	92,60	92,60	125,68	119,06	92,60		0,00			84,60	607,15	0,75	8095,31
Septembre	36,47	36,47	60,07	55,35	36,47		0,00			60,07	284,91	0,75	3798,81
Octobre	26,68	26,68	36,18	33,02	26,68	0,00				36,18	185,42	0,75	2472,27
Novembre	0,00	0,00		0,00		0,00					0,00	0,75	0,00
Décembre						0,00						0,75	
Somme	401,83	390,66	470,82	447,71	410,13	0,00	348,20	81,52	22,92	267,81	2841,60	-	37888,01

Tableau V -26 : Calcul des besoins en eau mensuels pour les différentes cultures modèle 02

mois	Mais	Abricotier	Figuier	Olivier	Pêcher	Bersim	Tomate In	Poivron	Betterave	Pois a rame	Somme. B_net (mm)	efficence	somme. B_brut (m3)
Janvier						0,00						0,75	
Février												0,75	
Mars								5,07	17,03		22,10	0,75	294,61
Avril				2,50	19,47			12,68	5,89		40,54	0,75	540,57
Mai	69,36	52,60	33,60	41,42	52,60		63,77	63,77			377,12	0,75	5028,28
Juin	124,88	84,06	89,50	90,86	84,06		145,29				618,64	0,75	8248,58
Juillet	115,94	98,25	125,79	105,50	98,25		139,13			86,96	769,82	0,75	10264,29
Août		92,60	125,68	119,06	92,60					84,60	514,55	0,75	6860,61
Septembre		36,47	60,07	55,35	36,47					60,07	248,44	0,75	3312,51
Octobre		26,68	36,18	33,02	26,68	0,00				36,18	158,74	0,75	2116,53
Novembre						0,00					0,00	0,75	
Décembre						0,00						0,75	
Somme	310,18	390,66	470,82	447,71	410,13	0,00	348,20	81,52	22,92	267,81	2749,95		36665,97

- ❖ Le tableau suivant résume la consommation en eau des deux modèles ainsi que les débits fictifs adoptés.

Tableau V-28 : la consommation en eau des deux modèles.

Zone	Calendrier d'occupation	Les besoins totaux mm
Périmètre	Modèle n°1	752,13
	Modèle n°2	769,82

D'après l'analyse du tableau on choisit le modèle N°1 car il est moins consommateur d'eau par contre le débit fictif moyen est le même pour les deux modèles, il permettra une meilleure distribution d'eau et un gain en heures d'irrigation.

V-6) Calcul hydraulique :

V-6-1) 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 20 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle. Les débits spécifiques sont définis par la formule suivante :

$$q = \frac{B_m}{T \times t \times 3,6 \times K} \text{ (l/s/ha)} \quad \dots \quad \text{[V-13]}$$

- ✓ **B_m** : Besoin mensuel maximum net, exprimé en **m³/ha** ;
- ✓ **T** : Temps d'irrigation par jour ;
- ✓ **t** : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour ; **égal à 30 J**
- ✓ **K** : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation **≈ 0.75**

Besoin max mensuel = 752.13 mm

$$Q_{sp} = (\text{besoin max} * 10 * 1000) / (3600 * \text{Nombre de jour} * \text{Nombre heure} * \text{efficience} \dots \dots \dots) \text{[V-14]}$$

$$Q_{sp} = 3.836 \text{ (l/s /ha)}$$

Ce débit est important, ce qui risque d'aboutir à un surdimensionnement du réseau.

Pour y remédier, on choisit :

- ✓ Le débit spécifique de la culture la plus exigeante :

Cultures	Pommier	Abricotier	Figuier	Olivier	Pêcher	Tomate In	Poivron	Betterave	Pois a rame
débit spécifique Max	0,51	0,51	0,65	0,61	0,51	0,75	0,09	0,45	0,71

- ✓ dans notre cas, est celui du **Tomate industrielle**, il est égal à :

$$Q_{sp} = 0.75 \text{ (l/s /ha)}$$

V-6-2) Calcul du Débit caractéristique

$$Q_{car} = q_{sp} * \text{surface}$$

- ✓ Surface totale = **141.50 ha.**
- ✓ Q caractéristique = **105.76 l/s.**

V-6-3) Calcul du Débit du réseau

$$Q \text{ de réseau} = Q_{car} * 3600 / 1000$$

Donc le débit (Q) de réseau égale **380.72 m³/h.**

V-6-4) Calcul du Volume nécessaire**Tableau V-29** : Estimation des volumes d'eau d'irrigation

Cultures	superficie (ha)	Somme.B_net(mm)	somme.B_brut (m3)	les volumes des besoins en eau m ³
pommier	22,44	401,83	5357,78	120215,19
olivier	23,72	447,71	5969,49	141597,42
Betterave	8,23	22,92	305,60	2515,55
Pois a rame	9,12	267,81	3570,80	32581,41
fliquer	11,49	470,82	6277,60	72131,51
Bersim	12,97	0,00	0,00	0,00
Poivron	7,25	81,52	1086,90	7880,68
Tomate industriel	21,30	348,20	4642,67	98905,98
Abricotier	12,76	390,66	5208,80	66479,91
Pêcher	12,19	410,13	5468,40	66677,84
Total	141,49	2841,60	37888,03	608985,48

Le volume nécessaire pour les cultures durant toute leur période végétative est de 608985,48 m³ par an. La surface cultivée pour cet assolement est de 141.5 ha.

V-7) Conclusion

Cette étude a pour but principal de déterminer le régime d'irrigation conditionnant les besoins en eau des cultures ainsi que le volume nécessaire pour le mois de pointe et pour l'ensemble de l'année. Vue l'importance du périmètre, nous avons effectué une occupation du périmètre en cultures selon deux assolements. Ces données sont importantes pour assurer une bonne gestion et une répartition de l'eau à travers l'ensemble du périmètre.

Chapitre VI :
Etude du système
d'adduction

Chapitre VI : Etude du système d'adduction

VI-1) Introduction

Le tracé du réseau d'irrigation du périmètre Ali Mendjeli été défini de type ramifié, le périmètre est partagé en ilots d'irrigation, chaque ilot est desservi par une borne d'irrigation, les bornes sont alimentées par des conduites secondaire, en suite le réseau secondaire est alimenté par un réseau principal jusqu'à la chambre des vanne de la retenue. Il est à rappeler que la surface totale du périmètre est de 141.5ha.

VI-2) Bassin d'irrigation projeté

La distribution de l'eau par gravité pour le périmètre à partir d'un bassin implanté à une cote assez suffisante, va nous permettre un gain d'énergie très important. De par son volume, ce réservoir va permettre aussi le remplissage préalable des conduites au début de la campagne d'irrigation ou après une vidange accidentelle ou volontaire provoquée lors des réparations. Le réservoir projeté assurera la desserte gravitaire du périmètre d'irrigation Ali Mendjeli.

VI-2-1) Implantation bassin d'irrigation projeté

Les deux sites seront implantés à proximité du périmètre Ali MENDJELI à la côte **700mNGA**.

- ✓ Côte terrain naturel : **701.00 NGA** ;
- ✓ Côte radié : **700.00 NGA** ;
- ✓ Côte trop- plein : **706.00 NGA**).



Figure -01 : Vue aérienne pour site du bassin d'irrigation projeté.



Figure -02 : Site du bassin d'irrigation 800m³

VI-2-2) Capacité du bassin d'irrigation :

Le volume du bassin se calcul d'après la relation suivante :

$$V_{st} = Q * T$$

Tel que :

- ✓ V_{st} : volume du bassin d'irrigation en m³.
- ✓ Q : débit de pointe en m³/s
- ✓ T : heures de pointe en s.

Dans notre cas le débit de point en tête du périmètre est de 383 m³/h. pour combler le déficit de pointe. Notre bassin sera dimensionné pour une durée de 2 heures. Son volume est de :

$$V_{st} = 383 \times 2 = 766 \text{ m}^3$$

Donc nous préconisons la réalisation d'un bassin d'irrigation de volume standard de **800 m³**.

VI-3) Réseaux de distribution

Une fois établi le plan de bornage, il s'agit de relier le plus économiquement possible les différentes bornes à l'origine du réseau (réservoir de mise en charge).

Le tracé recherché est un réseau ramifié. On peut montrer, en effet, que cette solution conduit à un cout inférieur à celui d'un réseau maillé. Le maillage de conduites n'est envisagé que dans l'optique du renforcement d'un réseau déjà construit, ou à titre de sécurité.

VI-3-1) Description du tracé de distribution

Le tracé de distribution se fait comme suite :

- ✓ Le départ de la conduite de distribution principale (CP) est le réservoir de stockage ;
- ✓ La conduite principale (CP) suivra la limite de l'îlot n°09 et passera par la borne d'irrigation (B1) ; et alimentera ensuite le regard de jonction (RJ1).
- ✓ A partir du regard de jonction (RJ1), la conduite principale se divise en deux conduites CP01 et CP02 :
- ✓ La première conduite principale (CP01) suivra la limite des îlots n°07 et 08 jusqu'à la borne d'irrigation (B06). Et passera par les bornes d'irrigation (B03 ; B04 ; B05)
- ✓ La deuxième conduite principale (CP02) coupera les îlots n°10 et 11 puis traversera oued Sadjar ;
- ✓ Au niveau du regard de jonction (RJ3) nous avons créé une troisième conduite (CP03) pour l'alimentation des îlots n°01 ; 02 et 03.
- ✓ La conduite (CP03) coupera l'îlot n°10 et traversera oued Rhumel, puis longera parallèlement la RN05 jusqu'à la borne d'irrigation (B13). (**Voire Figure n°01**).

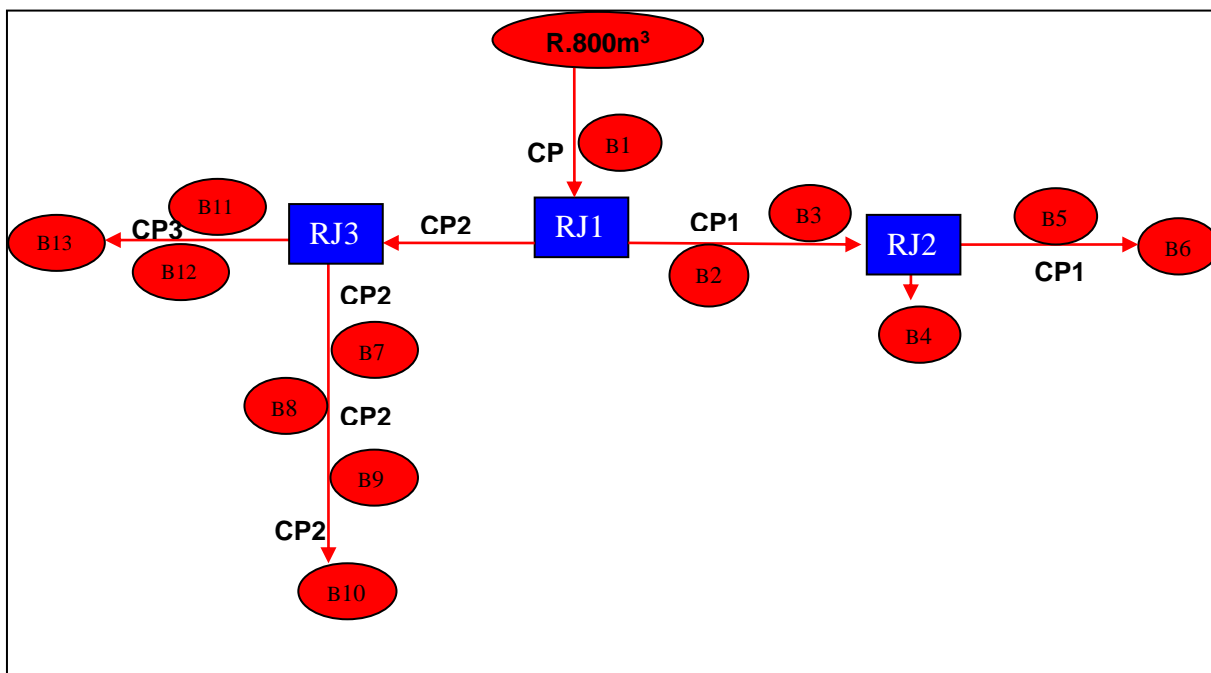


Figure -03 : Réseau de distribution projeté

VI-3-2) Les bornes 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 doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire :

- ✓ Régler le débit, ou plus exactement le limiter au module.
- ✓ Régler la pression.
- ✓ Assurer le comptage de l'eau livrée.
- ✓ Encaisser les suppressions accidentelles.

VI-3-3-1) Implantation des bornes

L'emplacement des bornes d'irrigation est le premier problème auquel doit s'attaquer le projecteur. Le réseau étant en effet destiné à amener l'eau en un certain nombre de points, il serait erroné d'étudier d'abord les tracés des conduites et de placer les bornes ensuite. Les conduites n'ont d'autres fonctions de relier les bornes entre elles.

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

En effet une forte densité améliore les conditions de travail des agriculteurs en diminuant les longueurs de canalisations mobiles de surface, mais, il en résulte accroît le travail de montage et de transport des canalisations mobiles.

On admet généralement que l'implantation des bornes répond aux critères suivants :

- ✓ Une borne pour les zones de petite et moyenne exploitation :
- ✓ Une prise par îlot d'exploitations.
- ✓ Quatre (04) prises maximum sur une même borne.
- ✓ Borne implantées en limites d'îlots.
- ✓ Prendre en considération la possibilité d'une modification de la structure foncière.

L'implantation des bornes d'irrigation est donnée sur le plan n°02 :

VI-3-3-2) Calcul des débits des bornes

$$q_c = Q_s \times S$$

Avec :

- ✓ q_c = Débit caractéristique du borne (l/s).
- ✓ Q_s = Débit spécifique égal **0.75 (l/s/ha)**.
- ✓ S = Superficie (ha).

VI-3-3-3) calcul du débit caractéristique

Le débit caractéristique qui est le débit maximal à fournir au périmètre exprimé en l/s est formulé comme suit :

$$Q_t = q_s \cdot S_t$$

Q_t = Débit caractéristique (l/s)

q_s = Débit spécifique (0.75 l/s/ha)

S_t = Superficie totale du périmètre (ha)

Dans notre cas, on trouve :

$$Q_t = 0.75 \cdot 141.5 = 106.125 \text{ l/s}$$

VI-3-3-4) Pression demandée aux bornes d'irrigation

L'expression ci-dessous, définit la pression affectée aux bornes d'irrigation pour un bon fonctionnement des appareils d'irrigation.

$$P_B = P_a + r$$

Dans la quelle :

- ✓ P_B : Pression à la borne.
- ✓ P_a : Pression pour le fonctionnement de systèmes d'irrigation
- ✓ r : Marge de sécurité égale à 0.5 bars

VI-3-3-5) Choix de diamètre des bornes

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

Tableau VI-01 : choix de diamètre des bornes

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

☞ Les caractéristiques des bornes et les ilots d'irrigation desservie sont donnés par le tableau

Ci-dessous :

Tableau VI-02 : Caractéristiques des ilots et débits des bornes

N° ILOT	N° parcelle	superficie (Ha)	Total Ilot (Ha)	N° Borne	débit borne (l/s)	prise par borne	débit de prise (l/s)	Diamètre De la Borne	Diamètre De la prise
1	1 S 25	3,74	10,99	1	8,24	2	2,80	100	65
	2	7,25					5,44		65
2	3	6,23	11,45	2	8,59	2	4,67	100	65
	4	5,23					3,92		65
3	5	1,20	9,28	3	6,96	4	0,90	65	65
	6	1,50					1,13		65
	7	4,73					3,54		65
	9	1,85					1,39		65
4	19	14,45	14,45	4	10,83	4	10,83	100	65
5	18	8,23	8,23	5	6,17	2	6,17	100	65
6	18	9,12	9,12	6	6,84	2	6,84	100	65
7	18	11,49	11,49	7	8,62	2	8,62	100	65
8	28	5,68	12,97	8	9,73	2	4,26	100	65
	17	7,30					5,47		65
9	17	7,25	7,25	9	5,44	2	5,44	100	65
		65							
10	17	5,20	10,39	10	7,79	2	3,90	100	65
	10	5,19					3,89		65
11	10	7,65	10,91	11	8,19	2	5,74	100	65
	8	3,26					2,45		65
12	1 S 28	12,76	12,76	12	9,57	2	9,57	100	65
13	1 S 28	12,19	12,19	13	9,14	2	9,14	100	65
Total		141,49	141,49		106,11		106,11		

VI-3-3) Méthodologie et hypothèses de calcul

Le calcul hydraulique est effectué avec l'hypothèse d'un écoulement permanent uniforme dans les adductions principales et secondaires selon un débit fictif continu uniformément réparti sur 24 heures. Pour les conduites à écoulement gravitaire, le diamètre est dimensionné de telle sorte que la charge résiduelle soit positive à l'extrémité avale de la conduite. La charge hydraulique à

l'extrémité amont de la conduite diminuée des pertes de charges linéaires et singulières doit être supérieure à la cote géographique de l'extrémité avale.

Le dimensionnement des diamètres de conduite est effectué à l'aide d'un modèle hydraulique dont la structure est composée par des nœuds qui représentent les ouvrages et les singularités et par des tronçons qui représentent les conduites assurant la connexion entre les ouvrages. Le support informatique utilisé est le logiciel l'EPANET 2.0

Les résultats de calcul sont fournis sous forme de côtes piézométriques (charges) et pressions résiduelles à chaque nœud et sous forme de vitesse d'écoulement, débits et pertes de charge linéaire pour chaque tronçon.

VI-3-3-1) Pertes de charge dans les conduites

- La perte de charge linéaire (J) le long d'une conduite lors du transport d'un débit constant Q se calcul selon l'expression utilisé la formule de Darcy-Weisbach:

:

$$J = \lambda \cdot \frac{V^2}{2gD}$$

- ✓ λ : Coefficient de perte de charge linéaire ;
- ✓ D : Diamètre intérieur de la conduite en m ;
- ✓ g : Accélération de la pesanteur ($g \approx 9.81 \text{ m}^2/\text{s}$).
- ✓ V : Vitesse moyenne du liquide dans la conduite en m/s ;

Le Coefficient de perte de charge linéaire λ est défini par la formule de Collebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k}{3.71D} + \frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} \right)$$

- ✓ K : Rugosité moyenne de la paroi intérieure du tuyau en mm,
- ✓ Re : Nombre de Reynolds égale à $\frac{vD}{\nu}$ (ν étant la viscosité cinématique du liquide).

Etant donné le climat relativement chaud de la zone du projet, la viscosité cinématique considérée pour le calcul du nombre de Reynolds sera celle d'une eau dont la température pourrait atteindre 15°C voire plus.

Comme l'écoulement est du type gravitaire en charge, le coefficient de rugosité moyen dans les conduites est pris égal à **0,1mm** pour plus de sécurité.

VI-3-3-2) Vitesse d'écoulement dans les conduites

Dans l'objectif d'éviter la cavitation dans les conduites et d'assurer une meilleure sécurité de fonctionnement du système, la vitesse d'écoulement sera limitée à 1,5 m/s.

Afin d'éviter les phénomènes de dépôt et d'assurer un auto-curage continu des conduites, la vitesse minimale d'écoulement doit être supérieure ou égale à 0,5 m/s.

VI-3-4) Dimensionnement du réseau de distribution

En premier lieu, on commence les calculs par la précision des nœuds de tous les tronçons, le débit de chaque tronçon et les débits cumulés.

A la suite on procède aux différents calculs : la vitesse, les diamètres, les longueurs et les pertes de charges linéaires et totales.

- ✓ Concernant les côtes du terrain naturel, sont présentés au plan topographique de la zone d'étude.
- ✓ La côte du terrain naturel (700.00m NGA) est le point de départ, elle est égale à la cote du réservoir projeté.

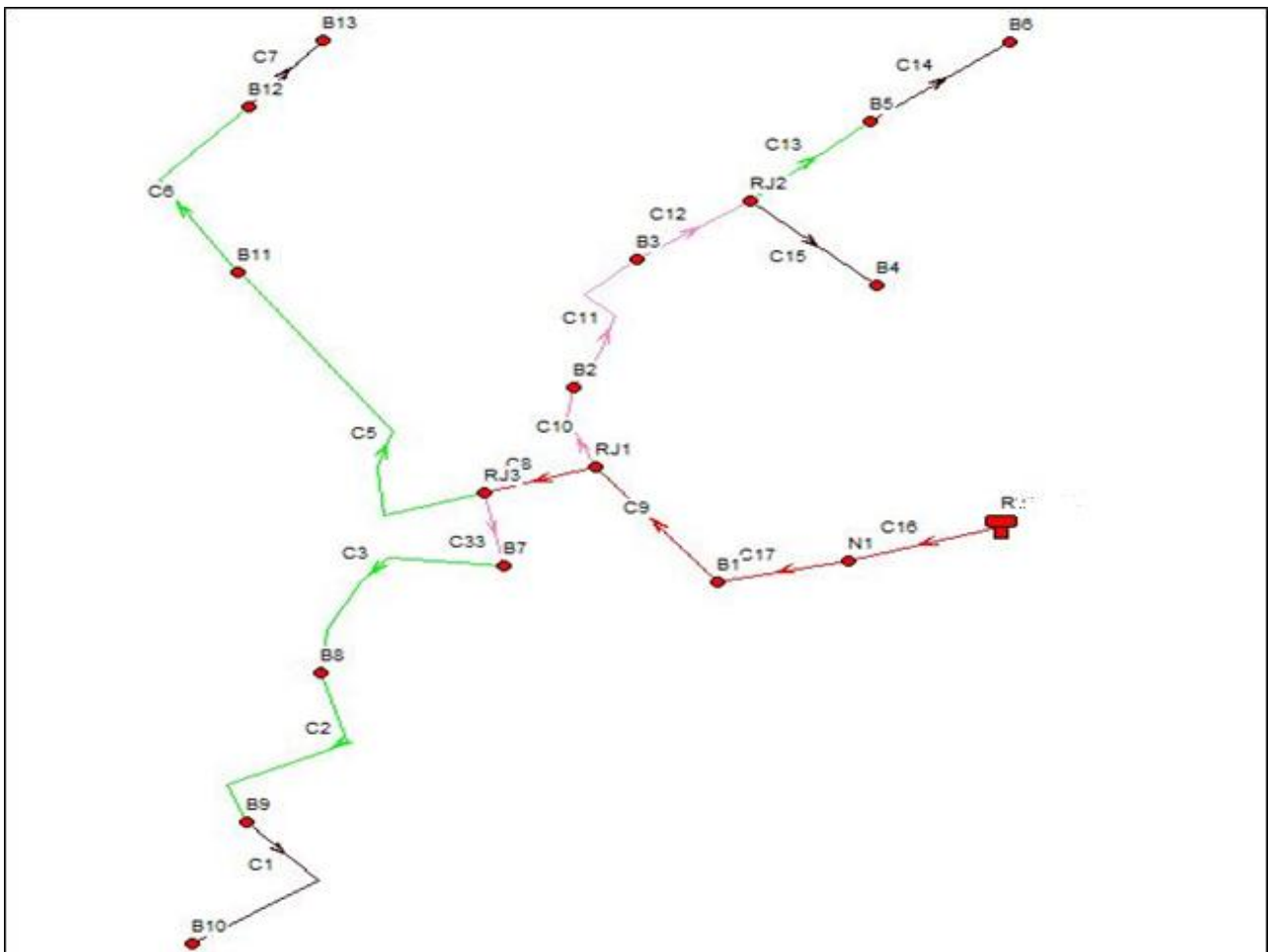


Figure -04 : Schéma du réseau de distribution

Les caractéristiques des bornes d'irrigation et le réseau de distribution :

Tableau VI-03 : les caractéristiques des bornes d'irrigation

ID borne	Altitude m	Demande l/s	Charge m	Pression m
B1	655,00	5,44	705,90	50,90
B2	628,08	9,74	705,52	77,44
B3	609,75	6,84	705,21	75,46
B4	610,63	8,62	705,07	74,44
B5	604,79	6,17	704,92	80,13
B6	605,65	10,83	704,48	78,83
B7	627,15	7,79	705,69	78,54
B8	628,20	8,19	705,16	76,96
B9	631,83	9,57	704,15	72,32
B10	648,07	9,14	703,18	55,11
B11	615,00	8,24	674,30	59,30
B12	624,00	8,59	673,73	49,73
B13	615,74	6,96	673,11	57,37
RJ1	616,00	0	705,8	79,80
RJ2	608,72	0	705,15	76,43
RJ3	618,30	0	705,72	77,42
Nœud N1	685,00	0	705,91	20,91

Tableau VI-04 : les caractéristiques des tronçons d'irrigation

ID Tuyau	Nœud Amont	Nœud Aval	Longueur m	Diamètre mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit. m/km	État
Tuyau C16	R 800	N1	415.00	500	161,29	0,82	1,09	Ouvert
Tuyau C17	N1	B1	148.00	500	161,29	0,82	1,09	Ouvert
Tuyau C9	B1	RJ1	228.00	500	153,02	0,78	0,98	Ouvert
Tuyau C10	RJ1	B2	246.00	315	64,14	0,91	2,44	Ouvert
Tuyau C11	B2	B3	628.00	315	49,35	0,7	1,49	Ouvert
Tuyau C12	B3	RJ2	111.00	315	38,95	0,55	0,95	Ouvert
Tuyau C15	RJ2	B4	16.00	125	13,1	1,07	9,79	Ouvert
Tuyau C13	RJ2	B5	125.00	200	25,85	0,82	3,33	Ouvert
Tuyau C14	B5	B6	135.00	160	16,47	0,93	6,02	Ouvert
Tuyau C8	RJ1	RJ3	150.00	400	88,88	0,71	1,07	Ouvert
Tuyau C33	RJ3	B7	41.00	315	52,73	0,75	1,69	Ouvert
Tuyau C3	B7	B8	451.00	250	40,89	0,83	2,59	Ouvert
Tuyau C2	B8	B9	465.00	200	28,45	0,91	4,00	Ouvert
Tuyau C1	B9	B10	407.00	160	13,9	0,79	4,37	Ouvert
Tuyau C5	RJ3	B11	830.00	250	36,15	0,74	2,05	Ouvert
Tuyau C6	B11	B12	443.00	200	23,62	0,75	2,81	Ouvert
Tuyau C7	B12	B13	211.00	125	10,57	0,86	6,5	Ouvert

D'après les tableaux de calculs des pressions obtenues par calculs et par simulation, on remarque que les pressions des bornes sont relativement similaires, la différence est due au choix de la méthode de calcul des pertes de charge. Pour les deux méthodes de calcul, nous avons obtenu des pressions satisfaisantes, généralement supérieures à trois (3) bars, ce qui est suffisant pour la projection d'un réseau d'irrigation que ce soit par aspersion ou par goutte à goutte.

Les caractéristiques générales des réseaux sont :

- La vitesse max **1.07m/s** est la vitesse min **0.55m/s**.
- La pression max **9bars** est la pression min **5bars**.
- La pression nominale des tronçons sont **10 bars**.
- La longueur totale des réseaux sont **4753 ml**.

VI-4) Etude du système d'adduction proposé

Le système d'adduction proposé prévoit d'alimenter le périmètre d'irrigation Ali Mendjeli. Ce nouveau système d'adduction amènera l'eau de la station d'épuration projetée Ali Mendjeli par gravité jusqu'au bassin d'irrigation de stockage projeté.

L'étude du système d'adduction proposé porte sur :

- ✓ Les variantes du tracé d'adduction proposé ;
- ✓ Les contraintes identifiées ;
- ✓ Les aspects hydrauliques (dimensionnement, régulation, etc.) ;

VI-4-2-1) Matériaux envisageables pour les conduites

Le choix du matériau pour les conduites représente une des options fondamentales du projet.

Les matériaux envisageables sont :

- ✓ Fonte ductile,
- ✓ Acier,
- ✓ Béton armé avec âme de tôle,
- ✓ Matériau composite fibre de verre / résine polyester.
- ✓ PEHD

VI-4-2-2) Critères de choix des conduites

Les critères retenus pour l'aide au choix du matériau sont les suivants :

- ✓ Les pertes de charge, dans le but d'une maîtrise de la consommation d'énergie. La résistance aux pressions transitoires et la tenue au vide. La tenue au vide est notamment importante en cas d'arrêt intempestif de pompe ou de fermeture instantanée de vannes.
- ✓ La protection contre la corrosion, coûteuse selon les conduites, difficile en l'absence d'alimentation électrique.
- ✓ La facilité d'installation, notamment le transport des tuyaux, leur pose et l'exécution des joints.
- ✓ L'épreuve hydraulique, notamment l'essai par tronçon en cours de pose.
- ✓

VI-4-2-1) Conduites en fonte ductile

La fonte ductile est caractérisée par la présence de graphite à l'état sphéroïdal, qui lui confère de bonnes caractéristiques mécaniques (résistance élevée, flexibilité). La résistance à la corrosion, quoique moindre que celle de la fonte grise, est toutefois supérieure à celle de l'acier.

Les tuyaux en fonte ductile étant moins déformables que les tuyaux en acier, notamment en ce qui concerne l'ovalisation, le raccordement par emboîtement avec joint en élastomère ne soulève pas de problème particulier à court ou long terme. Ces conduites sont en pression standard jusqu'à 25 bars dans la classe de diamètres considérée.

La protection contre la corrosion est nécessaire. Cette protection doit normalement être déterminée sur la base d'une étude de corrosivité des sols. En sols agressifs secs, les tuyaux doivent être revêtus sur site d'une manche en polyéthylène étanchée aux joints. En sols très agressifs ou agressifs humides, les tuyaux doivent être revêtus en usine de polymères extrudés et manipulés avec précautions.

VI-4-2-2) Conduites en béton âme tôle (BAT)

Ces tuyaux sont constitués d'un tube médian mince en acier ("l'âme en tôle") avec à l'intérieur et à l'extérieur un revêtement en béton armé. Les extrémités de l'âme en tôle sont munies de bagues d'abouts permettant un emboîtement, l'assemblage et l'étanchéité se faisant soit par soudure, soit par joint en élastomère. Ces conduites sont en pression standard jusqu'à 16 bars. Elle présente des avantages très spécifiques :

- ✓ les tuyaux sont très robustes et on ne présente pas de risque d'être abîmés pendant le transport (pas de revêtement protecteur qui risque d'être déchiré ou poinçonné), d'où une quasi assurance de durabilité à long terme ;
- ✓ la pose dans un sol agressif est facile à résoudre (il suffit de choisir la bonne qualité de ciment)

Néanmoins, ils présentent les inconvénients suivants :

-Les pertes de charge sont généralement plus élevées qu'avec les autres types de tuyaux à cause de la difficulté à assurer un diamètre régulier en cas de fabrication centrifugée.

-En cas de vide intérieur en régime transitoire, il y a de forts risques de dégradation du revêtement intérieur.

-La pose est plus difficile qu'avec les autres types de tuyaux à cause des plus grandes masses à manipuler sur site. De plus, ces tuyaux sont sensibles aux chocs pendant le transport.

VI-4-2-3) Polyéthylène à haute densité (PEHD)

Les tuyaux en PEHD (Polyéthylène à haute densité) se présentent sous la forme de tubes unis, reliés entre eux soit par soudage au bout à bout ou par des manchons électrosoudables.

Ces conduites sont en pression standard jusqu'à 16 bars dans les classes de diamètres considérées.

Les pertes de charge sont durablement faibles $D \leq 200$ mm, $k=0.01$ mm et $D > 200$ mm, $k=0.02$ mm.

Le matériau est insensible à la corrosion. Il n'est pas nécessaire de faire une étude de corrosivité des sols.

Les tuyaux sont légers et peuvent être manipulés avec de petits engins. Le lit de pose doit être plus soigné qu'avec la fonte, l'acier ou le béton.

Les conduites en PEHD présentent une faible perte de charge, et ne sont pas soumis à la corrosion.

VI-4-2-4) Choix du matériau de la conduite

Les tableaux ci-après résument l'analyse ci-dessus :

Tableau VI-05 : Synthèse des paramètres examinés

Critères	Pertes de charge	Pression/tenue vide	Protection corrosion	Facilité de pose	Solution éprouvée	Production nationale
Fonte ductile	+	+	-	+	+	-
Acier soudé	+	-	-	+	+	+
Béton âme tôle	-	-	-	-	+	+
Polyester fibre de verre	+	+	+	-	-	+
PEHD	+	+	+	+	+	+

- ✓ Dans notre cas, on préconise donc le **PEHD** et cela pour ses nombreux avantages économiques et techniques.

VI-4-3) Tracés des conduites et variantes proposées

Dans le but d'économie du projet, le choix du tracé de la conduite d'adduction projetée a été fait tout en essayant de satisfaire les conditions suivantes :

- ✓ Avoir un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes ;
- ✓ Choisir le cheminement le plus court possible ;
- ✓ Éviter autant que possible les traversées des obstacles (routes, voies ferrées, canaux, oueds,...)
- ✓ Assurer un écoulement par gravité ;

Compte tenu des conditions topographiques et des différents obstacles repérés lors des reconnaissances du terrain d'une part et d'autre part pour éviter le pompage, trois (03) variantes de tracé ont été examinées à savoir :

- **Variante 1** : le tracé longe en totalité le chemin de wilaya (CW101) qui relie la ville de Ain Smara et la nouvelle ville Ali Mendjeli.
- **Variante 2** : le tracé en partie longe le chemin de wilaya n°101 et en partie suit les pistes existant et à côté de l'oued Sadjar.

VI-4-3-1) Descriptions des Variantes de tracés

Variante N°01

✓ Depuis le rejet de la station d'épuration en cours de réalisation Ali Mendjeli, le tracé de la conduite suivra parallèlement le chaabat existant a une longueur 1000ml et ensuite longera le CW 101 jusqu'au périmètre d'irrigation (ilot n° 13) ;

✓ À partir de l'ilot 13, la conduite longera la limite entre ilot n°12 et 13 et traversera l'oued sadjar, et ensuite le réservoir de stockage projeté à la proximité du ligne électrique haute tension.

Les linéaires correspondant à ce tracé s'établissent comme suit :

◆ Station d'épuration projeté Ali Mendjeli jusqu'au du périmètre d'irrigation ALI MENDJELI (ilot n°13) : 3921.00ml

◆ l'entrée du périmètre d'irrigation ALI MENDJELI (ilot n°13) – oued Sadjar : 600ml

◆ oued Sadjar – bassin d'irrigation projeté 800m³ : 1214.00ml

☞ Soit un linéaire total de **5735.00ml**.

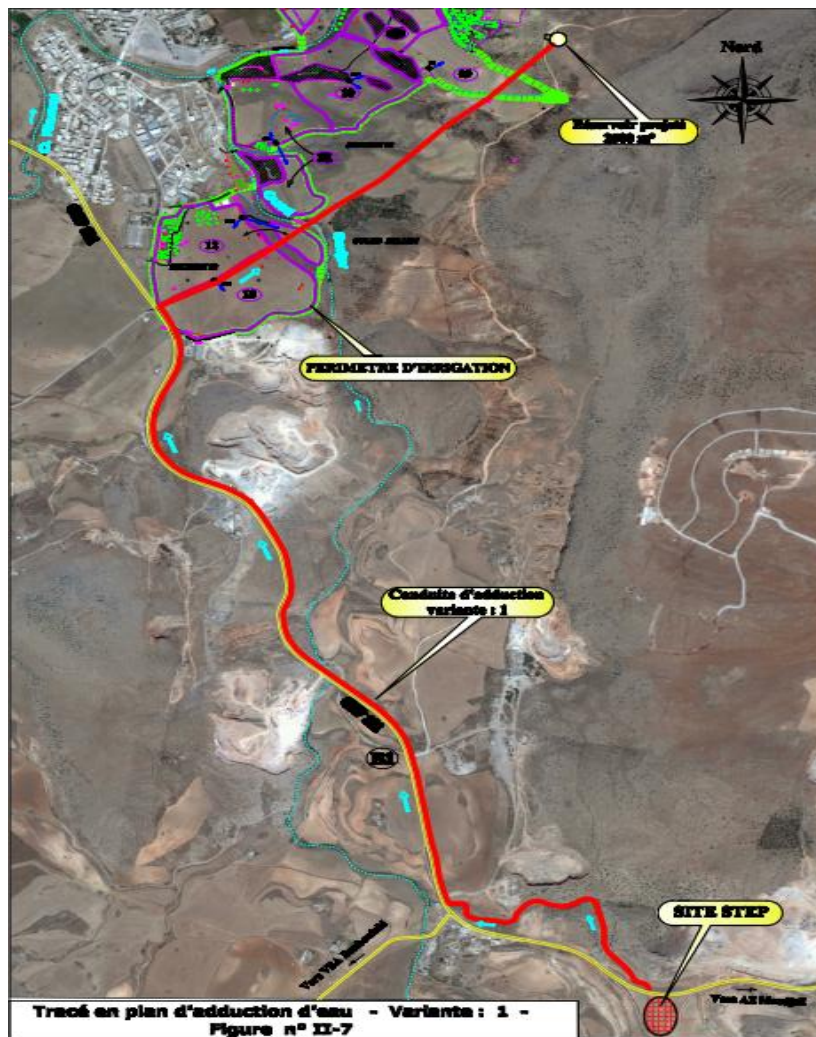


Figure -05 : Variante 01

Variante N°02

✓ Du rejet au niveau de la station d'épuration en cours de réalisation Ali Mendjeli, le tracé de la conduite d'adduction projetée suivra parallèlement chaabat et le CW 101 jusqu'au point B1 (voire la figure B)

✓ A partir du point B1 avec la piste rurale jusqu'à point B2, puis longera l'accotement droit de l'oued Sadjar. Ensuite la conduite projetée vers le réservoir de stockage projeté à la proximité de la ligne électrique haute tension. (Voir Plan).

Les linéaires correspondant à ce tracé s'établissent comme suit :

- ◆ Station d'épuration projetée ALI MENDJELI – point B1 : 1524.00ml
 - ◆ Point B1 – Point B2 : 1281.00ml
 - ◆ Point B2 – réservoir de stockage projeté 2000m³ : 2549.00ml
- ☞ Soit un linéaire total de **5354.00ml**.

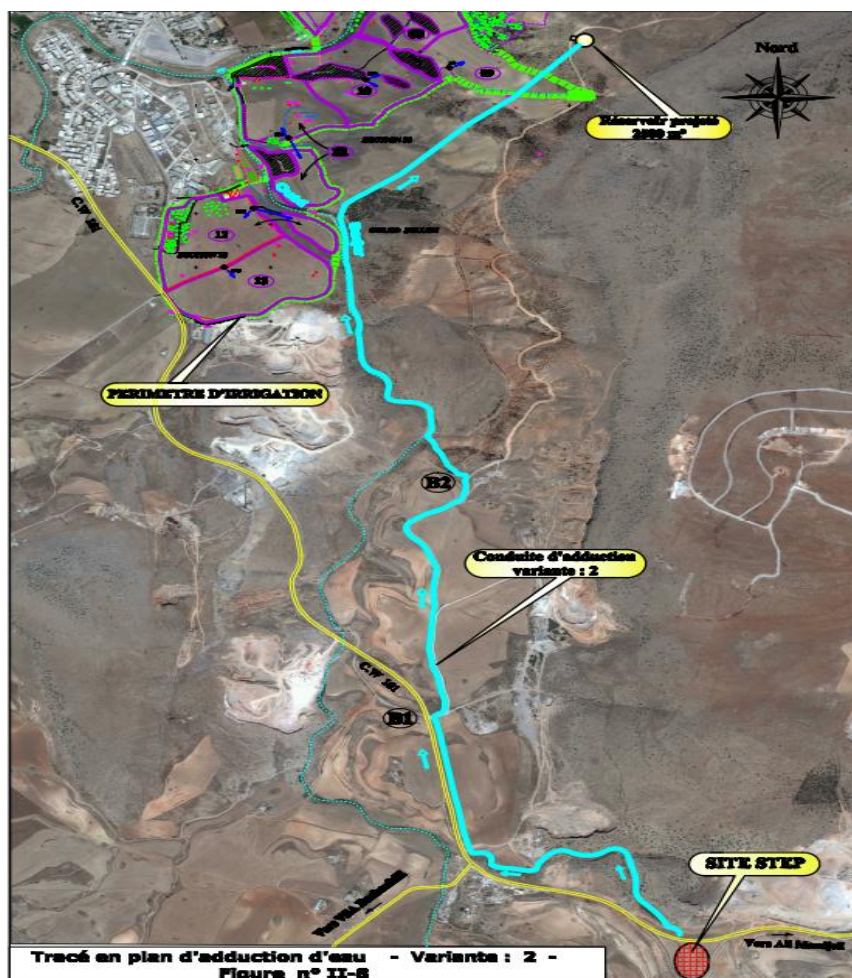


Figure -06 : Variante 02

VI-4-4) Etude hydraulique du système d'adduction projeté**VI-4-4-1) Hypothèses de dimensionnement des conduites d'adduction**

Sur le plan hydraulique les hypothèses de calcul sont :

- ✓ Rugosité des conduites : **0,01 mm** ;
- ✓ Débit : **106.12 l/s** soit **382.032 m³/h**.
- ✓ Vitesse maximale : **1,5 m/s** ; fourchette de la vitesse admissible **[0.3 : 2.5] m/s**
- ✓ Niveau minimum du vidange : **710.00 mNGA** ;
- ✓ Côte radié : **716 m NGA**.
- ✓

La détermination du diamètre le plus avantageux tient compte du régime d'écoulement et du type du matériau.

Le calcul est faite selon équation de Bernoulli La simulation a été réalisée comme suite :

- ◆ Régulation de débit au niveau du bassin d'irrigation avec un volume de **(800 m³)** projeté ;
- ◆ Les profils piézométriques ont été établis sur la base de la carte états major à l'échelle **1/25000** ^{ème}, le plan topographique et les valeurs des charges hydrauliques obtenues après simulation.

VI-4-4-2) Calcul des pertes de charge :

La formule la plus utilisée pour le calcul de la perte de charge pour un écoulement dans une conduite est celle de Darcy-Weisbakh :

$$\Delta H_t = \frac{K' * L_e * Q^\beta}{D_{av}^m}$$

ΔH_t : Perte de charge totale (m) ;

K' : Coefficient de perte de charge ;

L_e : Longueur équivalente de la conduite (m) ;

$$L_e = L_g + L_{e_s}$$

L_g : Longueur géométrique de la conduite (m) ;

L_{e_s} : Longueur équivalente des pertes de charge singulière (m) ;

Dans le cas d'adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à (5-10)% des pertes de charge linéaires.

$$\Delta H_t = 1,1 * \Delta H_p^{lin} \Rightarrow L_{eq} = 1,1 * L_g \quad (\text{IV.24})$$

VI-4-4-3) La vitesse d'écoulement :

Dans le cas des adductions, la vitesse optimale de l'écoulement varie de 0,5 à 2 m/s.

On détermine la vitesse d'écoulement dans la conduite gravitaire en utilisant l'équation de continuité :

$$Q = V * S \Rightarrow Q = V * \frac{\pi * D^2}{4} \quad \text{Ainsi :} \quad V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Avec :

Q : débit véhiculé par l'adduction (m³/s) ;

S : section de la canalisation (m²) ;

V : vitesse d'écoulement (m/s) ;

D : diamètre nominal de la conduite (m).

Selon le type de matériau les coefficients K', m et β sont donnés dans le tableau n°6 :

Tableau VI-06 : Coefficients K', m, β pour différents types du tuyau

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

On déduit alors le diamètre calculé de la conduite gravitaire :

$$D_{av} = \sqrt[m]{\frac{K' * L_e * Q^\beta}{\Delta H_t}} \quad (\text{IV.26})$$

VI-4-4-4) calcul hydraulique :

Nous calculons la pente moyenne de la conduite principale entre le réservoir tampon et le réservoir d'alimentation d'OULED MOUHANNI de (800 m³).

$$\Delta H_t = \frac{K' * L_e * Q^\beta}{D_{av}^m}$$

Nous calculons la charge disponible ΔH_d entre le réservoir tampon et le réservoir d'alimentation d'OULED MOUHANNI

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

C_r : côte du radier du réservoir tampon.

C_{tp} : côte du trop-plein du réservoir

$$\Delta H_d = 716 - 706 = 10 \text{ m}$$

Nous avons un débit Q = 106.125 l/s et une longueur géométrique L_g = 5735.00 m

$L_{eq} = L_g * 1,1$ donc $L_{eq} = 5735 * 1,1 = 6308.5$

Pour la conduite principale (PEHD), nous prenons : $K' = 0,001052$; $\beta = 2$; $m = 4.772$.

Donc on a :

$$10 = \frac{0,001052 * 6308.5 * 0.106125^2}{D_{av}^{4.772}}$$

$$D_{av} = 4.772 \sqrt{\frac{0,001052 * 6308.5 * (0.106125)^2}{10}} = 0.3584m$$

Le diamètre le plus avantageux calculé ci avant est de 358.4mm, le diamètre normalisé est de 400mm avec une épaisseur de 15.3 mm

D'après les calculs on constate que le diamètre convenable est le 400mm avec une vitesse d'écoulement de 0.99 m/s

A- Variante 1

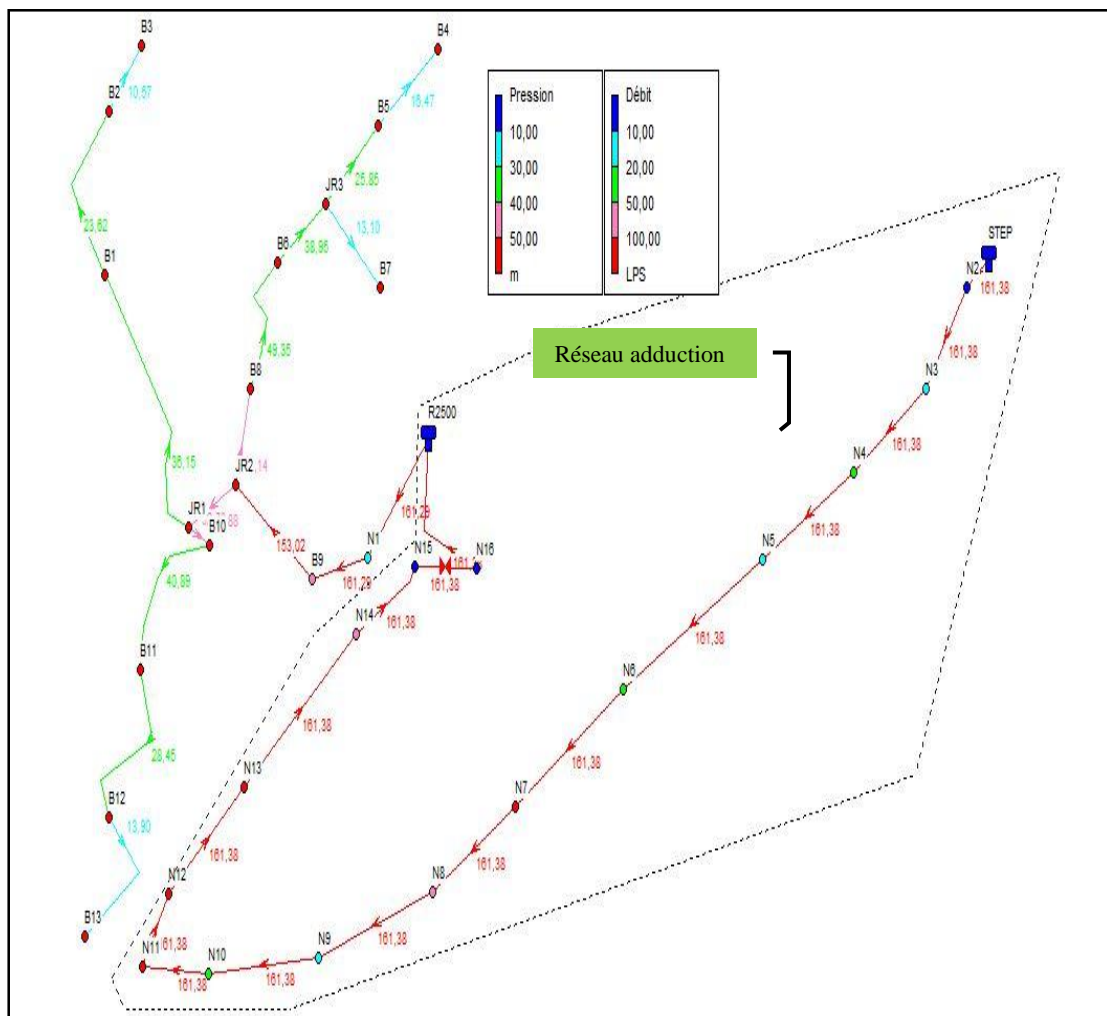


Figure VI-07 : Simulation du fonctionnement par gravité de la variante 01.

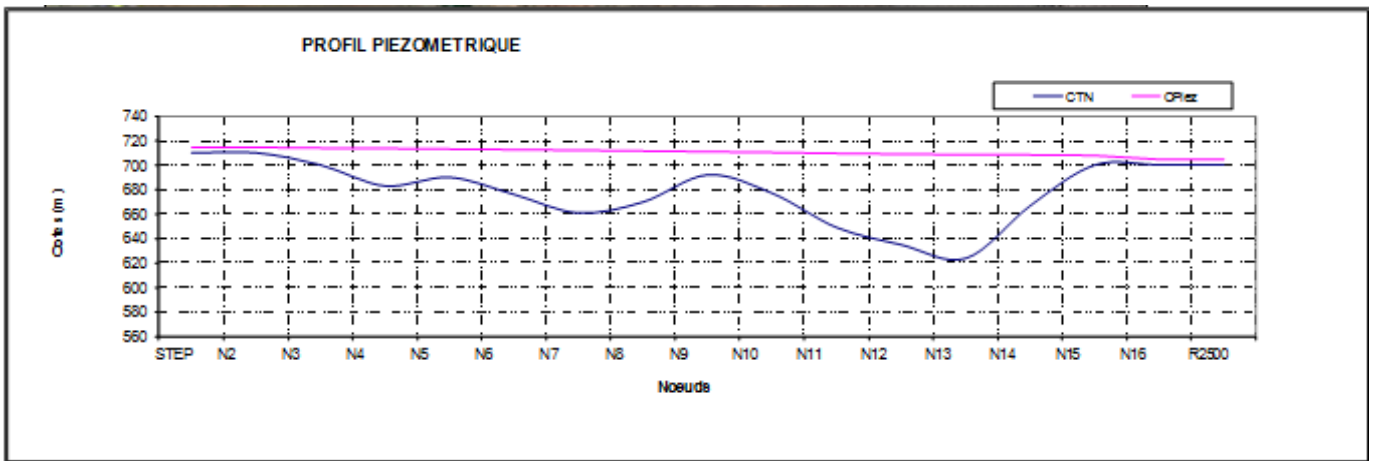


Figure VI-08 : Profil piézométrique du fonctionnement par gravité de la variante 01

B- Variante 2

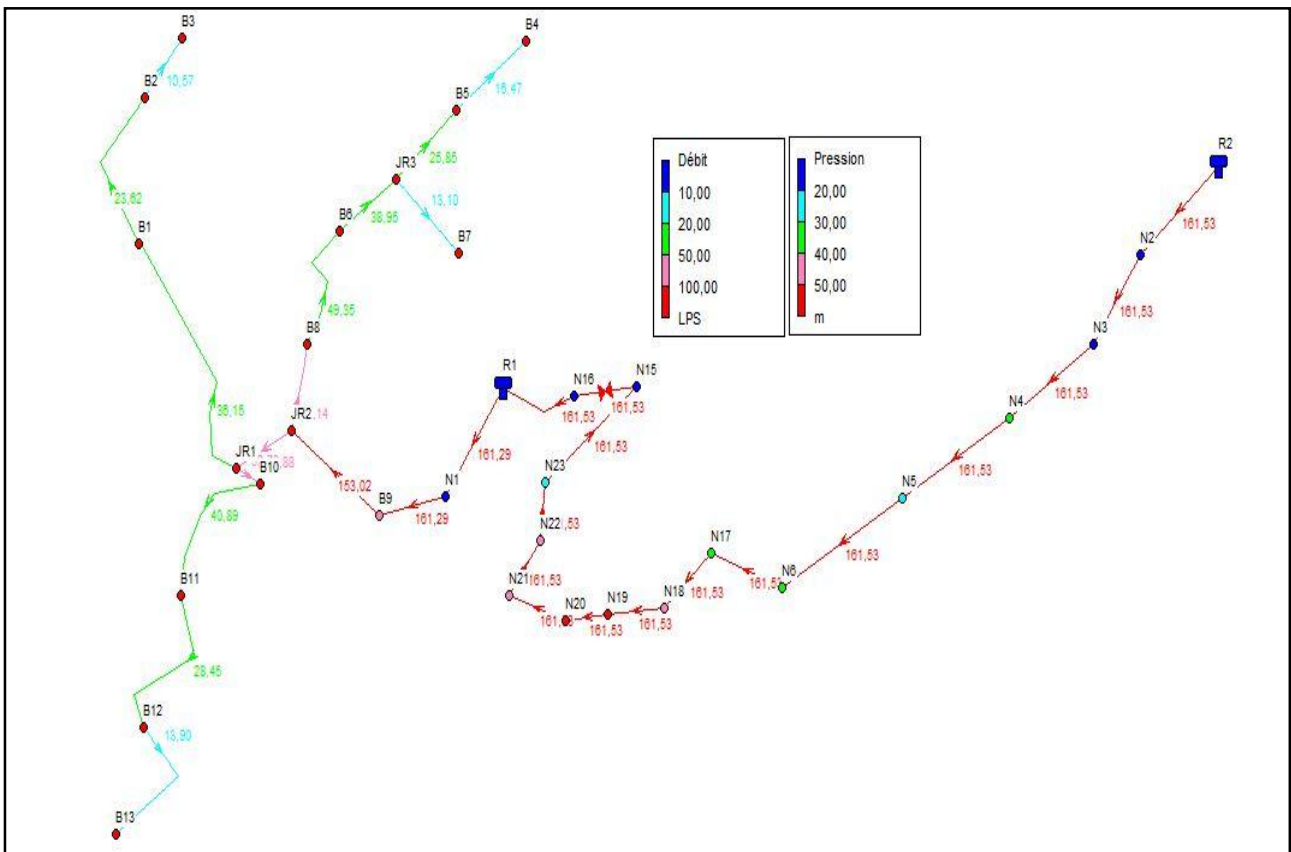


Figure VI-09 : Simulation du fonctionnement par gravité de la variante 02.

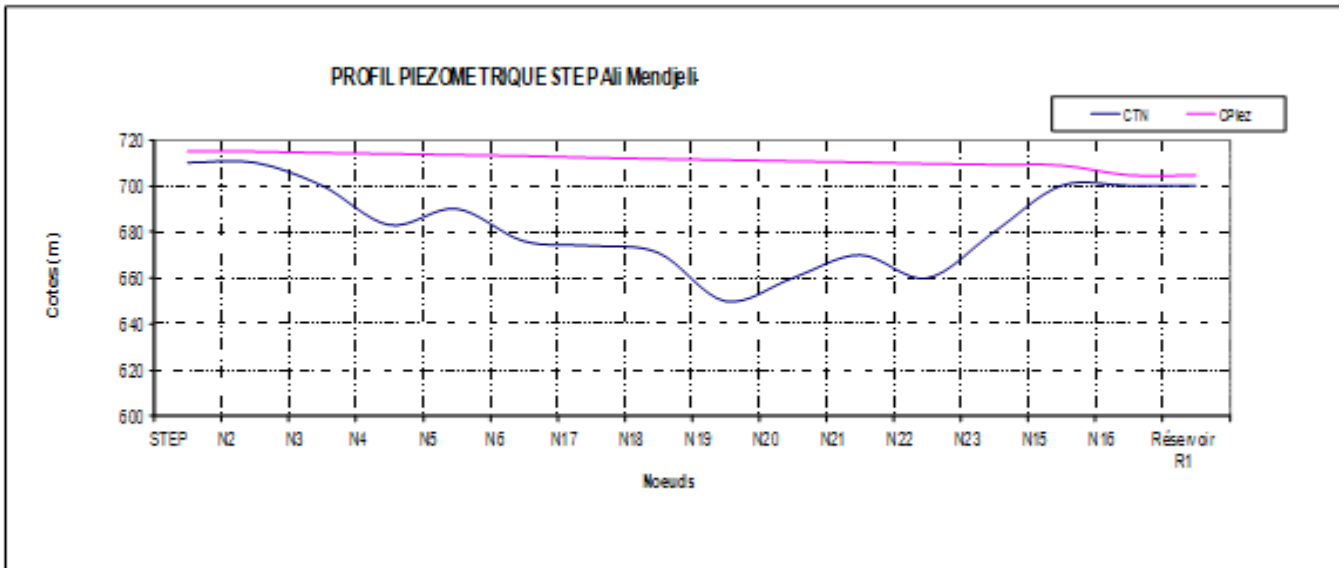


Figure VI-10 : Profil piézométrique du fonctionnement par gravité de la variante 02

VI-4-4-5) Commentaires sur les profils piézométriques

Compte tenu des résultats obtenus, suite au dimensionnement des conduites d'adduction entre station d'épuration ALI MENDJELI et le réservoir projetée 2500m³, pour les trois variantes proposées nous remarquons ce qui suit :

- ❖ Pour les deux variantes 01 ; 02 l'écoulement par gravité peut alimenter le réservoir projeté implantée au cote 700mNGA.
- ❖ La vitesse max pour les trois variantes est **0.82 m/s** ; cette vitesse est dans les normes de dimensionnement de la conduite gravitaire.
- ❖ La pression nominale de la conduite d'adduction est de l'ordre de **10bars**.

Un tableau comparatif des variantes est présenté ci-après.

Tableau VI-07 : Tableau récapitulatif des variantes.

Famille de variante	Débit en tête (l/s)	Diamètre (mm)	Vitesse (m/s)	Linéaire total (ml)	PN (bars)
Variante 01	106.125	400	0.99	5735.00	10
Variante 02	106.125	400	0.99	5354.00	10

VI-4-4-6) Comparaison des variantes

Les deux variantes étudiées et comparées sont très proches l'une de l'autre dans l'architecture de leur système

De ce fait les différences sur le linéaire de canalisations, les diamètres des canalisations de transfert, les différents ouvrages et les équipements d'exploitation-maintenance sont peu probants dans l'exercice du choix de la variante à retenir.

La variante 01 présente la solution qui semble la mieux satisfaisante compte tenu des exigences du projet de la couverture des besoins en eau d'irrigation des zones de périmètre ALI.

Les résultats de calculs sont donnés suivant :

Tableau VI-09 : Calcul des pressions

ID Nœud	Altitude (m)	Charge(m)	Pression (m)
Bâche prise - d'eau	715,00	715,00	00
Nœud N1	685,60	713,89	28,29
Nœud N2	695,07	713,58	18,51
Nœud N3	660,72	712,57	51,85
Nœud N4	693,95	711,56	17,61
Nœud N5	616,01	709,76	93,75
Nœud N6	668,77	709,49	40,72
Nœud N7	696,13	708,90	12,77
Nœud N8	698,01	708,62	10,61
Nœud N9	700,00	708,46	8,46
Nœud N10	700,00	705,99	5,99
Réservoir R1	700,00	705,99	5,99

Remarque : au niveau du nœud N5 la pression est importante donc on doit équiper la conduite C5 avec un réducteur de pression ou bien une brise charge ou bien augmentation de épaisseur de C5 pour protéger les équipements et les accessoires de la conduite.

- ❖ Les caractéristiques de la conduite d'adduction est donne dans le tableau ci-après

Tableau VI-10 : Caractéristiques de la conduite d'adduction

ID Arc	Noeud1	Noeud2	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Rugosité (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)
Tuyau C1	prise-d'eau	N1	1186,68	440,6	0,1	116,44	0,76
Tuyau C2	N1	N2	328,776	440,6	0,1	116,44	0,76
Tuyau C3	N2	N3	1087,944	440,6	0,1	116,44	0,76
Tuyau C4	N3	N4	1079,34	440,6	0,1	116,44	0,76
Tuyau C5	N4	N5	1923,816	440,6	0,1	116,44	0,76
Tuyau C6	N5	N6	290,508	440,6	0,1	116,44	0,76
Tuyau C7	N6	N7	628,392	440,6	0,1	116,44	0,76
Tuyau C8	N7	N8	300	440,6	0,1	116,44	0,76
Tuyau C9	N8	N9	173,16	440,6	0,1	116,44	0,76
Tuyau C10	N10	R1	5	515,6	0,1	116,44	0,56

VI-5) Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le système d'adduction du périmètre Ali Mendjeli, qui est découpé en 13 îlots d'irrigation, avec une superficie totale de 141.5 ha. Cette phase de calcul nous a permis :

De calculer les débits de chaque îlot du réseau d'adduction et de projeter le réseau de distribution, du réservoir vers les bornes d'irrigation à travers un système de canalisation en PEHD.

De s'assurer des pressions des bornes, qui sont nécessaires à toute projection d'un réseau d'irrigation, ce qui permettra une intensification de l'irrigation dans ce périmètre par les méthodes modernes telles que le système goutte à goutte.

Dans ce chapitre, nous avons détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un système d'adduction. La variante 01 représente la solution qui semble la mieux satisfaisante compte tenu des exigences du projet de la couverture des besoins en eau d'irrigation des zones de périmètre.

Chapitre VII :

Choix de la technique d'irrigation

Chapitre VII : Choix de la technique d'irrigation

VII-1) Introduction

Quelle que soit l'origine de l'eau et son mode de transport (canaux ou conduites), le problème le plus délicat est le choix de la méthode pour de répartition de cette eau sur le sol de façon à ce que les plantes en tirent le maximum de profit.

VII-2) Les différentes techniques d'irrigation

Les techniques d'irrigations peuvent être divisées en trois (03) classes, soit :

VII-2-1) L'irrigation De Surface

L'irrigation de surface regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la répartition de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration), (**Tiercelin, 2006**)

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion ou technique mixte.

VII-2-2-1) Les planches de ruissellement

On divise la surface à irriguer en bandes rectangulaires prise dans le sens de la plus grande pente. En général, la longueur des planches varie de 5 à 30 m, et leur largeur de 50 à 500 m. L'irrigation par planches convient le mieux aux pentes inférieures à 0,5 %. Cependant, les pentes longitudinales maximales des planches peuvent atteindre 4 % à 5 %.

Les sols convenant le mieux à cette technique sont les sols moyennement filtrants.

L'irrigation par planches s'applique aux cultures telles que les prairies, les céréales et les vergers.

La préparation des planches est minutieuse et coûteuse et exige une main-d'œuvre qualifiée et des équipements de terrassement performants.

Les pertes par percolation profonde et en culture est importante, et font remonter dangereusement le niveau des nappes phréatiques.

Les efficacités observées, s'échelonnent dans une gamme très large allant de 45 % à 85 %.

VII-2-2-2) L'arrosage à la raie

Consiste à amener l'eau à la plante, par une série plus au moins dense (espacement d'environ 0,75 à 1 m.) de petits fossés à ciel ouvert à pentes faibles mais régulières.

Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour des pentes < 02 %. Pour des pentes > 2 %, les raies sont orientées obliquement par rapport à la ligne de plus grande pente. La forme des sections des raies peut être triangulaire, trapézoïdale ou parabolique avec :

- Largeur : 25 à 40 cm.
- Profondeur : 15 à 30 cm.

L'arrosage à la raie se pratique sur les terrains d'environ 0,5 à 4 % de pente et convient à toutes les cultures de céréales et de plantes sarclées (Maïs, Coton, Pomme de terre etc.). L'arrosage à la raie pose de sérieux problèmes d'application de l'eau lorsque la longueur des raies devient importante (supérieure à 250 m.).

Ce type d'arrosage exige une main d'œuvre abondante et qualifiée pour la conduite des arrosages.

L'efficacité des arrosages telle qu'elle est constatée peut se situer entre 40 % et 70 %.

VII-2-2-3) Irrigation Par Submersion

Dans la pratique de la submersion, l'eau est apportée et répandue aussi vite que possible sur l'ensemble de la parcelle à irriguer avant la phase d'infiltration proprement dite. La pratique de la submersion, nécessite l'aménagement du terrain en bassins de submersion, avec des petites digues de 30 à 40 cm. de hauteur et une revanche minimum de 10 cm.

L'irrigation par submersion est une technique d'arrosage appliquée de préférence en terrain presque plat (moins de 0,1 % de pente).

L'uniformité de l'arrosage est directement liée à trois (03) facteurs :

- 1). Faible perméabilité (terrain très peu ou moyennement perméable)
- 2). Qualité du nivellement.
- 3). Fort débit d'apport.

Ce système d'irrigation s'emploie dans les rizicultures, les pâturages, les vergers, les céréales en ligne.

VII-2-2) L'irrigation Par Aspersion

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie, grâce à l'utilisation de divers appareils de projection, alimentés sous pression.

Pour cette technique d'irrigation aucun nivellement de la surface n'est nécessaire. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépasser 10% pour les machines à irriguer.

Tous les types de sols peuvent convenir : on peut obtenir la même efficacité d'arrosage sur les sols les plus sableux que sur les sols les plus argileux, grâce à la large gamme des intensités pluviométriques (I) offertes par les différents matériels. :

($I < 4$ mm /h pour sols peu perméables, jusqu'à $I < 50$ mm /h pour sols perméables).

Cette technique d'irrigation présente une excellente efficacité de l'ordre de 75 à 85 %, essentiellement en fonction de la maîtrise technique des irrigants.

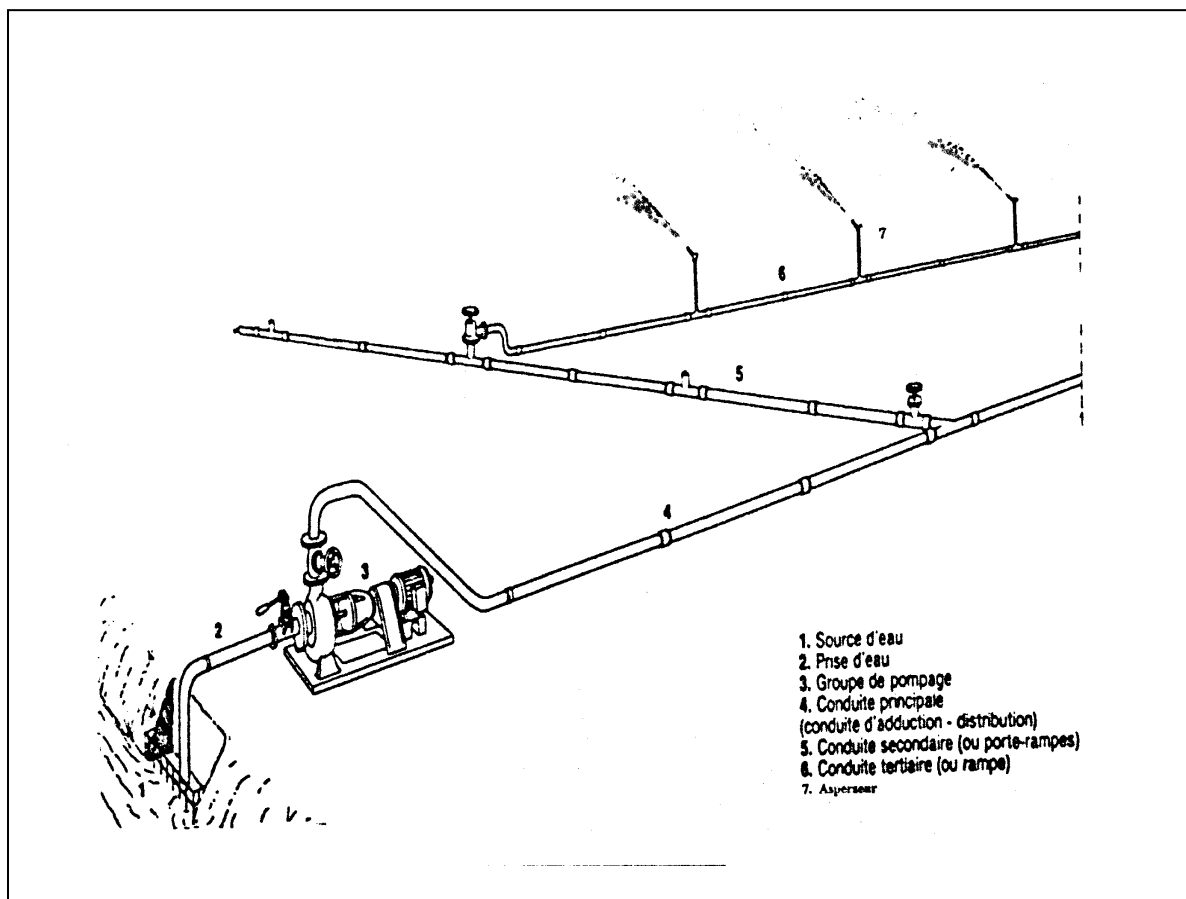


Figure.VI-03 : Partie essentielle d'une installation en aspersion classique

L'irrigation par aspersion est utilisée pour l'arrosage des cultures les plus diverses : fourragères, maraîchères, céréales, vergers, vigne, etc.

Les techniques d'arrosage appliquées en irrigation par aspersion dépendent du matériel utilisé. Elles se divisent en deux grandes catégories :

- ☞ L'aspersion simple (rampes perforées, asperseurs, canons)
- ☞ Les machines à irriguer (rampes frontales, pivots, enrouleurs, etc.)

VII-2-3) L'irrigation Localisée

L'irrigation localisée ou micro-irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Elle se caractérise par :

La mise en place sur la parcelle d'un réseau de canalisation ;

Une discontinuité des points d'apport permettant de n'irriguer que les zones utiles à la plante,

Des débits faibles généralement inférieurs à 100 l/h,

Une distribution fréquente pour maintenir un certain volume d'eau à un niveau voisin de la capacité au champ.

Selon le type de distribution utilisé, l'eau se localise par points (goûteurs, gaines), par lignes (tubes poreux) ou par surface plus au moins grandes (muni diffuseurs, micro-asperseurs).

L'efficacité de l'irrigation localisée est excellente, elle est en général de 90%.

L'irrigation localisée est surtout pratiquée en cultures maraîchères ou fruitières.

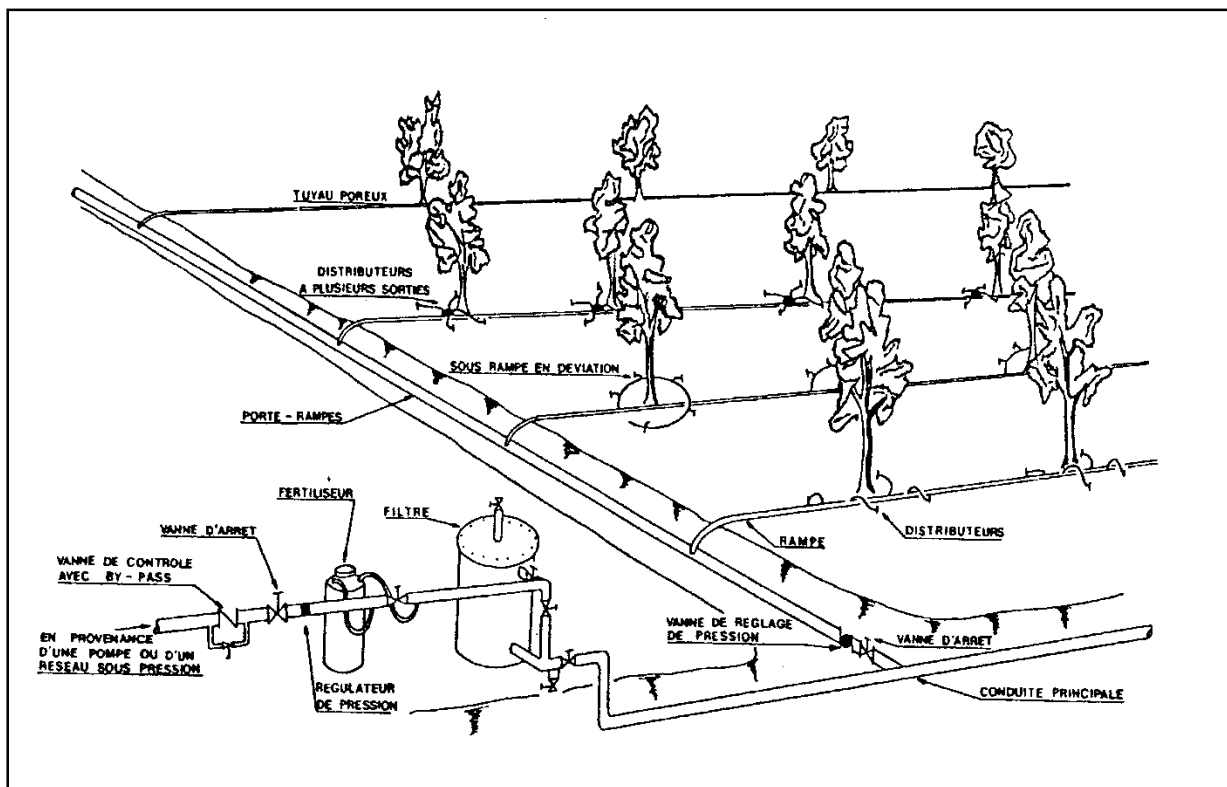


Figure.VI-04 : Partie essentielle d'une installation localisée

VII-3) Comparaison entre différents techniques :**VII-3-1) Les avantages et les inconvénients de l'irrigation Localisée****- Avantages :**

- Excellent rendement des cultures
- Excellent efficacité d'arrosage à la parcelle,
- Très faible besoin de main d'œuvre.
- Insensibilité au vent.
- Ne mouille pas le feuillage ce qui est favorable du point de vue phytosanitaire.

☞ Inconvénients :

- Nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à d'éventuelle interruption des arrosages,
- Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation,
- Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée.
- Fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible.

VII-3-2) L'irrigation Souterraine

C'est un système d'arrosage qui utilise des tuyaux pour distribuer l'eau filtrée dans les lignes d'émission qui se trouvent en dessous de la surface du sol et à côté de la ligne de culture. Les émetteurs en ligne apportent un débit unitaire pour chaque point d'émission qui varie normalement entre 0,6-8 l/h.

- Avantages :

- Très économique en eau, elle est conseillée en zones arides.
- Absence de matériel en surface, d'où aucune gêne pour l'exploitation,
- Très faible coût d'investissement et de fonctionnement sur des parcelles préalablement équipées en drainage souterrain,
- Ne mouille pas le feuillage, ni le sol ce qui est favorable du point de vue phytosanitaire et aux façons culturales.

-Inconvénients :

- Technique utilisable seulement dans certaines conditions pédologiques sur des parcelles justiciables d'un drainage souterrain,
- Maîtrise incomplète et aléatoire de l'alimentation hydrique des cultures qui fait réserver cette technique aux productions à faible valeur ajoutée.

VII-4) Choix Des Techniques D'irrigation

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation, en particulier :

- ☞ La topographie (pente du terrain à irriguer, relief, géométrie de la parcelle)
- ☞ La ressource en eau (quantité, qualité, débit dont on dispose)
- ☞ La nature du sol (perméabilité)
- ☞ La nature des cultures
- ☞ Les facteurs économiques
- ☞ La rentabilité de l'opération
- ☞ Les facteurs sociologiques et culturels

VII-5) Choix de la technique d'arrosage

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable, il est nécessaire de connaître toutes les contraintes de chaque type d'arrosage.

Une analyse multicritères des techniques d'arrosage basée sur différentes contraintes est nécessaire pour aboutir au choix de la technique d'irrigation la plus adéquate pour la zone considérée, notre analyse est détaillée comme suit :

Tableau VII-0 1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage

Contraintes	Irrigation de surface Par Rigole	Irrigation par Aspersion	Irrigation localisée
▪ Evaporation	+	+ +	+ +
▪ Vent (1.9 m/s)	+ + +	+	+ + +
▪ Texture (argileux-limoneuse)	+ +	+ +	+ + +
▪ Perméabilité (bonne)	+ + +	+ + +	+ + +
▪ Pente	+ + +	+ +	+ + +
▪ Qualité d'eau (bonne)		+ + +	□

• Cultures	+++	+++	+++
▪ Maraîchage	x	+++	x
▪ céréales	+++	x	+++
▪ arbres			
• Contraintes			
économique	x	++	+++
▪ économie d'eau			

Remarque :

x : inadéquat ou déconseillé ; + : Adapté avec réserve ;

++ : Adapté ; +++ : Très Adapté

VII-6) Conclusion

Il existe une multitude de système d'irrigation que l'ingénieur doit analyser et choisir.

Dans notre projet, compte tenu des critères détaillés dans le tableau précédent, on opte pour le système d'irrigation par aspersion et par goutte à goutte, ces deux systèmes présentent la meilleure efficacité en eau.

Cependant, dans le cas de l'irrigation à partir des eaux usées épurées, et vu le climat semi-aride qu'expose la wilaya de Constantine, on opte pour le système goutte à goutte qui semble le plus approprié, et permet d'obtenir de meilleurs rendements des cultures.

Chapitre VIII :

Dimensionnement a la parcelle

Chapitre VIII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation

VIII-1) Introduction

Tel qu'énoncé dans le chapitre précédent, l'irrigation localisée représente une technique qui doit être vulgarisée dans la région d'Ain Smara, et cela vu leurs avantages sur les rendements des cultures.

L'irrigation gravitaire reste encore trop consommatrice en volume d'eau, en particulier pour l'arboriculture, et reste inappropriée pour la céréaliculture.

VIII-2) Dimensionnement hydraulique d'un réseau goutte à goutte

VIII-2-1) Données générales :

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°3 alimenté par la borne N°3 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 2 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 1.8 hectares.

Culture : Arboriculture (oliviers)

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m

Caractéristique du goutteur :

- Débit nominal : 4 l/h
- Pression nominale : 10 m.c.e
- Espacement des goutteurs : 1 m
- Le nombre de goutteur par arbre : 2

Caractéristiques des conditions climatiques

- Besoins en eau de pointe= 119.06 mm/mois (août)

Caractéristiques des conditions de travail

- Temps maximum journaliers de travail : 22 heures

Détermination des données de bases

- Surface totale a irriguée $s(t) = 1.8$ ha

VIII-2-2) Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

VIII-2-2-1) 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 :

On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction : K_r

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

❖ KELLER et KARMELI (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0,85}$$

❖ La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0,5(1 - C_s)$$

❖ La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0,1 + C_s$$

Pour notre cas, on considère un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc :

$K_r = 0.71$ selon Keller et Karmeli

$K_r = 0.80$ selon Freeman et Garzoli

$K_r = 0.70$ selon Decroix (CTGREF)

☞ **On prendra un coefficient $K_r = 0.80$**

Irrigation traditionnelle demanderait pour le mois de pointe ETM pointe = 3.97 mm/jour (tableau des besoins en eau). En irrigation localisée les besoins se réduisent à

$$ETM_r = ETM_{\text{pointe}} * K_r$$

$$ETM_r = 3.97 * 0,8 = \mathbf{3.18 \text{ mm}}$$

VIII-2-2-2) Dose pratique (Dose nette) :

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres

systèmes (gravitaire ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur (Ollier & Poirée, 1981).

La dose (RFU) étant définie par la hauteur d'eau P :

$$\checkmark D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Y \cdot Z \cdot P\% = RFU \cdot P\%$$

Tel que :

- H_{cc} : humidité à la capacité au champ (H_{cc}=27%)
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement (H_{pf}=16%)
- Y : degré d'extraction de l'eau du sol (Y=2/3)
- Z : profondeur d'enracinement en (Z= 1200 mm)
- D_a : est la densité apparente du sol (D_a=1.35)
- RFU= 118.8 mm
- P : Pourcentage du sol humidifié

$$P\% = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r}$$

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%**

☞ La dose nette corrigée :

D_p=29.70

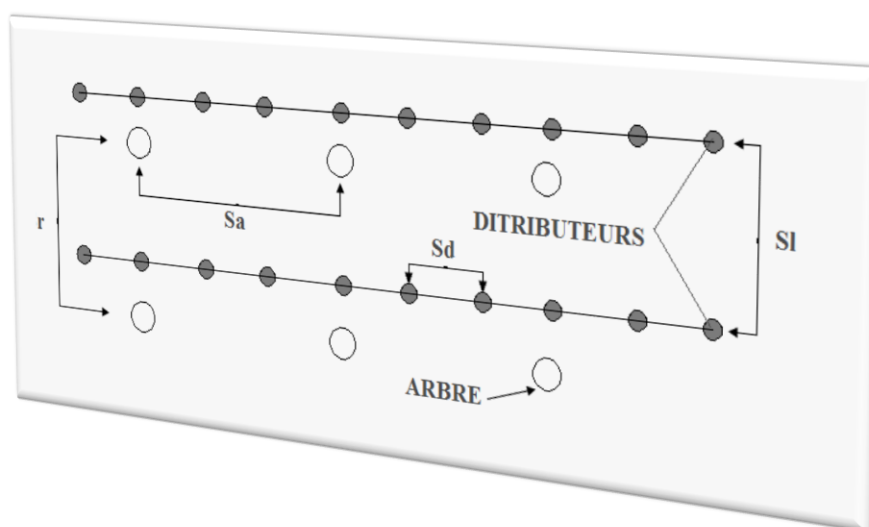


Figure VI-01 : schéma explicatif d'un réseau de gouteur

VIII-2-2-3) Fréquence des arrosages

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

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{B_{jl}} = \frac{29.7}{3.17} = 9.36 \text{ jours}$$

✓ Donc on prend une fréquence d'arrosage de **Fr = 9 jours.**

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

- **La dose réelle**

$$D_r = F_r \times B_{jl}$$

$$D_r = 8 * 3.17 = 28.56$$

- **La dose brute**

$$D_{brute} = \frac{D_r}{C_u * \text{eff}} = \frac{28.56}{0.9 * 0.9} = 35.26 \text{ mm}$$

VIII-2-2-4) Durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{D_n * S_a * S_r}{n * q_g} = \frac{3.26 * 2 * 4}{2 * 4} = 36 \text{ heures/mois}$$

☞ S_r et S_d espacement entre rang et distributeur, n et Q_g nombre et débit du goutteur

VIII-2-2-5) Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{36}{9} = 4 \text{ heures/jour}$$

VIII-2-2-6) Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{22}{4} = 5 \text{ postes}$$

VIII-2-2-7) Surface du poste (théorique) :

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{1.85}{5} = 0.36 \text{ ha}$$

VIII-2-2-8) Nombre des goutteurs

☞ Nbre de goutteurs par hectare = nbre d'arbre par hectare x Nbre goutteurs

$$Nbr = \frac{\text{Sur hect}}{\text{Su espacement}} = \frac{18500}{4 \times 2} = 2312.5 = 2313 \text{ goutteurs}$$

VIII-3) Calculs hydrauliques**VIII-3-1) Conditions hydrauliques de base**

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\%$$

La variation maximale de la pression

$$q = K \times H^x$$

Avec $x=0.5$ (caractéristique du gutteur)

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = \frac{\Delta H}{H(n)}$$

Avec :

q(g) : débit nominal du goutteur

H(n) : pression nominal

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\text{max.})}{10}$$

$$\Delta H(\text{max}) = 1/0.5 = 2 \text{ m.c.e}$$

La répartition de la perte de charge est :

Perte de charge singulière :

$$\text{On a: } \Delta H = \text{p.c.s} + \text{p.c.l}$$

Avec

$$\text{p.c.s} = 10\% * \Delta H = 0.2 \text{ m}$$

Perte de charge linéaire :

$$\text{p.c.l} = \Delta H - \text{p.c.s} = 1.8 \text{ m}$$

1/3 sur les porte- rampes P.d.c (pr) = 0,6 m c e ;

2/3 sur les rampes P.d.c (r) = 1,3 m c e.

VIII-3-2) Le débit

$$Q_r = Q_g \times N_r$$

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r$$

Avec : **Q_r** : Débit de rampe

Q_g : Débit du goutteur

N_{g/r} : Nombre des goutteurs par rampe

N_r : Nombre des rampes

Q_{pr} : Débit de porte rampe

Longueur du terrain = 319 m

Largeur du terrain = 58 m

La porte rampe coupe la surface du terrain au milieu de la parcelle, donc on a :

La longueur de la rampe : 150 m

La longueur de la porte rampe : 58 m

La longueur de la conduite secondaire : 30 m

VIII-3-3) Le nombre d'arbres par rampe

N arbres = $L_r / E_r = 150 / 4 = 38$ arbres par rampe

VIII-3-4) Nombre des goutteurs par rampe

$N = N_{\text{arbres}} * n = 38 * 2 = 76$ goutteurs

VIII-3-5) Le nombre des rampes

$N_r = L_{pr} / E_r = 58 / 4 = 14$ rampes

VIII-3-6) Débit de la rampe

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$Q_r = 4 * 76 = 304$ l/h

VIII-3-7) Débit de la porte rampe

$Q_{pr} = Q_r * N_r = 14 * 306 = 4256$ l/h

VIII-3-8) Nombre de porte rampe

$N_{pr}=1$ (1 seul porte rampe)

VIII-3-9) Débit de la conduite tertiaire

$Q_{csl}=Q_{pr} \cdot N_{pr} = 4256 \cdot 1 = 4256$ l/h

VIII-4) Dimensionnement des canalisations du réseau

pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD ou PEHD.

Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing_{r(cal)} = \left[\frac{P. d. c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{\frac{1}{4.75}}$$

$$\varnothing_{pr(cal)} = \left[\frac{P. d. c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{\frac{1}{4.75}}$$

Avec :

- $P_{dc}(r)$: la perte de charge dans la rampe
- $Q(r)$: le débit de la rampe en l/h
- $L(r)$: la longueur de la rampe en m
- \varnothing_r (cal) : le diamètre de rampes
- \varnothing_{pr} (cal) : le diamètre de porte rampe

VIII-5) Calcul du diamètre de la rampe et vérification des pertes de charges**VIII-5-1) Calcul du diamètre des rampes**

$$D(mm) = \left(\frac{pdc_r \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \cdot L(r)} \right)^{\frac{-1}{4.75}} = 15.71 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé de 16 mm

VIII-5-2) Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charges pour un $D = 16$ mm

Perte de charge selon Hazen-williams

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$$

Ou : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

Avec : $C_w = 140$ PEBD, $L = 150$ m, $D = 0.016$ m, $Q = 0.000084$ m³/s

$\Delta H_{\text{rampe}} = 2.7$ m : la valeur de la perte de charges calculée est supérieure à 1.2 mce (hr max).

On prend un diamètre normalisé de 20 mm, on obtient une perte de charge de $\Delta H_{\text{rampe}} = 0.9$ m

On voit que la perte de charge totale ne dépasse pas la limite imposée par la règle de Christiansen.

VIII-6) Calcul de diamètre de porte rampe et Vérification des pertes de charges

VIII-6-1) calcul de diamètre

On applique le même procédé que les rampes, d'ou :

$$D(\text{mm}) = \left(\frac{pdc_{pr} \times 2.75}{0.478 \times 3120^{1.75} \cdot 105} \right)^{\frac{-1}{4.75}} = 40 \text{ mm}$$

On arrondit à 63 mm.

VIII-6-2) Vérification des pertes de charges

On recalcule les pertes de charges pour un $D = 63$ mm

Perte de charge selon hazen-williams

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$$

Ou : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

Avec : $C_w = 140$ PEBD, $L = 58$ m, $D = 0.063$ m, $Q = 0.0011$ m³/s

$\Delta H_{\text{rampe}} = 0.175$ m

Les pertes de charges totales dans le réseau sont de 1.10 m, sont inférieures à 1.8 m.

On voit que la perte de charge totale ne dépasse pas la limite imposée par la règle de Christiansen.

Tableau VIII-01 : Calculs des diamètres et pertes de charges des rampes :

	Surface (Ha)	Lr (m)	Qr (l/h)	hr(m) P. charge	Dcal (mm)	Dn (mm)	hr(m) P. charge
Rampe	1.85	150	304	0.9	12,20	20	0.9
P/rampe	1.85	58	4256	0.175	50.1	63	0.175

VIII-7) Calcul de diamètre de la conduite d'approche (C. tertiaire)

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.05 m/s tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi V}}$$
 avec : Q : débit de la conduite considérée (m³/s) ;

V : vitesse d'écoulement (m/s).

Tableau VIII-02 : Calcul de diamètre de la conduite tertiaire

Surface ha	L(m)	Q (m ³ /s)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
1.85	30	0.0018	1.05	40	63	0.38	0.09

VIII-8) La pression d'eau à la borne de distribution

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution à 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 gouteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

Les pertes de charge de la borne jusqu'au le gouteur le plus défavorable :

Tableau VIII-03 : Récapitulatif des calculs des diamètres et pertes de charges

	La rampe	Porte rampe	Conduite tertiaire
Longueur(m)	150	58	30
Diamètre(m)	20	63	63
Débit (m ³ /s)	8.44 10 ⁻⁵	0.00118	0.00118
Pertes de charge(m)	0.9	0.18	0.09

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le gouteur le plus défavorable ;

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$\Delta h = 11.17 = 1.2 \text{ bars.}$$

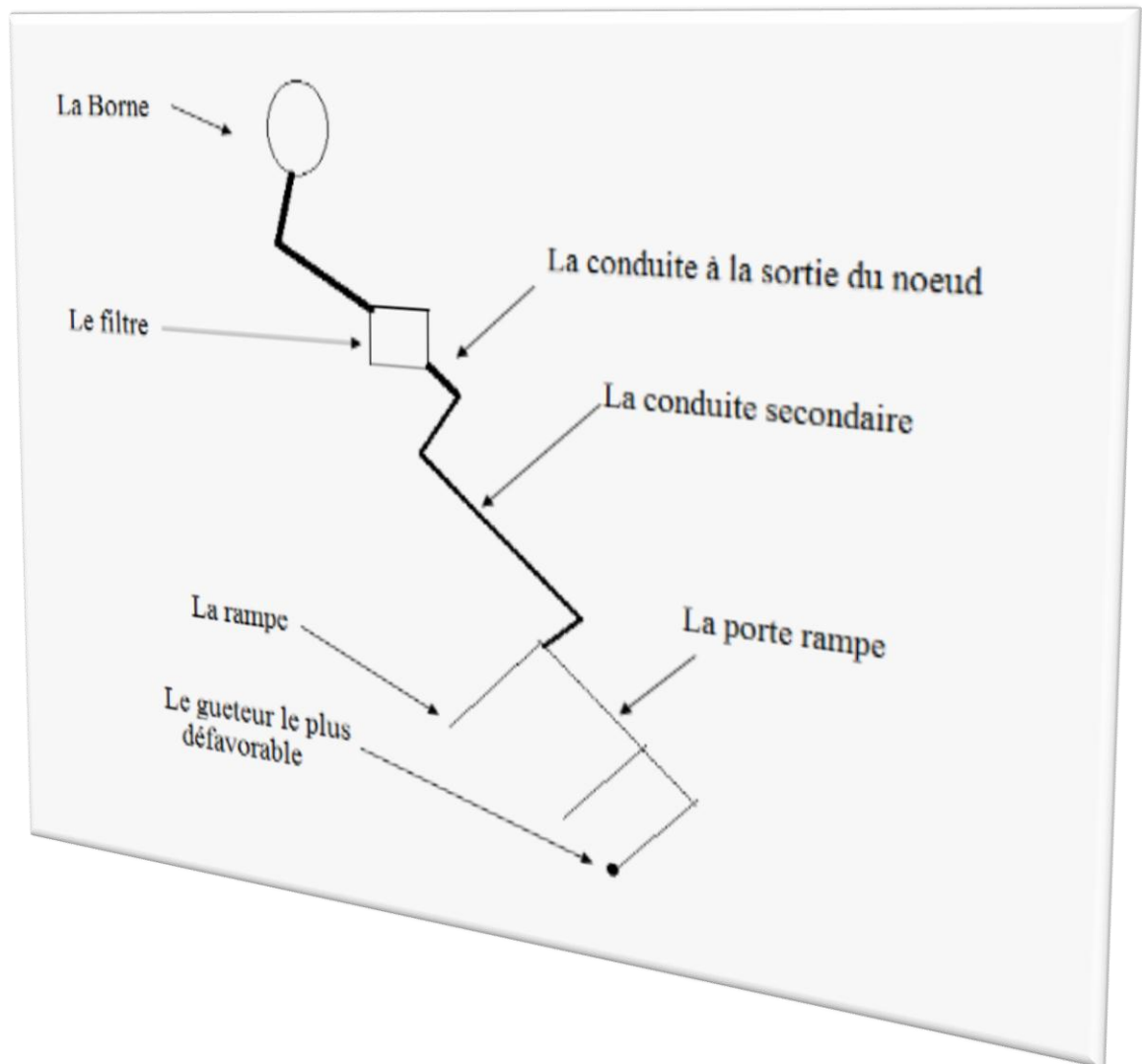


Figure VII-02 : schéma explicatif d'un réseau d'irrigation localisée.

VIII-9) Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement de l'irrigation à la parcelle, effectué par le système goutte à goutte, qui est un système le plus efficient.

Dans notre cas, nous avons dimensionné une parcelle d'agrumes. Cette culture est appréciée dans la wilaya de Constantine, mais elle est cultivée de façon extensive.

Le dimensionnement prend en considération des facteurs agronomiques et hydrauliques.

Enfin, on doit noter que le pilotage d'irrigation est nécessaire pour une bonne gestion d'un réseau d'irrigation et une utilisation rationnelle de l'eau.

Chapitre IX :
Calcul
technico-économique

Chapitre IX : Calcul technico-économique

IX-1) Introduction

L'aménagement d'un périmètre d'irrigation doit faire l'objet d'une étude économique détaillée afin de connaître l'aspect financier (gain et pertes) de ce projet. L'estimation économique du projet nous permettra d'évaluer le coût d'aménagement, en fonction des différentes charges intervenant dans le projet, à savoir les charges d'investissement et d'exploitation.

IX-2) Calcul du volume des travaux

L'organisation d'un chantier consiste à déterminer et coordonner la mise en œuvre des moyens nécessaires pour accomplir les travaux d'exécution dans les meilleures conditions possibles et les plus brefs délais.

Les étapes des différents travaux de réalisation pour un réseau d'irrigation sont :

- Implantation des tracés des tranchées sur le terrain ;
- Excavation des tranchées ;
- Pose des conduites ;
- Epreuve de joint et de canalisation ;
- Remblaiement des tranchées.

IX-2-2) Implantation des tracés des tranchées sur le terrain

On matérialise l'axe de la tranchée sur le terrain avec des jalons placés en ligne droite et espacés de 50 m. On effectue ce travail en mesurant sur le plan leurs distances par des repères fixés où des bornes. La direction des axes et leurs extrémités sont ainsi bien déterminée.

IX-2-3) Excavation des tranchées

Selon les caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement, la profondeur minimale de la tranchée à excaver atteint 2.00 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 tronçons successifs en commençant par les points hauts pour assurer un écoulement naturel des eaux d'infiltrations.

L'excavation nécessite donc la détermination de plusieurs paramètres tels que :

La profondeur de la tranchée (H), Le largeur de la tranchée (b).

IX-2-3-1) Calcul de la largeur de la tranchée

Le largeur de la tranchée sera calculée en fonction du diamètre de la conduite, on laisse a=30cm d'espace de chaque côté de la conduite.

$$b = D + 2a.$$

b : largeur de la tranchée (m) ;

D : diamètre de la conduite (m) ;

a : distance entre la conduite et le fruit de talus.

La tranchée doit être suffisamment large pour y permettre un travail aisé des ouvriers, tout en respectant les valeurs minimales autorisées, au fond, entre blindage, en respectant la règle suivante :

$$DN \leq 200 \Rightarrow \text{largeur de la tranchée} = DN + 2 \times 20 \text{ cm}$$

$$DN > 200 \Rightarrow \text{largeur de la tranchée} = DN + 2 \times 30 \text{ cm.}$$

IX-2-3-2) Calcul du volume de terrassement

IX-2-3-3) Décapage de la couche de terre végétale ou goudron

$$V_{cv} = B.h.L \text{ (m}^3\text{)}$$

Avec : B : largeur de la couche végétale (m) ;

h : hauteur de la couche (h=0.1 m) ;

L : longueur totale des tranchées (m).

Tableau IX-01 : calcul du volume de la couche végétale ou le goudron pour le réseau

\varnothing (mm)	Longueur Li(m)	largeur de la tranchée (m)	Surface découpée (m ²)
500	772	1.1	849,2
400	5735	1	5735
315	790	0.915	722,85
250	1655	0.85	1406,75
160	542	0.36	195,12
125	227	0.325	73,775
		total	8982,695

La surface à découper est égale **8983 m²**

IX-2-3-4) Calcul du volume de déblai

$$V_d = L \cdot b \cdot H$$

V_d : Volume des déblais de la tranchée en (m³) ;

L : Longueur de la tranchée en (m) ;

H : profondeur de la tranchée (m).

Tableau IX-02 : calcul du volume de déblai pour le réseau

Ø (mm)	Profondeur (m)	Longueur (m)	largeur de la tranchée (m)	Volume (m ³)
500	1.7	772	1.1	1443,64
400	1.6	5735	1	9176
315	1.5	790	0.915	1084,275
250	1.5	1655	0.85	2110,125
160	1.4	542	0.36	273,168
125	1.3	227	0.325	95,9075
volume total				14183,1155

Donc le volume total du déblai est : $V_d = 14184 \text{ m}^3$

IX-2-3-5) Calcul du volume du lit de sable

$$V_s = L \cdot b \cdot e$$

V_s : volume du sable en (m³) ;

e : épaisseur du sable, e = 10 cm

Tableau IX-01: calcul du volume de sable pour le réseau

Ø (mm)	Longueur (m)	largeur de la tranchée (m)	Volume (m ³)
500	772	1.1	84,92
400	5735	1	573,5
315	790	0.915	72,285
250	1655	0.85	140,675
160	542	0.36	19,512
125	227	0.325	7,3775
total			898,2695

Donc le volume du sable : $V_s = 899 \text{ m}^3$.

IX-2-3-6) Remblaiement des tranchées

$$V_r = V_d - [V_{cdt} + V_s]$$

Avec : V_r : Volume du remblai en (m³) ;

V_d : Volume du déblai en (m³) ;

V_{cdt} : Volume occupée par la conduite (m³) ;

V_s : Volume du lit de sable (m³).

Tableau IX-02: calcul du volume de remblai

\emptyset (mm)	Longueur (m)	volume déblai (m ³)	volume de la conduite (m ³)	volume du sable (m ³)	volume du remblai (m ³)
500	772	1443,64	151.5	84,92	1207,22
400	5735	9176	720.32	573,5	7882,18
315	790	1084,275	61.53	72,285	950,46
250	1655	2110,125	81.20	140,675	1888,25
160	542	273,168	10.89	19,512	242,766
125	227	95,9075	2.78	7,3775	85,75
				total	12256,626

Donc le volume total du remblai est : $V_r = 12257 \text{ m}^3$

IX-2-3-7) Calcul du volume excédentaire

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

Tableau IX-03 : calcul du volume excédentaire

\emptyset (mm)	Longueur (m)	volume du déblai (m ³)	volume du remblai (m ³)	volume excédentaire (m ³)
500	772	1443,64	1207,22	236,42
400	5735	9176	7882,18	1293,82
315	790	1084,275	950,46	133,815
250	1655	2110,125	1888,25	221,875
160	542	273,168	242,766	30,402
125	227	95,9075	85,75	10,1575
			total	1926,4895

Donc le volume excédentaire total est : $V_{exc} = 1927 \text{ m}^3$

IX-2-3-8) Le grillage avertisseur

Un grillage avertisseur de couleur bleu doit être posé à **30 cm** au-dessus de la génératrice supérieure des conduites d'irrigation, en couvrant et en dépassant le diamètre de **30 cm** de part et d'autre.

Tableau IX-04 : calcul du volume excédentaire

Ø PN 10 (mm)	Longueur Li(m)	Longueur de grillage (m)
500	772	772
400	5735	5735
315	790	790
250	1655	1655
160	542	542
125	227	227
	total	9721

La longueur totale du grillage avertisseur est : **9721 m**.

IX-2-3-9) Estimation de cout de pose de canalisation de l'adduction**Tableau IX-07** : Estimation du coût de pose de canalisation de l'adduction.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
déblai en terrain	m3	14184	300.00	4255200
lit de sable	m3	899	800.00	719200
remblaiement de la tranchée	m3	12257	200.00	2451400
Le grillage avertisseur	m2	9721	35.00	340235
volume de la couche végétale	m3	8983	400.00	3593200
volume excédentaire	m3	1927	200.00	385400
			TOTAL 1 (HT)	11744635
			TVA 1 (17%)	1996587,95
			Montant TTC 1	13 741 223.00

IX-3) Charge d'investissement :

Les coûts d'investissements sont ramenés à des annuités sur la base des hypothèses suivantes :

- Taux d'actualisation : 0,8 à 10 %
- Durée d'amortissement répartie comme suit :
 - 30 ans pour les conduites.
 - 15 ans pour les équipements hydromécaniques et électriques.
 - 40 ans pour les ouvrages de génie civil.

IX-3-1) Devis estimatif et quantitatif des conduites : Les coûts des conduites « (fourniture, transport, pose et terrassement.

IX-3-2) Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales**IX-3-2-1) Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation :**

Le coût des bornes d'irrigation et les différentes tâches de leurs implantations sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IX-08 : Devis estimatif et quantitatif des conduites

Diamètre (mm) [PEHD]	Longueur (m)	fourniture (DA)	Transport (DA)	pose et essai (DA)	Prix unitaire (DA/m)	Prix total (DA)
125	227	853,15	416,67	253,96	1523,78	345898,06
160	542	1015,71	416,67	286,48	1718,86	931622,12
200	590	1607,27	555,55	432,56	2595,38	1531274,2
250	1655	2096,98	555,55	530,51	3183,04	5267931,2
315	790	2735,88	555,55	822,86	4114,29	3250289,1
400	5735	4648,36	555,55	1300,98	6504,89	37305544,15
500	772	5780,37	832,33	1983,81	8596,51	6636505,72
Total						55 269 064,55

Tableau IX-09 : Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation (fourniture, transport, pose et terrassement

Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire DA	prix total DA
Borne type A (2 prise)	U	11	18500	203500
Borne type B (4 prise)	U	2	21000	42000
Fouille en terrain meuble	m ³	19,5	800	15600
Béton de classe N°3 compris coffrage	m ³	5,8	7200	41760
fourniture, transport et pose de Gravier 15/20	m ³	57,17	1800	102906
Remblaiement et compactage au tour de l'ouvrage	m ³	47,4	400	18960
Total				424 726.00

IX-3-2-2) Devis estimatif et quantitatif des vannes et chambres des vannes :

Tableau IX-10 : Devis estimatif et quantitatif des vannes (fourniture, transport et pose)

Vannes				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire (DA)	prix total (DA)
Vanne D=125mm	U	3	13150	39450
Vanne D=160mm	U	2	14000	28000
Vanne D=200mm	U	2	18000	36000
Vanne D=250mm	U	6	20300	121800
Vanne D=315mm	U	5	24000	120000
Vanne D=400mm	U	6	42800	256800
Total				602 050.00

Tableau IX-11 : Devis estimatif et quantitatif des chambres des vannes

Chambre de vanne				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire (DA)	prix total (DA)
Fouille en terrain meuble	m ³	30.30	800.00	148240.00
Béton de classe N°1 compris coffrage	m ³	22.90	4800.00	412320.00
Béton de classe N°4compis coffrage	m ³	32.00	7200.00	1411200.00
fourniture, transport et pose d'échelle typique	m ³	12.00	600.00	34200.00
fourniture, transport et pose couverture typique	U	11.00	1000.00	57000.00
Remblaiement et compactage au tour de l'ouvrage	m ³	66.00	400.00	26400.00
Total				2 089 360,00

IX-3-2-3)Devis estimatif et quantitatif des vannes et chambres des vannes :

Tableau IX-12 : Devis estimatif et quantitatif des ventouses

Ventouses				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire (DA)	prix total (DA)
Ventouse automatique	U	4	40000	160000
Fouille en terrain meuble	m ³	5,5	800	4400
Béton de classe N°1 compris coffrage	m ³	1,8	4800	8640
Béton de classe N°4compis coffrage	m ³	1	7200	7200
fourniture, transport et pose d'échelle typique	U	7	600	4200
fourniture, transport et pose couverture typique	U	5	1000	5000
Total				189 440.00

IX-3-2-4)Devis estimatif**IX-3-2-5)****IX-3-2-6)et quantitatif de vidange direct et indirect :****Tableau IX-13 : Devis estimatif et quantitatif des vidanges**

Vidange				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire (DA)	prix total (DA)
Vidange	U	5	30000	150000
Fouille en terrain meuble	m ³	4	800	3200
Béton de classe N°1 compris coffrage	m ³	1	4800	4800
Béton de classe N°4compis coffrage	m ³	1,8	7200	12960
fourniture, transport et pose de Gravier 10 cm d'épaisseur	m ³	2	1800	3600
fourniture, transport et pose d'échelle typique	U	5	600	3000
fourniture, transport et pose couverture typique	U	3	1000	3000
Remblaiement et compactage au tour de l'ouvrage	m ³	5	30000	150000
Total				180 560.00

IX-4)Devis estimatif et quantitatif du brise-vent :**Tableau IX-14 : Devis estimatif et quantitatif du-brise vent**

Brise vent				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire (DA)	prix total (DA)
Arbre	U	5080.00	200.00	1052240.00
implantation	U	37580.00	90.00	3382200.00
Total				4 434 440,00

IX-5) Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons calculé le devis estimatif et quantitatif de notre projet d'irrigation pour le périmètre de Ain Smara, avec un coût total d'environ **76 930 863,55 DA**.

Ce coût prend en considération les équipements qui sont relativement onéreux. Cependant, l'aménagement du périmètre est très rentable à long terme.

Conclusion générale

Au terme de ce mémoire, où nous avons élaboré une étude sur la réutilisation des eaux usées en irrigation, dans le périmètre d'Ain Smara, ceci à partir de la future station d'Ali Medjelli dans la wilaya de Constantine, le périmètre couvre une superficie de plus de 100 ha.

Selon les études réalisées pour ce périmètre, on peut relever les points suivants :

- La région est caractérisée par un climat semi-aride à pluviométrie insuffisante et irrégulière ce qui démontre la nécessité de l'irrigation.
- L'analyse du sol montre que le périmètre est dominé par des sols à texture limoneux-argileuse, présentant quelques potentialités de mise en valeur.
- Nous tenons compte l'aptitude cultural et l'occupation du sol, nous avons abordé le calcul des besoins en eau sur la base de la définition du bilan hydrique et ces composante.
- L'alimentation du réseau se fait sous pression à partir d'un réservoir qui collectera les eaux usées épurées de la future station.

Nous avons équipé la parcelle type par un réseau d'irrigation, goutte à goutte, cette méthode d'irrigation moderne économisent en grande partie l'eau et facilitent le travail de l'agriculteur.

Cependant, on doit insister sur le fait que les analyses des eaux usées épurées, doivent subir un contrôle de qualité systématique pour qu'elles soient aptes à être utilisées en irrigation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

FAO 1975. Les besoins en eau des cultures. Bull Fao n° 24.

13-Gobat J.M, Agrano M., Matthey W, 2010 : Le sol vivant, base de pédologie biologie des sols. Presses universitaires et romandes, EPFL, Lausanne, Suisse.

15-Hillel, D. 1988. L'eau et le sol: Principes et processus physiques. Ed Academia, 288 pages.

Tiercelin. 2006. Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris .1011p.

Ollier ch.et Poirée m. (1981). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. paris.455p.

Perrier A (1975) Étude physique de l'évapotranspiration dans les conditions naturelles. I. Evaporation et bilan d'énergie de surfaces naturelles. In Annales agronomiques. 26 (1). 1-18.

CONDOM, M.LEFEBVRE, L.VANDOME. La réutilisation des eaux usées traitées en méditerranée : retour d'expérience et aide à l'élaboration de projets, plan bleu, 11-25 (2012).

FAO. L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation, p 73 (2003).

FAO. Agriculture et rareté de l'eau : une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole. COAG/2007/7, Rome, p 15 (2017).

HARTANI T. La réutilisation des eaux usées en irrigation. Situation actuelle et perspectives. Séminaire sur les ressources en eau non conventionnelles. Alger : KLI Conseil, p 10 (1998).

HARTANI T. La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie Thème 2 Vers une gestion durable de l'irrigation : conséquences sur les options de modernisation. Projet INCO-WADEMED. Actes du séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée. Rabat, du 19 au 23 avril 2004. 11p (2004).

LAZAROVA V. ET BRISSAUD F. Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France, L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299 (2007).

MEDKOUR M. 2002. Réutilisation des eaux usées épurées. Forum de la gestion de la demande en eau : réutilisation des eaux usées. Rabat, 26 et 27 mars 2002, p 11 (2002)

Ockert, G. Expériences réalisées selon une méthode de sédimentation modifiée, pour la Détection des œufs d'helminthes, Abwasser Wasserwirtschaft Wassertechnik, 16 ; 198-201 (1966).

TEICHMANN, A. Zur Methodik des quantitativen Nachweis von Helminthenstadien in kommunalen Abwassern. [La détection des œufs d'helminthes dans les eaux usées municipales] Angewandte Parasitologie, 27 : 145-150 (1986).

Annexe 1

Campagne du 23/02/2010 :

✓ Rejet 01 :

Campagne de prélèvement		23/02/2010	
Echantillons		A1	B1
Heure de prélèvement		10h00	12h00
Paramètres analysés	Unités		
Température	°C	19	19
PH	Sans	7,51	7,24
Oxygène dissous	mg/l	0	0
Conductivité	µs/cm	2000	2020
D.C.O	mg/l	194	203
D.B.O5	mg/l	80	82
M.E.S	mg/l	100	90
Résidu sec	mg/l	342	148
NTK	mg/l	100,56	112,6
Phosphore total (P)	mg/l	11,6	12
Ammonium (NH4)	mg/l	85,5	86
Carbone organique total	mg/l	73	76

✓ Rejet 02 :

Campagne de prélèvement		23/02/2010	
Echantillons		A2	B2
Heure de prelevement		10h30	12h30
Paramètres analysés	Unités		
Température	°C	19	19
PH	Sans	7,62	7,11
Oxygène dissous	mg/l	0	0
Conductivité	µs/cm	1400	2700
D.C.O	mg/l	388	326
D.B.O5	mg/l	160	130
M.E.S	mg/l	70	80
Résidu sec	mg/l	196	152
NTK	mg/l	145,5	77,6
Phosphore total (P)	mg/l	12,8	11,4
Ammonium (NH4)	mg/l	130	55
Carbone organique total	mg/l	145	123

✓ Rejet 03 :

Campagne de prélèvement		23/02/2010	
Echantillons		C1	C2
Heure de prelevement		11h00	13h00
Paramètres analysés	Unités		
Température	°C	19	19
PH	Sans	7,28	7,02
Oxygène dissous	mg/l	0	0
Conductivité	µs/cm	1800	1700
D.C.O	mg/l	299	238
D.B.O5	mg/l	121	94
M.E.S	mg/l	90	80
Résidu sec	mg/l	274	190
NTK	mg/l	128,7	113,4
Phosphore total (P)	mg/l	12,6	11,6
Ammonium (NH4)	mg/l	76,5	66
Carbone organique total	mg/l	112	89

➤ **Campagne du 02/06/2010 :**

✓ **Rejet 01 :**

Campagne de prélèvement		02/06/2010		
Echantillons		D1	D2	D3
Heure de prelevement		10h10	13h40	18h00
Paramètres analysés	Unités			
Température	°C	19	19	19
PH	Sans	7,28	6,98	7,32
Conductivité	µs/cm	2000	1878	1926
D.C.O	mg/l	376	451	310
D.B.O5	mg/l	150	196	129
M.E.S	mg/l	240	211	200
Résidu sec	mg/l	990	1000	998
NTK	mg/l	67	58	49,23
Phosphore total (P)	mg/l	8,20	6,70	13,9
Ammonium (NH4)	mg/l	22	20,5	29,5

✓ **Rejet 02 :**

Campagne de prélèvement		02/06/2010		
Echantillons		E1	E2	E3
Heure de prelevement		10h30	13h50	18h10
Paramètres analysés	Unités			
Température	°C	19,5	19	19
PH	Sans	7,35	7,22	7,34
Conductivité	µs/cm	2300	2300	1994
D.C.O	mg/l	614	534	384
D.B.O5	mg/l	253	222	160
M.E.S	mg/l	200	197	189
Résidu sec	mg/l	800	830	790
NTK	mg/l	85	81	48
Phosphore total (P)	mg/l	12,7	9,60	14,20

Ammonium (NH ₄)	mg/l	62	58	37,50
-----------------------------	------	----	----	-------

✓ Rejet 03 :

Campagne de prélèvement		02/06/2010		
Echantillons		F1	F2	F3
Heure de prelevement		10h50	14h10	18h35
Paramètres analysés	Unités			
Température	°C	19	19	19
PH	Sans	7,48	7,30	7,37
Conductivité	µs/cm	2100	5500	1802
D.C.O	mg/l	392	310	209
D.B.O5	mg/l	159	126	86
M.E.S	mg/l	216	225	218
Résidu sec	mg/l	981	1000	900
NTK	mg/l	51	49,50	21
Phosphore total (P)	mg/l	13,10	15	3,90
Ammonium (NH ₄)	mg/l	35	36	9,80

✓ Rejet 02 :

Campagne de prélèvement		19/01/2010	
Echantillons		A2	B2
Heure de prélevement		10h30	12h30
Paramètres analysés	Unités		
Température	°C	20	20
PH	Sans	7,54	7,45
Conductivité	µs/cm	2360	2300
D.C.O	mg/l	384	408
D.B.O5	mg/l	40	220
M.E.S	mg/l	216	500
Résidu sec	mg/l	262,7	1232
NTK	mg/l	34,6	36,3
Phosphore total (P)	mg/l	4,60	7,2
Ammonium (NH ₄)	mg/l	28	29

Détergents	mg/l	12,30	8,0
------------	------	-------	-----

✓ **Rejet 03 :**

Campagne de prélèvement		19/01/2010
Echantillons		C1
Heure de prélèvement		14h30
Paramètres analysés	Unités	
Température	°C	20
PH	Sans	6,88
Conductivité	µs/cm	2520
D.C.O	mg/l	480
D.B.O5	mg/l	250
M.E.S	mg/l	2340
Résidu sec	mg/l	1584
NTK	mg/l	37,8
Phosphore total (P)	mg/l	7,2
Ammonium (NH4)	mg/l	28
Détergents	mg/l	1,95

Annexe 2

Rang	Série d'origine	Série X(mm)	Série Y(mm)	TRI(mm)	Xunion Y
1	426,2	426,2	373	373	Y
2	509	509	470	402,6	X
3	758	758	522	426,2	X
4	402,6	402,6	768	470	Y
5	470,3	470,3	717,6	470,3	X
6	535	535	472,5	472,5	Y
7	619	619	576	506	X
8	506	506	513,1	507	X
9	570	570	639,1	509	X
10	507	507	676,7	513,1	Y
11	373		648	522	Y
12	470			535	X
13	522			570	X
14	768			576	Y
15	717,6			619	X
16	472,5			639,1	Y
17	576			648	Y
18	513,1			676,7	Y
19	639,1			717,6	Y
20	676,7			758	X
21	648			768	Y

Annexe 3

7

VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL K_c EN FONCTION DU STADE DE CROISSANCE DE DIFFERENTES CULTURES ANNUELLES

Tableau n° 3

cultures annuelles	POURCENTAGE DE LA PERIODE DE CROISSANCE									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Betterave à sucre	0,45	0,50	0,70	0,90	1,05	1,15	1,25	1,25	1,15	1,10
Coton	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,00	1,00	0,90	0,700	0,60
Haricots	0,50	0,85	0,80	1,00	1,10	1,15	1,10	0,95	.80	0,70
* Mais Grains	0,45	0,55	0,65	0,80	1,00	1,05	1,05	1,02	0,95	0,85
Mais Fourrage	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	1,02	1,10	1,10	1,05	0,95
Maraichage	0,35	0,50	0,65	0,75	0,80	0,82	0,80	0,75	0,65	0,50
Melons	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	0,82	0,80	0,75	0,72	0,70
Pomme de terre	0,35	0,45	0,60	0,85	1,10	1,25	1,35	1,35	1,35	1,25
Sorgho grain	0,30	0,50	0,70	0,50	1,10	1,05	0,95	0,80	0,70	0,60
Tomates	0,45	0,45	0,50	0,65	0,85	1,00	1,02	0,95	0,85	0,75

VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL Kc POUR
LES CULTURES PERENNES

Tableau n° 5

CULTURES PERENNES	MOIS (Hemisphère Nord)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Agrumes	0.64	0.66	0.68	0.70	0.71	0.72	0.72	0.78	0.85	0.67	0.66	0.65
Arbres fruitiers à feuilles caduques	0.17	0.25	0.40	0.65	0.68	0.95	0.90	0.80	0.58	0.30	0.20	0.15
Arbres fruitiers avec couverts	0.65	0.75	0.85	0.85	1.10	1.15	1.10	1.05	0.95	0.90	0.80	0.60
Avocats	0.25	0.40	0.60	0.70	0.77	0.82	0.77	0.78	0.62	0.52	0.42	0.32
Luzerne	0.60	0.75	0.85	1.00	1.10	1.15	1.10	1.05	1.00	0.30	0.80	0.65
Prairies	0.50	0.60	0.75	0.85	0.90	0.92	0.82	0.90	0.86	0.80	0.65	0.55
Noyers	0.10	0.15	0.20	0.45	0.70	0.95	1.00	0.85	0.65	0.65	0.30	0.15
Vigne	0.20	0.25	0.30	0.50	0.70	0.80	0.80	0.75	0.65	0.50	0.35	0.20



Annexe 3

Caractéristiques hydriques de quelques sols

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement MPF	disponible HCC-EPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 5)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

Annexe 4

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_{calc} = 5-6 mm/jour

Cultures	Profondeur d'enracinement (d) m	Fraction (p) de l'eau utilisable ¹	Réserve d'eau facilement utilisable (p.Sa) mm/m ²		
			T.fin	T.moyenne	T.grosses
Luzerne	1.0-2.0	0.55	110	75	55
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	0.5-0.5	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
Carao		0.2	40	30	15
Coton	1.0-1.7	0.65	130	90	40
Cococonbre	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Daté	1.5-2.5	0.5	100	70	30
Fruitière cade.	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
Cérif. 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-onilaps		0.5	100	70	30
Melon	1.0-1.5	0.35	70	50	25
Oliver	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
Tournefort 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
lard		0.65	130	90	40
Tomate	0.7-1.5	0.4	100	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 de sol disponible (fin) (mm/m)			300	140	60

¹ Quand ET_{calc} < 3 mm/jour, augmenter les valeurs de 30 % ; quand ET_{calc} > 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), Saher et Goods (1967), Rijssen (1965), etc.

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage N° 24, Tableau 39 (nouvelle version).

Annexe 5