

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de : Hydraulique et Génie Civil

C:.....

R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master, Filière: Hydraulique

Spécialité : Ressources Hydriques

**Dimensionnement d'un périmètre d'irrigation
à partir des eaux épurées de la STEP de Sidi
Khouiled (Ouargla)**

Présenté par :

- ❖ DOUA Messaouda Imene
- ❖ NOUARI Adel

Soumis au jury composé de :

Dr ELFERGOUGUI MERYEM	MCA	UKM Ouargla	Présidente
Dr BOUAMRANE ALI	MCB	UKM Ouargla	Examineur
Dr BENLARBI Dalila	MCA	UKM Ouargla	Encadreur

Année Universitaire: 2020 / 2021

Les Abréviations

ADE : Algérienne des Eaux

DBO : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DRE : Direction des Ressources en Eau

EE : Eau Epurée

EUE : Eau usée Epurée

FAO : Food Agriculture Organisation (Organisation Mondiale de l'Alimentation et de l'Agriculture).

MES : Matières En Suspension

MRE : Ministère des Ressources en Eau

MVS : Matières Volatiles Sèches

OIE: Office International des Epizooties (Organisation Mondiale de la Santé Animale)

OMS : Organisation Mondiale de la Sante

ONA : Office National De l'Assainissement

ONM : Office National métrologique

STEP : Station d'épuration

Liste des figures

Figure I.1	Réutilisation des eaux usées épurées dans le cycle d'assainissement	5
Figure I.2	Irrigation par aspersion	11
Figure I.3	Irrigation par planche	12
Figure I.4	Alimentation des planches par siphon	12
Figure I.5	Irrigation par sillons	13
Figure I.6	Exemple d'un goutteur	14
Figure I.7	Irrigation souterraine	15
Figure II.1	Découpage administratif de la Wilaya de Ouargla	24
Figure II.2	Localisation géographique de la Daira de Sidi Khouiled	24
Figure II.3	Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.	27
Figure III.1	Situation géographique de la STEP	35
Figure III.2	Schéma de la station d'épuration de sidi khouiled (ONA ,Dywidag, 2010)	36
Figure III.3	Courbe de coefficients culturaux et définition des phases	54
Figure. IV.1	Décomposition de périmètre	87

Liste des tableaux

Tableau I.1	Ancienne pratique de l'irrigation par les eaux usées	5
Tableau I.2	Normes de rejet en Algérie (OMS)	7
Tableau II.1	Station de référence.	25
Tableau II.2	Répartition de la pluviométrie moyenne mensuelle donnée par la station de Ouargla (1997-2009).	26
Tableau II.3	Relevés des températures en ° C.	26
Tableau II.4	Répartition de L'évaporation (période : 1997-2009).	28
Tableau II.5	L'Humidité moyenne mensuelle et annuelle %	28
Tableau II.6	L'insolation moyenne mensuelle enregistrée dans la région de Ouargla entre (1997–2009)	29
Tableau II.7	Moyenne mensuelle de la vitesse des vents.	29
Tableau II.8	classification le type de climat selon Indice de Stewart.	30
Tableau III.1	Données de bases de la STEP (ONA, 2021).	37
Tableau III.2	Récapitulatif des paramètres dont dépend le calcul des besoins en eau des cultures	51
Tableau. III.3	Pluies efficace en mm	58
Tableau IV.1	Valeurs moyennes des paramètres des eaux brutes	60
Tableau IV.2	Valeurs moyennes des paramètres des eaux traitées	60
Tableau IV.3	Résultats des rendements de différents paramètres	61

Tableau IV.4	Moyenne des résultats d'analyses des eaux Entrée/Sortie de la STEP Sidi Khouiled par rapport aux normes	61
Tableau IV.5	Évapotranspiration de référence en mm / jour	66
Tableau IV.6	Besoins en eau de Coton	67
Tableau IV.7	Besoins en eau de Tabac	68
Tableau IV.8	Besoins en eau de tournesol	69
Tableau IV.9	Besoins en eau de palmiers dattier	69
Tableau IV.10	Besoins totaux en eau du périmètre	71
Tableau IV.11	Besoins annuels en m ³	72
Tableau IV.12	Caractéristiques générales du périmètre à irriguer	77
Tableau IV.13	Caractéristiques générales du réseau en irrigation localisée (Palmier)	79

Liste des Photos

Photo N° 01	Irrigation au goutte à goutte	14
Photo N° 02	Arrivée des eaux usées traitées et eaux de drainage à Sebkhath « Ome R'Neb ».	35
Photo N°03	Dégrilleur	38
Photo N°04	Dessableur	39
Photo N°05	Lagune aéré	40
Photo N°06	Aérateur	40
Photo N° 07	Bassin de finition	41
Photo N°08	La sortie des eaux épurées	41

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements, en premier lieu, à notre promoteur Dr. BENLARBI Dalila , d'abord, pour avoir acceptée de superviser ce mémoire, ensuite pour nous avoir prodigué conseils durant toute la période passée ensemble pour concevoir et élaborer ce document.

Nous la remercions surtout pour son entière disponibilité et sa patience.

Nous affirmons ici que Dr BENLARBI.D a été un promoteur exemplaire à laquelle nous voûtons toutes nos admirations et notre gratitude.

Nous adressons également des remerciements particuliers au Dr DJOUHRI.M qui nous a apporté aide et réconforts durant toute l'année.

Nos remerciements vont également aux enseignants et aux membres du jury qui feront l'honneur d'apprécier ce travail.

Des remerciements s'adressent aux personnes suivantes pour leur contribution et aide pour la réalisation de ce mémoire.

▪ *Mr BOUNACER Chef de Département qui nous à offert toutes les conditions de travail au sein de département travaux de l'Office National de l'Assainissement ;*

▪ *Mr CHETTOUH Abdeslam Responsable de station d'épuration de Sidi Khouiled & Mr MAKHLOUFI Ismail Responsable de la station d'épuration de Said Otba pour les informations qu'ils nous ont communiquées.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ma chère maman qui ma toujours soutenue et encouragée tout au long de ma vie.

A mon cher papa Allah yarahmou.

A mon mari toujours compréhensible qui me soutien aux moments les plus difficiles.

A mes très chers frères Bouzid, Abdou et Youcef.

A mes adorables enfants, Djaouad, Mohamed et ma petite princesse Meriem.

A toute la famille,

A mon binôme Adel,

A mes camarades de classe : Insaf, Hadjer, Haoua, Mounim, je vous souhaite que de la joie et la réussite.

IMENE

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect.

A mes parents pour les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard

Amor, Omhani,

A mes frères Abed al hak, Salah, Morad, Rayen

A ma Femme et mes enfants,

A mon oncle Cherif Nouari , Shanfar Bouzid,

A mes soeurs SR, HR, LA, SD

A mes amis Walid, Faouzi, Adel,

Douad, Sid ali, Sif al islam, Djoudi,

daas Sofiane, Mahdi,

A ma nièce Nada,

A toute ma famille.

ADEL

Sommaire

Les Abréviations

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Liste des Photos

Remerciements

Dédicaces

Introduction Générale..... 1

Chapitre I :

1. Réutilisation des eaux usées :	4
Introduction :	4
1.1 Historique de l'utilisation des eaux usées.....	4
1.2. Origine des eaux entrant en station d'épuration	6
1.2.1 Eaux usées domestiques:	6
1.2.2 Eaux usées industrielles :.....	6
1.2.3 Eaux de ruissellement. :.....	6
1.3. Conditions de rejet:.....	6
1.4. Les principaux paramètres de pollution :	7
1.4 .1 Les paramètres physiques :.....	7
a) La température :.....	7
b) La conductivité:.....	8
c) les Matières en suspension (MES):	8
d) Les matières volatiles sèches (MVS) :	8
e) La couleur et l'odeur :	8
f) La turbidité:	8
1.4.2. Les paramètres chimiques :	8
a) Le pH (potentiel hydrogène) :	8
b) Demande biologique en oxygène en 5 jours (DBO5) :	8
c) Demande chimique en oxygène (DCO) :	9
d) Relation entre DCO et DBO ₅ :.....	9
e) Eléments toxiques :	9

f) Les nutriments (Azote, phosphore) :	9
1.5. Conséquences sur le milieu récepteur :	9
2. Généralités sur les différentes techniques d'irrigation :	10
Généralités :	10
2.1. Différents technique d'arrosages :	10
2.1.1 Irrigation par aspersion	10
2.1.2. L'irrigation de surface (ruissellement)	11
a) Irrigation par planches	11
b) Irrigation par bassins	12
c) Irrigation par sillons/à la raie	13
2.1.3. L'irrigation au goutte à goutte	14
2.1.4. L'irrigation souterraine	15
2.2. Choix de la technique d'irrigation	16
3. Généralités sur les cultures choisies :	16
Introduction	16
3.1. Description générale sur la plante Tournesol :	17
3.2. Description générale sur la plante Coton :	17
3.3. Description générale sur la plante Tabac :	18
3.4. Description générale sur la plante Palmier :	19
Conclusion :	20

CHAPITRE II

Introduction	23
II.1.Situation géographique	23
II.1.1.Localisation géographique de la wilaya de Ouargla	23
II.1.2.Localisation géographique de la commune de Sidi Khouiled	24
II.1.3.Position de la cuvette de Ouargla par rapport aux sous bassins versant du Sahara Septentrional:	25
II.2.Données naturelles du site	25
II.2.1.relief	25
II.2.2.Sismicité :	25
II.3.Situation climatologique :	25
II .3.1.Pluviométrie:	26
II.3.2. Températures :	26

II.3.3 Diagramme ombrothermique de GAUSSEN :	27
II.3.4 L'évaporation:	27
II.3.5 Humidité relative de l'air:	28
II.3.6- Insolation :	29
II.3.7 Vitesse du vent :	29
II.3.8 Climagramme d'Emberger :	30
II. 4.Géologie et géotechnique.....	30
II.4.1 Géologie.....	30
II.4.2 Contexte géotechnique.....	31
II.5 Hydrogéologie.....	32
II.6 Topographie :	32
Conclusion :	32

CHAPITRE III

Introduction :	34
III.1 Etude des performances épuratoires de la STEP :	34
III.1.1 Collecte de données sur le réseau d'assainissement :	34
III.1.2 Site expérimental :	35
III.1.3 Schéma de la Step de Sidi Khouiled :	37
III.1.3.1 Regard de dégazage :	38
III.1.3.2 Prétraitement :	38
a) Dégrillage :	38
b) Dessablage :	39
c) Lagunes aérées et de finition :	39
d) Lits de séchage :	41
III.1.4. Mesures-Echantillonnage :	42
III.1.5. Analyses physico-chimique des eaux usées :	42
III.1.5.1. Les Méthodes d'analyses :	42
1. Le pH et température	42
2. Mesure de la conductivité électrique	43
3. Détermination de l'azote ammoniacal.....	43
4. Détermination des nitreux NO_2^- et l'azote nitrique NO_3^- par analyse en flux continu (CFA).....	44
5. Détermination des phosphates :	45

6. Détermination des matières en suspension par filtration sur filtre en fibres de verre (pour l'eau épurée).....	45
7. détermination des matières en suspension par centrifugation	46
8. Détermination des matières volatiles en suspension	47
9. Détermination de la DCO	48
10. Détermination de la demande biochimique en oxygène la DBO5	50
Conclusion :.....	50
III.2 Evaluation des besoins en eau des cultures :	51
Introduction	51
III.2.1 Considérations Générales	51
III.2.2 Paramètres influençant la détermination des besoins en eau :.....	52
a) Influence des caractéristiques de la plante	52
b) Influence des facteurs climatiques	52
c) Influence des facteurs pédologiques	52
III.2.3 Comment déterminer les besoins en eau des cultures ?.....	53
III.2.4 Choix du coefficient cultural (kc).....	53
III.2.5. Méthodes d'évaluation de l'Evapotranspiration :	54
a) Estimation de ET0 selon la formule de Blaney et Criddle	55
b) Estimation de ET0 selon la formule de Turc.....	55
c) Estimation de ET0 selon la formule de Thornthwaite.....	55
d) Estimation de ET0 selon la formule de Penman-Monteith :	56
III.2.6 La Pluie Efficace (Pe) :.....	58
Conclusion	58
CHAPITRE IV:	
Introduction :	60
IV.1. Les résultats des Analyses physico-chimiques :	60
IV.1.1 Les résultats :.....	60
IV.1.2 Interprétation des résultats :	62
1) La Demande Chimique en Oxygène :	62
2) La Demande Biologique en Oxygène:	63
3) Les matières en suspension	63
4) La Température	63
5) La Salinité	63
6) La Conductivité	63

7) Le PH.....	64
8) Matières azotées	64
Conclusion :.....	64
IV.2. Présentation des besoins en Eau des cultures:	65
Introduction :	65
IV.2.1 présentation du logiciel Climwat et Cropwat	65
III.2.2. Résultats de calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures d'assolement :.....	65
III.2.2.1. Besoins en eau de Coton :	67
III.2.2.2 Besoins en eau de Tabac :	68
III.2.2.3. Besoins en eau de tournesol :	69
III.2.2.4. Besoins en eau de palmiers dattiers :	69
III.2.3. Approvisionnement en Eau du Périmètre à irriguer:	70
III.2.4. Calcul du débit maximum journalier (débit caractéristique)	72
III.2.5 Dimensionnement du réseau d'irrigation localisée.....	73
III.2.5.1 Données générales	73
III.2.5.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	73
a) Influence du taux de couverture du sol	73
b) Réserve facilement utilisable RFU	74
c) Pourcentage de sol humidifié	75
d) Dose nette	75
e) Dose brute	75
f) Fréquence d'arrosage	76
g) La durée d'arrosage	76
III.2.5.3. Choix des goutteurs dans la zone d'étude et la densité des cultures	76
a) Le nombre des rampes.....	76
b) Le nombre d'arbre par rampe.....	77
c) Nombre des goutteurs par rampe :	77
d) Débit de la rampe et le diamètre.....	77
III.2.5.4 La conduite principale (réservoir-périmètre).....	80
Conclusion du chapitre IV:.....	81
CONCLUSION GENERALE	82
Références Bibliographiques :	
Liste des Annexes	

Introduction Générale

L'eau a été apprivoisée par l'homme et sa maîtrise a permis l'irrigation des surfaces agricoles, la fabrication de produits industriels, la production de l'électricité. Cependant son exploitation est effrénée et sa pollution expose l'humanité au danger.

En raison de la rareté croissante des ressources naturelles en eau conventionnelle et étant donné la concurrence entre les secteurs du développement économique de point de vue demandes en eau, la valorisation des eaux usées traitées est considérée comme une composante essentielle dans la politique de gestion intégrée des ressources hydriques. Cependant, pour qu'elle soit inscrite dans un cadre de développement durable, la mise en valeur de la réutilisation de ces eaux exige une étude prudente et intégrée qui tien compte surtout des aspects environnementaux.

Cependant, ces eaux usées véhiculent des pollutions qui posent des problèmes de santé publique, de conservation des sols et de protection de l'environnement, qui ne doivent être ni exagérés ni sous-estimés.

Les ressources en eau en Algérie sont limitées, d'où la nécessité de se pencher vers l'épuration des eaux usées pour leur réutilisation dans certains domaines comme l'agriculture et l'industrie.

Aussi, dans un pays semi- aride comme l'Algérie, où l'eau constitue un élément précieux, il est indispensable de :

- Protéger le peu des eaux souterraines qui existent encore, contre toutes contaminations surtout par les eaux usées.
- Traiter les eaux usées épurées avant leur rejet au milieu récepteur.
- Procéder à la réutilisation des eaux épurées.

Dans ce cadre et pour exploiter les eaux épurées de la station d'épuration de Sidi Khouiled de la Wilaya de Ouargla, on a mené cette étude sur un périmètre d'une superficie de **2Ha**, localisé dans la région de **Sidi Khouiled** situé dans la wilaya de **OUARGLA**. Il s'agit de concevoir un réseau d'irrigation sur ce périmètre en utilisant les eaux épurées de la Step

Pour ce travail on va étudié en premier lieu la qualité des eaux épurées de la station d'épuration de **Sidi Khouiled** en déterminant le pouvoir épuratoire de

cette dernière, puis le dimensionnement du réseau d'irrigation des cultures proposées et pour ce faire on va suivre le plan de travail suivant :

- Le premier chapitre, Partie recherche bibliographie où on a donné un aperçu général sur la réutilisation des eaux usées et les techniques d'irrigation ainsi quelques caractéristiques des cultures choisies.
- Dans le deuxième chapitre, Présentation du site (Cuvette de Ouargla , Commune Sidi Khouiled et la Step de Sidi Khouiled).
- Dans le troisième chapitre, on présente le matériel et les méthodes utilisés.
- Dans le quatrième chapitre, sera pour l'interprétation des résultats et discussion.

Chapitre I: Recherche Bibliographique

1. Réutilisation des eaux usées :

Introduction :

Les eaux usées quelle que soit leur origine, sont généralement chargées en éléments indésirables, qui selon leur quantité et selon leur composition, représentent un danger réel pour les milieux récepteurs ou leurs utilisateurs. L'élimination de ces éléments toxiques exige de concevoir une chaîne de traitement.

Toute fois, avant de concevoir tout procédé d'épuration, il est impératif de caractériser l'effluent à traiter, qualitativement et quantitativement.

Les eaux résiduaires et industrielles urbaines, contiennent de nombreuses substances avec des titres différents qui peuvent constituer des dangers de diverses natures pour leur utilisateur et les milieux récepteurs.

L'élimination de tous ou une partie de ces éléments constitutifs des eaux résiduaires est imposée par l'amointrissement des risques de nuisance associés à l'évacuation de ces éléments vers le milieu récepteur. [1]

1.1 Historique de l'utilisation des eaux usées

La raréfaction des ressources en eau et la dégradation de leur qualité est un défi majeur pour le XXI^e siècle. La France, qui possède des réserves en eau importantes, semble favorisée. Cependant, de même que la plupart des pays industrialisés, elle consomme beaucoup d'eau, et la qualité de ses rivières et de ses nappes phréatiques n'est pas toujours bonne. Afin de préserver la qualité des masses d'eau et pour diminuer les prélèvements dans le milieu naturel, il convient de chercher des approvisionnements alternatifs. La réutilisation des eaux usées épurées, ou REUE, peut constituer l'un de ces approvisionnements. [1]

La REUE recouvre deux notions complémentaires : le traitement puis la réutilisation proprement dite d'eaux usées. Les eaux usées sont les eaux rejetées par les collectivités et les industries et qui sont acheminées par les égouts en station d'épuration afin d'être traitées. Après traitement, on les appelle des eaux usées épurées. Dans le cycle d'assainissement de l'eau « classique », celles-ci sont rejetées dans le milieu naturel. La REUE propose de récupérer directement ces eaux usées épurées, de les traiter éventuellement une nouvelle fois et de s'en servir pour toutes sortes d'usages. On constate (figure I. 1) que la REUE agit à deux niveaux : premièrement elle évite les rejets d'eaux issues des stations

d'épuration dans le milieu naturel, et deuxièmement, elle constitue un approvisionnement supplémentaire. En quelque sorte, le cycle d'assainissement de l'eau est « court-circuité ».

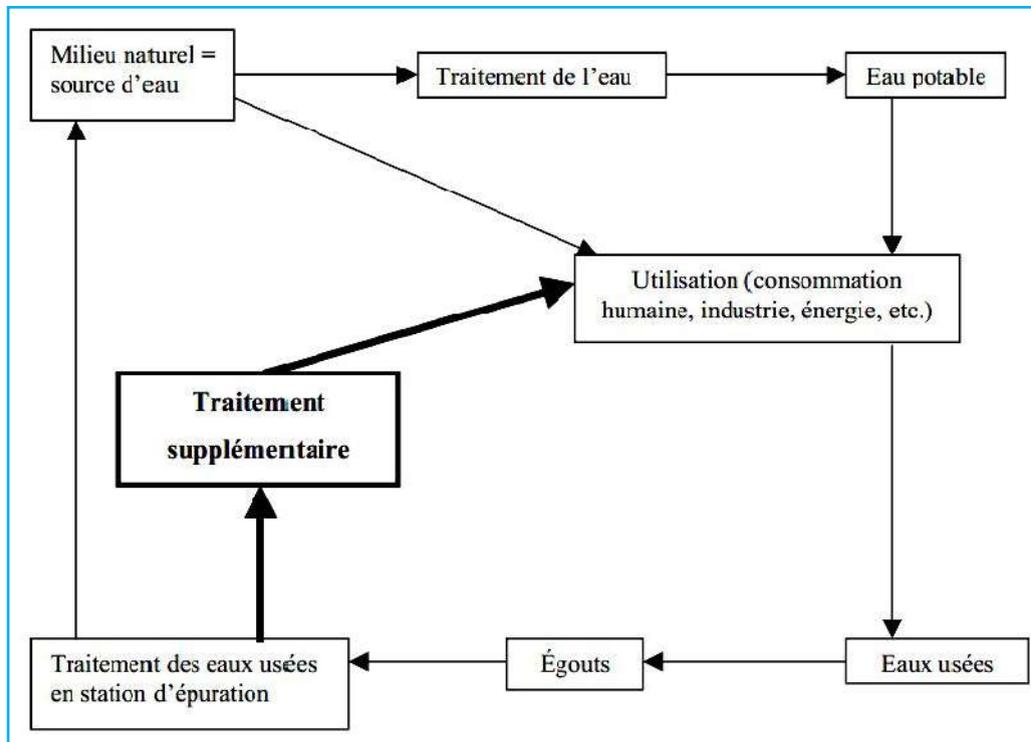


Figure I.1 : Réutilisation des eaux usées épurées dans le cycle d'assainissement

Tableau I-1 : Ancienne pratique de l'irrigation par les eaux usées

Année	Surface	Volume d'eaux usées
1904	5100 ha	200 Mm ³ /n
1950	5000 ha	100 Mm ³ /an
1980	2010 ha	40 Mm ³ /an

D'après le Tableau I.1, l'épuration et la réutilisation des eaux usées ont été pratiquées en Australie depuis 1880 avec l'adoption pour des raisons sanitaires à Adélaïde (Australie du Sud) de l'épandage des eaux usées sur des pâturages et des cultures maraîchères. En 1936 cette pratique a été arrêtée à la suite de maladies. Dans les années 1950 et 1960, la réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage des golfs et espaces verts s'est développée suivant les opportunités et en 1993 elle a été encouragée par le gouvernement de l'Etat qui l'a réglementée dans la loi pour la Protection de l'Environnement de 1995. [1]

1.2. Origine des eaux entrant en station d'épuration

1.2.1 Eaux usées domestiques:

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau, elles sont essentiellement porteuses de pollution organique, elles se répartissent en eaux "ménagères", qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques et en eaux "vannes" ; il s'agit des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

1.2.2 Eaux usées industrielles :

Les eaux usées industrielles sont celles qui proviennent des diverses usines de fabrication ou de transformation, elles peuvent contenir des substances organiques ou minérales corrosives, substances odorantes, et colorées, et parfois toxiques et peuvent rompre l'équilibre écologique des milieux récepteurs.

Les eaux évacuées par les industries sont :

- Les eaux de fabrication qui dépendent de la nature de l'industrie,
- Les eaux de lavage des machines,
- Les eaux de refroidissement qui dépendent du taux de recyclage.

1.2.3 Eaux de ruissellement. :

Ces eaux proviennent des eaux de pluie, des eaux de lavages des routes et des eaux de drainage.

Elles peuvent contenir des sables, des limons, des argiles, des hydrocarbures, des huiles et des fertilisants agricoles.

Elles peuvent constituer la cause des pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses.

L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...).

En outre, lorsque le système d'assainissement est dit "unitaire", les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques en cas de fortes précipitations.

1.3. Conditions de rejet:

Les normes de rejet sont très variables. Les paramètres de pollution sont plus nombreux que pour les eaux résiduaires usées et sont spécifiques des industries.

Les exigences des législations concernant des paramètres spécifiques

(hydrocarbures, métaux lourds, F⁻, CN⁻.) dépendent de méthodes de mesure différente et sont de sévérité inégale suivant les pays.

Les effluents peuvent être rejetés directement dans le milieu naturel ou dans des réseaux d'assainissement urbains aboutissant à des stations biologiques dont ils ne doivent pas le perturber le fonctionnement si l'usage courant implique des limitations de concentrations dans l'effluent.

On considère aussi des moyennes mensuelles et des maximaux journaliers. Parfois certaines tolérances sont prévues dans l'application des normes si leur application stricte conduit à une impossibilité économique. De toute façon, les normes doivent tenir compte des sensibilités des méthodes de dosage et des possibilités techniques de traitement.

Les normes appliquées en Algérie préconisent une épuration correspondant (OMS). Tableau I.2

Tableau I.2 : Normes de rejet en Algérie (OMS)

Paramètres	Valeurs	Unités
DBO₅	30-40	mg/l
DCO	90-120	mg/l
MES	30	mg/l
PH	5,5-8,5	-
Azote total	50	mg/l
Huiles et graisses	20	mg/l
Température	30	°C
Phosphates	2	mg/l
Détergents	1	mg/l

1.4. Les principaux paramètres de pollution :

1.4 .1 Les paramètres physiques :

a) La température :

La température est un paramètre dont le contrôle est indispensable surtout en présence d'effluents industriels.

C'est un paramètre important pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration dans la mesure où il peut influencer de différentes manières sur la solubilité des sels et des gaz.

Il est établi que la solubilité d'un gaz diminue avec l'augmentation de la

température. Ce phénomène est particulièrement important dans le cas de l'oxygène dissous.

Aussi, plus l'eau est chaude, plus la concentration de saturation de l'oxygène devra diminuer, ce qui conduit à la diminution de la réserve d'oxygène mis à la disposition des micro-organismes intervenants dans les processus d'autoépuration, la multiplication des micro-organismes, affectant ainsi l'épuration biologique.

b) La conductivité:

Elle donne une idée sur la salinité de l'eau des variations de cette dernière peuvent influencer le traitement biologique et la décantation.

c) les Matières en suspension (MES):

Elles représentent la partie solide de la pollution, les MES est la pollution non dissoute, la plus facile à éliminer.

d) Les matières volatiles sèches (MVS) :

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles constituent environ **70-80 %** de MES.

e) La couleur et l'odeur :

Dans les eaux usées brutes la couleur est due à la présence de matières organiques dissoutes ou colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés.

L'odeur est due à une fermentation des matières organiques.

f) La turbidité:

Elle tient compte de la présence plus ou moins importante des matières en suspension d'origine minérale ou organique.

1.4.2. Les paramètres chimiques :

a) Le pH (potentiel hydrogène) :

Le pH joue un rôle capital dans le traitement biologique .il exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. Ce paramètre joue un rôle primordial:

- Dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité),
- Dans les processus biologiques, dont certains exigent des limites de pH très étroites situant entre 6,5 et 8,5.

b) Demande biologique en oxygène en 5 jours (DBO5) :

Consommation d'oxygène en **5 jours** à **20°C**, à l'obscurité, résultant de la métabolisation de la pollution biodégradable par les microorganismes de contamination banale des eaux. Ces matières sont de nature dissoute ou particulières.

Elle représente la fraction biodégradable de la DCO.

Les charges en DBO apportées par les eaux brutes par jour et par habitant sont estimées suivant le type de réseau comme suit:

- Réseau séparatif 54g/hab./j,
- Réseau pseudo-séparatif 60g/hab./j,
- Réseau unitaire 74g/hab./j.

c) Demande chimique en oxygène (DCO) :

Consommation d'oxygène dans les conditions d'une réaction d'oxydation, en milieu sulfurique, à chaud et en présence de catalyseur, par les matières oxydables de l'eau. Ces matières oxydables sont dissoutes ou particulaires et de nature minérale ou organique.

d) Relation entre DCO et DBO₅ :

Le rapport **DCO/DBO₅** donne une estimation de la biodégradabilité des eaux usées.

La notion de la biodégradabilité représente la capacité d'une substance ou son aptitude à être décomposée par les micro-organismes (bactérie champignons) :

- Si $DCO/DBO_5 < 2$: Le traitement se fait biologiquement.
- Si $2 < DCO/DBO_5 < 3$: Le traitement biologique avec adaptation de souches.
- Si $DCO/DBO_5 > 3$: Traitement physico-chimique, l'eau est pratiquement non traitable par voie biologique.

e) Eléments toxiques :

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

f) Les nutriments (Azote, phosphore) :

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

1.5. Conséquences sur le milieu récepteur :

Le rejet des eaux usées brutes perturbe l'équilibre du milieu récepteur, la quantité de pollution rejetée est devenu incompatible avec les capacités d'autoépuration des cours d'eau et provoque des conséquences néfastes telle que :

- La dégradation du milieu naturel,
- La pollution des mers, des lacs et des cours d'eau,
- Le risque de contamination des eaux souterraines.

2. Généralités sur les différentes techniques d'irrigation :

Généralités :

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de rafraîchir le sol et l'atmosphère, on a recours à ce moyen pour la croissance ou le développement végétatif des cultures lorsque les précipitations sont insuffisantes, l'irrigation serait nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures et pour garantir un rendement optimum de ces derniers.

Il existe actuellement plusieurs méthodes d'irrigation pour la desserte en eau des cultures. Chaque méthode présente en même temps des avantages et des désavantages, qui doivent être pris en considération lors de la sélection de la méthode qui s'adapte le mieux aux conditions locales et la manière de répartition de l'eau sur le sol de façon à ce que les plantes tirent le maximum du profit et assurent la rentabilité finale de l'opération.

2.1. Différents technique d'arrosages :

Les quatre techniques les plus couramment utilisées sont:

- L'irrigation par aspersion
- L'irrigation de surface (ruissellement)
- L'irrigation au goutte à goutte
- L'irrigation par infiltration. [3]

2.1.1 Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion s'est rapidement développée dans les régions arides et semi arides.

L'eau est transportée dans des réseaux de conduites sous pression puis délivrée au niveau de la parcelle par des bornes qui régulent la pression et le débit. L'eau est ensuite dirigée dans d'autres conduites qui alimentent sous pression des asperseurs qui répandent l'eau en pluie. (Figure I.2)

Il existe deux types d'irrigation par aspersion. L'aspersion traditionnelle et l'aspersion mécanisée.[3]



Figure I.2 : Irrigation par aspersion

❖ **Avantages**

- Bonne adaptation à tous les types de sol.
- Possibilités de réaliser des installations mobiles, susceptible de déplacer suivant de la nature des cultures, ce qui facilite la rotation culturales.
- Possibilité de contrôle précis des doses appliquées et possibilité à l'automatisation.
- Possibilité de réaliser des arrosages à faible dose et à cadence rapide.

❖ **Inconvénients**

- Coût d'investissement élevé.
- Dépense énergétique élevée.
- Difficultés d'utilisation et efficacité réduite en régions ventées.
- Ne convient pas aux eaux salées sur beaucoup de cultures (risque de brûlure du feuillage ou de dépôts inesthétiques sur les fruits).

2.1.2. L'irrigation de surface (ruissellement)

L'irrigation de surface ou irrigation gravitaire consiste à répartir l'eau directement sur la parcelle cultivée par ruissellement sur le sol dans des sillons (méthode d'irrigation à la raie), par nappe (on parle d'irrigation par planche ou calant) ou encore par submersion contrôlée (irrigation par bassin). Il s'agit du mode d'irrigation le plus ancien (et donc assez rudimentaire) mais il est peu coûteux en investissement et il s'agit de la méthode la plus utilisée à travers le monde.[3]

a) Irrigation par planches

L'irrigation par planches est contrôlée par la méthode de submersion superficielle, la surface est divisée en bandes séparées par des digues parallèles, et chacune est irriguée séparément. (Figure I.3)

L'alimentation en eau des planches est faite de plusieurs façons : soit à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal d'amenée et équipées d'une vannette, soit par des siphons, ou bien par des tuyaux d'alimentation passant à travers les berges du canal d'amenée. La lame d'eau introduite ruisselle en descendant la pente de la planche.



Figure I.3 : Irrigation par planche

b) Irrigation par bassins

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, à fond à peu près plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou levées. Ces levées sont conçues pour empêcher le passage de l'eau aux champs adjacents. Cette technique est utilisée, d'une façon générale, pour l'irrigation des rizières sur terrain plat, ou des terrasses à flanc de coteau. (Figure I.4)



Figure I.4 : Alimentation des planches par siphon

Cette technique d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent tolérer la submersion par les eaux pour une longue durée (12-24 heures).[3]

c) Irrigation par sillons/à la raie

Les sillons sont des petites rigoles en terre, aménagées dans le sens de la pente du terrain, pour transporter l'eau entre les rangées de cultures. L'eau s'infiltré dans le sol, principalement par les côtés du sillon, tout le long de son trajet dans le sens de la pente du terrain.



Figure 1.5 : Irrigation par sillons

Cette technique est valable pour l'irrigation de toutes les cultures en lignes et pour toutes les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux de leur feuillage ou de leur collet pour une longue durée (12-24 heures).

❖ **Avantages**

- Coût d'investissement relativement faible.
- Besoins en énergie faibles ou nuls.
- Insensibilité au vent.
- Bonne adaptation à d'eaux usées.
- Les végétaux ne sont pas mouillés ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire.
- Possibilité d'utilisation d'eau salée (en pratiquant le lessivage du sol).

❖ **Inconvénients**

- Besoins importants en main d'œuvre.
- Inadaptation aux sols très filtrants.
- Planage nécessaire des parcelles qui donne une surface consommée par les canaux et rigoles.
- Pertes d'eau importante c'est-à-dire efficacité d'arrosage faible.

2.1.3. L'irrigation au goutte à goutte

La micro irrigation (ou irrigation localisée) est une expression qui caractérise un certain nombre de techniques nouvelles (en particulier et principalement l'irrigation dite goutte à goutte) qui ont en commun les caractéristiques suivantes :

- Une alimentation en eau à proximité immédiate du système racinaire des plantes cultivées.
- L'utilisation souvent répétée et, à la limite, continu de faibles débits instantanés.
- La limitation de la surface humectée du sol à ce qui semble strictement nécessaire, à l'exclusion de la portion du sol qui ne porte pas de plantes.

La disposition de principe de l'arrosage localisé est la suivante :

Une conduite principale (alimentée sous faible pression), alimente plusieurs lignes secondaires (rampes) qui sont ou disposées au fond de rigoles très peu profondes tracées parallèlement aux rangées de plantation ou posées simplement sur le sol, en même suspendues au palissage.

Ces rampes sont perforées ou poreuses ou bien comportent des orifices dont l'espacement adopté dépend de la plantation. Ces orifices comportent un ajutage calibré avec brise-jet qui est désigné sous le nom de goutteurs et dont il existe différentes conceptions.[1]



Photo I.1: Irrigation au goutte à goutte [Hafsi.M et Boudjema.S(2020)]



Figure I.6 : Exemple d'un goutteur

❖ **Avantage :**

- Excellent rendement des cultures.
- Excellente 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 :**

- Le colmatage des ajutages par des débris physiques, des éléments chimiques et du matériel biologiques.
- La limitation du volume de sol mouillé pourrait entraîner un stress hydrique pour la culture dans le cas de dysfonctionnement de l'installation d'irrigation
- L'installation du système requiert une attention toute particulière.[4]

2.1.4. L'irrigation souterraine

L'irrigation souterraine peut être définie comme l'action de fournir l'eau aux plantes en dessous de la surface du sol, en maintenant une nappe d'eau artificiellement élevée, de façon à maintenir la meilleure combinaison d'eau et d'air dans la zone des racines pour des rendements maximaux .L'irrigation souterraine peut se faire à l'aide de tuyaux perforés enterrés ou de canaux ouverts. [4] (Figure I. 7)

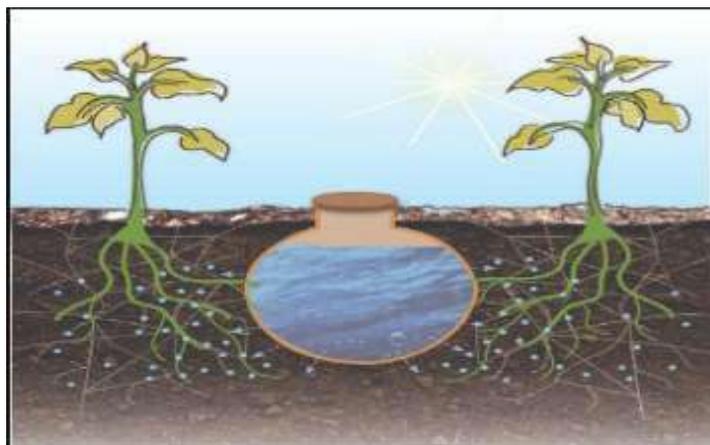


Figure I.7 : Irrigation souterraine

❖ **Avantages**

- 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.

2.2. Choix de la technique d'irrigation

Le choix d'une technique d'irrigation repose sur un ensemble de critères et de contraintes qui ont été étudiées par HLAVEK(1995) :

- Topographie (pente du terrain, relief, géométrie de la parcelle).
- Ressource en eau (quantité, qualité, débit dont on dispose).
- Nature du sol (perméabilité).
- Facteurs sociologiques et culturels.
- Facteurs économiques.
- Rentabilité de l'opération.

On ne doit pas considérer chacun de ces critères de manière isolée. Au contraire, il faut en avoir une vision globale afin de mieux évaluer les potentialités d'irrigation d'un site ou d'une région donnée. Pour mieux aider à conduire le choix, il est proposé au préalable, un examen des avantages et des inconvénients de chacun des grands types de techniques d'irrigation.

3. Généralités sur les cultures choisies :

Introduction

Les eaux usées sont beaucoup utilisées dans le domaine de l'agriculture et ont donné de bons rendements. Seulement les habitants de Ouargla comme partout ailleurs en Algérie n'acceptent encore l'idée de la consommation directe des cultures irriguées avec les eaux épurées. On a donc opté dans ce travail pour des cultures dont on pourra extraire des huiles pour diverses utilisations

comme Tournesol et d'autres cultures comme Cotton, Tabac, et palmier dattier qui ne sont pas destinés à la consommation directe.

3.1. Description générale sur la plante Tournesol :

Définition :

Le tournesol est une plante annuelle de la famille des composées et originaire du Pérou. La plante est à port dressé, à tige unique ou peu ramifié, d'une hauteur variant de 1 à 1.2m, les fleurs jaunes sont groupées en capitule à l'extrémité de la tige. Les graines portées sont ovales, aplaties, de couleur noire ou grise. [3]

Utilisation :

Le tournesol à plusieurs utilisations :

Alimentation humaine et animale ; Agro-carburant ; Isolant thermique ; Hyper-accumulateur ; Chimie, Plante auxiliaire, plante ornementale. [3] [4]

Type de sol : Le tournesol s'adapte à tous les types de sol, préférant les sols argilo-sableux, frais et profond. [3]

L'assolement préconisé est du type quadriennal :

- Blé dur/tournesol/blé tendre/bersim
- Betterave/légumineuse alimentaire/tournesol/blé dur

Besoin en Eau : Les besoins optimums en eau du tournesol sont : [4]

- 160-180mm au stade bouton floral de diamètre 3cm
- 70mm au stade début à fin floraison
- 200-230mm en phase remplissage du grain

Semis : En fonction des bassins de production et des conditions pédoclimatiques de l'année, le semis est réalisé le début avril. Une variété précoce sera **récoltée**, en moyenne, entre le 20 et le 25 août. Une variété mi-précoce sera **récoltée** entre le 25 août et le 04 septembre. Dans certains cas, le semis s'effectue entre février et début mars

3.2. Description générale sur la plante Coton :

Définition :

Le cotonnier est une plante pérenne qui se développe sous des climats tropicaux ou subtropicaux arides, il est présent sur les cinq continents avec des variétés différentes ainsi que des pratiques culturales. Il a besoin de chaleur, de soleil et d'eau.[6]

Le cotonnier est une plante particulièrement fragile qui a de grands besoins en éléments nutritifs et son système racinaire particulièrement développé (sa longueur peut parfois atteindre le double de la hauteur de la plante). La hauteur est de 1, 3m.

Les feuilles du cotonnier sont palmées. Elles mesurent entre 12cm et 15 cm de long et de large et sont implantées en spirale tous les 5cm à 8 cm, le long de la tige principale.

Utilisation :

Avec *la fibre*, les plus beaux cotons sont généralement destinés aux produits de luxe et à la bonneterie.

Avec *du duvet*, divers usages sont réservés au duvet comme la fabrication de la cellulose, des vernis, des feutres, des papiers fins, des matelas et des tapisseries.

Avec *les amandes de la graine* qui est riche en huile et protéine en les pressant, on obtient l'huile de coton (le gossypol est éliminé), une huile alimentaire de bonne qualité, pratiquement sans odeur, riche en acides gras polyinsaturés et sans cholestérol. Elle constitue la sixième huile végétale au monde.[8]

Type de sol : le cotonnier requiert une terre riche (limoneuse ou argilo-sableuse) dans laquelle il puisse enfoncer profondément ses racines à fort pivot et se développer ainsi dans les meilleures conditions.

Besoin en Eau : La plante a besoin de chaleur et de beaucoup d'eau (7000 à 9000 m³/ha) qui peuvent lui être fournies naturellement au travers des pluies ou de l'irrigation. [6]

Semis : Les premières feuilles apparaissent entre une semaine et un mois après le semis. La floraison apparaît après un mois et demi à deux mois et se poursuit régulièrement sur plusieurs semaines. La récolte se fait une fois le coton arrivé à maturité, entre 6 et 9 mois après le semis.[7]

Plantation début Mars et la récolte sera mi-Septembre.

3.3. Description générale sur la plante Tabac :

Définition :

La culture du Tabac consiste à produire les feuilles et non des fleurs ou des fruits. Les graines seront placées en Mars, en Mai-Juin, la plantation s'effectue en plein champ avec un apport d'engrais localisé et la pose d'un goutte à goutte.

La croissance est rapide et importante, en deux mois seulement il atteint 1,20m.[9].

Plantation début Mars et la récolte sera mi-Juin.

Utilisation :

Le *tabac* qui est un produit psychotrope manufacturé élaboré à partir de feuilles séchées de *plantes de tabac*.

Le plant de tabac moyen ne sent pas le tabac séché. Il a plutôt un parfum léger et doux, très semblable à celui des fleurs. Les feuilles développent une odeur plus forte et plus intense tout au long du processus de séchage.[9]

Type de sol : les plantes de tabac poussent dans de nombreux types de sols différents, mais la plupart ont tendance à s'épanouir dans des sols plus lourds et plus riches en nutriments.

Besoin en Eau : le tabac n'a pas de grands besoins en eau, pendant toute la durée de croissance, on arrose seulement si le temps est très sec.

Semis : de Mars à Mai, en pépinière sur terreau de semis toujours humide.

3.4. Description générale sur la plante Palmier :

Définition :

Le palmier dattier, est une monocotylédone, qui très souvent ne possède pas de branches. L'arbre peut atteindre une hauteur d'environ 30 mètres. Ses 4 à 5 mètres longues feuilles contournent le tronc. Le palmier dattier est caractérisé par des racines fasciculées et fibreuses caractéristiques des graminées.

Les racines du palmier peuvent se trouver à 25 m de l'arbre en surface et à 6 m en profondeur. La distribution des racines chez le palmier, caractérisée par une faible densité en surface, et une forte densité en profondeur permet au palmier d'accéder à l'eau en profondeur.[10]

Utilisation : Un arbre de palmier commence à **produire des dates** à partir de 3 ans, mais généralement entre 3 et 5 ans. Il peut rester vivant et productif pendant 150 ans environ.

Type de sol : Le palmier dattier est une plante relativement tolérante au sel, avec une absence d'effet sur sa croissance avec une salinité d'environ 60 m mol/litre.

Besoin en Eau :

Le palmier dattier bien établi est capable de tolérer de longues périodes de stress hydrique, mais répond bien à un arrosage régulier. Pour maintenir une croissance maximale, le sol doit être bien humecté à une profondeur de **2 à 2,6** m, une fois pendant l'hiver et le printemps. Cependant, le palmier doit être irrigué à des intervalles de **20 à 25** jours pendant l'été.

Semis :

Le palmier dattier est une espèce thermophile. Sa végétation s'arrête à partir de 10°C (zéro de végétation). L'intensité maximale de végétation est atteinte à des températures de 30-40°C. La période de maturation des fruits correspond aux mois les plus chauds de l'année.

Vu que la croissance du palmier est faible en hiver, il est recommandé de planter les rejets entre Avril et Mai pour tirer profit des conditions favorables de croissance en été.

Conclusion :

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

Dans ce travail on suppose que les eaux utilisées sont celles récupérées à la sortie de la station d'épuration, autrement dit des eaux usées qui ont subies un prétraitement, un traitement primaire et un traitement secondaire.

Dans les zones semi-arides et arides, dont le potentiel de ressources en eau mobilisées est faible, l'irrigation goutte à goutte semble être la plus adaptée à la réutilisation des eaux usées. Donc, notre travail consiste à expérimenter l'irrigation au goutte à goutte.

Globalement, que ce soit avec des eaux épurées, ou des eaux brutes, la micro irrigation ne pose pas de problèmes technologiques insurmontables si on choisit les distributeurs présentant le moins de risques d'obstruction et si bien sûr, on installe des filtres largement dimensionnés.

Les cultures étudiées dans ce modeste travail tel que le tournesol, Coton, Tabac et Palmier présentent preuve de bon résultat dans les zones arides et semi-arides avec la réutilisation des eaux épurées.

Chapitre II:

Présentation du Site

Introduction

Les paramètres météorologiques sont des facteurs clés dans la distribution saisonnière de l'irrigation et dans l'évaporation. Et certains d'entre eux on les retrouve dans toutes les formules de la détermination de la dose d'arrosage et dans la détermination de l'évaporation.

Les données climatiques considérées concernent essentiellement les précipitations, les températures et d'autres phénomènes climatiques (vent, insolation, humidité, etc.).

II.1.Situation géographique

II.1.1.Localisation géographique de la wilaya de Ouargla

La Wilaya de Ouargla est située au Sud-Est du pays dans le bas Sahara dans les limites de latitude 28°45' et 33°55' et de longitude 3° et 9° 35' couvrant un territoire de 163 233 km².

La cuvette de Ouargla s'étend sur une superficie de 99 000 hectares, direction Sud-Ouest et Nord-Est du chef-lieu de la Wilaya, elle regroupe (05 communes : Ouargla, Rouissat, Ain Beida, Sidi Khouiled et N'Goussa) qui se trouve situé dans le prolongement de « l'Exutoire Naturel » du grand bassin versant du Sahara septentrional limité :

- Au Nord par l'Atlas Saharien,
- Au Sud par les plateaux de Tadmait,
- À l'Est par le grand Erg oriental
- A l'Ouest par le grand Erg occidental.

La Wilaya de Ouargla compte 21 communes et 10 Daïras (voir figure II.1) avec un nombre de population actuel de 760 000 habitants. **[DRE 2021]**

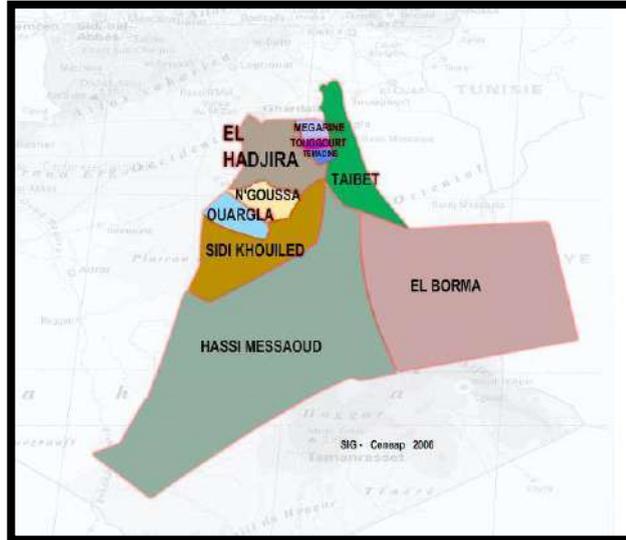


Figure II.1 : Découpage administratif de la Wilaya de Ouargla

II.1.2. Localisation géographique de la commune de Sidi Khouiled

La daïra de Sidi Khouiled s'étend sur 131 km², entourée par Hassi Ben Abdellah, Aïn Beida et N'Goussa. Elle est située à 5 km au Nord-Est d'Aïn Beida à 149 mètres d'altitude (voir figure II.2).

La ville de Sidi Khouiled a pour coordonnées géographiques une latitude: 31° 58' 47" Nord. Et une longitude: 5° 25' 6".

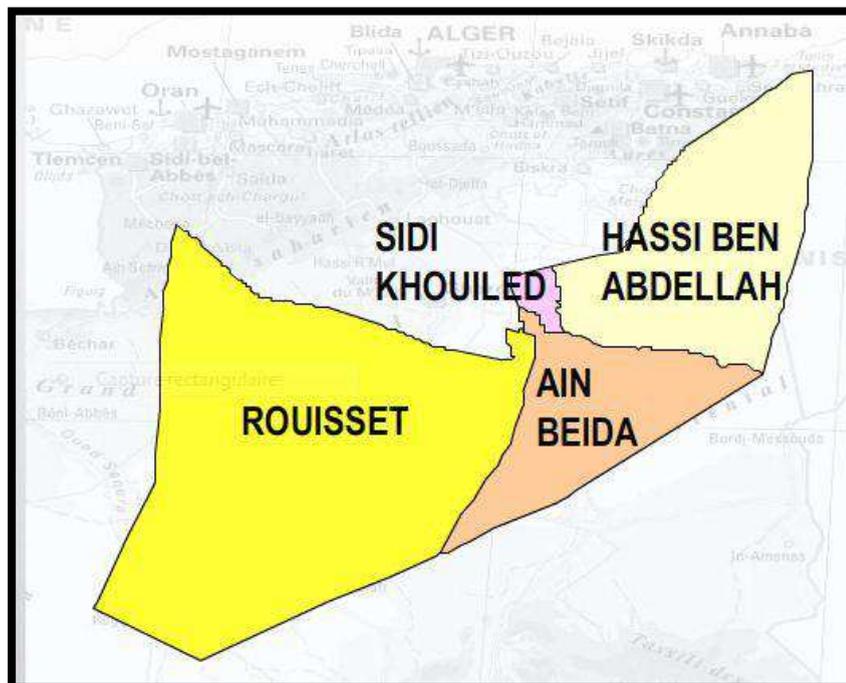


Figure II.2 : Localisation géographique de la Daira de Sidi Khouiled

II.1.3.Position de la cuvette de Ouargla par rapport aux sous bassins versant du Sahara Septentrional:

La cuvette de Ouargla est située dans le prolongement de l'exutoire naturel du grand bassin versant du Sahara septentrional.

C'est une zone endoréique alimentée au Nord par les crues de l'oued N'sa, au Sud par l'oued Mya et à l'Ouest par infiltration des eaux des oueds Metlili et M'zab. Elle présente une superficie totale de l'ordre de 100 000 ha et s'étale sur une longueur d'environ 55 km. La vallée est orientée Sud-Ouest/Nord-Est. L'agglomération de Ouargla (altitude moyenne 135 m NGA) est distante d'environ 90 km de celle de Hassi Messaoud.

II.2.Données naturelles du site

II.2.1.relief

Le relief, les chemins de ruissellement, les sens d'écoulement ...etc sont autant d'éléments topographiques et morphologiques nécessaires pour une analyse hydrologique.

La topographie est imposée et son rôle est essentiel en matière d'assainissement car l'écoulement est tributaire du relief.

II.2.2.Sismicité :

La wilaya d'Ouargla occupe la zone 0 dans la carte de zonage sismique de l'Algérie cela veut dire qu'elle occupe une zone de sismicité négligeable.

II.3.Situation climatologique :

La station météorologique de la ville de Ouargla appartenant au réseau O.N.M a été retenue comme référence pour l'interprétation des données. [Tableau II.1]

Les données climatiques considérées concernent essentiellement les précipitations, les températures et d'autres phénomènes climatiques (vent, insolation, humidité, etc.).

Tableau II.1: Station de référence.

	Période d'observation	Latitude	Longitude	Altitude
Station de Ouargla	1997 - 2009	32°07 N	05° 18 E	142 m

Source: ONM 1997-2009

II .3.1.Pluviométrie:

Les précipitations jouent un rôle important dans l'irrigation et c'est en fonction de leurs quantités qu'on irrigue. Ce sont les eaux qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) ou solide (neige, grésil, grêle).

Tableau II.2: Répartition de la Pluviométrie Moyenne Mensuelle

<i>Mois</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dec</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Avr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jui</i>	<i>Jut</i>	<i>Aou</i>	<i>Cumul Annuel</i>
P (mm)	5.6	12.3	7	2.5	14.4	1	4	2.4	1.2	0.3	0.5	1.4	52.6

II.3.2. Températures :

La température étant étroitement reliée au taux de radiation, lui-même directement corrélé à l'évaporation, il s'ensuit qu'une certaine relation existe entre l'évaporation et la température de la surface évaporant. La température est un facteur très important. Elle agit directement sur la vitesse des réactions biologiques. L'activité biologique du milieu est d'autant plus importante que la température augmente.

Tableau II.3: Relevés des températures en ° C.

<i>Mois</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dec</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Avr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jui</i>	<i>Jut</i>	<i>Aou</i>	<i>Moy Annu- elle</i>
T Min	23.7	17.8	10.1	5.9	4.9	6.6	10.1	14.9	20	25	28	27.3	16.2
T Max	37.6	31.8	23.9	19.1	18.5	20.9	25.5	29.9	34.8	39.4	43.7	42.9	30.7
T Moy	30.7	24.8	17.0	12.5	11.7	13.8	17.8	22.4	27.4	32.2	35.9	35.1	23.4
A	13.9	14.0	13.8	13.2	13.6	14.3	15.4	15.0	14.8	14.4	15.7	15.6	14.5

Avec : A= Amplitude T= Tmax-Tmin

II.3.3 Diagramme ombrothermique de GAUSSEN :

GAUSSEN in Dajoz R., 1975, considère que la sécheresse s'établit lorsque la pluviométrie mensuelle en (mm) est inférieure au double de la température moyenne mensuelle en °C, c'est sur cette base que le diagramme est établi. [Figure II.3]

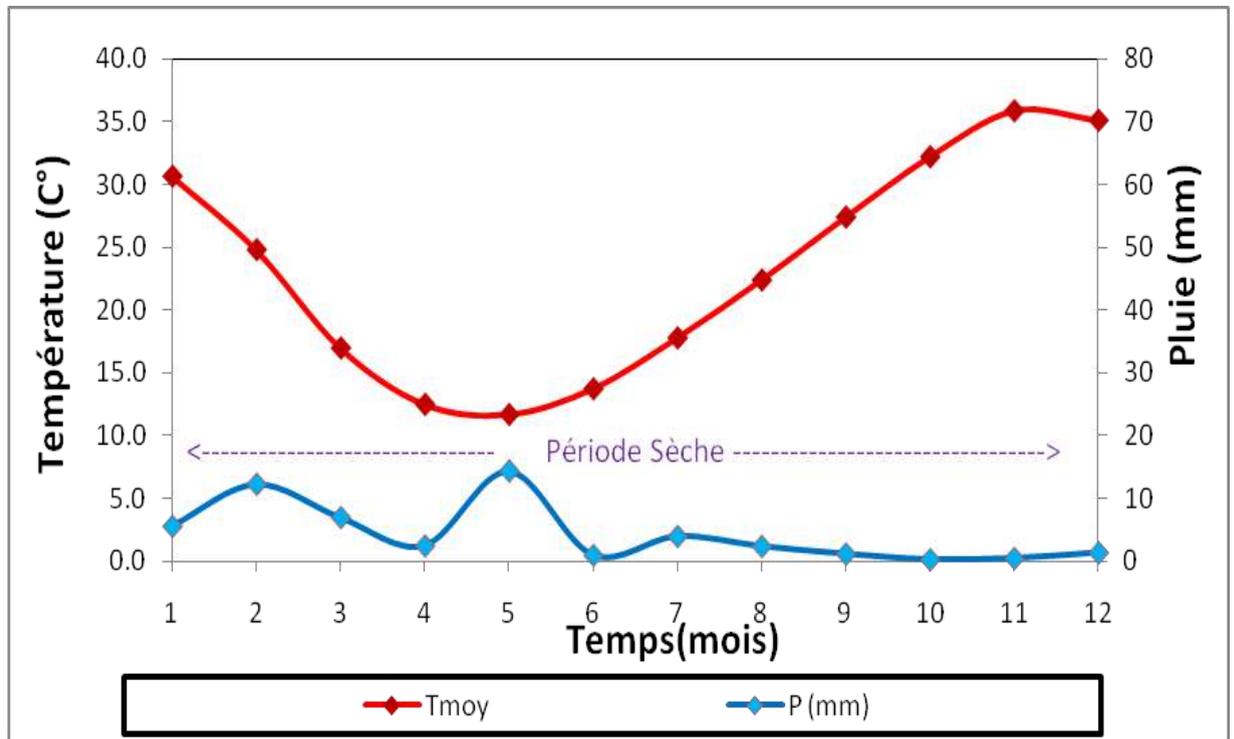


Figure II.3: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.

La figure II.3 fait apparaître une période sèche pour toute l'année.

II.3.4 L'évaporation:

L'évaporation est le processus par lequel l'eau sous forme liquide se transforme en gaz (vaporisation) et peut s'échapper de la surface évaporatoire. Dans la période estivale l'évaporation est très intense en particulier dans les régions sahariennes. Elle peut diminuer le volume des effluents traités et augmenter leur charge.

A Ouargla l'évaporation est mesurée à l'aide de l'évaporomètre de Piche.

Tableau II.4: Répartition de L'évaporation (période : 1997-2009).

Mois	Evaporation	(%)	Saison
Septembre	319.2	21,40	Automne
Octobre	239.6		
Novembre	137.3		
Décembre	95.4	10,35	Hiver
Janvier	102.0		
Février	139.7		
Mars	218.2	26,15	Printemps
Avril	289.7		
Mai	343.2		
Juin	431.9	42,10	Eté
Juillet	484.1		
Août	451.8		
	3252,10	100	Année

II.3.5 Humidité relative de l'air:

L'humidité relative contrôle l'évaporation du sol et la couverture végétale, elle correspond au rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau.

Dans la station de Ouargla, et pour une période de 13 ans de (1997 – 2009), Les humidités relatives mensuelles moyennes sont présentées dans le *Tableau II.5* ;

Tableau II.5: L'Humidité moyenne mensuelle et annuelle (%).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jut	Aou
Hum (%)	38	46.4	56.5	60.5	60.1	52.4	41.9	35.3	32.2	26.1	24.6	27.8

II.3.6- Insolation :

La région de Ouargla est caractérisée par une forte insolation. Cette dernière correspond à la durée d'éclairement du sol par le soleil. Le maximum est atteint au mois d'Août avec une durée de 10,3 heures et le minimum au mois de décembre avec une durée de 6,7 heures (*Tableau II.6*).

Les rayons solaires ultraviolets possèdent des propriétés germicides importantes qui les font souvent considérer comme de bons agents naturels de désinfection.

L'importance exacte que ces radiations jouent effectivement dans l'élimination des germes dans les bassins de lagunage est cependant difficile à évaluer.

Tableau II.6: L'insolation moyenne mensuelle enregistrée dans la région de Ouargla entre (1997–2009)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jut	Aou
Heures	254.4	259.9	246.6	201.3	246.3	240.3	268.8	281.4	275.2	295.1	337.3	320.3

II.3.7 Vitesse du vent :

Le vent joue un rôle essentiel sur les processus d'évaporation car c'est lui qui permet, par le mélange de l'air ambiant, de remplacer au voisinage de la surface évaporant, l'air saturé par de l'air plus sec. Il assure le brassage des eaux et contribue ainsi à une meilleure répartition de la température et de l'oxygène dissous et évite la stratification des eaux.

La vitesse moyenne des vents est considérée comme « modérée » (2,9 m/s).

Tableau II.7: Moyenne mensuelle de la vitesse des vents.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jut	Aou
Vitesse (m/s)	3.79	3.47	2.77	2.72	2.8	3.22	3.81	4.42	4.82	4.55	4.19	3.98

II.3.8 Climagramme d'Emberger :

Le quotient pluviométrique d'Emberger (Q) permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une région donnée et de la situer dans le climagramme d'Emberger. C'est un quotient qui est en fonction de la température moyenne maximale (M) du mois le plus chaud, de la moyenne minimale (m) du mois le plus froid, et de la pluviosité moyenne annuelle (P). Ce quotient est d'autant plus élevé que le climat de la région est humide.

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude, on applique la formule d'Emberger (1932) modifié par Stewart en 1969 suivante :

$$Q = 3,43 * \frac{P}{M - m}$$

Q : Indice de Stewart.

P: Précipitation annuelle en mm (P=52,6mm)

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud. (M=30.7C°)

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid. (m=16,2C°).

D après le calcul, on obtient une valeur de "Q" est de 12,44 et la température minimale est de 16,2⁰C, ce qui indique que notre région d'étude est dans l'étage bioclimatique aride. (Annexe 1 : *situation de ouargla dans le climagramme d'emberger.*)

Tableau II.8: classification le type de climat selon Indice de Stewart.

Valeurs « Q »	Type de climat
Q > 100	Humide
100 > Q > 50	Tempéré
50 > Q > 25	Semi-aride
25 > Q > 10	Arid
10 > Q	Désertique

II. 4.Géologie et géotechnique

II.4.1 Géologie

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

Au-dessous du fond de la vallée, les puits et les sondages ont mis en évidence, sous quelques mètres de sable :

- Une alternance de niveaux formés de calcaires, de calcaires marneux, de sables argileux et de grès tendres se terminant à la base par des argiles sableuses vers 30 à 45 m de profondeur.
- Des sables fins et gros se terminant par des argiles sableuses à leur base vers 55 m à 80 m.
- Les calcaires du Sénonien (jusque vers 250 m)
- Un épais horizon d'argiles à évaporites (jusque vers 650 à 700 m)
- Une centaine de mètres d'évaporites massives
- Des argiles à évaporites plastiques, jusque vers 1050–1100 m de profondeur
- Des sables et grès de l'Albien se trouvant entre 1050–1100 m et 1350-1400 m de profondeur.

Après son creusement, la vallée de Ouargla a été occupée par un lac au fond duquel se sont déposés des sédiments fins argileux ou d'origine chimique, craies, calcédoine et évaporites. Un niveau carbonneux a été daté de – 17 000 ans.

Des oueds, descendant de la dorsale mzabite à l'Ouest (oueds M'Zab, N'Sa, Z'gag) ou du Tadmait (oued Mya) au Sud, se déversaient dans ce lac en abandonnant leurs alluvions en larges cônes (Ank Djemel pour l'oued M'Zab) ou barrant la vallée (oueds N'Sa et Z'gag au Nord de la Sebket Safioune).

Avec la fin du dernier grand pluvial, le lac s'est retiré. L'oued Mya n'a pu qu'épisodiquement couler de sebkha en sebkha sans beaucoup de vigueur, son cours étant complètement coupé par les reliefs situés à l'aval de la Sebket Safioune (un lac se formait à nouveau à chaque période un peu pluvieuse).

Actuellement, les plus grandes crues de l'oued Mya s'arrêtent à 200 km à l'amont de Ouargla.

Celles de l'oued M'Zab atteignent la Sebket Safioune deux fois par siècle, alors que celles de l'oued N'Sa semblent plus fréquentes. [11]

II.4.2 Contexte géotechnique

Suite aux investigations géotechniques, le contexte local indique la succession des sols suivants depuis la surface (profondeur estimée) :

Sable : 2 à 15 m d'épaisseur;

Argile sableuse: de 2 m à 45 m de profondeur ;

Calcaire : de 30 à 80 m de profondeur ;

Calcaire poreux : de 60 à 250 m de profondeur.

D'une manière générale dans les sables de surface, la présence de gypse et de niveau de tuf (concrétion calcaire) est fréquente dans les chotts et les sebkhas, notamment dans la zone de Said Otba au nord de la ville de Ouargla. En général les niveaux de tuf sont situés à moins de 4 mètres de profondeur et l'épaisseur des bancs est de 0.5 à 0.6 m, voire 1 m au maximum.

La présence d'un banc rocheux calcaire d'une épaisseur de 1 à 2 m a été relevée dans la région de l'université. Il est situé à 2-3 mètres de profondeur. [11]

II.5 Hydrogéologie

Dans le sous-sol de la vallée, il existe quatre ensembles aquifères :

- La nappe phréatique dont le niveau est souvent proche de la surface (parfois moins de 1 mètre), généralement entre 1 et 2 m, mais qui peut dépasser 18 m au Sud de Ouargla ou sous les reliefs.
- La nappe artésienne du Mio-Pliocène contenue dans les sables grossiers atteints vers 30 à 45 m de profondeur par les puits artésiens jaillissants qui autrefois irriguaient les palmeraies.
- La nappe artésienne du Sénonien dans les calcaires entre 140 et 200 m de profondeur.
- La nappe fortement artésienne dite de l'Albien contenue dans les sables et grès du Continental Intercalaire entre 1100 m et 1400 m de profondeur. [11]

II.6 Topographie :

Il est très important de conserver en mémoire dans le cadre de l'élaboration d'ouvrages hydrauliques dans la région de Ouargla que le site est particulièrement plat. Soit une pente en ligne droite de 0.55‰.

Conclusion :

L'examen des données climatiques montre que la zone d'étude est définie par un climat presque aride caractérisé par un été chaud et un hiver frais avec une période sèche s'étalant sur toute l'année, une évaporation importante est accentuée par les vents chauds en été (Sirocco) et une insolation importante. Tout ces paramètres engendrent un stress hydrique pour nos cultures ce qui nécessite l'irrigation.

Chapitre III:

MATERIEL ET METHODES

Introduction :

Objectif de ce chapitre est, d'une part, l'étude des performances épuratoires de la station d'épuration des eaux usées par lagunage aéré de la ville de Sidi Khouiled. Pour cela, on a effectué des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques permettant d'évaluer le niveau de pollution pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP. D'autre part, l'évaluation des besoins en eau des cultures étudiées pour cela des formules directes et indirectes sont citées pour l'évaluation et le calcul de l'évapotranspiration en contribution avec d'autres facteurs tel que les données climatiques, les caractéristiques végétales, la somme des apports effectifs des précipitations et de la contribution de la nappe phréatique.

III.1 Etude des performances épuratoires de la STEP :

III.1.1 Collecte de données sur le réseau d'assainissement :

La qualité des eaux usées de la ville de Sidi Khouiled Wilaya de Ouargla est essentiellement domestiques biodégradables et vont subir un traitement biologique, la plupart de ces eaux sont évacuées vers la STEP de Sidi Khouiled. cette dernière fonctionne par le procédé de lagunage aérée.

La station d'épuration de Sidi Khouiled, mise en service en 2009, a été réalisée par la société allemande Dwydag pour le compte de l'ONA.

Le réseau d'assainissement urbain de Sidi Khouiled, de type unitaire, s'étendait sur une longueur totale de **28,9 Km**. Sur ce réseau une station de relevage a été installée afin de surmonter les contraintes topographiques, [A.D.E].

Sabkhat Oum R'Neb a été choisie comme exutoire final pour les eaux usées traitées et les eaux de drainage. Elle s'étend sur une superficie totale de près de 7,15 ha. La salinité élevée caractérisant sa nappe phréatique et son sol (croûte d'inflorescence saline) est la cause principale de l'existence des végétales halophytes ou quelques espèces animales au sein de cette Sabkha, [11].

Le rejet des eaux dans ce milieu va en faire une nouvelle zone humide qui sera fréquentée par les populations d'oiseaux. De plus, ce site peut constituer dans le futur un milieu de récupération des sels (**Photo N°02**).[12]



Photo N° 02: Arrivée des eaux usées traitées et eaux de drainage à Sebkhât « Ome R’Neb ». [12]

III.1.2 Site expérimental :

La station d’épuration située au Nord-Est de la ville Ouargla entre les deux branches du canal de drainage au voisinage de la route N°49 vers Hassi Messaoud.

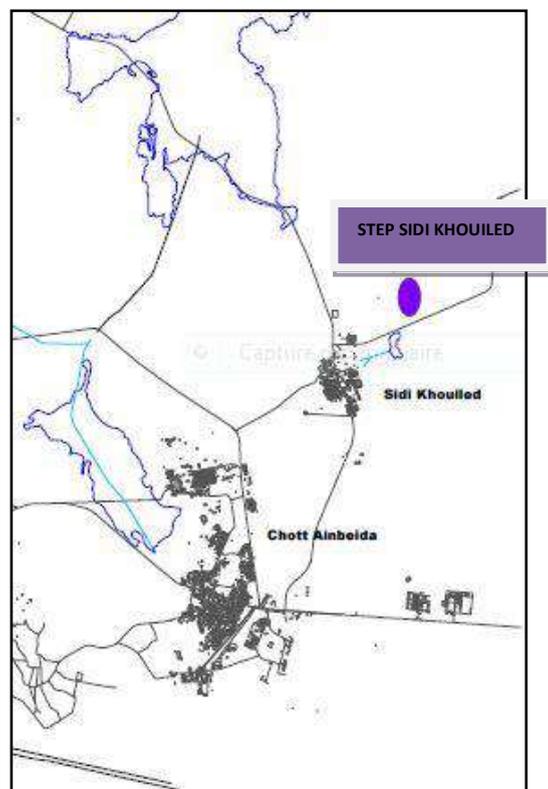


Figure III-1 : Situation géographique de la STEP [11]

Le site d'implantation est limité :

- A l'Est et au Nord, par des dunes
- A l'ouest et au sud, par des palmeraies

La superficie de la station d'épuration est de l'ordre de 3,5 ha. La forme géométrique du site s'apparente à un rectangle dont les dimensions sont :

- Largeur : environ 130 m
- Longueur : environ 300 m
- La capacité totale : 7165 Equivalent habitants

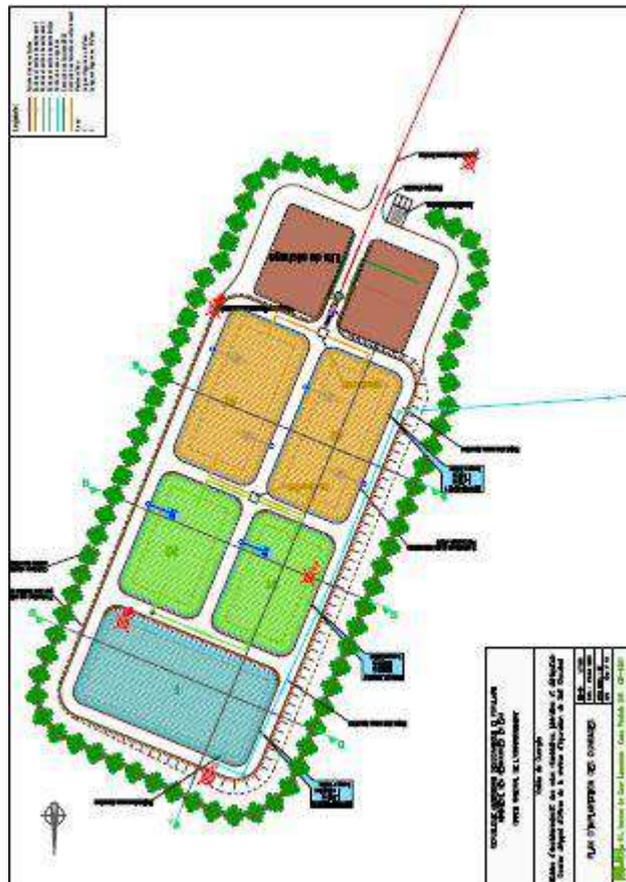


Figure III-2 : Schéma de la station d'épuration de Sidi Khouiled [11]

III.1.3 Schéma de la Step de Sidi Khouiled :

La station de lagunage aéré est conçue pour traiter les effluents urbains de l'agglomération de Sidi Khouiled jusqu'à l'horizon 2030. Elle est constituée des éléments suivants : le relevage et prétraitement des effluents bruts (poste de relevage, dégrillage et dessablage), le premier étage de lagunage aéré, le deuxième étage de lagunage aéré, les lagunes de finition et le traitement des boues par lits de séchage.

Tableau III.1 : Données de bases de la STEP [11].

Procédé de traitement	Lagunage aéré			
Nature des eaux brutes	Domestique et industriel (quelques usines)			
Temps de séjour	08 jours			
		Capacité (m ³)	Superficie (m ²)	Profondeur (m)
	Bassin d'aération (A1)	3300	1179	2,8
	Bassin d'aération (A2)	3300	1179	2,8
	Bassin d'aération (B1)	2200	880	2,5
	Bassin d'aération (B2)	2200	880	2,5
	Bassin de Finition (F1)	3282	2188	1,5
Nombres de lits de séchage	04 lits			
Surface totale de lits (m ²)	1800			
Volume journalier (m ³ /j)	1064			
Equivalent habitant (E_{qh})	7165			

III.1.3.1 Regard de dégazage :

Cet ouvrage a pour rôle d'assurer un dégazage naturel des effluents bruts provenant des conduites de refoulement d'amenée des eaux usées a la station d'épuration.

L'aération des effluents brute est réalisée en instaurant une chute de 50 cm entre les conduites d'arrivée et de départ.

III.1.3.2 Prétraitement :

A partir du regard de dégazage, les eaux usées sont dirigées vers l'ouvrage de pretaitement.cet ouvrage est constitue d'une étape de dégrillage et d'une étape de dessablage.

a) Dégrillage :

Le dégrillage permet de protéger les équipements électromécaniques, et de ne pas gêner le fonctionnement des étapes suivantes du traitement.

Le système comprend un ensemble de 2 dégrilleurs (*01degrilleur mécanique 01 degrilleur manuel*) disposés en parallèle, l'espacement entre les barreaux est de 25 mm associé a une grille manuelle, l'espacement entre les barreaux est de 40 mm .

Ces ouvrages sont encastres dans des chenaux en béton. Un canal de secours équipé d'une grille statique disposée en parallèle permettra de by passer complètement l'ensemble des prétraitements, en cas de problème sur les degrilleurs automatique.



Photo N°3 : Dégrilleur [13]

b) Dessablage :

Le dessablage permet la décantation des résidus les plus denses (sable). L'élimination du sable évite l'ensablement des bassins.

Le dessablage est réalisé par l'intermédiaire de deux canaux en parallèle de 0,5m de largeur et 4,6 m de long.

Chaque ouvrage est équipé d'un pont racleur permettant de ramener les sables décantés en font d'ouvrage au niveau d'une fosse a sable, deux 02 pompes a sable assurent l'extraction des sables vers un classificateur qui permet l'égouttage des sables avant stockage dans une benne.



Photo N°4 : Dessableur [13]

c) Lagunes aérées et de finition :

A la suite de ces prétraitements, la filière est constituée de deux étages d'aération et un étage de finition.

Les effluent sont repartis entre les deux 02 lagunes du premier étage (Niveau A) grâce a un repartiteur.les eaux en cours de traitement transitent de façon gravitaire des lagunes aérées 1 avec une profondeur de 2,8m vers les lagunes aérées 2 (Niveau B) avec une profondeur de 2,5m puis vers les lagunes de finition (Niveau C) avec une profondeur de 1,5m. Il y'a a la sortie de chaque lagune un ouvrage muni d'une crête déversante permettant de contrôler le niveau d'eau dans les lagunes.

L'étage aéré N°2 est constitué de 2 lagunes. L'étage de finition est constitué de 1 lagune.

La liaison entre deux lagunes se fait grâce à des canalisations gravitaires de liaison.

Les eaux épurées (sortie lagune de finition) seront reprises par un collecteur de restitution auquel seront raccordés tous les ouvrages de sortie.

En entrée et sortie, un canal venturi associé à une sonde ultrason de mesure de la hauteur d'eau en amont permettra de mesurer de manière continue le débit.

Les lagunes d'aération sont pourvues d'un système d'aération artificielle qui assure l'oxygénation des eaux usées ; il s'agit d'aérateurs flottants. (Deux 02 aérateurs par bassins au niveau A) et (Un 01 aérateur par bassin Niveau B) .

Les répartiteurs des débits entre les 2 lagunes de l'étage N°1 et celui entre les 2 lagunes de l'étage aéré N°2 sont constitués de deux seuils d'une largeur de 1,5m.

Les seuils des ouvrages de sortie des eaux des lagunes ont une largeur de 3m.



Photo N°5 : Lagune aéré



Photo N°6 : Aérateur



Photo 07:Bassin de finition



Photo 08: la sortie des eaux épurées

d) Lits de séchage :

Le fonctionnement épuratoire de ces lagunes se traduit par l'accumulation des boues au fond. Régulièrement quant le volume (utile) de lagune, c'est-à-dire le volume totale moins celui occupé par les boues, devient trop faible et se traduit par des temps de séjour trop courts il est nécessaire d'extraire ces boues.

Cette extraction a lieu lors des opérations de curage. Les boues extraites sont acheminées et épandues sur quatre lits de séchage avec une surface de 525m² par lit.

Ces boues voient leur siccité augmenter grâce à l'évaporation naturelle couplée à un système de drainage, ce dernier favorise l'évaporation des plus grands partis de l'eau par simple ressuyage. Cette eau sera évacuée en tête de la station d'épuration par l'intermédiaire d'un poste de refoulement.

A l'issue de ce séchage les boues sont évacuées constituent un amendement organique intéressant.

III.1.4. Mesures-Echantillonnage :

Le but d'analyse des eaux usées urbaines est d'apprécier la qualité de ces eaux, autrement dit, déterminer les différents paramètres physico-chimiques et microbiologiques. Cette étape est indispensable car elle nous aide de prévoir les traitements ultérieurs nécessaires.

a) Dispositifs de comptage des débits :

On mesure le débit à l'entrée et à la sortie de la station à l'aide d'un canal venturi associé à une sonde ultrason de mesure de la hauteur d'eau en amont.

b) Echantillonnage :

Pour réaliser les analyses physico-chimiques, on a effectué le prélèvement des échantillons d'eau au niveau des ouvrages de prétraitement (à l'entrée de la STEP), et à la sortie (bassin de finition), en prenant en considération le temps de séjour de 08 jours des eaux au niveau de la station entre leur entrée et leur sortie .

L'opération de prélèvement s'est faite manuellement à l'aide d'une perche spéciale dont le contenu est transvasé dans des bouteilles en polyéthylène, qui sont transportées au laboratoire centrale de la station d'épuration de **Said Otba,Ouargla** ,en raison de l'absence de laboratoire équipé à la station de Sidi Khouiled pour effectuer les analyses physico-chimiques appropriées.

III.1.5. Analyses physico-chimique des eaux usées :

III.1.5.1. Les Méthodes d'analyses :

1. Le pH et température

Appareil

PH Mètre, thermomètre.(Annexe 02,Photo 8)

- **Principe**

Mesure du potentiel hydrogène existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - Kcl saturé) dans une même solution.

- **Etalonnage du pH mètre**

Allumage de l'appareil;

- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée;
- Prendre dans un petit bêché, la solution tampon pH = 7;
- Tremper l'électrode dans la solution tampon pH = 7 plus une agitation avec l'électrode;
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2;
- Enlever l'électrode et le rincer abondamment avec l'eau distillée;
- Procéder de la même manière avec les solutions tampon pH = 9 ou pH = 4 ;
- Rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.

- **Mesure**

- Prendre approximativement 100 ml de d'eau à analyser;
- Tremper l'électrode dans le bêcher;
- Laisser stabiliser un moment;
- Puis noter le pH et la température en même temps.

2. Mesure de la conductivité électrique

- **Appareillage**

- Conductimètre.

- **Etalonnage du conductimètre**

- Allumer le Conductimètre;
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée, aller au mode « cal »;
- Prendre dans un petit bêcher, la solution standard de 1000 ou 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage de la valeur de la solution Standard,
Quitter le mode « cal ».

- **Mesure**

- Opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillé;
- Rincer plusieurs fois l'électrode, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner (eau usée ou eau épurée);
- Agitation du liquide (avec l'électrode) est nécessaire pour d'éliminer les bulles d'air;
- Le résultat est exprimé en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

3. Détermination de l'azote ammoniacal

- **Principe**

Mesure spectrométrique du composé formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

- **Réactifs:**

Réactif I

Acide dichloroisocyanurique 2 g.

Hydroxyde de sodium (NaOH) 32 g.

H₂O distillée 1000 ml.

Réactif II (coloré)

Tricitrates de sodium..... 130 g.

Salicylate de sodium 130 g.

Nitroprussiate de sodium 0.97 g.

H₂O distillée1000 ml

- **Mode opératoire**

Prendre 40 ml d'eau à analyser.

Ajouter 4 ml du réactif coloré et agiter.

Ajouter 4 ml de la solution dichloroisocyanurique et ajuster à 50 ml avec eau distillée et attendre 1h 30 minutes.

- **Lecture des résultats**

L'apparition de la couleur verdâtre indique la présence des NH₄⁺, on effectue donc la lecture à 655 nm ;

Le résultat est donné en mg/l, qu'il faut le multiplier par le facteur de dilution.

4. Détermination des nitreux NO₂⁻ et l'azote nitrique NO₃⁻ par analyse en flux continu (CFA)

- **Appareillage**

Auto analyseur à flux continu;

Echantillonneur automatique;

Pompe à faible pulsation;

Détecteur photométrique à flux, domaine de longueur d'onde de 540 nm;

Un logiciel spécifique pour évaluer les hauteurs de pics;

- **Mode opératoire**

Après allumage, plongé les différents tubes de pompe dans l'eau distillée;

Mettre en marche la pompe pendant 15 mn;

- Mettre les différents tubes de pompes dans les réactifs de façon à ce que le flux à l'entrée du colorimètre soit constant avec un bullage régulier;
- On place la gamme d'étalonnage et les échantillons à analyser, démarré l'analyse, les résultats sont affichés au fur et à mesure sur l'écran en mg/l.

5. Détermination des phosphates :

- **Appareillage**

- Spectrophotomètre UV- Visible.

- **Mode opératoire**

- Prendre 40 ml de l'échantillon à analyser ;
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique ;
- Ajouter 2 ml du molybdate acide ;
- Attendre 30 mn.

- **Principe**

- Les phosphates sont réduits par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu, la quantification est assurée par une lecture spectrométrique.

- **Réactifs**

- Réactif Mixte**

- Heptamolybdate d'ammonium 13 g.
- Eau distillée..... 100 ml.
- Tartrate d'antimoine..... 0.35 g.
- Eau distillée 100 ml.
- Acide sulfurique pur 150 ml
- Eau distillée 150 ml.

- **Lecture des résultats**

- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des PO_4^{3-} , on effectue la lecture à 880 nm;
- Le résultat est donné en mg/l.

6. Détermination des matières en suspension par filtration sur filtre en fibres de verre (pour l'eau épurée)

- **Appareillage**

- Balance de précision électronique.

Filtre sous vide;

Etuve.

- **Principe**

Vaporisation de l'échantillon à une température de 105°C pendant 24 heures, détermination des matières en suspension par pesée différentielle.

- **Mode opératoire**

Préparation des filtres :

laver le filtre par de l'eau distillée;

Séché le filtre à 105°C pendant au moins 1 heure;

Laisser refroidir dans le dessiccateur;

Peser.

- **Filtration de l'échantillon**

Placer le filtre (la partie lisse en bas) sur le support de filtration;

Agiter le flacon d'échantillon;

Verser un volume convenable d'échantillon (100 ml) dans l'éprouvette graduée;

Filtré l'échantillon;

Rincer les parois internes de l'éprouvette graduée avec de l'eau distillée;

Libérer le dispositif sous vide lorsque le papier filtre est pratiquement sec;

Retirer avec précaution le papier filtre à l'aide de pinces à extrémités plate;

Placer le filtre sur un support de séchage (capsules);

Reporter la capsule à l'étuve à 105°C pendant 24 h puis dans le dessiccateur et peser.

- **Expression des résultats**

Le calcul de la teneur en MES se fait de l'expression suivante :

$$[\text{MES}] = 1000(M_1 - M_0) / V$$

[MES]: est la teneur en MES en mg/l

M₁: est la masse de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 105°C

M₀: est la masse de la capsule vide avec le filtre préalablement séché.

V: volume de la prise d'essai.

7. détermination des matières en suspension par centrifugation

- **Appareillages**

Balance de précision électronique;

Centrifugeuse;

Etuve.

- **Principe**

Séparation des matières en suspension par centrifugation avec pesé avant et après séchage.

- **Mode opératoire**

Attendre que les échantillons soient à température ambiante;

Homogénéiser le contenu du flacon par agitation;

Introduire la totalité de l'échantillon les quatre tubes de la centrifugeuse (volume 20ml chacun);

Centrifuger 20 minutes environ à 5000 tour/minutes;

Eliminer l'eau surnageant, recueillir le culot déposé dans une capsule préalablement séché à 105 °C et pesé;

Sécher la capsule et son contenu à 105°C pendant 24 heures;

Laisser refroidir dans un dessiccateur ;

Peser.

- **Expression des résultats**

Le calcul de la teneur en MES se fait à partir de l'expression suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = (M_2 - M_1)1000/V_E$$

[MES] : est la teneur en MES en mg/l;

M₂: la masse de la capsule contenant l'échantillon après l'étuvage à 105°C (mg);

M₁ : la masse de la capsule vide (mg);

V_E : volume de l'échantillon introduire dans les pots de la centrifugeuse (80ml).

8. Détermination des matières volatiles en suspension

- **Appareillage**

Four à moufle;

Dessiccateur en verre.

- **Principe**

Volatilisation de la matière organique par la chaleur et l'obtention des matières minérales, est faire la différence par rapport au MES.

- **Mode opératoire**

- Après la détermination des MES, on détermine pois sec en g (correspondant au poids de la capsule en porcelaine et des matières séchés qu'elle contient);
- Placer ensuite la capsule en porcelaine dans un four à 560°C pendant une durée de 02 heures;
- Après refroidissement dans un dessiccateur, la capsule, ne contenant plus que les cendres, est à nouveau pesée, c'est donc la matière minérale.

- **Expression des résultats**

- $MVS (g/l) = MES (g/l) - MM (g/l)$.

9. Détermination de la DCO

Réactifs

- Sulfate de mercure cristallisé 0,5 g.
- Solution de sulfate de fer et d'ammonium 0,25 N.

Sulfate de Fer et d' NH_4 98 g.
 Acide sulfurique (d=1,84)20 ml.
 Eau distillée.....1000 ml.

Le titre de cette solution doit être vérifié tout les jours.

- Solution de dichromate de potassium 0.25 N.

Dichromate de potassium (séché deux heures à 110°C).....12.2588 g
 H_2O 1000 ml.

- Solution de Ferroïne 1.10

phénanthroline..... 1.485 g.
 Sulfate de Fer..... 0.695 g.
 H_2O100 ml.

- Etalon à 500 mg/l DCO.

Hydrogenophthalate de $K HC_8H_5O_4$ séché pendant 2 h.00 à 105°.

Peser 0,4251 g séché 1000 ml ou 0,1062 g/250 ml.

- **Appareillage et réactif**

- Appareil à reflux : il est constitué d'un tube, surmonté d'un réfrigérant;
- Bloc chauffant;
- Burette graduée;
- Un agitateur magnétique et un barreau magnétique.

- **Principe**

- Une oxydation des matières organiques et inorganiques présentent dans l'eau par un excès de dichromate de potassium en milieu acide en présence de sulfate d'argent

et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium.

- **Mode opératoire**

- Dans un tube de DCO**

- 10 ml d'eau à analyser;
- 5 ml de $K_2Cr_2O_7$;
- Homogénéisé;
- Ajouter lentement et avec précaution 15ml d'acide sulfurique plus le sulfate d'argent;
- Agiter le tube soigneusement;
- Mettre le réfrigérant et porter à l'ébullition 02 heure à une température de 150°C.

- Détermination de la DCO**

- Refroidissement, lavage des parois interne du réfrigérant à l'eau distillée;
- Sortir le réfrigérant, laisser refroidir;
- Compléter à 75 ml avec de l'eau distillée dans un bécher;
- Ajouter 1 à 2 gouttes d'indicateur coloré, ferroïne;
- Titrer l'excès de $K_2Cr_2O_7$ par la solution de sel de Mohr (virage bleu –vert au brun –rouge) noter V_{ECH} .

- Essai à blanc**

- Introduit 10ml d'eau distillée dans le tube à essai ;
- Suivre le même protocole que pour l'essai, noter V_{Blanc} (ml).

- Vérification du titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium**

- Introduire 10ml de la solution de dichromate de potassium dans un bêtecher;
- Ajouter 100ml de l'acide sulfurique 4 mol/l;
- Refroidissement;
- Suivre le même protocole du dosage pour la détermination de la DCO;
- Le titre de la solution de dichromate de potassium est obtenue par la formule,
 $T = 2,4 / V$.

- **Expression des résultats**

La demande chimique en oxygène, exprimé en mg d'O₂/L est donnée par la formule suivante :

$$\text{DCO} = 8000 \times T (\text{V}_{\text{BLANC}} - \text{V}_{\text{ECH}}) / \text{P}_{\text{D'ESSAI}}$$

10. Détermination de la demande biochimique en oxygène la DBO₅

- **Mode opératoire**

- Prendre le volume d'essai et le verser dans le flacon de DBO, le volume pour l'eau usée est de 164 ml, pour l'eau épurée est de 432 ml;
- Mettre un aimant magnétique dans le flacon;
- Mettre 2 à 4 capsules de soude dans le godet de caoutchouc;
- Mettre le flacon dans le DBO mètre;
- Sélectionner la gamme de mesure pour chaque échantillon;
- La demande biochimique en oxygène de cinq jours est exprimé en mg d'O₂/l.

Conclusion :

✚ Les eaux usées traitées par la station d'épuration de Sidi Khouiled sont des effluents urbains à dominance domestique.

Les analyses physico-chimiques des eaux épurées révèlent une conformité de la majorité des paramètres aux normes de réutilisation de ces eaux en irrigation.

Les teneurs en MES ne dépassent pas le seuil autorisé pour l'irrigation, donc la filtration n'est pas nécessaire avant son utilisation en agriculture. L'utilisation des stations d'épuration est continue, il est donc possible d'avoir l'eau 'à la demande' et d'adapter la fréquence des arrosages aux exigences saisonnières.

III.2 Evaluation des besoins en eau des cultures :

Introduction

Le besoin d'irrigation est défini comme étant le volume d'eau qui devra être apporté par irrigation en complément à la pluviométrie et éventuellement d'autres ressources telles que les remontées capillaires (l'apport d'une nappe phréatique), la réserve en eau initiale dans le sol, et la fraction de lessivage (lorsque la salinité influe sur la disponibilité en eau pour les plantes). Le calcul de ces besoins d'irrigation repose sur un bilan hydrique.

Par définition, le bilan hydrique d'une culture donnée est la différence entre d'une part, le besoins en eau des cultures tels que déterminés par le climat et les caractéristiques végétales et d'autre part, la somme des apports effectifs des précipitations et de la contribution de la nappe phréatique.

III.2.1 Considérations Générales

Les besoins en eau d'une plante varient selon les espèces et leurs stades de développement. Donc l'irrigation d'une culture doit tenir compte de la nature de la plante, du climat et du sol. [15]

Tableau III.2: récapitulatif des paramètres dont dépend le calcul des besoins en eau des cultures

Paramètres	Composants	Représenté /synthétisé par
Climatiques	Température et humidité de l'air, vent, ensoleillement....	L'ETP
Pédologiques	Texture, structure (infiltrabilité), physico-chimie du sol, disponibilité de l'eau de surface (RU)	Le potentiel hydrique
Biologiques	Caractéristiques propres au végétal	Le coefficient de culture (Kc)

III.2.2 Paramètres influençant la détermination des besoins en eau :

Dans un premier temps, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant, aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région [16].

a) Influence des caractéristiques de la plante

Au cours de sa croissance la plante passe par divers stades de développement. Les besoins en eau des plantes varient au cours de ces phases :

- Plus les feuilles sont large/abondantes plus les besoins en eau de la plante sont élevés.
- Plus le système racinaire n'est profond et dense, mieux la plante résiste à la sécheresse.

b) Influence des facteurs climatiques

La demande en eau est en fonction des données climatiques et météorologiques et exprimée à travers l'évaporation réelle (ETR) combinaison de l'ETP et des kc.

Les ressources en eau sont la pluviométrie, la réserve en eau du sol et les doses d'irrigation. Pour évaluer la quantité d'eau à irriguer, il faut donc un bilan hydrique, égal à la différence ressource-demande [15].

En théorie, l'intensité des échanges gazeux entre la culture et l'atmosphère ne dépend que des conditions climatiques et peut être approchée par des formules mathématiques tenant compte uniquement des facteurs climatiques. La valeur obtenue par ces formules est l'évapotranspiration potentielle (ETP) ou évapotranspiration de référence (ETo).

Une des formules, utilisée est la suivante :

$$ETo = kb \times Ev \text{ -----(1)}$$

Avec : kb : coefficient du bac d'évaporation

Ev : Evaporation du bac.

c) Influence des facteurs pédologiques

Le sol, constitue le réservoir d'où la plante puise l'eau. Selon les caractéristiques du sol (texture, structure, porosité) et de son état d'humidité, la plante peut extraire cette eau avec plus ou moins de facilité. Par exemple, les sols sableux retiennent moins d'eau que les sols argileux, et laissent passer en profondeur (infiltration ou percolation) plus d'eau que ces derniers [15].

III.2.3 Comment déterminer les besoins en eau des cultures ?

Un couple sol/ plante, en réponse à une demande climatiques (effets combinées de la température, vent, ensoleillement, humidité), va respectivement évaporer et transpirer l'eau qu'elle à sa disposition.

Les valeurs de l'ET₀ sont d'autant plus grandes que la température est élevée, le vent fort, l'air sec... Cependant, pour une culture donnée l'évaporation réelle maximale (ETM) dépend non seulement du climat mais aussi du stade végétatif. Elle représente l'évapotranspiration d'une culture en bonnes conditions végétatives et sanitaires et ne souffrant d'aucune restriction en ce qui concerne son alimentation hydrique. Elle s'accroît avec la densité, la hauteur et la rugosité de la végétation. Elle correspond aux besoins en eau de la culture. Elle est liée à l'ET₀ par un coefficient appelé coefficient cultural dont les valeurs dépendent de la culture considérée et, pour une même culture, du stade de croissance de celle-ci :

$$ET_0 = k_b \times E_v \text{-----}(2)$$

Avec : k_b : coefficient du bac d'évaporation

E_v : Evaporation du bac.

$$ETM = K_c \times ET_0 \text{-----}(3)$$

Quant à l'ETR (Evapotranspiration réelle), elle désigne l'évapotranspiration d'une culture dans les 4 conditions réelles, quel que soit son état (sanitaire, physiologique).

On a généralement :

$$ET_0 \geq ETM \geq ETR \text{.....}(4)$$

Pour une culture donnée, l'ET₀ est pondérée grâce à un coefficient cultural k_c , correspondant au stade de développement de plante (surface foliaire principalement).

Ainsi, on obtient les besoins en eau pour chaque culture :

$$ET_c = k_c \cdot ET_0 \text{ (en mm d'eau/ jour)-----}(5) [17]$$

III.2.4 Choix du coefficient cultural (k_c)

Par définition, le coefficient cultural (k_c) est le rapport entre l'évapotranspiration de la culture (ET_c) et l'évapotranspiration potentielle (ET₀), il intègre les effets des 4 caractéristiques primaires qui distinguent une culture de la culture de référence qui sont : la hauteur de la culture, la résistance de surface sol - végétation, l'albédo, l'évaporation de sol. [18]

Les facteurs qui influent sur la valeur de k_c sont : les caractéristiques de la culture, les dates de plantation ou de semis, le rythme de son développement et la durée de son cycle végétatif, les conditions climatiques, en particulier au début de la croissance et la fréquence des pluies ou des irrigations. [16]

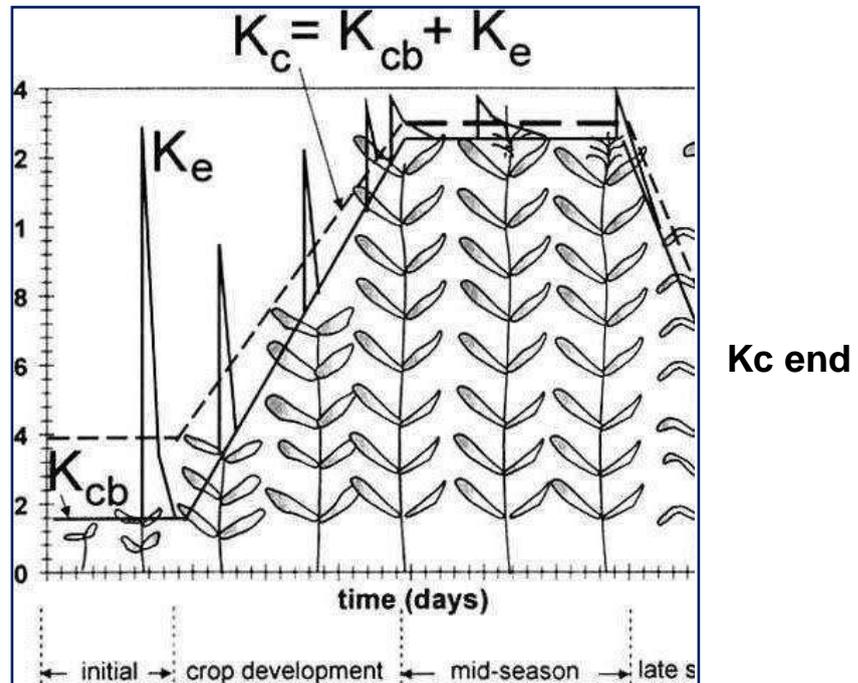


Figure III.3: Courbe de coefficients culturaux et définition des phases [19]

La courbe de k_c sur l'ensemble de la période de croissance a été présentée initialement par Doorenboss et Pruitt (1975). Elle permet de distinguer les 3 valeurs de k_c (initial, mi- saison, et d'arrière-saison). Les valeurs les plus élevées du k_c sont observées au printemps et en automne, lorsque le sol est encore humide. Les valeurs les plus basses sont notées en été. [18][16]

III.2.5. Méthodes d'évaluation de l'Evapotranspiration :

L'évapotranspiration potentielle est rarement mesurée à l'aide de bacs, et d'évaporomètres. Le plus souvent elle est calculée par des formules à partir des données climatiques mesurées, mais ces formules (Turc, Blaney-criddle, Thornthwaite, Penman...) ne sont pas toutes équivalentes, leurs représentation varie selon les paramètres utilisés et des régions climatiques où elles ont été établies.

a) Estimation de ET0 selon la formule de Blaney et Criddle

$$ET_0 = (8 + 0,46 t_m) \cdot p \text{ -----(6)}$$

ET0 : évapotranspiration de référence moyenne mensuelle [mm/jour],

t_m : température moyenne sur le mois [°C],

p : pourcentage d'heures diurnes pendant le mois considéré par rapport au nombre d'heures diurnes annuelles.

b) Estimation de ET0 selon la formule de Turc

Selon Turc (1961) l'évapotranspiration est déterminée suivant la valeur de l'humidité relative Hr:

$$\text{Si : Hr} > 50\% : ET_0 = 0,4 \cdot (R_G + 50) \cdot (t / (t + 15)) \text{ -----(7)}$$

$$\text{Si : Hr} \leq 50\% : ET_0 = 0,4 \cdot (R_G + 50) \cdot (t / (t + 15)) \cdot (1 + ((50 - Hr) / 70)) \text{ -----(8)}$$

Avec :

ET0 : Evapotranspiration de référence [mm /mois]

t : Température [°C]

R_G : Rayonnement global [cal/cm² /jour].

c) Estimation de ET0 selon la formule de Thornthwaite

La formule de Thornthwaite, établie aux Etats-Unis, permet de calculer l'évapotranspiration de référence mensuelle (en cm) pour une durée théorique d'éclairement de 12 heures par 24 heures. Elle s'exprime comme suit :

$$ET_0 = 1,6 (10/I)^a \cdot t^f \text{ ----- (9)}$$

Avec :

ET0 : évapotranspiration potentielle mensuelle [Cm],

t : température moyenne mensuelle [°C],

I : indice thermique annuel, défini comme la somme des indices thermiques mensuels i avec

$$i = (t/5) \cdot 1,514$$

a : a = I + 0.5 (simplification apportée par Serra)

f : facteur de correction f = N . ρ

N: durée astronomique du jour pendant le mois considéré [h/j];

ρ : paramètre dépendant du nombre de jours par mois

$\rho = 0.0778$ pour un mois de 28 jours

$\rho = 0.0806$ pour un mois de 29 jours

$\rho = 0.0833$ pour un mois de 30 jours

$\rho = 0.0861$ pour un mois de 31 jours

d) Estimation de ET_0 selon la formule de Penman-Monteith :

Une assemblée d'experts et de chercheurs a été organisée par la FAO en 1990 avec la collaboration de la Commission Internationale pour l'Irrigation et le Drainage et l'Organisation Météorologique Mondiale, pour réviser les méthodologies de la FAO quant à la détermination des besoins en eau des cultures et ébaucher la révision et l'actualisation des procédures employées.

Le panel d'experts recommanda l'adoption de la méthode combinée de Penman-Monteith comme nouvelle procédure standard pour le calcul de l'évapotranspiration de référence et indiqua les procédures pour calculer les différents paramètres. La méthode FAO Penman-Monteith fut développée en définissant la culture de référence comme une culture hypothétique, d'une hauteur supposée de 0.12 m, avec une résistance de surface de 70 s.m^{-1} et un albédo de 0.23, très proche de l'évapotranspiration d'une grande surface de gazon de hauteur uniforme, en croissance active, avec un approvisionnement en eau convenable. La méthode surmonte les limitations de la méthode de Penman utilisée antérieurement par la FAO, et donne des résultats plus cohérents avec les données observées mondialement d'utilisation réelle de l'eau par les cultures.

À partir de l'équation originale de Penman-Monteith et des équations de la résistance aérodynamique et de surface, la méthode FAO Penman-Monteith pour estimer ET_0 peut être exprimée:

$$ET_0 = [0.408\Delta(R_n - G) + \gamma * u_2 * (900 / (T + 273)(e_s - e_a))] / [\Delta + \gamma(1 + 0.34 * U_2)] \text{-----(10)}$$

Où:

ET_0 : évapotranspiration de référence [mm jour^{-1}],

R_n : rayonnement net à la surface de la culture [$\text{MJ m}^{-2} \text{ jour}^{-1}$],

G : densité de flux de chaleur dans le sol [$\text{MJ m}^{-2} \text{ jour}^{-1}$],

T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [$^{\circ}\text{C}$]

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 [$\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$],

γ : constante psychrométrique [$\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$].

L'évapotranspiration de référence, E_{To}, fournit un standard auquel:

- l'évapotranspiration à différentes périodes de l'année ou d'autres régions peut être comparée;
- l'évapotranspiration d'autres cultures peut être reliée.

L'équation utilise des mesures climatologiques standard de rayonnement solaire (insolation), température de l'air, humidité et vitesse du vent. Pour assurer la précision des calculs, les mesures climatiques doivent être faites à 2 m (ou converties à cette hauteur) au-dessus d'une surface vaste de gazon couvrant le sol et non limitée en eau.

L'équation FAO Penman-Monteith est une représentation proche et simple des facteurs physiques et physiologiques gouvernant le processus d'évapotranspiration. En utilisant la définition FAO Penman-Monteith pour E_{To}, les coefficients cultureux peuvent être calculés en chaque site de recherche en reliant l'évapotranspiration mesurée de la culture (E_{Tc}) avec E_{To} calculée, à savoir :

$$\mathbf{Kc = ETc/ETo-----(11)}$$

Dans l'approche du coefficient cultural, les différences de couvert végétal et de résistance aérodynamique par rapport à la culture hypothétique de référence sont prises en compte par le coefficient cultural lui-même. Le facteur K_c représente un regroupement des différences physiques et physiologiques entre les cultures et la définition de référence.

Les coefficients de culture K_c pour chaque culture ont été déterminés à l'aide du logiciel CROPTWAT selon la publication No. 56 du Bulletin FAO d'Irrigation et de Drainage intitulé "Évapotranspiration des cultures - Instructions pour estimer les besoins en eau des cultures".

Pour notre travail, On utilise cette méthode sous forme de logiciel CROPWAT8.0, pour le moment, la plus satisfaisante des formules connues pour estimer l'effet du climat sur les besoins en eau des cultures.

III.2.6 La Pluie Efficace (Pe) :

La pluie efficace ne représente qu'une partie de la précipitation totale réellement tombée. En pratique, étant donnée l'extrême difficulté d'évaluer la part des pluies efficaces contenues dans les précipitations totales, on procède par approximations. Selon l'équation service USDA conservation des sols la pluie efficace se calcule.

$$P_{eff} = P_{mois} * (125 - 0.2 * 3 * P_{mois}) / 125 \quad \text{pour } P_{mois} \leq 250 \text{ mm} \text{ ----- (12)}$$

$$P_{eff} = 125/3 + 0.1 * P_{mois} \quad \text{pour } P_{mois} > 250 \text{ mm} \text{ ----- (13)}$$

A Ouargla les précipitations sont inférieures à 250mm, on utilise donc l'équation (12) pour déterminer les pluies efficaces qu'on récapitule dans le *tableau III.3* suivant :

Tableau.III.3. : Pluies efficace en mm

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T
P(mm)	7.0	5.0	8.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	4.0	3.0	6.0	5.0	40.0
Peff(mm)	6.9	5.0	7.9	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	4.0	3.0	5.9	5.0	39.6

P : Pluie mensuelles en mm. P_{eff} : pluie efficace en mm

Conclusion du chapitre III :

Ce travail est destiné pour la détermination des besoins en eau des cultures de l'assolement en utilisant logiciel « CROPWAT 8.0 » par méthode de Penman_ Monteith. On se basant sur les variables climatiques (Température, précipitation, Humidité relative, vitesse du vent et durée de l'insolation).

Chapitre IV:

Résultats et Discussion

Introduction :

Après avoir présenté les outils méthodologiques nécessaires pour la réalisation de notre travail, dans ce paragraphe nous procéderons à l'interprétation et à la discussion des résultats de notre étude. A travers ces résultats, nous essayerons de déterminer le pouvoir épuratoire de la STEP de Sidi Khouiled durant les trois mois de notre stage (*Janvier, Février, Mars 2021*) en premier lieu, puis déterminer les besoins des cultures afin de dimensionner le réseau d'irrigation de notre parcelle.

IV.1. Les résultats des Analyses physico-chimiques :

IV.1.1 Les résultats :

Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux suivants:

Tableau IV.1 : Valeurs moyennes des paramètres des eaux brutes

Mois	MES (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	Sal (mg/l)	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³	Pt	O2 (mg/l)	Cond (µs/Cm)	T (°C)	pH
Jan 2021	/	/	/	3.1	/	/	/	/	/	5710	19.2	7.82
Fév 2021	/	/	408	3.1	/	0.1	3.90	4.6	/	5710	19.2	7.82
Mars 2021	38.3	150	175	3.2	0.05	0.26	3.36	3.8	/	6010	22.3	7.88

Sal : Salinité (mg /l) ; **Cond** :Conductivité électrique (µs /Cm) ; **T** :Température (°C)

Tableau IV.2 : Valeurs moyennes des paramètres des eaux traitées

Mois	MES (mg/l)	DBO5 (mg /l)	DCO (mg/l)	Sal (mg/l)	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³	Pt	O2 (mg/l)	Cond (µs /Cm)	T (°C)	PH
Jan 2021	/	/	/	3.2	/	/	/	/	/	5930	16.7	7.49
Fév 2021	/	/	130	3.2	/	0.1	3.80	4.3	1,3	5930	16.7	7.49
Mars 2021	26.5	50	132	3.1	0.02	0.06	4.11	4.5	/	5690	22.3	7.9

Sal : Salinité (mg /l) ;**Cond** :Conductivité électrique(µs /Cm) ; **T** :Température (°C)

Tableau IV.3 : Résultats des rendements de différents paramètres

Mois	MES %	DBO5 %	DCO %	NO ₂ ⁻ %	NO ₃ ⁻ %	Pt %
Janvier 2021	/	/	/	/	/	/
Février 2021	/	/	68	/	/	6.5
Mars 2021	30	67	25	60	77	15.5

**Tableau IV.4: Moyenne des résultats d'analyses des eaux Entrée/Sortie
STEP Sidi Khouiled par rapport aux normes**

Paramètres	Entrée	Sortie	Rende- ment (%)	Normes				
				Pour Rejet au Réseau et /ou station	OMS (1989)	Algéri- enne	Pour Rejet dans un milieu récepteur	Pour l'irrigation FAO (1985)
<i>PH</i>	7.84	7.63		5.5 à 8.5	6.9 à 9	5.5 à 8.5	-	6.5 à 8.5
<i>T (°C)</i>	20,23	18.56		≤30	25 à 30	25 à 30	30	-
<i>Salinité (mg/l)</i>	3.13	3.16		-	-	-	-	-
<i>MES (mg/l)</i>	38.3	26.5	30.80	600	30	30	40	30
<i>DCO (mg/l)</i>	291.5	131	50.06	1000	90	120	120	90
<i>DBO5 (mg/l)</i>	150	50	66.66	500	30	40	35	30
<i>NO₂⁻ (mg/l)</i>	0.05	0.02	60.00	0.1	< 1	-	-	-
<i>NO₃⁻ (mg/l)</i>	0.18	0.08	55.55	-	< 50	-	-	30

IV.1.2 Interprétation des résultats :

Après avoir présenté les résultats d'analyses des eaux sortantes de la station d'épuration de Sidi Khouiled durant la période de notre stage (3mois) on a constaté que le rendement de la station est de l'ordre de : **(66% DBO5, 50% DCO, 30% MES)** par rapport aux années précédentes où le rendement dépasse 90% (**Août 2015 –Mars 2016**) (voir Annexe 03) et cela est du essentiellement à :

- Dysfonctionnement des aérateurs des deux premiers bassins d'aération (A) et manque de pièces de rechange ce qui à influencer sur le traitement et la qualité des eaux sortantes (MES : Entrée =3,85mg/l ; Sortie=2,65mg/l).
- ❖ Un contrat à été signée entre le maitre de l'ouvrage « l'office National de l'Assainissement » **ONA** avec l'entreprise **SOGERWITT** pour la réhabilitation des deux stations d'épuration de Sidi Khouiled et Said Otba pour améliorer leurs pouvoir épuratoire.

Aussi, il est important de signaler quelques problèmes rencontrés durant notre période de stage et ce qui à provoqué un affaiblissement du rendement de la STEP :

- Arrivée massive des sables ;
- manque de pièces de rechange ;
- manque des moyens d'exploitation ;
- Vent de sable.
- ❖ Une caractéristique importante constatée des effluents arrivant à la station de Sidi Khouiled est la salinité qui est de l'ordre de **3,1g /l** par rapport à la salinité des eaux entrantes à la station de Said Otba de Ouargla qui dépasse plusieurs dizaine de grammes par litre (**11g/l**). Ce qui à orienter notre choix vers la station de Sidi Khouiled en irriguant notre périmètre avec les eaux sortantes (salinité moyenne de 3 g/l).

1) La Demande Chimique en Oxygène :

Généralement la DCO est 1,5 à 2 fois la DBO5 pour les eaux usées urbaines et de 1 à 10 pour tout l'ensemble des eaux résiduaires industrielles.

La valeur moyenne de la DCO des eaux usées brutes est de l'ordre 291,5 mg/l, comprise dans la fourchette de 300 à 1000 mg O2/l selon OIE(2008), ce qui confirme le caractère urbain à dominance domestique de l'eau usée.

2) La Demande Biologique en Oxygène:

La valeur moyenne de la DBO₅ est de 150 mg/l , cette valeur élevée par rapport aux normes d'irrigation (30 mg /l) est due a l'obturation des aérateurs de la station lors la période de notre stage.(la station est en phase de réhabilitation de ces ouvrages).

L'OMS(1989) limite la DBO₅ à moins 10 mg O₂/l pour la réutilisation des eaux épurées en irrigation; la valeur moyenne de 1, 3 mg O₂/l pour les eaux à la sortie de la station de Sidi Khouiled répond à cette recommandation.

Le rendement d'élimination de la DBO₅ de l'épuration est de 66,66%, ce qui signifie que l'élimination de la pollution organique est bonne.

3) Les matières en suspension

La concentration en moyenne des MES reçue par la station est de 38,3 mg/l ; Le rendement d'élimination moyen des MES de l'ordre de 30,80 % qui est faible mais la concentration en MES de l'eau épurée qui est de 26,5 mg/l répond à la norme de réutilisation des eaux épurées en agriculture d'après la recommandation de l'OMS (1989).

4) La Température

Les valeurs des températures des eaux brutes variaient de 19.2 à 22.3 C°, et entre 16.7 et 22.3C° pour les eaux épurées, soit une moyenne de 19,4C° durant la période d'étude. Cette valeur est inférieure à la norme de rejet de l'OMS appliqué en Algérie (30 C°).

5) La Salinité

Les valeurs de la salinité des eaux usées brutes marquent une stabilité au cours de la période d'étude, une moyenne pour toute la période d'étude est de 3,1 g/l .La salinité des eaux traitées ne change pas beaucoup et son intervalle est borné par un minimum de 3.1g/l et un maximum de 3.2g/l, donnant la moyenne de 3,15 g/l.

6) La Conductivité

Les valeurs de la conductivité électrique (CE) des eaux usées brutes oscillent entre 5710 et 6010 µS/cm soit moyenne de 5860µS/cm attestant d'une forte minéralisation de ces eaux.

7) Le PH

Le pH est donc l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitement. Les valeurs de pH enregistrées dans l'eau de la station Sidi Khouiled sont comprises entre 7,4 et 7.9.

Le pH moyen des eaux épurées de 7,73 permet la réutilisation des eaux épurées de la station de Sidi Khouiled en irrigation.

8) Matières azotées

L'azote rencontré dans les eaux usées peut avoir un caractère organique ou minéral, il se présente sous quatre formes:

- L'azote organique qui se transforme en azote ammoniacal.
 - L'azote ammoniacal (NH_4)
 - L'azote nitreux (NO^{2-})
 - L'azote nitrique (NO^{3-})
- ✓ La concentration en Azote Nitreux (NO^{2-}) est très faible (0,02mg/l), ce qui répond à la norme attribué par l'OMS 1989 (<1 mg /l)
- ✓ La quantité d'Azote nitrique (NO^{3-}) dans l'eau à la sortie de la station (0,08 mg/l) est inférieure à la norme attribuée par l'OMS 1989 (50 mg/l).

Conclusion :

✚ D'après les résultats qui on été obtenu avant et après le traitement on remarque que le traitement effectue par la STEP de Sidi Khouiled durant le stage est acceptable.(rendement est de l'ordre de 66% DBO5 , 50% DCO,30% MES), mais excellent lors des années précédentes à titre de comparaison les analyses Physico-chimiques (Aout 2015-Mars 2016) [F.Kherroubi] et que les normes des rejets sont respectés; donc il n'y a pas un risque sur le milieu récepteur et on peut utilisées ces eaux à l'irrigation.

IV.2. Présentation des besoins en Eau des cultures:

Introduction :

Pour ce travail, on a utilisé le logiciel cropwat, les résultats de calcul pour les différentes cultures sont représentés après présentation en bref les étapes à suivre pour chaque logiciel CLIMWAT et CROPWAT et détaillée en Annexe N°6.

IV.2.1 présentation du logiciel Climwat et Cropwat

❖ On utilise CLIMWAT pour l'estimation des pluies de la zone étude, les étapes sont comme suit :

- 1- Choisir en premier lieu le pays :
- 2- Choisir la zone d'étude : dans ce cas la zone d'étude est la Wilaya de OUARGLA puis sélectionner la station météorologique la plus proche au site d'étude.

Après ces étapes, un fichier sera établi contenant les caractéristiques climatiques de la région, qu'on va intégrer dans le deuxième logiciel CROPWAT.

Les données nécessaires sont : la température ; la vitesse de vents ; l'humidité ; les précipitations et l'insolation.

❖ Dans ce projet, on utilise le logiciel CROPWAT pour le calcul des besoins en eau des cultures à partir des données amenées de CLIMWAT par les étapes suivant :

- 1- Calcul évapotranspiration :
- 2- Calcul de la pluie efficace :
- 3- Choix les cultures :
- 4- Données du sol :
- 5- Le résultat de calcul des besoins en eau de la culture :
- 6- Elaboration d'un calendrier d'irrigation :
- 7- Zoning du périmètre à irriguer : Cas d'un seul périmètre et /ou plusieurs cultures :
- 8- Représentation des besoins en eau des cultures dans tout le périmètre.

III.2.2. Résultats de calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures d'assolement :

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique :

Dans notre cas la formule est la suivante :

$$B = ET_c - P_e \text{ -----(14)}$$

$$ET_c = K_c * ET_0 \text{ -----(15)}$$

Avec :

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

ETc: évapotranspiration de la culture dans des conditions standard (mm/j)

Pe: Précipitations efficaces (mm/j).

Kc : coefficient de culture.

ET0 : évapotranspiration de référence (mm/j)

On calcule l'Évapotranspiration avec le logiciel cropwat et on récapitule les valeurs dans le tableau IV.5 et on montre en annexe N°5 la publication No. 56 du Bulletin FAO d'Irrigation et de Drainage intitulé "Évapotranspiration des cultures - Instructions pour estimer les besoins en eau des cultures" un exemple de détermination de l'évapotranspiration.

Tableau. IV.5. : Évapotranspiration de référence en mm / jour

Mois	T _{min}	T _{max}	H	V	I	Ray.	ETP
	°C	°C	%	km/jour	Heures	MJ/m ² /jour	mm/jour
Janvier	4.4	17.2	62	181	6.8	11.8	2.04
Février	6.7	20.0	57	199	8.0	15.3	2.87
Mars	9.4	23.3	43	181	8.9	19.3	4.04
Avril	13.9	28.9	50	216	9.4	22.5	5.37
Mai	17.8	32.8	42	216	9.6	24.1	6.56
Juin	23.3	39.4	36	207	9.5	24.3	7.74
Juillet	25.5	42.8	39	173	11.2	26.5	8.05
Août	25.0	41.7	41	181	10.3	24.1	7.62
Septembre	22.2	37.2	50	190	9.0	20.2	6.17
Octobre	16.1	30.5	58	207	8.1	16.2	4.48
Novembre	10.0	23.3	77	181	7.0	12.4	2.38
Décembre	6.1	18.3	73	181	6.7	11.0	1.82
Moyenne	15.0	29.6	52	193	8.7	19.0	4.93

station :	Ouargla
altitude:	141 m
latitude:	31,91 °N
Longitude :	5,40 °E

Tmin : Température minimale

Tmax : Température maximale

Tmoy : Température moyenne

I : Nombre d'heures d'insolation moyenne

Ray : Rayonnement mensuelle

V : Vitesse des vents

H : humidité de l'air

III.2.2.1. Besoins en eau de Coton :

Tableau. IV.6 : Besoins en eau de Coton

Station ET0	Ouargla			Date de plantation	01/03			
Station Pluie	Ouargla			Date de récolte	11/09			
Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.	
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec	mm/moi
Mar	1	Init	0,35	1,28	12,8	2,6	10,2	36.4
Mar	2	Init	0,35	1,41	14,1	3,1	11,1	
Mar	3	Crois	0,35	1,58	17,3	2,2	15,2	
Avr	1	Crois	0,46	2,29	22,9	0,9	22	103.2
Avr	2	Crois	0,64	3,44	34,4	0	34,3	
Avr	3	Crois	0,81	4,7	47	0,1	46,9	
Mai	1	Crois	0,99	6,1	61	0,3	60,7	230.1
Mai	2	Mi-sais	1,16	7,62	76,2	0,3	75,9	
Mai	3	Mi-sais	1,23	8,52	93,7	0,2	93,5	
Jui	1	Mi-sais	1,23	9	90	0,1	89,9	280.9
Jui	2	Mi-sais	1,23	9,48	94,8	0	94,8	
Jui	3	Mi-sais	1,23	9,61	96,1	0	96,1	
Jui	1	Mi-sais	1,23	9,74	97,4	0	97,4	294.8
Jui	2	Arr-sais	1,22	9,84	98,4	0	98,4	
Jui	3	Arr-sais	1,14	9	99	0	99	
Août	1	Arr-sais	1,02	8	80	0	80	213.4
Août	2	Arr-sais	0,91	7,04	70,4	0	70,4	
Août	3	Arr-sais	0,8	5,74	63,1	0,1	63	
Sep	1	Arr-sais	0,68	4,53	45,3	1	44,3	48.1
Sep	2	Arr-sais	0,62	3,83	3,8	0,2	3,8	
					1217,9	11,2	1206,9	

K_C : coefficient de culture.

ET_c : évapotranspiration réel.

Bes.Irr : besoin en eau de culture

III.2.2.2 Besoins en eau de Tabac :

Tableau. IV.7 : Besoins en eau de Tabac

Station ET0	Ouargla				Date de plantation	01/05		
Station Pluie	Ouargla				Date de récolte	18/08		
Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.	
			coeff	mm/jour	mm/dec		mm/dec	mm/dec
Mai	1	Init	0.50	3.08	30.8	0.3	30.5	111.3
Mai	2	Init	0.50	3.28	32.8	0.3	32.5	
Mai	3	Crois	0.63	4.41	48.5	0.2	48.3	
Jui	1	Crois	0.87	6.39	63.9	0.1	63.8	240.3
Jui	2	Mi-sais	1.09	8.45	84.5	0.0	84.5	
Jui	3	Mi-sais	1.17	9.20	92.0	0.0	92.0	
Jui	1	Mi-sais	1.17	9.32	93.2	0.0	93.2	282.5
Jui	2	Arr-sais	1.17	9.44	94.4	0.0	94.4	
Jui	3	Arr-sais	1.09	8.63	94.9	0.0	94.9	
Août	1	Arr-sais	0.97	7.58	75.8	0.0	75.8	129
Août	2	Arr-sais	0.86	6.65	53.2	0.0	53.2	
					764.00	1.00	763.00	

III.2.2.3. Besoins en eau de tournesol :

Tableau .IV.8 : Besoins en eau de tournesol

Station ET0	Ouargla			Date de plantation	01/03			
Station Pluie	Ouargla			Date de récolte	18/06			
Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.	
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec	mm/moi
Mar	1	Init	0.35	1.28	12.8	2.6	10.2	38.6
Mar	2	Init	0.35	1.41	14.1	3.1	11.1	
Mar	3	Crois	0.40	1.77	19.5	2.2	17.3	
Avr	1	Crois	0.62	3.07	30.7	0.9	29.8	139.3
Avr	2	Crois	0.86	4.63	46.3	0.0	46.3	
Avr	3	Mi-sais	1.10	6.33	63.3	0.1	63.1	
Mai	1	Mi-sais	1.18	7.29	72.9	0.3	72.5	239.8
Mai	2	Mi-sais	1.18	7.75	77.5	0.3	77.2	
Mai	3	Mi-sais	1.18	8.21	90.4	0.2	90.1	
Jui	1	Mi-sais	1.18	8.68	86.8	0.1	86.7	231
Jui	2	Arr-sais	1.09	8.42	84.2	0.0	84.2	
Jui	3	Arr-sais	0.77	6.01	60.1	0.0	60.1	
Jui	1	Arr-sais	0.47	3.71	29.7	0.0	29.7	29.7
					688.2	9.9	678.3	

III.2.2.4. Besoins en eau de palmiers dattiers :

Tableau. IV.9 : Besoins en eau de palmiers dattier

Station ET0	Ouargla			Date de plantation	01/03/20--i			
Station Pluie	Ouargla			Date de récolte	28/02/20---i+1			
Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.	
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec	mm/mois
Mar	1	Init	0.90	3.28	32.8	2.6	30.2	105.7
Mar	2	Init	0.90	3.64	36.4	3.1	33.3	
Mar	3	Init	0.90	4.04	44.4	2.2	42.2	
Avr	1	Init	0.90	4.44	44.4	0.9	43.5	143.7
Avr	2	Init	0.90	4.84	48.4	0.0	48.4	
Avr	3	Init	0.90	5.19	51.9	0.1	51.8	
Mai	1	Init	0.90	5.55	55.5	0.3	55.1	182.4
Mai	2	Init	0.90	5.90	59.0	0.3	58.7	
Mai	3	Init	0.90	6.26	68.8	0.2	68.6	

Suite de Tableau IV.9

Jui	1	Init	0.90	6.61	66.1	0.1	66.0	206.2
Jui	2	Init	0.90	6.96	69.6	0.0	69.6	
Jui	3	Init	0.90	7.06	70.6	0.0	70.6	
Jui	1	Init	0.90	7.15	71.5	0.0	71.5	224
Jui	2	Crois	0.90	7.25	72.5	0.0	72.5	
Jui	3	Crois	0.92	7.27	80.0	0.0	80.0	
Aoû	1	Crois	0.94	7.40	74.0	0.0	74.0	225.6
Aoû	2	Mi-sais	0.97	7.47	74.7	0.0	74.7	
Aoû	3	Mi-sais	0.97	7.01	77.1	0.1	76.9	
Sep	1	Mi-sais	0.97	6.47	64.7	1.0	63.7	175.4
Sep	2	Mi-sais	0.97	6.00	60.0	1.5	58.5	
Sep	3	Mi-sais	0.97	5.46	54.6	1.3	53.2	
Oct	1	Mi-sais	0.97	4.91	49.1	1.0	48.1	130
Oct	2	Mi-sais	0.97	4.36	43.6	0.8	42.7	
Oct	3	Mi-sais	0.97	3.68	40.5	1.2	39.2	
Nov	1	Mi-sais	0.97	2.93	29.3	1.8	27.6	66.3
Nov	2	Mi-sais	0.97	2.22	22.2	2.1	20.0	
Nov	3	Mi-sais	0.97	2.07	20.7	2.0	18.7	
Déc	1	Mi-sais	0.97	1.95	19.5	1.7	17.8	52.4
Déc	2	Mi-sais	0.97	1.77	17.7	1.6	16.1	
Déc	3	Mi-sais	0.97	1.84	20.3	1.8	18.5	
Jan	1	Mi-sais	0.97	1.92	19.2	2.2	17.0	57.2
Jan	2	Arr-sais	0.98	1.99	19.9	2.5	17.5	
Jan	3	Arr-sais	0.98	2.26	24.9	2.2	22.7	
Fév	1	Arr-sais	0.98	2.53	25.3	1.7	23.6	73.7
Fév	2	Arr-sais	0.98	2.80	28.0	1.5	26.5	
Fév	3	Arr-sais	0.98	3.18	25.5	1.8	23.6	
					1682.6	39.8	1642.8	

III.2.3. Approvisionnement en Eau du Périmètre à irriguer:

L'approvisionnement en Eau du périmètre sera évalué par les étapes qui sont résumés comme suit:

- 1- les informations utilisées pour le calcul :
 - Station météo utilisée pour l'ETo
 - Station météo utilisée pour la pluviométrie
 - Le nom de l'assolement

- 2- Les Besoins des cultures sont fournis pour chacun des cultures de l'assolement. Noté « A » sur le tableau IV.10 ci-dessous, ces déficits sont fournis pour chaque culture individuellement.
- 3- Les besoins net en irrigation, ces besoins sont exprimés en mm/j, mm/mois, l/s/ha. Les besoins net en irrigation sont une pondération par les % de surface des déficits de chacune des cultures, Noté « B ».
- 4- Le pourcentage de surface irriguée. Noté « C » sur le tableau IV.10.
- 5- Les besoins en irrigation pour une surface réelle. Par défaut la surface réelle est de 1ha. Noté « D ».

On récapitule les besoins mensuels totaux de chaque culture dans la **colonne A** du **tableau IV.10** à partir de la somme des besoins en irrigation de chaque culture calculés dans les tableaux précédents.

On récapitule les besoins nets d'irrigation de toutes les cultures en pondération par les % de surface des déficits de chacune des cultures pour déterminer le débit spécifique en (l/s/ha) dans la **colonne B** du **tableau IV.10**.

On récapitule les besoins en irrigation réelles en l/s/ha, c'est le produit du pourcentage de surface de chaque culture S par le débit Q résumé dans la **colonne D** du **tableau IV.10**

Tableau. IV.10 : Besoins totaux en eau du périmètre

		Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
A	Besoin des cultures mm/mois	$A_i = \sum$ Bes. Irr de culture pour chaque mois											
	A1 Coton	0	0	36,4	103,2	230,1	280,9	294,8	213,4	48,1	0	0	0
	A2 Tournesol	0	0	38,6	139,3	239,8	231	29,7	0	0	0	0	0
	A3 Palmier dattier	57,2	73,7	105,7	143,7	182,4	206,2	224	225,6	175,4	130	66,3	52,4
	A4 Tabac	0	0	0	0	111,3	241,3	283,9	129,9	0	0	0	0
Bes, Irr, Net, du périmètre $B = (S_{A1}\% * A1 + S_{A2}\% * A2 + S_{A3}\% * A3 + S_{A4}\% * A4)$													
B	en mm/jour	0,6	0,8	1,7	3,9	6,7	8	6,2	4,7	2,2	1,3	0,7	0,5
	B en mm/mois	17,1	22,1	54,2	115,8	206,8	239,5	192,9	144,7	67,1	39	19,9	15,7
	Q en l/s/ha	0,06	0,09	0,2	0,45	0,77	0,92	0,72	0,54	0,26	0,15	0,08	0,06
C	S Surface irriguée (% de la surface totale)	30	30	90	90	100	100	100	70	60	30	30	30
	D = Q/S												
D	Bes, en Irr, pour surf,réel, (l/s/ha)	0,21	0,3	0,22	0,5	0,77	0,92	0,72	0,77	0,43	0,49	0,26	0,2

Sur le tableau N° IV.10, on a comme besoins de pointe 0,92l/s/ha donc 1,84 l/s pour les deux hectare (surface de notre projet), ce qui donne un débit annuel égal à 58 026,24m³.

Le tableau ci-dessous (Tableau IV.11) résume les besoins en eau annuels.

Tableau IV.11 : Besoins annuels en m³

	Besoins de point (l/s/ha)	Superficies (ha)	Débit de pointe (l/s)	Besoins annuels (m ³)
Périmètre 2 ha	0.92	2	1.84	58 026.24

La STEP fournit un volume annuel de 399 310 m³, alors que le besoin total de notre secteur est de 58 026.24 m³ en moyen annuel. Donc la STEP peut couvrir et satisfaire les besoins de notre périmètre.

III.2.4. Calcul du débit maximum journalier (débit caractéristique)

Dans notre cas, le débit maximum journalier est le débit caractéristique. Il est calculé par la formule suivante :

$$Q_{car} = q_s \times S \text{ ----- (16)}$$

D'où :

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

S : la superficie totale à irriguer = 2 ha.

Le mois de pointe est le mois de Juin, et le débit spécifique: 0.92 l/s/ha (voir Tableau IV.9)

Dans notre région d'étude :

Le débit spécifique : q_s = 0,92 l/s/ha. Il est inférieur à 1,5 l/s/ha.

$$Q_{car} = q_s \times s \Rightarrow 0.92 \times 2 = 1.84 \text{ l/s.}$$

$$Q_{car} = 1.84 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

III.2.5 Dimensionnement du réseau d'irrigation localisée

III.2.5.1 Données générales

Culture Palmier :

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacement entre arbres rangs : 4 m
- Caractéristique de goutteur
- Débit nominale : 4l/h
- Pression nominale : 10mce
- Espacement des goutteurs : 1m

- **Caractéristiques des conditions climatiques**

Besoin en eau journaliers : 7,52 mm/j (Tableau IV.9 besoin en eau pour le palmier)

- **Caractéristique des données de bases**

La superficie de cette parcelle est 30% à la surface total (2 ha) alors 0.6 ha (L = 100 m, l = 60 m).

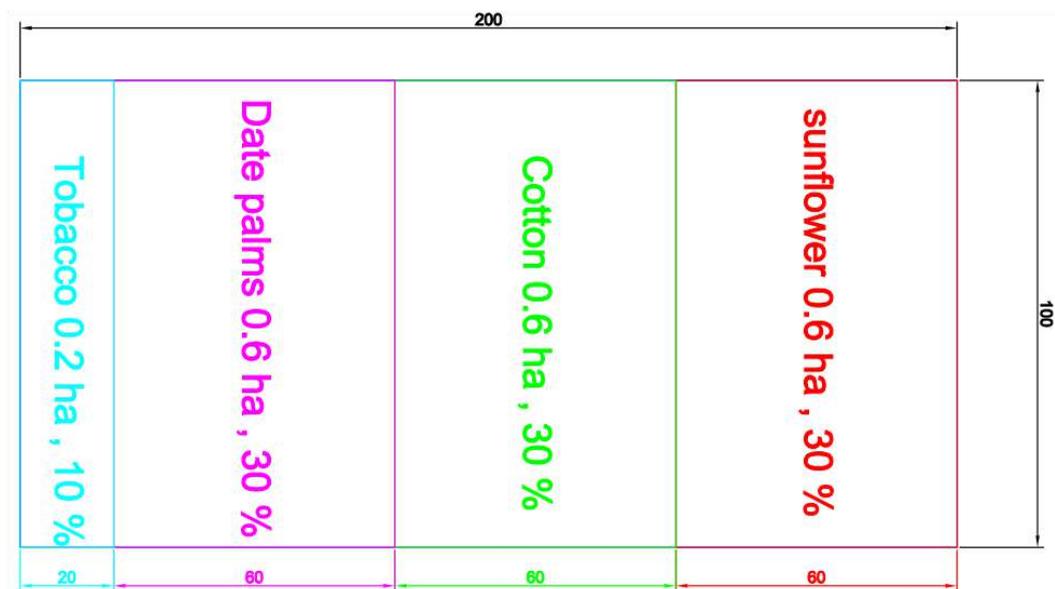


Figure. IV.1 : Décomposition de périmètre

- Temps maximum journaliers de travail : 8 h / 24 h.

III.2.5.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

a) Influence du taux de couverture du sol

Principalement l'irrigation localisée pour les cultures en ligne où une partie seulement de la surface est occupée par les plantes ; donc les chiffres des besoins en eau déterminés par les méthodes ou toute la surface est considérée à

irriguée doivent être multipliés par un coefficient de réduction « K_r » dépendant du taux de couverture « C_r ».

Le coefficient K_r est donné par plusieurs formules comme :

➤ La formule de 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) :

$$K_r = 0,1 + C_s$$

On prend : $K_r = 0,71$

Irrigation traditionnelle demanderait pour le mois de pointe (mois Août) et $B = 225,6$ mm /mois (Tableau IV.10 des besoins en eau) soit 7,52 mm/jour.

En irrigation localisée les besoins se réduisent à :

$$B_r = B * K_r \text{ -----(IV.1)}$$

$$B_r = 7.52 * 0,71 = 5.34 \text{ mm}$$

b) Réserve facilement utilisable RFU

$$RU = (H_{cc} - H_{pf}) * Z * d_a \text{ -----(IV.2)}$$

Avec :

d_a : densité apparent de sol.

H_{cc} = humidité volumique du sol à la capacité aux champs.

H_{pf} = humidité volumique du sol au point de flétrissement.

Z = profondeur du sol considéré (zone radiculaire) en m.

P = volume du sol humidifié exprimé en pourcentage du volume total.

P est donné par la relation suivante :

$$P = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r} \text{ -----(IV.3)}$$

D'où:

n : Nombre de pointe de distribution par arbre : 2.

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre : 2 m

S_h : Largeur de la bande humidifiée : 1 m.

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

Sa : Espacement des arbres sur les rangs : 4 m.

P%: Pourcentage du sol humidifié.

Z : profondeur d'enracinement

Z = 2 m pour le palme

Donc : RU = 164 mm

Hcc = 9 %

da = 1,64 g/cm³ Selon Logiciel Climwat

Hpf=5 %

RY = $\frac{2}{3}$ Cas d'un sol Sableux.

RFU = $\frac{2}{3} * 164 = 109.33$ mm.

c) Pourcentage de sol humidifié

$$q_g = 4l/h$$

$$e_g = 1m$$

$$e_r = 4m$$

D'après l'annexe (05): P = 40 %

d) Dose nette

$$D_{nette} = RFU * P = 109.33 * 0,4 = 43.73mm$$

e) Dose brute

C'est le volume d'eau d'irrigation nécessaire en pratique D_{nette} et D_{brute} sont liées par l'équation suivante la dose brute d'arrosage dépend en fait de l'uniformité de l'irrigation et de l'efficacité du réseau.

$$D_{brute} = \frac{D_{net}}{C_u * C_{eff}} \quad \text{Donc : } D_{brute} = \frac{43.73}{0,9 * 0.9} = 53.99 \text{ mm} \text{-----(VI.4)}$$

Avec :

C_u : coefficient d'uniformité : $C_u = 90$ %.

C_{eff} : coefficient efficacité du réseau d'irrigation : $C_{eff} = 90$ %.

f) Fréquence d'arrosage

La fréquence ou espacement entre deux arrosages. Cette valeur dépend de la transpiration journalière moyenne dans la période de pointe des cultures et de la dose appliquée à chaque arrosage.

$$f = \frac{D_{nette}}{B_r} = \frac{53.99}{5.34} = 10.11 \text{ jours} \quad \text{Donc, on prend } f = 11 \text{ jours et on corrige la do}$$

D'irrigation : $D_{nette} = f * B_r = 11 * 5.34 = 58.74 \text{ mm. -----(VI.5)}$

g) La durée d'arrosage

$$t = \frac{b_{brute} * E_g * E_r}{q_g} = \frac{53.99 * 1 * 4}{8} = 27 \text{ heures -----(VI.6)}$$

$$t : \text{Irrigation / jour} \rightarrow \frac{27}{8} = 3.375 \text{ heures}$$

Ecartement des lignes : $E = 4\text{m}$. On a le choix entre différents goutteurs de débits varie

$$q = (1 : 2 : 4 : 6 : 8) \text{ l/h}$$

III.2.5.3. Choix des goutteurs dans la zone d'étude et la densité des cultures

- Pour nos cultures en utilise généralement 2 goutteurs de débits de 4 l/s.
- Pour chaque poste on doit déterminer les paramètres de calcul.
- Lorsque tous les postes ont les mêmes surfaces, on fait les calculs pour un seul secteur.
- La longueur de la rampe : $L_{poste} = L_r = 60 \text{ m}$.
- La longueur de la porte rampe 100 m.

a) Le nombre des rampes

$$N_{rampes} \square \frac{L_{pr}}{E_r} = \frac{100}{4} = 25 \text{ rampes -----(VI.7)}$$

Avec :

L_{pr} : Longueur de la porte rampe.

b) Le nombre d'arbre par rampe

$$N_{\text{arbres/rampe}} = \frac{L_r}{E_r} = \frac{60}{4} = 15 \text{ arbres} \text{-----(VI.8)}$$

Et le nombre d'arbre d'ilot:

$$N_{\text{arbres}} = N_{\text{arbres/rampe}} \cdot N_{\text{rampe}} = 15 \cdot 25 = 375 \text{ arbres.}$$

c) Nombre des goutteurs par rampe :

$$N_g = N_{\text{arbres}} \cdot n \text{-----(VI.9)}$$

Avec

N_{arbres} : Nombre des arbres.

Et $n = 2$ goutteurs pour chaque arbres.

$$N_g = 375 \cdot 2 = 750 \text{ goutteurs.}$$

Le tableau ci-après donne les résultats pour un ilot d'une surface de 0,6ha.

Tableau IV-12 : Caractéristiques générales du périmètre

ilot	Superficie ha	Rampe		Nombre d'arbres	Nombre de goutteur
		Nombre	Longueur		
palmier	0.6	25	60	375	750

d) Débit de la rampe et le diamètre

➤ **Le diamètre**

$$Q_r = N_g \cdot Q_g \text{ ou } Q_r = N_{\text{arbres/rampe}} \cdot 2 \cdot Q_g \text{-----(VI.10)}$$

Avec :

$N_{\text{arbre/rampe}}$: nombre des arbres dans un rampe et 2 c'est deux goutteurs pour chaque arbre.

Q_g : débit de goutteurs égale 4 l/h.

$$Q_r = 15 \cdot 2 \cdot 4 = 120 \text{ l/h}$$

➤ **Le diamètre**

Le diamètre est calculé d'après la formule suivante.

On propose que les rampes en PEHD.

$$\varnothing \text{ (cal)} = \left[\frac{\text{P.d.c (r)} \times 2,75}{0,478 \times Q(r) L(r)^{1,75}} \right]^{\frac{1}{4,75}} \text{-----(VI.11)}$$

Avec :

P.d.c (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.

➤ **La perte de charge**

La perte de charge est déterminée après le choix du diamètre par la formule suivante

$$J_r = \frac{0,478}{2,75} \cdot D r^{-4,75} \cdot L r Q^{1,75}$$

D'où :

J = Perte de charge
en m ; D = Diamètre
en mm ;
Q = Le débit en l / h
; L = Longueur en m.

a) Débit de la porte rampe

➤ **Débit du porte-rampe**

Le débit d'un porte- rampe est calculé par la relation :

$$Q_{PR} = Q_R \cdot N_R \text{ -----(VI.12)}$$

$$Q_{PR} = 120 * 25 = 3000 \text{ l/h}$$

Avec :

Q_{PR} = Débit du porte rampe en l / h ;

N_R = Nombre de rampes ;

Q_R = Débit d'une rampe en l / h.

➤ **Le diamètre**

Le diamètre du porte rampe est calculé par la formule ci-dessous

On propose que les porte-rampes en PEHD.

$$\varnothing (\text{cal}) = \left[\frac{\text{P.d.c (pr)} \times 2,75}{0,478 \times Q(\text{pr})^{1,75} L(\text{pr})} \right]^{\frac{1}{4,75}}$$

➤ **La perte de charge**

Elle est calculée après avoir déterminé le diamètre par la formule suivante :

$$J = \frac{0,478}{2,75} \cdot D^{-4,75} \cdot Q^{1,75} \cdot L$$

Tableau. IV.13 : Caractéristiques générales du réseau en irrigation localisée (Palmier)

Rampe		
Longueur	L (m)	60
Débit	Q (l/h)	120
Diamètre calcule	D cal (mm)	12.80
Diamètre normalise	DN (mm)	16
Vitesse	V (m/s)	0.164
Pert de charge L	J (mce)	0.250

qv^* 0,000033 Débit volumique [m ³ /s] D^* 0,016 Diamètre de la conduite [m] L^* 60 Longueur de la conduite [m] ϵ^* 0,0000015 Coefficient de rugosité [m] ρ^* 1000 Masse volumique de l'eau [kg/m ³] μ^* 0,001139 Viscosité dynamique de l'eau [Pa/s] g^* 9,807 Accélération de la pesanteur [m/s ²] v 0.164 Vitesse moyenne de l'eau [m/s] Re 2304 Nombre de Reynolds [-] f 0.048506 Coefficient de perte de charge [-] ΔH 0.25 Perte de charge linéaire [m CE]
Reset

Porte-rampe		
Longueur	L (m)	100
Débit	Q (l/h)	3000
Diamètre calcule	D cal (mm)	40.67
Diamètre normalise	DN (mm)	50
Vitesse	V (m/s)	0.424
Pert de charge L	J (mce)	0.48

qv^* 0.000833 Débit volumique [m ³ /s] D^* 0,050 Diamètre de la conduite [m] L^* 100 Longueur de la conduite [m] ϵ^* 0,0000015 Coefficient de rugosité [m] ρ^* 1000 Masse volumique de l'eau [kg/m ³] μ^* 0,001139 Viscosité dynamique de l'eau [Pa/s] g^* 9,807 Accélération de la pesanteur [m/s ²] v 0.424 Vitesse moyenne de l'eau [m/s] Re 18613 Nombre de Reynolds [-] f 0.026259 Coefficient de perte de charge [-] ΔH 0.48 Perte de charge linéaire [m CE]
Reset

N.B : c'est la même méthode pour dimensionner les autres ilots (**coton, tournesol, tabac**)

III.2.5.4 La conduite principale (réservoir-périmètre)

➤ **Le débit**

Le débit de la conduite principale c'est le débit de point (voir le chapitre IV. besoin en eau : calcule le débit caractéristique Q_{CR})

$$: Q_{c,p} = Q_{CR}$$

D'où :

Q_c : débit caractéristique en l/h

Donc : $Q_{c,p} = 1.8 \text{ l/s} = 6480 \text{ l/h}$

➤ **La longueur**

On a : $L_{C,P} = 30 \text{ m}$

➤ **Le diamètre**

D'après la formule de « Bonin » le diamètre de la conduite principale est :

$$\varnothing = \sqrt{Q}$$

Q ; débit en m^3/s

$$\varnothing = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-3}} = 42.43 \text{ mm.}$$

On choisit un diamètre commercialisable de **50 mm**.

➤ **La perte de charge**

Elle est donnée toujours par la formule suivante :

$$J = \frac{0,478}{2,75} \cdot 50^{-4,75} \cdot 4 \cdot 6480^{1,75} \cdot 38 = 0.69 \text{ m.c.e.}$$

Donc la perte de charge de la conduite principale P.d.c = 0.69 m.c.e.

➤ **La vitesse :**

La vitesse dans la canalisation principale est donnée par :

$$Q = V \cdot S$$

$$V = \frac{Q}{S} ; S = \frac{\pi d^2}{4} \quad . \quad V = \frac{4 Q}{\pi d^2}$$

$V = 0.917 \text{ m/s}$ ($0.8 \leq V \leq 1.2$) . **Acceptable.**

➤ La pression en tête de l'installation

Elle est calculée à partir du point le plus défavorable

$$P = P_G + J(R) + J_{AB}(PR) + P_{Fi} + J_{tot}$$

Avec : P_{Fi} : la perte de charge dans le filtre ($P_{Fi}=2$ mce)

D'où :

P = Pression en tête de l'installation

en m ; P_G = Pression d'un goutteur

= 1 bar ;

$J(R)$ = perte de charge dans la rampe en m ;

$J_{AB}(PR)$ = Perte de charge dans le porte-

rampe ; P_{Fi} : la perte de charge dans le

filtre ;

J_{tot} = Perte de charge totale ; $J_{tot} = (1.1 \div 1.15) * J_{lin}$.

J_{lin} = Perte de charge linéaire en m ; tel que : $J_{lin} = J_{BF}(CP) + J_{FE}$

Tel que :

$J_{BF}(CP)$ = Perte de charge dans la conduite principale en m ;

AN:

$$P = 10 + 0,25 + 0,48 + 1,2 (0,69 + 0,015) + 2 = \mathbf{13.58 \text{ m}}$$

Conclusion du chapitre IV:

Après la détermination des besoins en eau d'irrigation, cette deuxième partie du chapitre consiste à déterminer le régime d'irrigation qui est l'ensemble du nombre de doses, des fréquences et des dates d'arrosage qu'il faut appliquer aux plantes cultivées, au cours de toute leur période de végétation, dans le but de compenser le déficit hydrique dans la couche active du sol avec la meilleure technique d'arrosage qui est adapté selon les données qui caractérisent notre parcelle.

La façon de distribuer l'eau aux plantes, la durée d'arrosage, la fréquence, le débit nécessaire, représente le calcul de base d'un réseau d'irrigation localisée pour un îlot.

CONCLUSION GENERALE

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

Dans ce travail on suppose que les eaux utilisées sont celles récupérées à la sortie de la station d'épuration de Sidi Khouiled, autrement dit des eaux usées qui ont subies un prétraitement, un traitement primaire et un traitement secondaire.

L'examen des données climatiques montre que la zone d'étude est définie par un climat presque aride caractérisé par un été chaud et un hiver frais avec une période sèche s'étalant sur toute l'année, une évaporation importante est accentuée par les vents chauds en été (Sirocco) et une insolation importante. Tout ces paramètres engendre un stress hydrique pour nos cultures ce qui nécessite l'irrigation.

D'après les résultats qui on été obtenu avant et après le traitement on remarque que le traitement effectue par la STEP de Sidi Khouiled durant le stage est acceptable.

Dans les zones semi-arides et arides, dont le potentiel de ressources en eau mobilisées est faible, l'irrigation goutte à goutte semble être la plus adaptée à la réutilisation des eaux usées. Donc, ce travail consiste à expérimenter l'irrigation au goutte à goutte.

Les cultures étudiées dans ce modeste travail tel que le tournesol, Coton, Tabac et Palmier présentent preuve de bon résultat dans les zones arides et semi-arides avec la réutilisation des eaux épurées.

La détermination du régime d'irrigation qui est l'ensemble du nombre de doses, des fréquences et des dates d'arrosage qu'il faut appliquer aux plantes cultivées, au cours de toute leur période de végétation, dans le but de compenser le déficit hydrique dans la couche active du sol avec la meilleure technique d'arrosage qui est adapté selon les données qui caractérisent notre parcelle.

On a déterminé les besoins de chaque culture qui sont : **7,52mm** pour le palmier, **7,99mm** pour le tournesol, **9,46mm** pour le tabac et **9,82mm** pour le coton.

On irrigue chaque culture avec un débit caractéristique égale à **1,84 l/s**.

La façon de distribuer l'eau aux plantes, la durée d'arrosage, la fréquence, le débit nécessaire, représente le calcul de base d'un réseau d'irrigation localisée pour un îlot.

Recommandations :

Avant la conception d'un projet de recyclage des eaux traitées en agriculture, une projection d'une étude hydro agronomique est une nécessité pour l'élaboration d'un programme d'action :

- Recherche des sols aptes à des cultures rentables ;
Expérimentation sur les différents échanges eau–sol–plante.
- Identification précise des risques par le moyen de Campagne d'analyse sur les :
 - Micro–organismes bactéries ; virus,...etc ;
 - Métaux lourds et autres toxiques chimiques ;
 - Autres éléments ; minéraux (salinité, Na⁺, Ca⁺...etc) ;
 - Nutriments ; phosphore, potassium, azote.
- Identification des méthodes et moyens propres pour un usage fiable de l'eau épurée:
 - Procédés de traitement ;
 - Proposition des normes nationale.

Références Bibliographiques :

- [1] **NOUARIA** ; 2014 Dimensionnement d'un périmètre irriguée à partir de la futur station de BEN KHELIL, Blida ; ENSH Blida.
- [4] **INA. P-G** Département Alger ;2003
- [5] Cultures de diversification – Chambre d'Agriculture Landes ;2020
- [9] :Culture de Tabac une opportunité de désertification ;Perspectives Agricoles ;2014.
- [11] : **ONA** : Office Nationale d'Assainissement de la Wilaya de Ouargla ;
- [12] : **MAHDJAR.M; 2016** ; Etude des performances de la station d'épuration de la ville d'Ouargla.
- [13] :**F .KHERROUBI, Z.DEBBOUNE ;2016** ;Etude des performances épuratoires de la station d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage aéré de la ville de Sidi Khouiled (Ouargla).
- [14] **Nakib.M .2011**: cours de 5eme année Les déchets solides – ENP Alger .
- [15] **Johnny L.,2008** : Etude de faisabilité de l'aménagement hydro agricole de la plaine de Lhomond dans la 11ème section communale d'Aquin : zone frangipane, diplôme d'ingénieur. Université d'état d'haiti.
- [16] **Boudjellal A et Bommoun R., 2006**: Détermination des besoins en eau des cultures à l'aide de logiciel cropwat 4.3 dans la wilaya de Tipaza cas du périmètre de laMitidja Ouest, diplôme d'ingénieure d'état en agronomie. Institut National Agronomie El Harrach- Alger. Pp15 à 27
- [17] **Naio., 2016** : Salon internationale des techniques de production végétale, et des machines agricole: Stratégie globale de diversification, startup de la région toulousain en robotique agricole créé 2011, Disponible sur : https://www.naio_technologie.com/irrigation_determinez_besoins_eau_cultures_stocks_deau_disponibles/ , consulté le 21/04/2019.
- [18]**Allen R et Al., 1998**: Crop évapotranspiration, guidelines for computing crop water requirements.FAOIrr.andDrain.Paper n°39, Rome,Italy.
- [19]**Doorenbos J et PruittW., 1975** : Les besoin en eau des cultures,Bulletin FAOd'irrigation et de drainage 24,Rome.p

Site :

[2] : [https://www.terresinovia.fr/-/les-Agricultures Territoires](https://www.terresinovia.fr/-/les-Agricultures-Territoires) « Irrigation du tournesol : comment la valoriser »

[3] : <https://www.terresinovia.fr/-/les->: Institut Technique des Grandes Cultures « Culture du tournesol. Helianthus annuus. » ;2013 vrai-faux-de-l-irrigation-du-tournesol

[6] : <http://www.africotton.org/web/interne.html>

[7] : <http://www.agri-outlook.org> : Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO

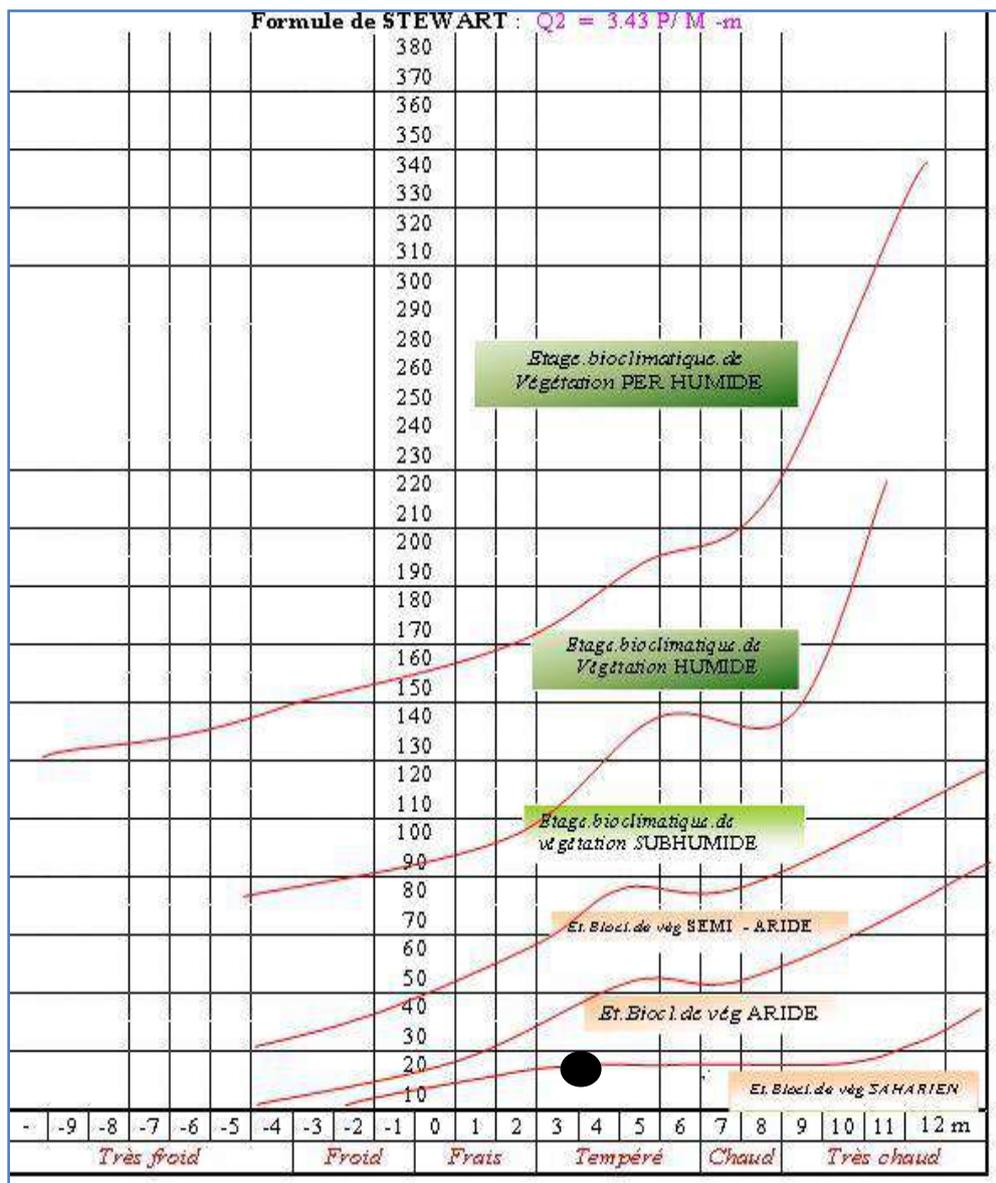
[8] : <http://www.cotton.org> : National Cotton Council of America

[10] : <https://www.meillandrichardier.com/palmier-conseils/>

Annexes

Annexe(01) : SITUATION DE OUARGLA DANS LE CLIMAGRAMME

D'EMBERGER.



ANNEXE (02) : PHOTOS DES APPAREILS ET REACTIFS



Photo N°09: pH mètre



Photo N°10: Oxymètre



Photo N°11: Étuve (MEMMERT, UNB)

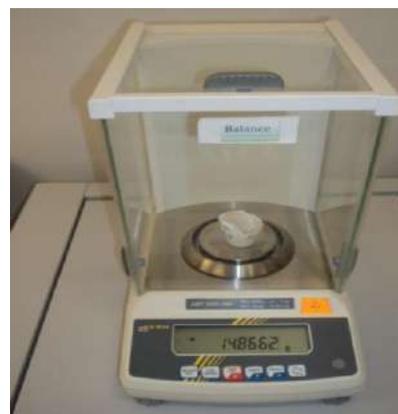


Photo N°12: Balance de précision
Électronique (KERN, ABT)



Photo N°13: DBO-mètre



Photo N°14: Conductimètre



Photo N°15: Réacteur



Photo N°16: Réactifs



Photo N°17: Spectrophotomètre

**Annexe(03) : Résultats des charges polluantes (DBO, DCO, MES) des eaux brutes
et traitées (Aout 2015 –Mars 2016)[13]**

paramètres	DBO5		DCO		MES	
	E	S	E	S	E	S
E (26-8)/ S (8-9)	80	20	316	97,5	156	140
E (22-9) /S (26-9)	90	22	86,6	29 ,6	171	53
E (18-10)/S (25-10)	140	28	361	97 ,8	226	75
E (15-11)/S (24-11)	220	60	509	152	119	51
E (9-12)/ S (21-12)	140	70	364	133	257	56
E (18-1)/S (24-1)	200	45	643	115	220	57
E (15-2)/ S (24-2)	190	40	482	104,8	452	67
E (14-3)/S (23-3)	120	36	311	101	74	49

Annexe(04) : Les différentes fenêtres du logiciel Cropwat pour la détermination des besoins en eau d'une culture

Figure IV.2 : Choix du pays (Algérie)

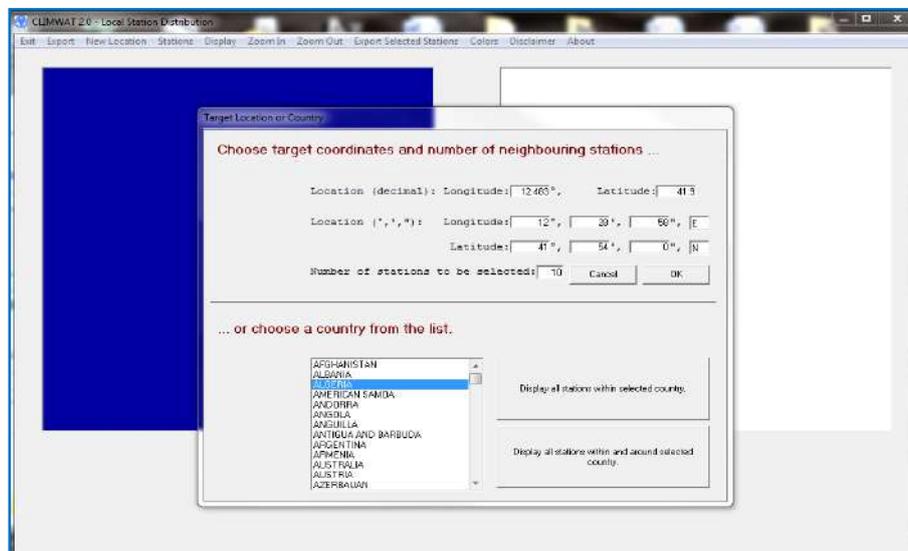


Figure IV.3: choix des stations météorologiques

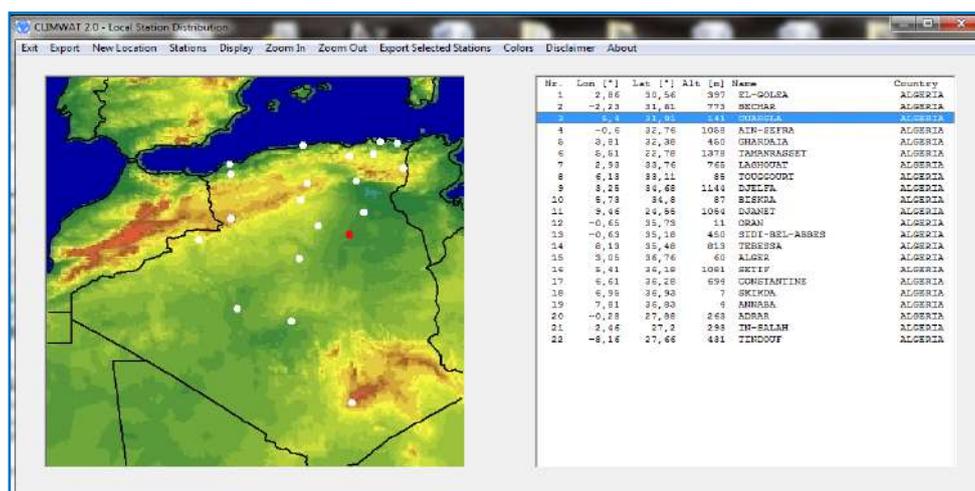


Figure IV.4: Interface du logiciel Cropwat.

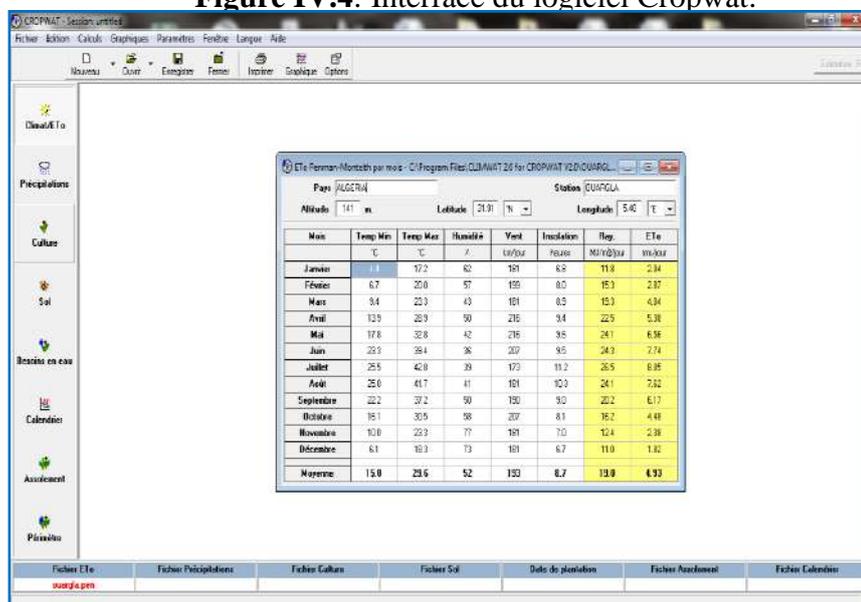


Figure IV.5 : Choix de la méthode d'estimation des pluies efficaces.(USDA)

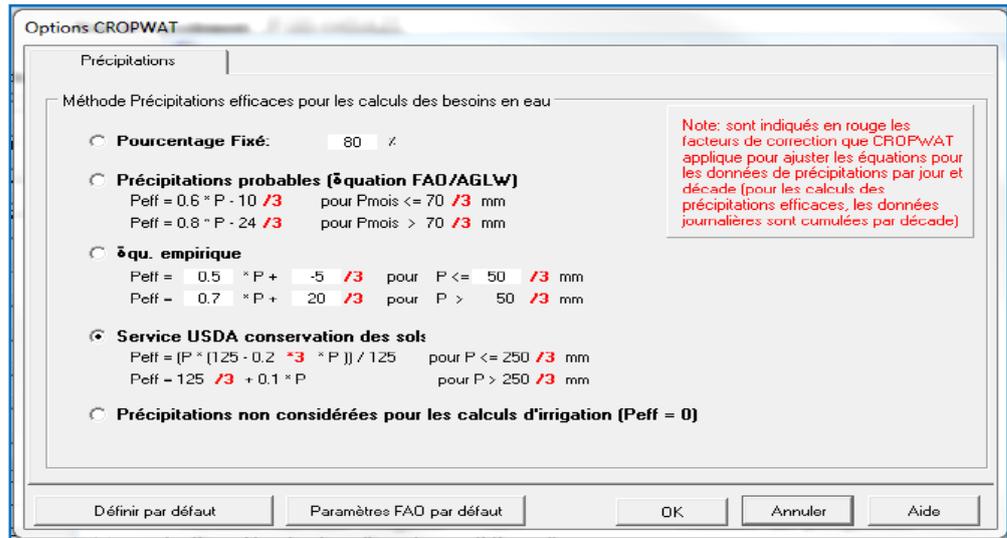


Figure IV.6 : Calcul des pluies efficaces mensuelles.

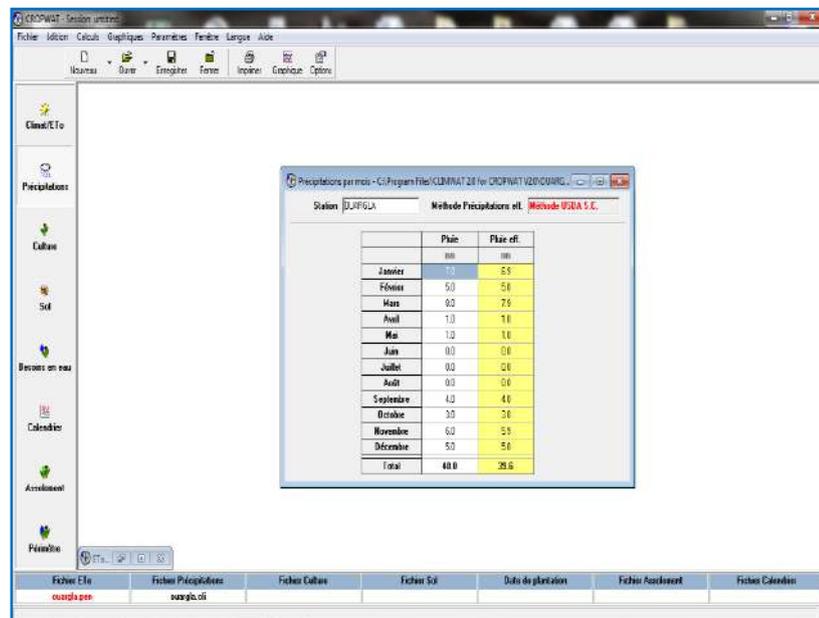


Figure IV.7: Choix les cultures.(FAO)

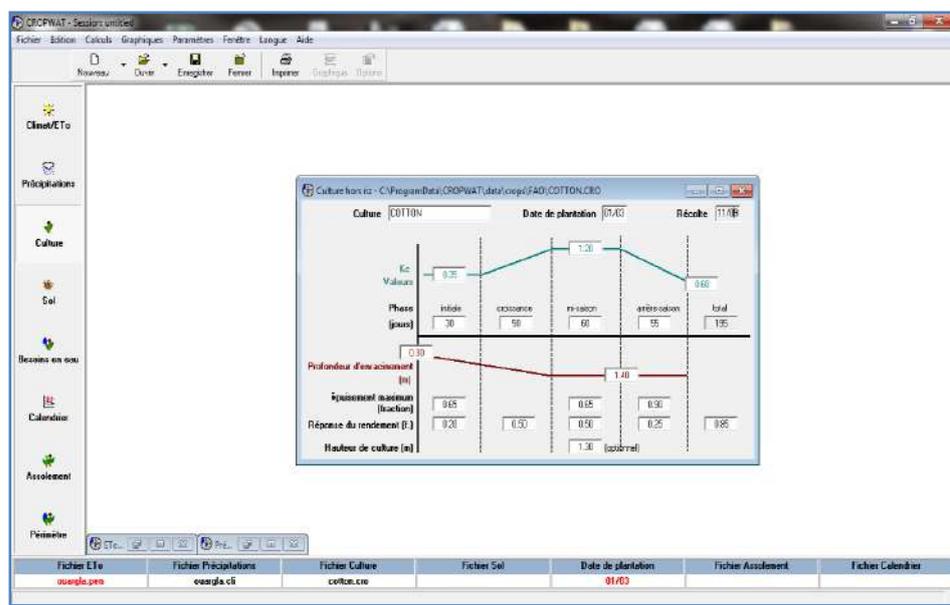


Figure IV.8 : Fenêtre d'encodage des données sols

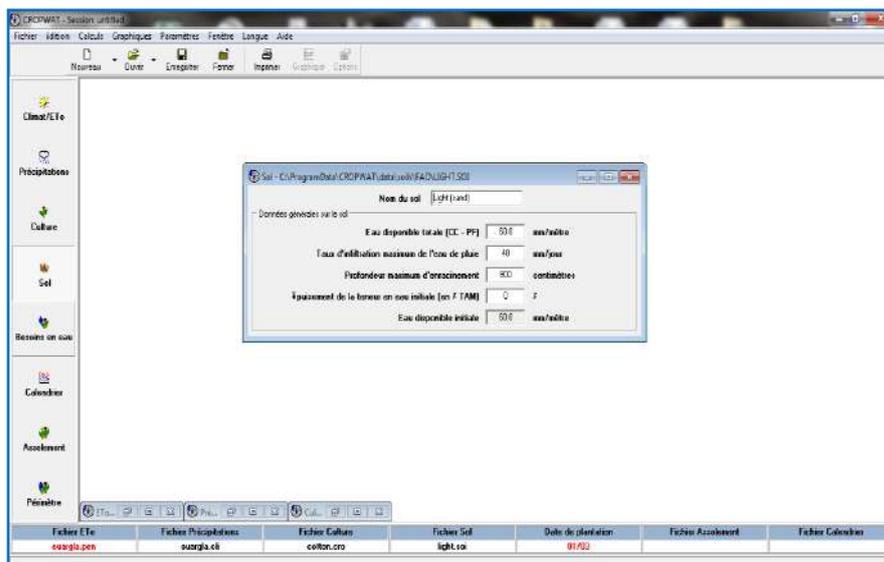


Figure IV.9: représentation des besoins en eau des cultures.

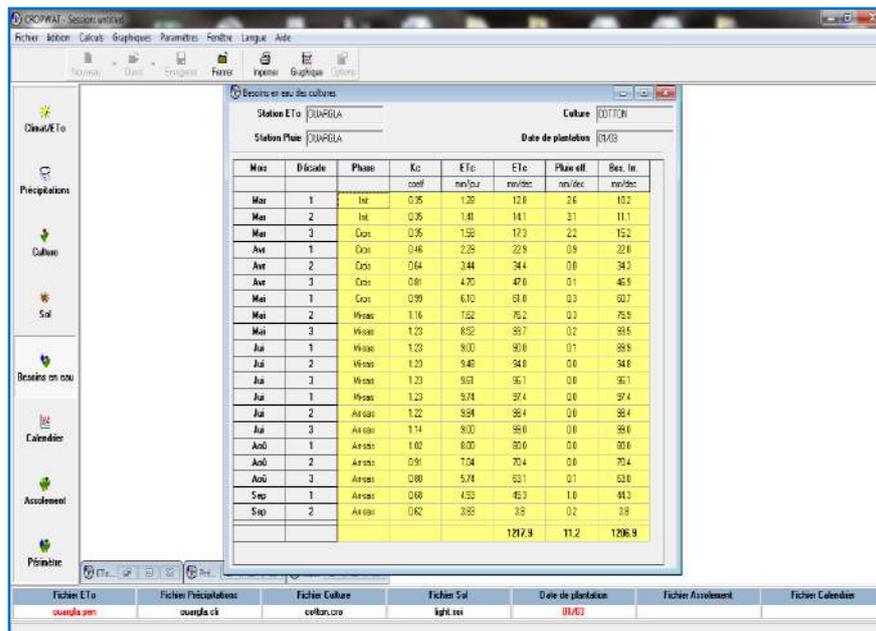


Figure IV.10: Graphique du calendrier d'irrigation d'une culture donnée

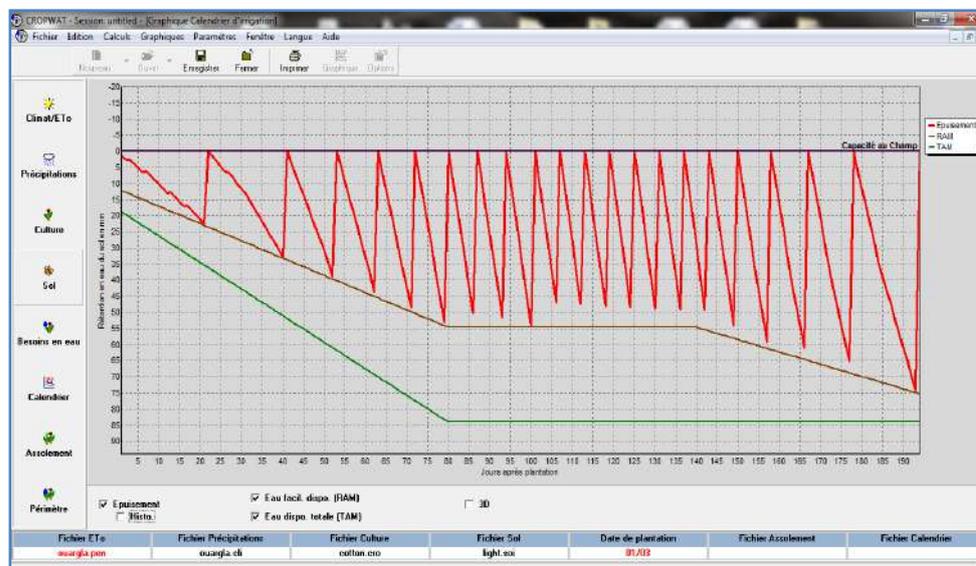


Figure IV.11: Représentation de zoning de plusieurs cultures dans un seul périmètre.

The screenshot shows the 'Nom de l'assolement' (Crop Rotation Name) window in CROPWAT. The table lists the following crops and their characteristics:

No.	Fichier Culture	Culture	Plantation date	Récolte date	Surface Z
1	CROPWAT\data\crop\F40\COTTON.CRO	COTTON	01/03	11/09	30
2	CROPWAT\data\crop\F40\TOBACCO.CRO	Tabacco	01/03	18/09	10
3	CROPWAT\data\crop\F40\DATEPALM.CRO	Date palm	01/03	28/02	30
4	CROPWAT\data\crop\F40\SUNFLOWR.CRO	Sunflower	01/03	09/07	30
5			04/09		
6			04/09		
7			04/09		
8			04/09		
9			04/09		
10			04/09		
11			04/09		
12			04/09		
13			04/09		
14			04/09		
15			04/09		
16			04/09		
17			06/09		

At the bottom, there are summary buttons: Fiches Eto (ouargla.pen), Fiches Précipitations (ouargla.cli), Fiches Culture (cotton.cro), Fiches Sol (light.soi), Date de plantation (01/03), Fiches Assolement (unit02), and Fiches Calendrier.

Figure IV.12 : Représentation des besoins en eau des cultures dans tout le périmètre.

The screenshot shows the 'Assolement' window in CROPWAT for the 'DURIGLA' plot. The table displays monthly water requirements and deficits for four crops: COTTON, Tabacco, Date palm, and Sunflower. The data is as follows:

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Déficit Précipitations												
1. COTTON	0.0	0.0	36.4	103.2	230.1	289.9	284.8	213.4	48.1	0.0	0.0	0.0
2. Tabacco	0.0	0.0	62.0	169.0	232.8	125.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3. Date palm	57.2	73.7	106.7	143.7	182.4	206.2	234.0	205.6	175.4	130.6	66.3	52.4
4. Sunflower	0.0	0.0	38.6	139.3	239.8	231.0	23.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bez. Irr. Net. du périmètre												
en mm/jour	9.6	0.0	1.9	4.4	7.1	7.6	5.3	4.2	2.2	1.3	0.7	0.5
en mm/mois	17.1	22.1	60.4	132.7	219.0	227.9	164.6	139.7	67.1	39.0	19.9	15.7
en l/ha	0.06	0.08	0.23	0.51	0.82	0.88	0.61	0.48	0.25	0.15	0.08	0.05
Surface irriguée (% de la surface totale)	30.0	30.0	100.0	100.0	100.0	100.0	90.0	60.0	60.0	30.0	30.0	30.0
Bez. en lir. pour surf. irrig. (l/ha)	0.21	0.30	0.23	0.51	0.82	0.88	0.58	0.62	0.43	0.49	0.26	0.20

At the bottom, there are summary buttons: Fiches Eto (ouargla.pen), Fiches Précipitations (ouargla.cli), Fiches Culture (cotton.cro), Fiches Sol (light.soi), Date de plantation (01/03), Fiches Assolement (unit02), and Fiches Calendrier.

Annexe(05) :

GUIDE D'ESTIMATION DE P															
(p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface)															
Ecartement entre rampes S _r en m	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			Plus de 12 l/h		
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, Sd en m														
	en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0
	Pourcentage en sol humidifié p %														
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

Annexe(06) : La publication No. 56 du Bulletin FAO d'Irrigation et de Drainage intitulé "Évapotranspiration des cultures - Instructions pour estimer les besoins en eau des cultures" un exemple de détermination de l'évapotranspiration.

Résumé :

En Algérie, les zones arides et semi-arides présentent un avenir certain dans le domaine de l'agriculture mais les ressources hydriques se raréfient et se dégradent en menaçant la croissance et le développement de toute vie. Pour mobiliser une ressource en eau supplémentaire, l'utilisation des eaux épurées est une des solutions adéquate pour une éventuelle utilisation dans l'irrigation. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude, qui porte sur le suivi de la performance épuratoire de la station d'épuration par lagunage aéré et le dimensionnement d'un périmètre de 2ha irrigué avec ces eaux. Le suivi des paramètres physico-chimiques des eaux a révélé l'efficacité de ce type de traitement. Ceci est traduit par un abattement moyen 67% sur la DBO, 51% sur la DCO, 31% sur les MES, 60% sur NO_2^- et 56% sur les NO_3^- . De plus, les eaux traitées sont la plupart du temps conformes aux normes algériennes d'irrigation. Le volume mensuel sortant de la station égal à 339 310 m³ est supérieur aux besoins mensuels en eaux des cultures estimés à 58027 m³. L'irrigation s'effectuera par la techniques du « goutte à goutte » avec une dose journalière de 5,34mm

Ce travail rentre dans le cadre de développement durable en luttant contre le stress hydrique.

Mots clé: pollution, épuration, eaux usées, irrigation, Ouargla

ملخص:

في الجزائر، تتميز المناطق القاحلة وشبه قاحلة بأفاق محدودة في مجال الزراعة، لكن موارد المياه أصبحت نادرة و ملوثة، مما يهدد نمو وتطور جميع أشكال الحياة. لتعبئة موارد مائية إضافية، يعد استخدام المياه المصفاة أحد الموارد الكافية حلول لاستخدام محتمل في الري، وفي هذا السياق تدرج الدراسة الحالية تحت مراقبة أداء التنقية لمحطة المعالجة بواسطة البحيرة المهواة بسيدي خويلد ورقلة وتحديد حجم محيط 2 هكتار مسقي بهذه المياه. من المعلمات الفيزيائية والكيميائية للمياه فاعلية هذا النوع من المعالجة، وينعكس ذلك من خلال انخفاض متوسط قدره 67% على الطلب الأوكسجيني البيولوجي، و 51% على الكود الكيميائي للماء. و 31% على المواد الصلبة العالقة، و 60% على النيتريت و 56% على النترات. بالإضافة إلى ذلك، المياه المعالجة موجودة في معظم الأوقات وفقاً لمعايير الري الجزائرية.

الحجم الشهري للخارج من المحطة يساوي 339310 متر مكعب هو أعلى من الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول والتي تقدر بحوالي 58.027 متر مكعب.

يتم الري بتقنية الطعم بالتنقيط بجرعة يومية 5.34 مم. يندرج هذا العمل في إطار التنمية المستدامة من خلال مكافحة الإجهاد المائي.

الكلمات المفتاحية: التلوث، التطهير، المياه القذرة، السقي، ورقلة

Abstract:

In Algeria, the arid and semi-arid zones have a certain future in the field of agriculture, but water resources are becoming scarce and deteriorating, threatening the growth and development of all life. To mobilize an additional water resource, the use of purified water is one of the appropriate solutions for possible use in irrigation. It is in this context that the present study falls within the scope of the monitoring of the purification performance of the Sidi Khouiled water treatment plant and the sizing of a 2ha perimeter irrigated with this water. Monitoring of the physico-chemical parameters of the water has revealed the effectiveness of this type of treatment. This is reflected by an average reduction of 67% on BOD, 51% on COD, 31% on suspended solids, 60% on NO_2 and 56% on NO_3 . In addition, the treated water most of the time complies with Algerian discharge standards. The monthly volume leaving the station equal to 339 310m³ is greater than the monthly crop water requirements estimated at 58027 m³.

Irrigation is carried out by "drip" techniques with a daily dose 5,34 mm .

This work falls within the framework of sustainable development by fighting against water stress

Keywords : Pollution , irrigation , purification , waste water , Ouargla