



كلية العلوم
والتقنيات - مراكش
FACULTÉ DES SCIENCES
ET TECHNIQUES - MARRAKECH

Département des Sciences de la Terre

Licence Sciences et techniques

Eau et Environnement



**REUTILISATION DES EAUX USEES DE LA
STATION D'EPURATION DE LA VILLE
D'EL KALAA DES SRAGHNAPOUR
L'IRRIGATION D'UN PERIMETRE DE LA
TESSAOUT AVAL**

Réalisé par : Khaoula Ait Ben Ouakrim & KY Silvère Arnold Dimignan

Soutenu:

Le 23 Juin 2017

Devant le jury composé de :

Samia BERRADA : FST- Marrakech, Encadrante
YaminaBOURGEOINI: FST- Marrakech, Examinatrice
Mr. SGHIR : ORMVAH- Marrakech, Encadrant

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2016-2017

DÉDICACE

LOUANGE SEIGNEUR.

À MES CHERS PARENTS

KI G JEAN mon ami, mon vieux mon père.

KY AMELIE ESTELLE Maman adorée a moi seule.

Nul mot ne saurait exprimer à sa juste valeur le dévouement et le profond respect que je porte envers vous, rien au monde ne pourrait compenser tout ce que vous aviez fait pour moi.

Que ce travail soit le témoignage de ma grande gratitude et mon grand respect. Que Dieu dans sa miséricorde vous préserve et vous procure santé et longue vie.

À MA SŒUR ET MES FRÈRES

Merci pour vos encouragements, votre confiance, votre présence et votre soutien dans les moments difficiles. Vous pour moi les meilleurs frères du monde. Que notre seigneur dans sa grâce vous comble de bonheur et exauce vos vœux et vous garde et vous préserve pendant très longtemps.

À TOUTE MA FAMILLE

Pour leur assistance et leur soutien Dieu vous bénisse

Arnold

Dédicace

Je dédie ce travail de fin d'études :

***A MES CHERS PARENTS : MA CHERE MAMANMINAET MON CHER
PAPAMOHAMED.***

Si aujourd'hui je suis arrivée à ce stade, c'est en grande partie grâce à vous, Vos conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Votre patience sans fin, votre compréhension et votre encouragement sont pour moi le soutien indispensable que vous avez toujours su m'apporter.

Que Dieu, le tout puissant, vous préserve, vous accorde la santé, la bonheur, et vous protège de tout mal.

A MON CHER FRERE ET MES ADORABLES SŒURS.

Merci d'être toujours à mes côtés, par votre amour, par votre soutien et encouragement. Que Dieu vous gardent.

A LA MEMOIRE DE MA CHERE GRAND-MERE

Qui a été toujours dans mon esprit et dans mon cœur. Que Dieu le miséricordieux.

A TOUTE MA FAMILLE.

A MES CHERES AMIES.

Khaoula

REMERCIEMENT

Au terme de ce stage, nous tenons à remercier particulièrement **Mr. SGHIR** qui nous a offert l'occasion de passer ce stage au sein de l'ORMVAH. Sans oublier d'exprimer notre gratitude à notre encadrante Mme **Samia BERRADA** et notre responsable **Mlle Yamina BOURGEOINI** pour leurs aides et leurs gentillesse durant la période de stage.

Nos sincères remerciements à toutes personnes qui de près ou de loin, nous ont aidés à élaborer ce rapport dans de bonnes conditions, leurs qualités humaines et professionnelles, leurs conseils, encouragements et leur esprit coopératif, ont eu pour but de surpasser les difficultés rencontrées, afin de mieux profiter de ce stage.

Merci.

Tableau DES ABREVIATIONS

ORMVAH	Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz
REUE	Réutilisation des eaux usées épurées
STEP	Station de Traitement et d’Epuración.
OMS	Organisation mondiale de la santé.
ONEE	Office National de l’Eau et de l’Electricité.
EU	eaux usées
DBO5	Demande Biologique en Oxygène en 5 jours.
DCO	Demande chimique en oxygène.
FAO	Food and Agriculture Organisation.
CF	Coliformes fécaux.
UFC/100ml	Unité formant colonie par 100 millilitres.
Ph	potentiel Hydrogène.
AUEA	Associations des Usagers de l’Eau Agricole
NGM	Niveau GénéralMarocain
T	Température
°C	degré Celsius
MES	Matières en suspension.
Eq.Hab	Equivalent Habitants

SOMMAIRE

Résumé.....	11
PRESENTATION DE L'ORMVAH	12
INTRODUCTION	14

1^{er} partie : Généralités

I. NORMES DE REUTILISATION DES EAUX USEES.....	17
A. NORMES DE L'OMS.....	17
B. NORMES MAROCAINES	19
C. RISQUE ASSOCIE A LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES.....	21
❖ RISQUE SANITAIRE.....	21
❖ RISQUE AGRO ENVIRONNEMENTAUX.....	22
II. ASPECT REGLEMENTAIRE ET POLITIQUE DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES.....	24
1. ASPECT REGLEMENTAIRE.....	24
2. ASPECT POLITIQUE	27
3. LA GESTION PAR AUEA.....	27

2^{ème} partie : cadre géologique, hydrogéologique et caractéristiques de la zone d'étude

III. CADRE GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE.....	30
1. PRESENTATION DE LA TESSAOUT AVAL.....	30
2. LOCALISATION DE LA ZONE ET TOPOGRAPHIE	30
3. CARACTERISTIQUE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA TASSAOUT AVAL	31
4. CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE	32

A. CARACTERISTIQUE CLIMATIQUE.....	32
a. CLIMAT.....	32
b. TEMPERATUTE ET VENT.....	32
c. PLUVIOMETRIE.....	32
d. EVAPOTRANSPIRATION.....	33
e. HYGROMETRIE.....	33
B. PEDOLOGIE.....	34
C. CONTEXTE SOCIO ECONOMIQUE.....	34

3^{ème} partie : caractéristiques de la STEP, méthodes d'analyses et d'irrigation

IV. LA STEP DE LA VILLE D'EL KALAA DES SRAGHNA.....	37
1. ETAPES DE TRAITEMENT.....	38
A. LE PRETRAITEMENT.....	38
a. LE DEGRILLAGE	
b. LE DESSABLAGE	
c. LE DESHUILAGE	
B. LE TRAITEMENT PRIMAIRE.....	39
C. TRAITEMENT SECONDAIRE.....	39
D. TRAITEMENT TERTIAIRE.....	40
2. ANALYSE DES EAUX USEES	42
A. METHODOLOGIE.....	42
B. RESULTAT DES ANALYSES EFFECTUEES.....	48
C. INTERPRETATION.....	49

4^{ème} partie : occupation du sol et projet de réutilisation des eaux usées

V. METHODES D'IRRIGATION.....	51
1. IRRIGATION DE SURFACE/GRAVITAIRE.....	52
a. IRRIGATION PAR BASSIN.....	52
b. IRRIGATION PAR SILLON/A LA RAIE.....	53
c. IRRIGATION PAR PLANCHE.....	53
2. IRRIGATION PAR ASPERSION.....	54
3. IRRIGATION AU GOUTTE à GOUTTE.....	55
4. AVANTAGES ET INCONVENIENT DE CHAQUE METHODES.....	57
VI. LES CULTURES PRATIQUEE DANS LA ZONE	59
1. OCCUPATION DU SOL.....	59
2. METHODE D'IRRIGATION UTILISEE.....	59
3. BESOIN EN EAU DES CULTURES.....	61
VII. PROJET DE REUTILISATION DES EAUX USEES DANS LA ZONE.....	62
1. SUPERCIE IRRIGUEE PAR LES EAUX USEES.....	62
2. METHODES D'IRRIGATION PROPOSEE AVEC LES EAUX USEES.....	63
3. IDENTIFICATION DES VARIANTES.....	64
4. BILAN FINACIER DU PROJET.....	66
 CONCLUSION.....	 68
BIBLIOGRAPHIE.....	69
WEBOGRAPHIE.....	70
ANNEXE.....	71

Liste des tableaux :

Tableau1: Directives concernant la qualité microbiologique des eaux usées utilisées en agricultures, modifié d’OMS, 1989.....	18
Tableau2 : Tableau récapitulatif des paramètres et leurs valeurs limites	19
Tableau3 : Principaux paramètres des eaux usées susceptibles d'impacter les sols, les eaux et les cultures ou les végétaux.....	23
Tableau4 : Les températures mensuelles moyennes.....	33
Tableau 5 : Types Des filtres.....	41
Tableau 6 : Résultats d'analyses effectuées.....	48
Tableau 7 : Avantages et Inconvénients des méthodes d’irrigation.....	57
Tableau 8 : Besoin en eau des cultures.....	61
Tableau 9 : Superficie irriguée.....	62
Tableau 10: Nouvelle superficie assolé par culture.....	63
Tableau 11 : Besoin en eau en fonction de la méthode d’irrigation.....	64
Tableau 12 : Résumé des variantes.....	65
Tableau 13 : Les couts des différentes variantes.....	66
Tableau 14 : Les frais.....	66

Listes des figures et des photos

Figure1: Répartition par usage et localisation des expériences mondiale les plus importants en REUT.....	15
Figure 2: Tessaout Aval et zone d'étude.....	30
Figure 3: la nappe de Tassaout Aval.....	31
Figure 4: Situation de la zone d'étude.....	32
Figure 5: Extrait de carte pédologique des sols au niveau de l'aire d'étude.....	34
Figure 6: Présentation graphique de la population d'El-kelaa.....	35
Figure 7 : Vue aérienne de la STEP.....	37
Figure 8: les trois étapes de dégrillage.....	38

Figure 9: Spectre d'absorption du rayonnement ultra-violet.....	41
Figure 10: Schémas d'un asperseur.....	54
Figure 11: Exemple d'installation d'un système de goutte à goutte.....	56
Figure 12 : Exemple de goutteur.....	56
Figure 13: Occupation dans l'assolement.....	60
Figure 14: Equipement et mode d'irrigation au niveau de la zone.....	60
Photo1: Multiparameter HI 9829.....	43
Photo 2 : Dispositif de filtration.....	45
Photo 3 : La membrane.....	45
Photo 4 : Dessiccateur.....	45
Photo 5 : Armoire thermorégulatrice.....	46

Résumé :

Le Maroc est un pays dont l'agriculture est un secteur économique très important. Malheureusement, la pluviométrie annuelle est très irrégulière et la quasi-totalité du territoire Marocain appartient au climat aride, semi-aride et saharien.

Ce grand déficit hydrique d'une part et l'accroissement de la demande en produits agricoles d'autre part sont deux facteurs parmi d'autres qui sont à l'origine du développement de l'irrigation dans toutes les régions de Maroc.

La rareté et les faibles potentialités des ressources naturelles en eau constituent un facteur limitant pour le développement des cultures irriguées.

Les eaux usées épurées peuvent être considérées comme une ressource permanente en eau, pouvant contribuer à la diminution du déficit hydrique.

Les eaux usées épurées représentent aussi :

- un des termes du bilan global «eau».
- un flux de ressources permanent et en accroissement continu.
- des débits maîtrisés immédiatement disponibles.

Le présent rapport vise à étudier :

- la réutilisation de ces eaux usées épurées issues des stations d'épuration de la ville El-Kelaa des Sraghna dans le secteur agricole pour l'irrigation.
- d'évaluer les risques engendrés.
- de définir les différentes étapes d'épuration et les méthodes utilisées.
- de faire les différentes analyses.
- de comparer et interpréter les résultats obtenus.

PRESENTATION DE L'ORMVAH

Ce présent travail a été effectué au sein de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz (ORMVAH).

L'ORMVAH, est un établissement public de développement agricole de la plaine du Haouz, créé par le décret royal n° 831-66 du 22 octobre 1966, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Il est sous la tutelle du ministère de l'agriculture, de la pêche maritime, du développement rural et des eaux et forêts.

La zone d'action de ORMVAH du Haouz est limitée par oued L'Abid, à l'ouest par le N'fis, au sud par piémont du Haouz du haut atlas et au nord par les oueds Tensift et Oum Rabiaa.

Les missions de l'ORMVAH :

- ✚ La réalisation des études et exécution des équipements hydro-agricoles et de mise en valeur agricole.
- ✚ La gestion des équipements hydro agricole et des ressources en eau à usage agricole.
- ✚ La vulgarisation des techniques culturales et formation professionnelle.
- ✚ Le développement de la production végétal et animal.
- ✚ La promotion de l'agro-industriel.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

On dit souvent que la prochaine crise de l'humanité sera celle de l'eau et par conséquent sa préservation est une priorité. Face à une raréfaction de cette ressource précieuse il convient de trouver une autre source d'approvisionnement afin de satisfaire nos besoins quotidiens et aussi ceux des secteurs consommant de grande quantité d'eau comme le secteur industrielle et agricole.

Le Maroc fait partie de ces nombreux pays du monde qui connaissent déjà ce stress hydrique de par son climat, sa croissance démographique et les transformations socio-économiques. Tous ces paramètres du développement consomment sans cesse de l'eau, mais ne représentent que environ 10% des ressources en eau. Les 90% restant représente la consommation en eau du secteur agricole.

En effet l'agriculture est le secteur économique le plus important du Royaume. Il génère environ 14 % du produit intérieur brut (PIB). A cet effet pour satisfaire l'ensemble des besoins en eau et afin de réserver les eaux de bonne qualité à l'alimentation en eau potable, l'une des solutions, serait d'utiliser les eaux usées aussi appelées eau non conventionnelle, surtout en agriculture. La valorisation de ces eaux apparaît donc comme un levier en élaborant des solutions durables et profitables. De nos jours on assiste à une utilisation des eaux usées en l'agriculture dans tous les pays en développement et dans les pays industrialisés (**voir figure1**). Cette utilisation est motivée principalement par :

- la raréfaction des ressources en eau et les tensions de plus en plus fortes sur ces ressources ; la dégradation des sources d'eau douce résultant de l'élimination incorrecte des eaux usées ;
- la croissance démographique et l'augmentation résultante de la demande en nourriture;
- la prise de conscience grandissante de la valeur en tant que ressource des eaux usées et des nutriments qu'elles contiennent ;
- les objectifs du Millénaire pour le développement (OMD), en particulier ceux visant à garantir la pérennité de l'environnement et l'élimination de la pauvreté et de la faim.

Les OMD les plus directement liés à l'utilisation des eaux usées en agriculture sont l'objectif 1 et 2 : « Réduire l'extrême pauvreté et la faim » et l'objectif 6 : « Eau propre et assainissement ». L'utilisation des eaux usées en agriculture peut aider les communautés à augmenter leurs récoltes et à préserver des ressources précieuses en eau et en nutriments.

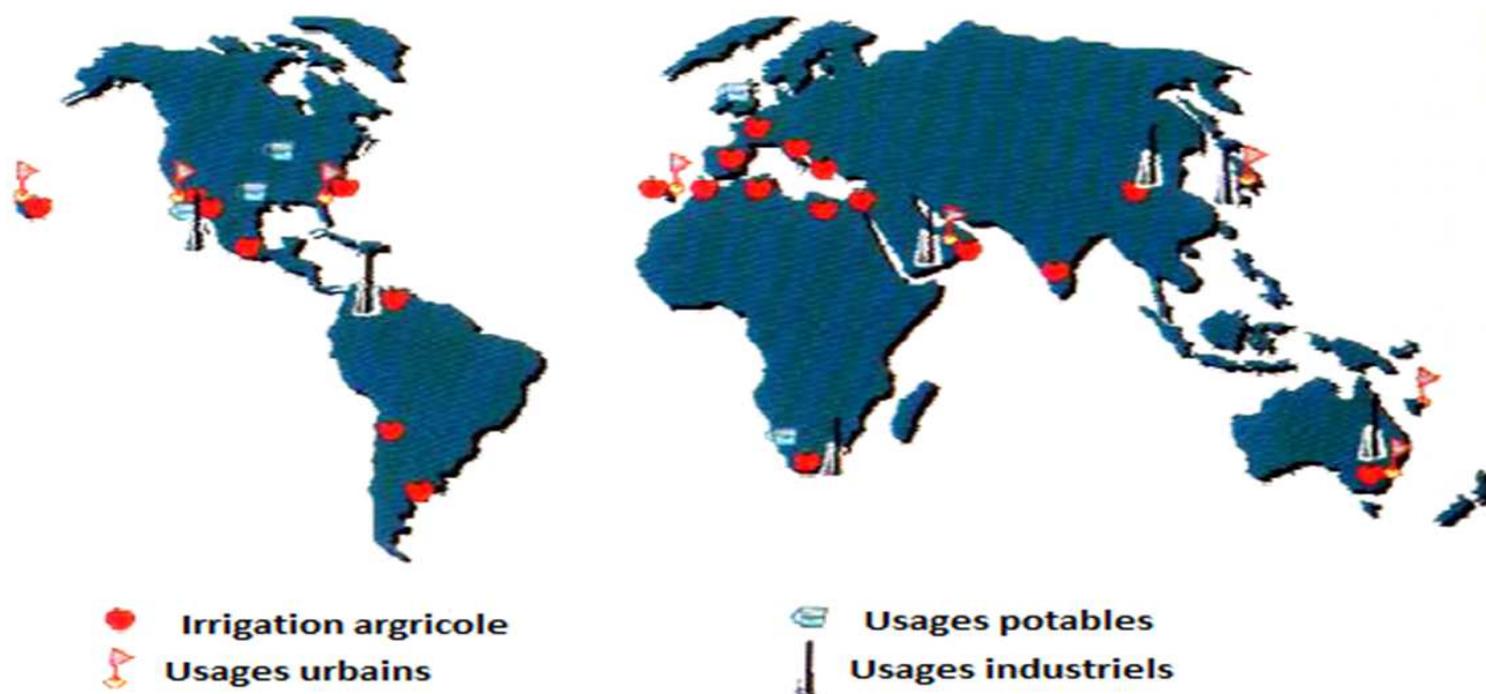


Figure 1 : Répartition par usage et localisation des expériences mondiale les plus importants en REUT

1^{ère} partie : Généralités

I. NORMES DE REUTILISATION DES EAUX USEES

A. NORMES DE L'OMS

Les directives de l'OMS constituent un cadre de gestion préventif intégrée dont le but est d'optimiser les bénéfices pour la santé publique de l'utilisation d'eaux usées en agriculture. Elles sont établies autour d'une composante santé et d'une composante Mise en œuvre. La protection de la santé dépend de ces deux composantes.

➤ La composante santé :

- Définit un niveau de protection sanitaire exprimé sous forme d'objectif lié à la santé pour chaque danger
- Identifie les mesures de protection sanitaire qui, appliquées seules ou collectivement, permettraient d'atteindre l'objectif sanitaire fixée.

➤ La composante Mise en œuvre :

- Met en place des procédures de surveillance et d'évaluation du système.
- Définit les responsabilités des institutions et des services de supervision.
- Impose une documentation de l'état et du fonctionnement du système.
- Impose la confirmation du bon fonctionnement du système par une surveillance indépendante.

Les experts de l'OMS en se basant sur des études épidémiologiques, on conclut que la consommation d'aliment provenant de cultures irriguées par ces eaux entraîne des effets négatifs sur la santé publique, en raison de l'existence de d'organismes pathogènes d'origine fécale, comme les virus, les protozoaires, les bactéries et les helminthes (OMS, 1989).

En effet l'OMS a défini quatre mesures pour réduire le risque de la réutilisation des eaux usées sur la santé publique, dont : le traitement de l'eau, la limitation des cultures, le contrôle de l'utilisation des eaux usées et le contrôle de l'exposition avec amélioration. Par conséquent, il a été établi une directive qui prend en considération ces quatre mesures en vue d'une réutilisation adéquate des eaux usées en agriculture. Elle a été nommée : La directive concernant la qualité microbiologique des eaux usées utilisées en agriculture.

Cette directive fixe le nombre de bactéries coliformes considérées comme indicateurs d'organismes pathogènes et le nombre d'œufs de nématodes acceptables dans les effluents finals, en fonction de la catégorie d'irrigation et du groupe exposé aux cultures irriguées.

Plus le groupe exposé est à risque plus les normes de qualité d'eau traitée sont restrictives.

Trois catégories d'irrigation sont définies :

La catégorie A dont le groupe exposé est composé de consommateur publics et d'ouvrier agricoles. Cette catégorie représente l'irrigation des cultures destinées à être consommé crues e l'irrigation des terrains de sport et des jardins publics. Dans ce type d'irrigation le taux de coliformes permis dans 100ml ne doit pas dépasser 1000 coliformes, tandis que le nombre d'œufs de nématodes par litre ne doit pas dépasser un œuf.

La catégorie B, le groupe exposé est composé principalement d'ouvriers agricoles travaillant dans l'irrigation de cultures céréalières, fourragères, de pâturages et de plantation d'arbre. On recommande pour cette catégorie le même nombre d'œuf de nématode que celle la catégorie A, cependant rien n'est recommandé pour les coliformes fécaux.

La catégorie C, comprend la même irrigation que celle identifiée dans la catégorie B, mais sans que les ouvriers y soient exposés. En effet, aucune dose maximale n'est définie ni pour les coliforme fécaux ni pour l'œuf de nématodes.

Catégorie	Condition de réutilisation	Groupe exposé	Nombre d'œuf de nématodes dans un litre d'eau	Nombre de coliformes dans 100ml d'eau
A	Irrigation des cultures destinées à être consommé crues, terrain de sport, jardins publics	Ouvriers agricoles, Consommateurs publics	<1	<1000
B	Irrigation des cultures céréalière, fourragère, industrielle, des pâturages et des plantations	Ouvriers agricoles	<1	Aucune norme n'est recommandée
C	Irrigation des cultures de la catégorie B sans exposition des ouvriers	Néant		Sans Objet

Tableau 1: Directives concernant la qualité microbiologique des eaux usées utilisées en agricultures, modifié d'OMS, 1989.

Le choix de de la méthode d'application des eaux usées peut influencer sur l'état de santé des travailleurs agricoles, des consommateurs et de la communauté voisine.

Il est donc conseillé d'opter pour la technique d'irrigation localisée qui offre la meilleure protection sanitaire aux travailleurs car les eaux usées sont appliquées directement sur les végétaux.

B. NORMES MAROCAINES

Au Maroc, l'agriculture représente le plus gros consommateur des ressources en eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent, et leur contact éventuel avec des sources de pollution on des caractéristiques très diversifiées. De plus vue la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies, les agriculteurs, notamment dans les régions continentales, intéressent à l'utilisation des eaux usées. C'est ainsi que des normes de qualité des eaux usés destinées à l'irrigation ont été établies afin de :

- Protéger le public et les ouvriers agricole ;
- Protéger le consommateur des produits agricoles ;
- Protéger les ressource en eau superficielle et souterraine et les sols ;
- Protéger le matériel d'irrigation ;
- Maintenir des rendements acceptables.

Le tableau suivant représente les différents paramètres et leurs valeurs limite de l'utilisation des Eaux Usées en irrigation.

Paramètres		Valeurs Limites
Bactériologiques	Coliformes fécaux	<1000/100ml
	Salmonelle	Absence
	Vibrion Cholérique	Absence
Parasitologies	Parasites pathogènes	Absence
	Œufs, kystes de parasites	Absence
	Larves d'ankylostomes	Absence
	Fluococercaires de schisosoma hoematobium	Absence

Toxiques	Mercure (Hg) en mg/l	0,001
	Cadmium (cd) en mg/l	0,01
	Arsenic(As) en mg/l	0,1
	Chrome totale (Cr) en mg/l	1
	Plomb(Pb) en mg/l	5
	Cuivre (Cu) en mg/l	2
	Zinc(Zn) en mg/l	2
	Sélénium(Se)	0,02
	Fluor(F)	1
	Cyanures(CN) en mg/l	1
	Phénols en mg/l	3
	Aluminium(Al) en mg/l	5
	Beryllium(Be) en mg/l	0,1
	Cobalt(Co) en mg/l	0,5
	Fer(Fe) en mg/l	5
	Lithium(Li) en mg/l	2,5
	Manganèse(Mn) en mg/l	0,2
	Molybdène(Mo) en mg/l	0,01
	Nikel(Ni) en mg/l	2
	Vanadium(V) en mg/l	0,1
Physico-chimiques	Salinité	
	Totale de sels dissous(TDS)	
	Conductivité Electrique(CE) en ms/cm à 25 ⁰ c	
	Infiltration	
	Le SAR et CE	0-3 et < 0,2
	Le SAR et CE	3-6 et <0,3
	Le SAR et CE	6-12 et <0,5
	Le SAR et CE	12-20 et <1,3
	Le SAR et CE	20-40 et <3
	Ions toxiques (affectant les cultures sensibles)	

Sodium(Na) en mg/l	
Irrigation en surface(SAR)	69
Irrigation par aspersion	9
Chlorure(Cl) en mg/l	
Irrigation en surface	350
Bore(B) en mg/l	3
Irrigation par aspersion	15
Effets divers (affectant les cultures sensibles)	
Température (°c)	35
Ph	6,5 à 8
Matière en suspension en mg/l	
Azote nitrique (N-NO3) en mg/l	30
Bicarbonate (HCO3) (Irrigation par aspersion) en mg/l	518
Sulfates(SO42) en mg/l	250

Tableau 2: Tableau récapitulatif des paramètres et leur valeur limites.

C. RISQUE ASSOCIE A LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES

❖ **Risque sanitaire :**

Les risques sanitaires associés à la REUE sont de deux types : Microbiologique et Chimique. Les risques microbiologiques, les plus éminents sont dus au fait que les eaux usées constituent une source majeure d'agent pathogènes excrétés, à savoir les virus, les bactéries, les protozoaires, et les helminthes, qui causent des infections gastro-intestinales chez les humains. Quant aux risques chimiques, ils sont liés à la substance potentiellement nocive telle que les métaux lourds, principalement, le plomb, le mercure et le cadmium, et les Eléments Traces Métalliques (ETM) et le contaminant émergent tel que la substance pharmaceutique.

Ces risques concernent bien la santé humaine et animale.

C'est ainsi que, les agents pathogènes les plus préoccupant et pouvant être véhiculé par les eaux domestiques sont les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (nématodes).

Par la synthèse de SOUDI et BAZZA(2003), nous savons que les virus n'ont pas une grande survie dans le sol. Leur survie dépend également de de plusieurs facteurs édaphiques et environnementaux : la température, l'ensoleillement, l'humidité, la matière organique du sol, le ph et la texture du sol (watson, 1980 ; pahren et al.1979à. les parasites notamment les helminthes peuvent persister des mois dans le sol.

D'autres travaux sur la survie des bactéries et des virus dans le sol, ont permis de formuler les constats suivants :

- La période d'irrigation conditionne de manière significative la survie de virus. Le temps de survie varie de quelques jours pour une irrigation estivale (été), à trois mois pur une irrigation hivernale.
- Les températures élevées au niveau de la surface et la dessiccation sont des facteurs importants d'élimination des virus et des bactéries.
- La texture du sol, et par conséquent la surface spécifique ainsi que la CEC, favorisent l'adsorption des virus ce qui augmente leur survie tout en les gardant hors hôtes.
- La contamination des eaux souterraines par les virus est possible dans les sols de texture très grossière.

❖ **Risques agro environnementaux.**

Sur le plan environnemental, l'irrigation avec les eaux usées traitées peut entrainer, en cas de non-respect de bonnes pratiques de réutilisation, plusieurs processus de détérioration de la qualité des sols. Le tableau ci-après nous montrera les principaux constituants des eaux usées, les paramètres correspondants et leur signification.

Paramètre	Signification / impacts
Matière en suspension (MES)	Les MES peuvent conduire à un colmatage physique ou biologique et donc ne réduction de l'aération du sol entrainant des conditions d'anaérobies. Des quantités excessives causent l'obstruction des systèmes d'irrigation localisée(les gouteurs etc...).
Composés organiques biodégradables (DCO, DBO5)	Elles mesurent le carbone organique car sa décomposition biologique peut conduire à l'épuisement de l'oxygène. En faible quantités, c'est une source bénéfique de matière organique.
Nutriment (N, P, K)	Lorsque ces éléments (en particulier N et P) sont déversés dans le milieu aquatique, ils conduisent à l'eutrophisation. En matière d'irrigation, il y a risque de contamination de la nappa par les nitrates.
Composés organique stables (phénols, pesticides, etc...)	Certain sont toxiques dans l'environnement et s'accumulent dans les sols.
PH	Influence la solubilité des métaux, l'alcalinité et la structure du sol et la croissance des plantes.
Éléments traces métalliques	Toxique vis-à-vis de l'activité biologique du sol et peuvent être transférées vers les végétaux et intoxiquer via des chaines trophiques l'Homme et les animaux.
Éléments inorganiques dissous	<p>TDS : totale Dissolved Salts (Poids total des sels dissous) en mg/l : il nous renseigne sur le taux des sels dissous dans les eaux.</p> <p>CE : Conductivité électrique (en $\mu\text{s/cm}$) : il nous renseigne sur la salinité globale de l'eau usée et sur le risque de salinisation des sols.</p> <p>SAR : Sodium Adsorption Ratio (Taux d'Adsorption de Sodium) : il renseigne sur la richesse relative de l'eau en sodium (cation dispersant) comparativement au cation flocculant, le calcium et le magnésium.</p> <p>$[\text{SAR}=\text{Na}/(\text{Ca} +\text{Mg}).0,5]$; si ce ratio est élevé dans l'eau d'irrigation, il provoque une sodification et une détérioration de la structure des sols ainsi qu'une réduction du taux d'infiltration.</p>

Tableau 3: Principaux paramètres des eaux usées susceptibles d'impacter les sols, les eaux et les cultures ou les végétaux.

II. ASPECT REGLEMENTAIRE ET POLITIQUE DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES

1. ASPECT REGLEMENTAIRE

Le Maroc a adapté la nouvelle Loi 36/15 relative à l'eau (10 août 2016) qui remplace la loi 10/95. Cette nouvelle loi contient 10 chapitres. Les principaux articles relatifs à la REU sont tous dans la Chapitre V qui contient 7 articles de l'article 64 à l'article 71 et évoque la valorisation et l'utilisation des eaux non conventionnelles

Section première: -Réutilisation des eaux usées et des boues d'épuration

Article 64:

Sous réserve des dispositions de l'article 156 ci-dessous, la réutilisation et l'exploitation de l'eau usée pour quelque usage que ce soit doit être conforme aux normes de qualité requises, selon l'usage et l'exploitation, fixées par voie réglementaire.

Lorsqu'une épuration complémentaire des eaux usées épurées est nécessaire pour les rendre conformes aux dites normes, cette épuration doit être opérée par les soins de l'utilisateur ou l'exploitant des eaux usées ou, le cas échéant, par le propriétaire ou gestionnaire des installations de collecte et de traitement des eaux usées. La prise en charge par le dit propriétaire ou gestionnaire de ce traitement complémentaire donne lieu au paiement, à son profil, par l'utilisateur ou l'exploitant d'une contribution fixée d'un commun accord entre les deux parties.

Les dispositions du 1er alinéa du présent article ne s'appliquent pas aux eaux usées issues des dispositifs d'assainissement autonomes agréés conformément aux dispositions de l'article 108 ci-dessous. Ces eaux ne peuvent être réutilisées que pour l'irrigation des cultures et plantations dont la liste est fixée par voie réglementaire.

Article 65:

Les eaux usées épurées ne doivent pas être réutilisées à la boisson, à la préparation, au conditionnement ou à la conservation de produits ou denrée alimentaire.

La réutilisation des eaux usées épurées ne doit pas être autorisée pour le lavage ou le refroidissement des récipients ou autres objets destinés à contenir des produits ou denrées alimentaires, ou à servir à leur préparation, leur conditionnement ou leur conservation.

Article 66:

Toute réutilisation des eaux usées est soumise à autorisation de l'agence de bassin hydraulique, après avis de l'administration, à l'exception :

- du recyclage interne des eaux usées par l'attributaire de l'autorisation ou de la concession de prélèvement d'eau sous réserve du 1er alinéa de l'article 64 ci-dessus;
- de la réutilisation des eaux usées issues des dispositifs d'assainissement autonomes agréés prévus à l'article 108 ci-dessous. Cette utilisation doit être déclarée à l'agence de bassin hydraulique.

Les modalités d'octroi de l'autorisation de réutilisation des eaux usées sont fixées par voie réglementaire.

Article 67:

L'autorisation de réutilisation des eaux usées doit, notamment, fixer la durée de l'autorisation qui ne peut dépasser vingt (20) ans renouvelable, les prescriptions techniques relatives à la réutilisation des eaux usées et, le cas échéant, à leur épuration, le volume et l'usage qui sera fait des eaux usées, les mesures à prendre pour protéger le milieu naturel et les conditions de suivi et de surveillance.

Cette autorisation est suspendue ou révoquée sans indemnité :

- si les eaux reçoivent une utilisation autre que celle autorisée;
- en cas d'arrêt de l'épuration des eaux usées lorsque celle-ci est obligatoire;
- en cas de détérioration de la qualité des eaux usées épurées.

Les modalités de suivi de la qualité des eaux usées par l'utilisateur, le propriétaire ou le gestionnaire de la station d'épuration des eaux usées sont fixées par voie réglementaire.

Article 68:

Toute réutilisation des eaux usées peut bénéficier du concours financier et de l'assistance technique de l'agence de bassin hydraulique et de l'administration selon les modalités fixées par voie réglementaire.

Article 69:

Lorsque le premier usager de l'eau prélevée est celui qui demande la réutilisation de l'eau usée, une seule autorisation qui définit en même temps les conditions de prélèvement d'eau et les conditions de réutilisation des eaux usées peut-être délivrée.

Article 70:

Les boues d'épuration des eaux usées doivent faire l'objet d'un traitement.

Les modes exigés pour le traitement des boues, selon leurs types, leurs caractéristiques, leurs utilisations et leurs modes d'élimination sont fixés par voie réglementaire.

Article 71:

Les gestionnaires où les propriétaires des stations d'épuration des eaux usées et des dispositifs d'assainissement autonome agréés prévus à l'article 108 ci-dessous, qui procèdent au traitement et à la valorisation des boues d'épuration peuvent bénéficier du concours financier de l'administration et de l'agence de bassin hydraulique dans les conditions fixées par voie réglementaire.

Article 108

À l'intérieur des communes rurales l'évacuation des eaux usées se fait au moyen de dispositifs d'assainissement autonome agréés.

Les conditions d'application du présent article, les types de dispositifs d'assainissement autonome agréés, leurs caractéristiques techniques et leurs modalités de réalisation et d'exploitation sont fixées par voie réglementaire.

Article 156 : Dans un délai fixé par l'administration, après avis de l'agence de bassin hydraulique concernée, les utilisations des eaux usées existantes à la date de publication de la présente loi au «bulletin officiel» doivent se conformer à ses dispositions.

2. ASPECT POLITIQUE

• La Stratégie Nationale de l'Eau (SNE) :

La Stratégie Nationale de l'Eau a été approuvée par les pouvoirs publics en 2010. Elle considère que la réutilisation des eaux usées constitue une importante ressource en eau non conventionnelle, et sa valorisation doit être placée dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau à l'échelle nationale.

• Le Plan Maroc Vert :

Le Plan Maroc Vert adopté en 2008, a mis en exergue des déficits hydriques structurels dans la plupart des grands bassins de production agricole et a considéré la raréfaction des ressources en eau comme une contrainte majeure au développement de l'agriculture.

Pour faire face au défi de la raréfaction des ressources en eau, le Plan Maroc Vert et la Stratégie Nationale de l'Eau considèrent la gestion de la demande en eau et la valorisation de l'eau comme un axe prioritaire de portée stratégique pour les secteurs de l'eau et de l'agriculture.

Dans ce contexte de raréfaction grandissante des ressources en eau conventionnelles, les deux stratégies de l'eau et de l'agriculture considèrent la mobilisation des ressources en eau non conventionnelles notamment le dessalement de l'eau de mer et la réutilisation des eaux usées traitées comme une ressource complémentaire pouvant contribuer à atténuer les déficits hydriques locaux.

3- LA GESTION DE L'EAU PAR AUEA :

Depuis toujours la gestion des eaux en irrigation est assurée par l'ORMVAH. Mais elle était confrontée à des problèmes représentant essentiellement :

- Le Déficit en eau.
- Le Désintérêt des usagers dans l'entretien du matériel d'irrigation.
- L'Augmentation continue du prix des équipements qui faisait l'objet de dégradation par manque de suivi.

Face à ces problèmes il était donc primordiale d'opter pour une gestion participative en irrigation afin d'impliquer et responsabiliser les usagers dans l'aménagement, l'exploitation et la maintenance des équipements hydro-agricole. C'est ainsi qu'en 1990 sous l'initiative de

l'ORMVAH et grâce au concours des autorités locale il fut promulguer la loi n° 2-84 relative au AUEA (Association des Usagers de l'Eau Agricole) visant :

- L'instauration d'un cadre de dialogue et de concertation avec les usagers de l'eau d'irrigation.
- La participation effective des usagers à l'effort d'investissement et de gestion en matière de système d'irrigation et ce dans un cadre contractuel.

Depuis la promulgation de cette loi on retrouve dans chaque périmètre irrigué une AUEA qui est devenue comme une police de l'eau agricole. Chaque AUEA possède une zone d'action bien défini et délimité par l'office.

La gestion des EU traité de la STEP sera sous le contrôle de l'AUEA Bougrinia, car le projet est réaliser dans sa zone d'intervention. Elle permettra d'assurer:

- La participation des usagers dans l'entretien du réseau d'irrigation ;
- Le recouvrement des redevances d'eau d'irrigation ;
- La gestion efficace des tours d'eau afin que chaque agriculteurs puisse irriguer ces champs sans perturbation de jour comme de nuit.

Le tour d'eau est reparti comme suit :

5h-----13h Groupe A

13h-----22h Groupe B.

2^{ème} partie :

**Cadre géologique, hydrogéologique et
caractéristiques de la zone d'étude**

III. CADRE GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude fait partie du périmètre irrigué de la Tessaout Aval qui relève de la zone d'action de l'ORMVAH.

1. PRESENTATION DE LA TESSAOUT AVAL

La Tessaout aval couvre une superficie brute d'environ 70 000 Ha. Elle est située entre la chaîne des jbilat au sud, l'Oum er-Rbia au nord, l'oued el Abid à l'est, sa limite ouest étant les sols salés du Sed el majnoun. La superficie irriguée à terme est de 44 000Ha comme prévu par l'étude d'aménagement (voir la figure 2).

Elle comporte deux unités hydrauliques distinctes :

- **La zone située en amont du canal T2 (6 500Ha)**, bénéficiant des eaux originaires des oueds Lakhdar, Tessaout et des retours à l'oued au niveau du seuil Boualja (46 Mm³/an), actuellement aménagée.
- **La zone située en aval du canal T2 (37 500Ha)**, en cours d'aménagement, alimentée par un transfert via le canal GM du Tadla et le canal T2 des eaux de l'oued el Abid régularisées à bin el Ouidane (235Mm³/an)

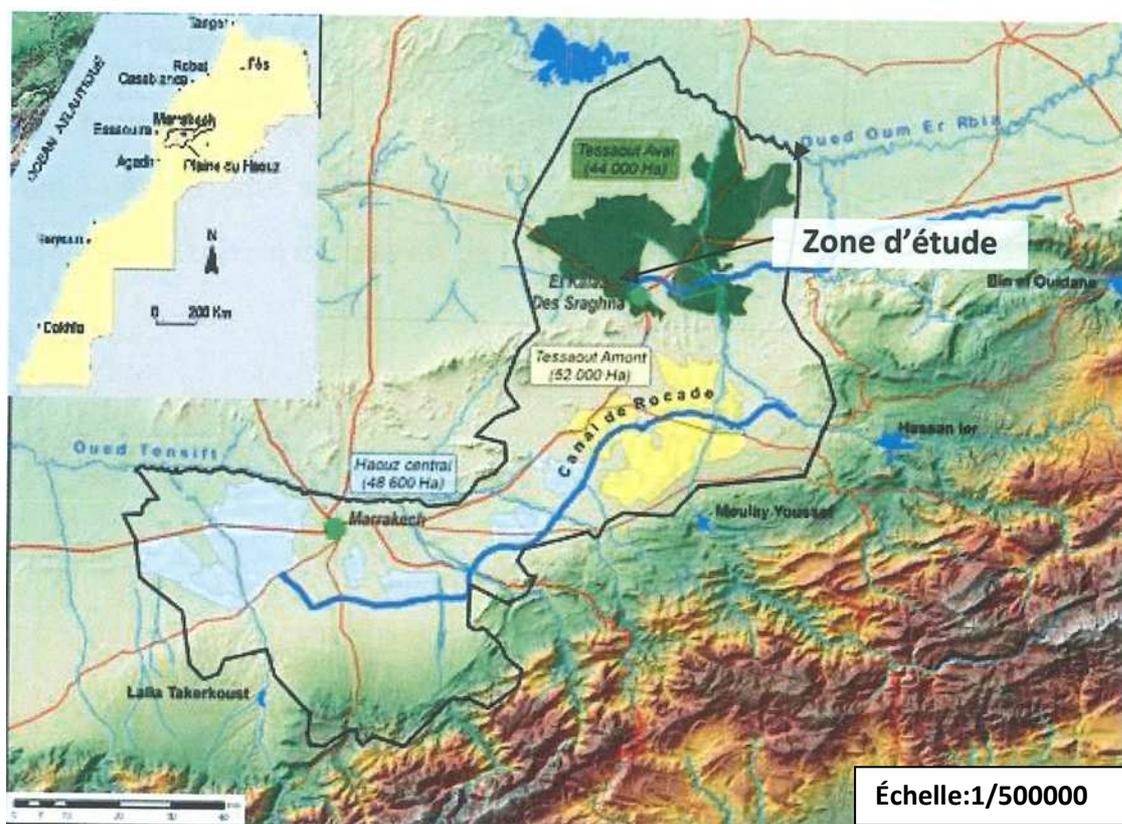


Figure 2:Tessaout Aval et zone d'étude

2. TOOGRAHIE ET LOCALISATION DE LA ZONE Échelle:1/500000

3.

L'aire d'étude est située dans une altitude moyenne de l'ordre de 432 m NGM. Elle est implantée à des altitudes variant de 435m NGM au sud à environ 429m au nord. La pente générale des terrains naturelle est de l'ordre de 0, 3% de direction sud/est-Nord /ouest.

La zone d'étude comprend la sortie de la station d'épuration des EU de la ville d'El-Kelaa des Sraghna tous les terrains agricoles irrigués par les eaux du barrage et qui utilise actuellement les EUE.



Figure 4: Situation de la zone d'étude

4. CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA TESSAOUT AVAL

La nappe de Tessaout aval (**voir la figure 3**) circule principalement dans le remplissage argileux-sableux et conglomératiques plio-quaternaire qui repose sur l'éocène marneux et transgresse dans les calcaires turoniens à l'affleurement des anticlinaux de bordures.

L'épaisseur de l'aquifère plio-quaternaire varie le plus fréquemment entre 10 et 20m.

La transmissivité varie le plus souvent entre 1.10^{-3} et $5.10^{-2} m^2/s$.

L'aquifère de la Tessaout aval s'étend sur une superficie de 500km², délimité par :

- Oued Oum –Er-Rbia au nord
- L'anticlinal de Mizoua au nord-ouest
- Le massif schisteux du jbiilet au sud
- Le domaine atlasique au sud est
- L'Oued El Abid à l'est.

La ligne de partage des eaux souterraine séparant la nappe de la Tessaout aval de celle de la Bahira centrale.

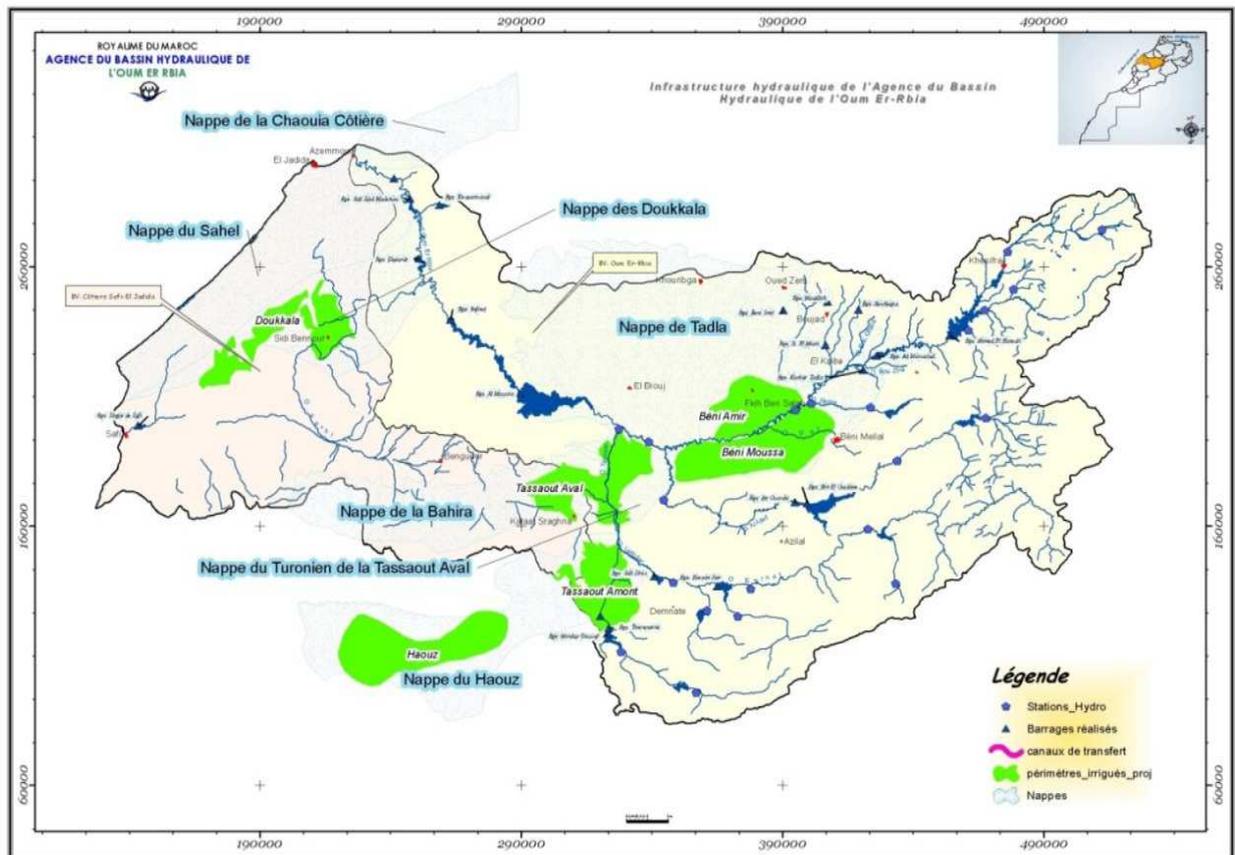


Figure 3: la nappe de Tessaout Aval

5. CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

A. CARACTERISTIQUE CLIMATIQUE

a. CLIMAT

Les conditions climatiques de la commune sont caractérisées par un climat continental et aride; Les pluies sont souvent faibles et irrégulière et les Températures sont élevées en été et basse en hiver.

b. TEMPERATUTE ET VENT

La T peut atteindre 45°C en juillet /Aout, et descendre à -5°C en janvier. La T moyenne annuelle est de 18,8°C. La T moyenne le plus froid est celle de janvier de 10,5°C, Alors qu'il fait le plus chaud au mois d'aout avec un froid moyen de T de 26,9°C. Les T mensuelles moyenne sont donné dans le tableau suivant :

Mois	Jan.	Fév.	Mars	avril	Mai	Juin	Juill.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
T° Moy.	10.5	12.2	15.4	17.4	20.8	24.7	26.9	26.8	23.9	20.7	15.3	11.1	18.8

Tableau 4: Les températures mensuelles moyennes

Les vents dominants dans la région d'El Kalaa des sraghna soufflent du Nord au nord Est en hiver et de l'ouest en été.

c. PLUVIOMETRIE

La pluviométrie moyenne annuelle s'élève à 185mm elle a été estimée en se basant sur le traitement statistique des données de la station LOUNASDA. Ces données ont permis de classer l'aire de l'étude parmi les zones agro-écologiques à grand potentiel de REUE en raison de leur déficit climatique plus élevé associé à une disponibilité plus faible des eaux conventionnelles.

d. EVAPOTRANSPIRATION

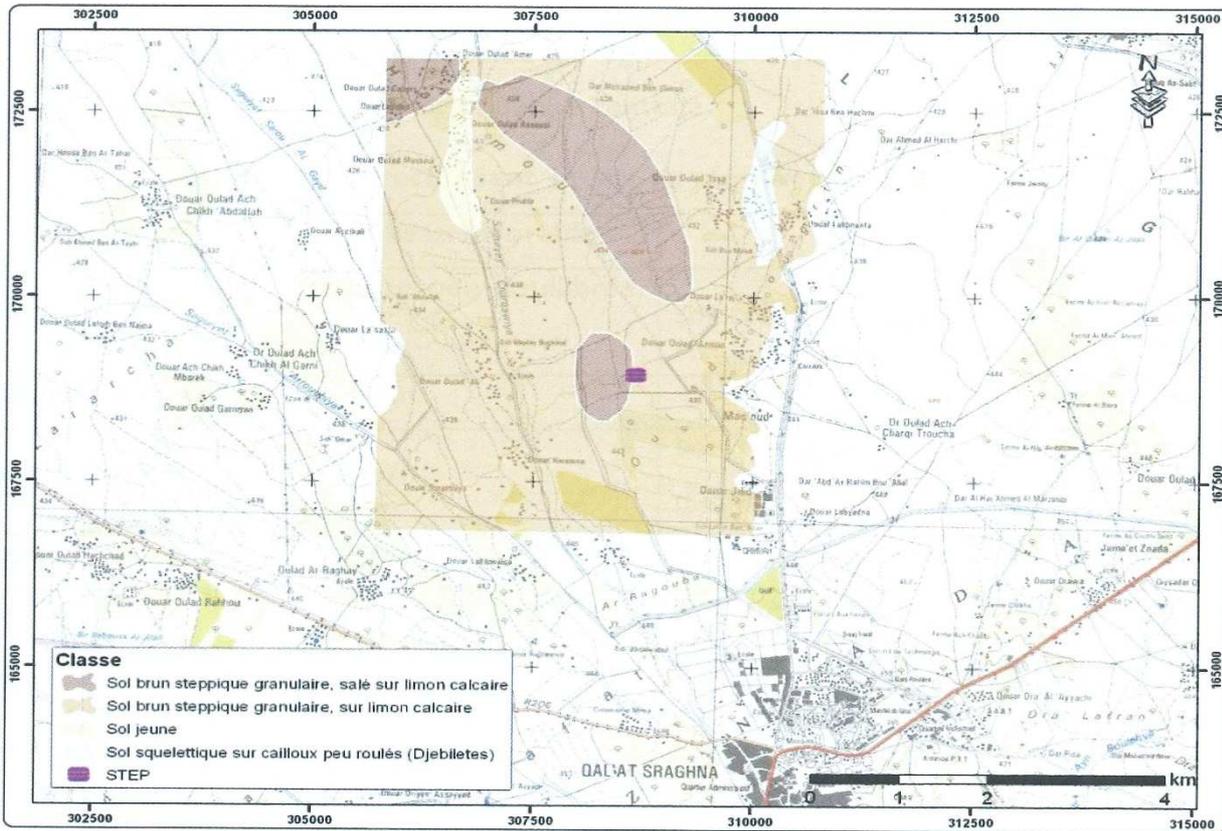
L'évapotranspiration moyenne annuelle mesurée à la station de Lounasda est de 1418 mm; Les extrêmes mensuels sont de 31 mm en janvier et de 267 mm en Juillet.

e. HYGROMETRIE

Etant donné le type de climat continental et aride dans la région, l'humidité relative passe en moyenne de 73% en janvier à 33% en juillet.

B. PEDOLOGIE

Les terrains dominant sont composés de sol steppique granulaire sur limon calcaire assez profond favorable à la culture fourragère, céréale d'automne et à l'arboriculture principalement l'olivier.



Échelle: 1/100000

Figure 5: Extrait de carte pédologique des sols au niveau de l'aire d'étude

C. CONTEXTE SOCIO ECONOMIQUE

La zone d'étude relève du territoire de la commune territoriale El Marbough d'une superficie de 144km² et dans la population s'élève à 8774habitants avec 1621ménages.

Administrativement la commune dépend du Caïdat d'Ahl El ghaba, cercle de sidi El Hattab et province d'el Kelaa des Sraghna.

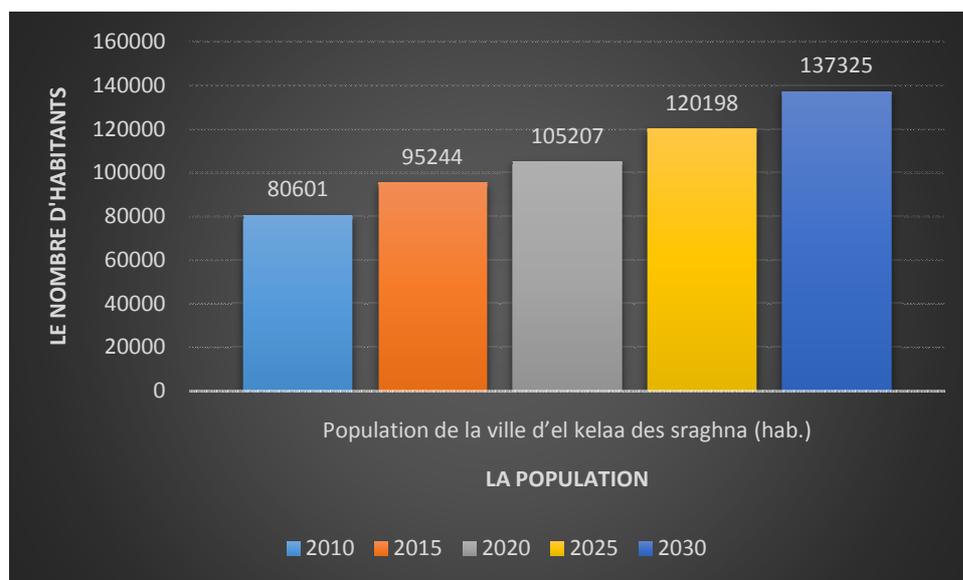


Figure 6: Présentation graphique de la population d'El-kelaa.

La commune se caractérise par un taux important d'analphabétisme 53,5% avec 63,7 % chez les femmes et 43,6% chez les hommes.

Le ¼ de sa population est considérée comme pauvres alors que la proportion de la population vulnérable qui est sous la menace directe de la pauvreté est évaluée à 28%.

L'agriculture est l'activité principale de la commune.

3^{ème} partie :

Caractéristiques de la STEP et méthodes d'analyses

6. LA STEP DE LA VILLE D'EL KALAA DES SRAGHNA

La STEP d' El KALAA fait partie des nombreuses stations d'épuration implanté au Maroc. On en dénombre 70 en service de nos jours. Elle est la deuxième station à lits bactériens du pays avec une capacité de traitement de $8400\text{m}^3/\text{jours}$ et dispose d'un système automatisé et d'une salle de commande permettant d'effectuer les opérations à distance mais aussi de vérifier le bon fonctionnement du système d'épuration des eaux.

La station de la ville d'El Kelaa des Sraghna a été réalisée par une entreprise espagnole « VIALESE» avec l'appui financier de l'Agence Japonaise de coopération. Elle est située à environ 4.5km au nord-ouest de la ville. Les équipements de la station occupent une superficie de 10Ha et est dimensionnée pour 150000 Eq.Hab. Elle est opérationnelle depuis juin 2015. La particularité de la STEP est qu'elle mélange deux techniques de traitement des eaux usées à savoir : la technique extensive avec la présence des bassins ou étangs anaérobies et la technique intensive avec la méthode de traitement par les lits bactériens. On n'y retrouve naturellement tous les autres procédés de traitement des eaux usées. Un traitement complémentaire « tertiaire » est intégré au dispositif de la station d'épuration avec deux étapes : une nano-filtration qui se fait grâce à un micro-filtreur et une désinfection grâce au rayonnement ultraviolet. L'intégration du traitement tertiaire au sein de la STEP permet une réutilisation sans traitement supplémentaire, via des pompages dans un bassin de stockage et de régulation des débits et de station de filtration en tête de réseau d'irrigation au goutte à goutte. Les couts d'épuration tertiaire sont dans ce contexte entièrement pris en charge par les gestionnaires de la STEP (ONEE/Branche Eau), au travers de la facture d'eau payée par les usagers de l'eau potable



Figure 7 : Vue aérienne de la STEP

1. ETAPES DE TRAITEMENT

A. LE PRETRAITEMENT

Le prétraitement permet de retirer la matière facilement collectable et les corps flottants des eaux usées entrant dans la station. Ce traitement a tout simplement pour but d'éliminer tous ce qui peut endommager les équipements et perturber les traitements suivants à savoir : l'élimination des déchets volumineux (dégrillage), des sables (dessablage) et des graisses et des huiles (dégraissage-déshuilage).

a. LE DEGRILLAGE

Cette étape a pour but d'éliminer les gros déchets (papiers, bois, coton-tige, etc. ...). Les gros déchets restent dans les grilles à barreaux, et ils sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères ou les broyeurs. La grille à barreaux est faite de barres verticales ou inclinées, équidistantes, disposées en travers d'un chenal où coule l'eau usée. Ces eaux passent par trois types de dégrillage selon l'épaisseur entre les grilles :

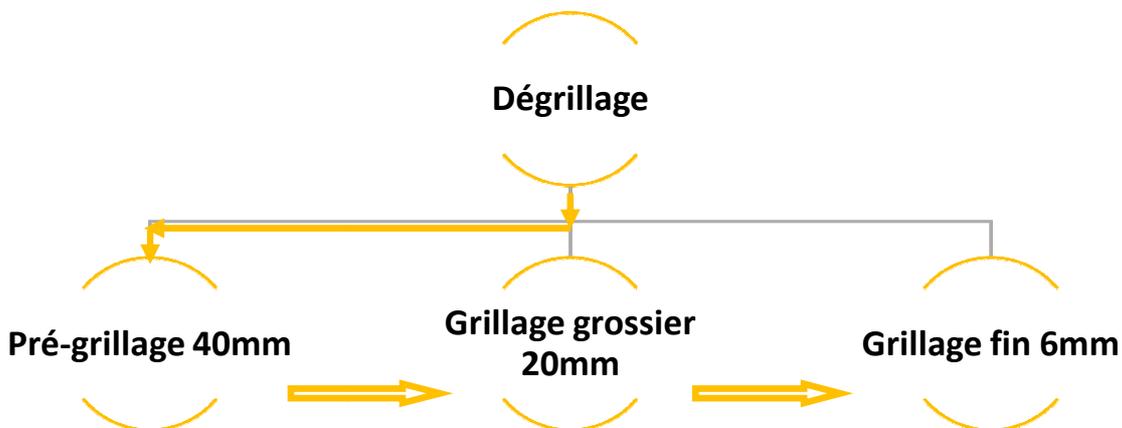


Figure 8: les trois étapes de dégrillage.

b. DESSABLAGE

Le dessablage a pour but de retirer le sable et les matières lourdes par décantation, de façon à éviter leurs dépôts dans les canaux et conduits et à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion. Les sables retirés sont ensuite transportés vers le classificateur du sable.

c. DESHUILAGE

Cette opération a pour objectif d'éliminer la présence de graisses qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologique qui interviennent ensuite.

Les eaux sont débarrassées des huiles et des graisses par flottation. Les graisses éliminées sont ensuite transportés vers un bac à graisse.

B. LE TRAITEMENT PRIMAIRE

Une fois l'eau débarrassée de ces éléments grossiers et des huiles, elle est dispatché dans quatre bassins anaérobiques encore appelé décanteur primaire. Ces bassins ont chacun une profondeur d'environ 4,5m. L'eau usée prétraitée entre dans le décanteur primaire à vitesse réduite de façon à éviter les turbulences. Les boues primaires se déposent au fond de l'ouvrage et l'eau clarifiée est récupérée en surface. Ce traitement élimine approximativement 45% à 50% des matières en suspension et réduit d'environ 30% la DBO et la DCO.

C. TRAITEMENT SECONDAIRE

Le traitement secondaire est constitué de deux sous traitements : le traitement biologique et la décantation dans les décanteurs encore appelé clarificateur.

❖ Le **traitement biologique** est assuré par les **lits bactériens** qui sont basé sur le principe de la « culture fixée ». L'eau débarrassée des boues est donc acheminées par un système de pompage à un distributeur rotatif (sprinkler) qui fait ruisseler les eaux à traiter sur un support solide que l'on appelle communément garnissage qui sert de support aux micro-organismes épurateurs. Le ruissèlement des eaux sur ce support entraine la formation d'un « film biologique » ou « biofilm ». Les bactéries contenues dans ce film biologique vont ainsi " laver " les eaux usées. L'oxygénation par ventilation naturelle va permettre le traitement de ces eaux notamment pour les pollutions dissoutes (carbone et ammoniacque). Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO. Comparativement aux autres techniques de traitement biologique le traitement des eaux usées par lit bactérien possède des avantages pour les exploitants des stations d'épurations que ce soit sur le confort d'utilisation ou le coût d'exploitation limité. Le choix de ce système permet d'avoir une:

- Absences de nuisances (odeurs, bruits, aspect).
- Faible emprise au sol.
- Modularité de l'ouvrage.

- Intégration à l'environnement naturel.
- Réduction importante des boues de stockage.
- Faible consommation d'énergie.
- Simplicité de gestion.

❖ **Décantation secondaire/ Clarification**

Le mélange « eau-bactéries » est ensuite dirigé vers un bassin appelé décanteur secondaire ou clarificateur, où s'effectue par décantation, la séparation entre l'eau épurée et les boues formées par les bactéries (boues secondaires). A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux : les clarificateurs. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel.

D. TRAITEMENT TERTIAIRE

Le traitement tertiaire représente le l'étape final de l'épuration des eaux usées. Les eaux subissent à cette étape une microfiltration puis une désinfection par rayonnement ultraviolet.

- La **microfiltration** est effectuée grâce à un micro-filtreur qui est constitué de membranes avec des dimensions de pores comprises entre 0,1 et 3 micromètres capable de filtrer toutes les particules de cet ordre de grandeur. Les bactéries et les parasites sont retenus avec une grande fiabilité, mais la filtration des virus ne peut toutefois ici être garantie. La microfiltration fonctionne avec une plage de pression comprise entre 0,2 et 1 bar. Les membranes sont réalisées dans des matériaux tels que le PVDF (difluorure de polyvinyle), le PES (polyéthersulfone), ou d'autres.
- La **désinfection par UV** est un procédé physique qui neutralise instantanément les micro-organismes exposés à des lampes UV immergées dans l'effluent. Le procédé n'ajoute rien d'autre à l'eau que de la lumière UV et n'a par conséquent, aucune incidence sur la composition chimique ou la teneur en oxygène dissous de l'eau, ni ne produit de sous-produits de désinfection nocifs. À cet égard, il assure la conformité à la réglementation toujours plus stricte des décharges d'effluents. le spectre lumineux de rayonnement UV est situé entre celui de rayons X et la lumière visible; sa longueur d'onde varie de 200 à 390 nanomètres (nm).

Le spectre de la lumière UV se divise en 3 bandes :

- spectre UV-A : de 315 à 400 nm
- spectre UV-B : de 280 à 315 nm
- spectre UV-C : de 180 à 280 n

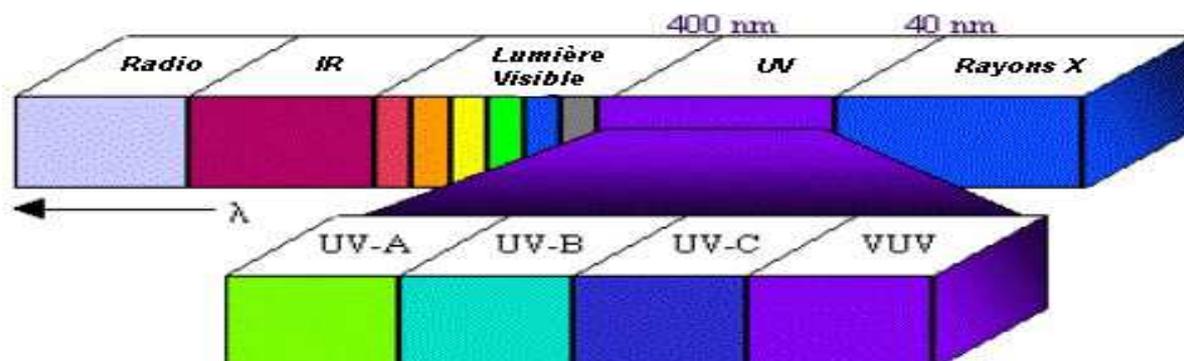


Figure 9:spectre d'absorption du rayonnement ultra-violet

- **Filtration :**

Les avantages et les inconvénients des différents types de filtre, au tableau ci-dessous :

Type de filtres	Qualité de l'eau	Finesses de filtration	Avantages	Inconvénients
Filtres à tamis	Convient aux eaux peu chargées en MO et en algues	Jusqu'à 100um Efficience de l'ordre de 80%	Solution économique pour des eaux moyennement chargées	Efficience moyenne
Filtres à sable	Convient aux eaux chargées en MO et en algues	Jusqu'à 100um Efficience variable selon la qualité du sable : de 95% pour un sable neuf et à 70% pour un sable colmaté	Bonne efficience après renouvellement du sable	Renouvellement du sable selon la qualité de l'eau car diminution de la surface de filtration dans le temps Nécessité de placer un filtre à tamis en aval afin d'arrêter les

				grains de sable échappés du filtre
Filtres à disques	Convient aux eaux chargées en MO et en algues	Jusqu'à 100um Efficience supérieure à 95%	Très bonne efficience Bonne longévité du filtre Grande capacité de stockage Cout modéré	Nécessité d'automatiser le contre lavage du filtre en présence d'eaux chargées

Tableau 5 : Types de filtre

2. ANALYSE DES EAUX USEES

Afin d'analyser les eaux de la STEP nous nous sommes rendu le 04/05/2017 dans la ville d'El Kelaa des Sraghna, ou nous avons visité la station et prélever deux échantillons des eaux à l'entrée et à la sortie. Ces échantillons ont été conservés au frais jusqu'au jour des analyses que nous avons effectué au laboratoire d'eau de Semlalia. Trois types d'analyses ont été effectués : physico-chimique, biologique et bactériologique.

A. METHODOLOGIE

- **Les analyses physico-chimiques :** Les paramètres mesurés sont : la Température, la Conductivité, le potentiel hydrogène (pH), le Total de Sel Dissous(TDS), l'oxygène dissous (DO)
 - **Température :** c'est un paramètre important qui influence tous les autres paramètres physico-chimiques.
 - **Conductivité :** Elle permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau et d'évaluer la minéralisation totale de l'eau.
 - **PH :** le potentiel hydrogène, il permet de déterminer l'acidité d'une eau.

- **TDS** : le Total de Sel Dissous, ce paramètre permet de connaître la quantité de sel dissous dans les eaux.
- **DO** : l'oxygène dissous, comme son nom l'indique, il nous renseigne sur le taux d'oxygène dissous.

NB : Ces cinq paramètres cités ont été mesurés à l'aide d'un seul appareil qui est le multiparamètre HI 9829. Il peut à lui seul mesurer jusqu'à 15 paramètres (voir photo1)



Photo1: Multiparameter HI 9829.

•
➤ **Les analyses biologiques** : DCO, DBO5, MES.

- **MES** : Ce sont des matières biodégradables pour la plupart. Elles donnent à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur.

Méthode :

- Peser la membrane à l'aide d'une machine à peser et noter sa masse à vide M_0 (mg /l).
- Placer la membrane sur la rampe de filtration et agiter l'échantillon
- Agiter l'échantillon et puis prélever un volume V (30ml pour l'entrée et 50ml pour la sortie) et le transvider sur la membrane ;
- Procéder la filtration ;
- Récupérer la membrane après la filtration, puis placer la membrane dans l'étuve à 105° pendant 2h ;
- Refroidir la membrane dans le dessiccateur.
- Peser de nouveau la membrane et noter sa masse m_1
- Calculer la concentration avec la formule suivant :

$$CMES = (M_1 - M_0) / V$$

Avec :

CMES : concentration de MES

M_0 : masse de la membrane avant filtration

M_1 : masse de la membrane après filtration

V : volume d'échantillon filtré



Photo 2 : Dispositif de filtration.



Photo 3 : La membrane.



Photo 4 : Dessiccateur

- **La Demande Biochimique en Oxygène (DBO_5)** : exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation des matières organiques, avec le concours des microorganismes, dans des conditions données et sur une période fixée à cinq jours.

Méthode :

- Prendre 154ml de chaque échantillon à l'aide d'une éprouvette.
- Ajoute le NaOH ou KOH.
- Placer un volume ($V=154ML$) dans une bouteille propre.
- Mettre 2 pastilles d'hydroxyde de potassium KOH dans le bouchon noir avec deux pincettes.
- Mettre sur le système d'agitation à 20°C.

- Relever les valeurs après 5 jours.



Photo 5: Armoire thermorégulatrice.

- **La Demande Chimique en Oxygène (DCO)** : exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique biodégradable ou non biodégradable d'une eau à l'aide d'un oxydant.

Méthode :

- Faire une dilution de 1/50 pour l'échantillon d'eau brute puis une de 1/10 de l'eau traitée
- Prélever 2ml de chaque dilution que l'on place dans deux tubes distincts.
- Mettre dans un troisième tube 2ml d'eau distillé qui fera office de tube témoin.
- Ajouté 3,5ml de solution sulfurique puis 1,5ml de solution de digestion dans chaque tube
- Reproduire le processus deux fois de suite afin d'avoir 9 tubes.
- Agiter tous les tubes sur l'agitateur
- Les placés dans le minéralisateur pendant 2h
- Effectuer la lecture sur le spectrophotomètre

➤ **Analyses bactériologiques :**

Nous avons effectué ces analyses en vue de mettre en évidence la présence ou non de coliformes fécaux.

Ces analyses ont été effectuées par la culture sur gélose des deux échantillons que nous avons prélevés.

Les résultats des analyses sont résumés dans le tableau suivant. : **voir tableau 6**

B. RESULTAT DES ANALYSES EFFECTUEES

Paramètres	Entrée de la station	Sortie de la station	Normes de rejets directs
Ph	7,61	7.90	6-8,5
Température en °c	23.38	23.24	Inférieur à 35°c
D.O (Oxygène dissous) en Mg/L	0,75	0,75	-
Conductivité en µs/cm	2395	2047	-
TDS (Total de Sel Dissous) en Mg/L	2110	1197	-
MES (Matière En Suspension) en Mg/L	186.66	10	150mg/l
DCO en MgO ₂ /L	1045	200	250mg/l
DBO ₅ en MgO ₂ /L	280	160	150mg/l
Phosphore en Mg/L	65	43	50
Potassium en Mg/L	530	389	
Sulfate en Mg/L	189	111	250
Nématodes intestinaux	-	-	-
Coliformes fécaux ufc/ml	10.10³	7.10³	-

Tableau 6 : résultats d'analyses effectuées.

C. INTERPRETATION

- Paramètres physico-chimique

Tout d'abord, nous tenons à signaler que l'eau analysée n'a pas subi de traitement tertiaire par arrêt momentané de cette dernière étape de l'épuration.

La température des eaux usées traitées mesurées est comprise entre 23,34 et 23,24. Cette valeur est en dessous de 35°C considéré comme la valeur limite de rejet et de réutilisation en agriculture.

Le Ph qui est de 7,90 après le traitement secondaire correspond aux normes de réutilisation qui varie entre 6 et 8,5.

La conductivité est le paramètre qui nous permet d'estimer la minéralisation totale des ions se trouvant dans ces eaux est comprise entre 2395 et 2047 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Cette valeur est inférieure à la valeur limite qui est de 3000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et est donc apte à être utilisé pour l'irrigation.

Selon les résultats obtenus ont remarqué que la MES, la DCO et la DBO₅ connaissent une baisse considérable de leur teneurs, avec un abattement respectif de 94,64%, 80,86 et 42,85. Ces résultats sont donc satisfaisants car en plus de correspondre aux normes de rejet elle montre la bonne qualité du traitement secondaire de ces eaux par les lits bactériens. Si l'on effectue une comparaison de nos résultats avec celles d'autres stations de traitement comme la station de la Régie Autonome Multiservices d'Agadir (RAMSA), on constate que nos résultats sont encore plus mieux que ceux de la station (RAMSA) et apte pour l'irrigation malgré qu'elles n'aient pas subi un traitement tertiaire.

Compte tenu du type de procédé d'épuration et des analyses disponibles, les eaux usées épurées devront être destinées à l'irrigation des cultures céréalières, fourragères, et peuvent être utilisées pour les plantations d'oliviers.

4^{ème} partie :

**Méthodes d'irrigation, Occupation du
sol irriguée et projet de réutilisation des
eaux usées**

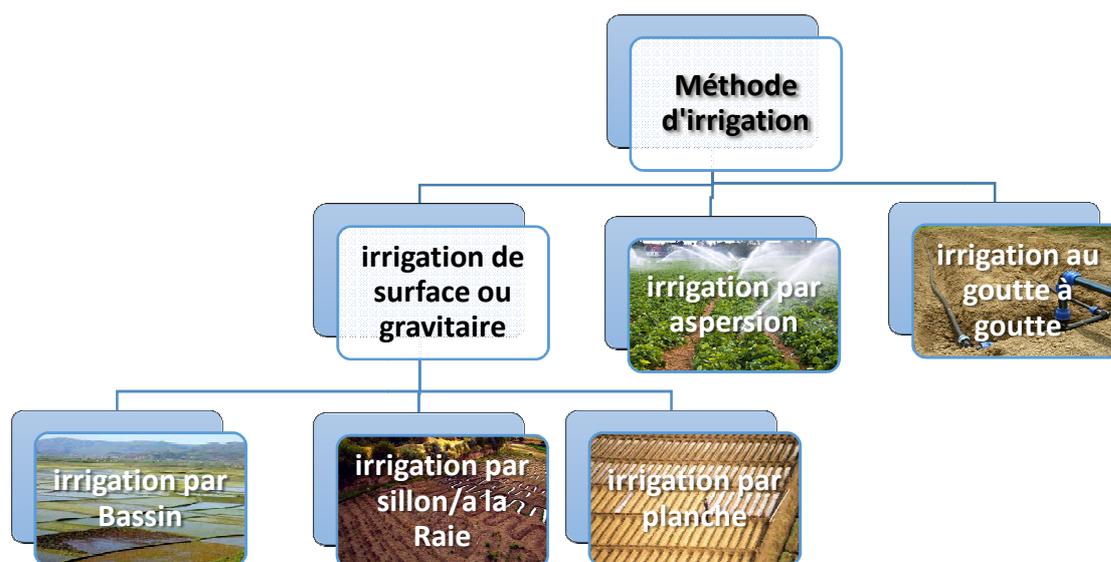
7. METHODES D'IRRIGATION

L'approvisionnement en eau est essentiel pour le développement et la croissance végétative des cultures. En période de faible précipitation, l'irrigation est vraiment capitale pour couvrir les besoins en eau des cultures.

De nos jours on compte plusieurs méthodes d'irrigations pour la desserte en eau dans les champs. Chaque méthode offre des avantages mais aussi des inconvénients, qui méritent d'être pris en considération lors de la sélection de la méthode qui s'adapte le mieux aux conditions locales.

La plus vieille méthode d'irrigation reste celle de l'arrosoir ou du seau d'eau, où l'on transporte l'eau à l'aide de ces deux instruments depuis une source d'alimentation jusqu'aux plantes à irriguer. Cette méthode demande une main-d'œuvre importante, un long travail et un grand effort. Cependant, elle est fortement convenable pour l'irrigation du petit jardin de légumes à proximité du point d'eau.

Pour l'irrigation des grandes superficies il faut faire recours à d'autres techniques d'irrigation plus efficaces et éprouvées les nouvelles technologies. Les trois techniques les plus utilisées sont : l'irrigation de surface ou gravitaire ; l'irrigation par aspersion ; et l'irrigation au goutte à goutte.



1. IRRIGATION DE SURFACE/GRAVITAIRE

L'irrigation de surface encore appelé irrigation gravitaire est une technique qui consiste à amener de l'eau au point le plus élevé du terrain et à la laisser s'écouler par gravité. L'eau est ensuite distribuée dans le champ soit, par submersion on parle donc d'irrigation par bassin, soit par dans les sillons en terre (irrigation par sillons) ou bien par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage (irrigation par planche). Au Maroc on estime que 93% de la superficie de la grande hydraulique est irriguée par une technique traditionnelle appelée "Robta" qui représente environ 88% des superficies irriguées. Cette technique est la plus utilisée car elle s'adapte aux parcelles qui ont très souvent un mauvais état de nivellement.

a) Irrigation par BASSINS



Les bassins sont constitués de cuvette 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.

La méthode par bassins est aussi utilisée pour l'irrigation des arbres fruitiers; dans ce cas une petite cuvette (bassin) est aménagée autour de chaque arbre.

En général, cette technique d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent tolérer la submersion par les eaux pour une longue durée.

b. Irrigation par Sillon/A 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'infiltre dans le sol, principalement par les côtés du sillon, tout le long de son trajet dans le sens de la pente du terrain.

Généralement, les plantes sont cultivées sur les billons séparant les 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).

Les sillons sont alimentés par des prises d'eau aménagées sur les berges du canal d'amenée.

Ces ouvrages de prise peuvent être soit de simples ouvertures aménagées sur les berges du canal d'amenée, soit des siphons, ou bien des tuyaux d'alimentation passant à travers la berge du canal d'amenée.

a) Irrigation par Planches



Les planches sont des bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes. Elles sont aussi appelées calant ou planches d'arrosage. 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, guidée par les diguettes des deux côtés de celle-ci.

2. IRRIGATION PAR ASPERSION.



La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle. Cette technique nécessite des conditions de pression moyenne à forte (de 3 à 6 bars à la buse). Au niveau de l'asperseur, pièce maîtresse du dispositif, une buse crée un jet et l'oriente vers la cuillère. Le bras mobile est activé par le jet. Le ressort de rappel provoque le retour du bras mobile et assure ainsi la rotation de l'asperseur

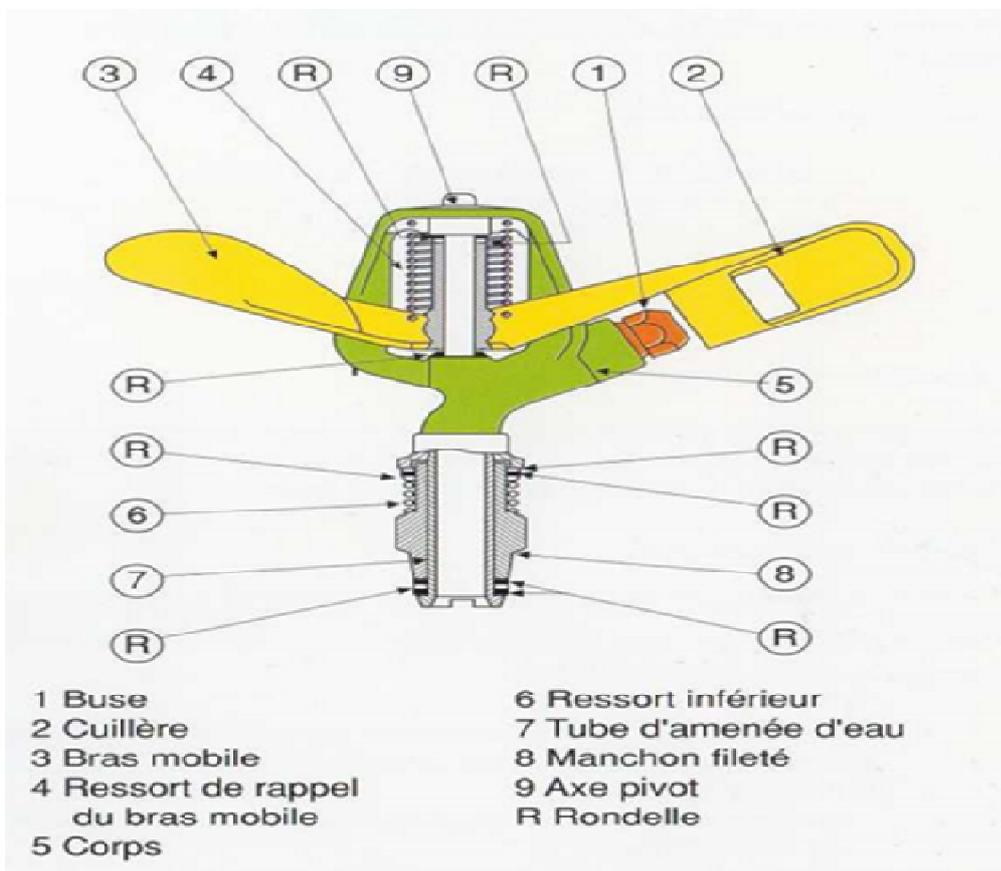


Figure 10: schémas d'un asperseur

3. IRRIGATION AU GOUTTE A GOUTTE.



L'irrigation au goutte à goutte consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisations, généralement en PVC; cette eau est ensuite distribuée en gouttes au champ par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations. Les

goutteurs les plus utilisés sont les goutteurs intégrés, les boutons et de moins en moins les goutteurs en ligne. Ces trois types de goutteurs sont des organes de distribution, dont la conception particulière permet de délivrer l'eau à faible débit, dans des conditions de régime turbulent. Ces différents goutteurs existent sous une forme auto-régulante présentant l'avantage de délivrer un débit homogène, même quand la pression varie à l'intérieur d'une gamme. La zone humidifiée du sol est celle située au voisinage immédiat des racines des plantes. Par conséquent, cette méthode d'irrigation a un haut degré d'efficacité de distribution d'eau. L'irrigation au goutte à goutte est aussi appelée micro-irrigation.

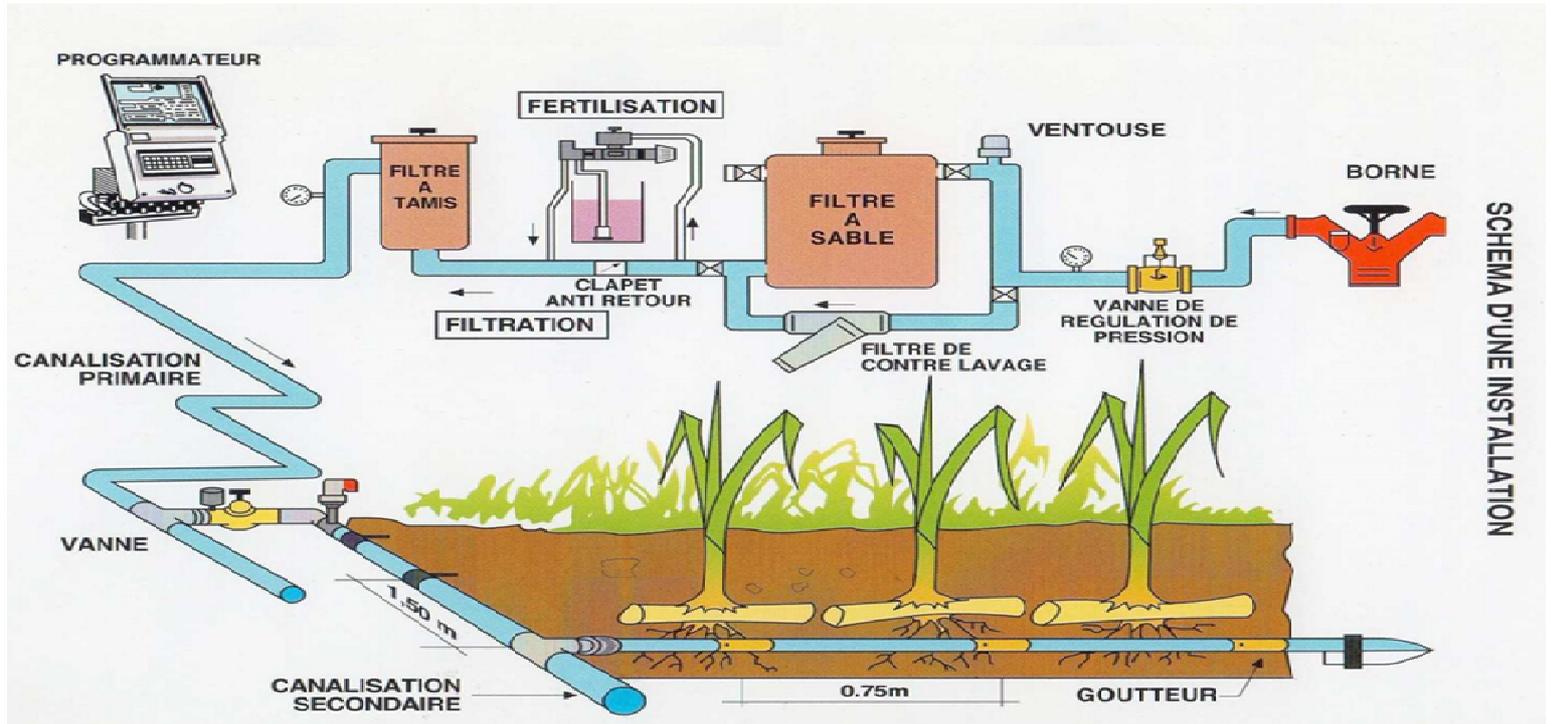


Figure 11 : Exemple d'installation d'un système de goutte à goutte

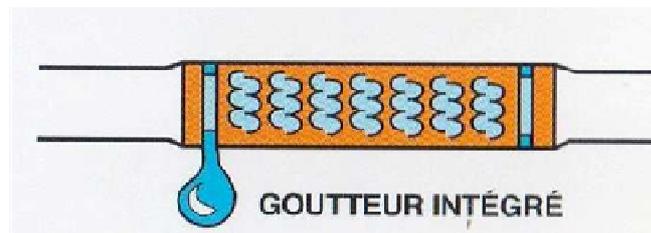
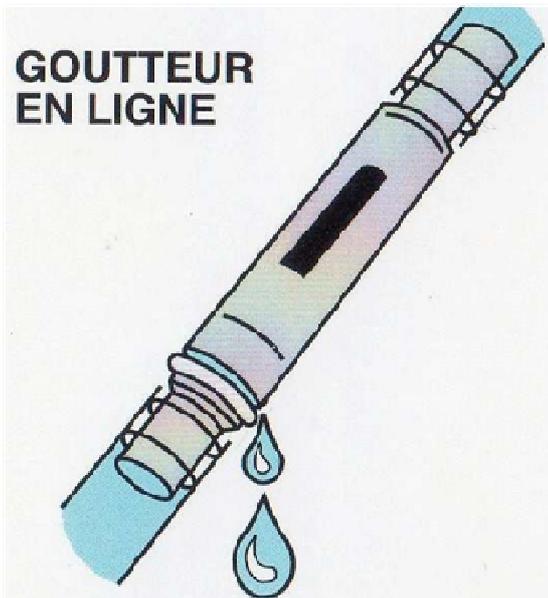


Figure 12 : Exemple de goutteur

4. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE CHAQUE METHODE D'IRRIGATION

Méthodes d'irrigations	Avantages	Inconvénients
Irrigation gravitaire	<ul style="list-style-type: none"> • Les énergétiques sont faibles ou nuls • Les techniques sont assez bien adoptées à l'épandage d'eaux de sortie de station • Contribue à l'alimentation des nappes phréatiques • Le coût d'investissement est relativement faible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Besoin en main d'œuvre important • Difficulté de l'estimation du volume d'eau réellement consommé • Salinisation des sols • Possible pollution par déversement.
Irrigation par aspersion	<ul style="list-style-type: none"> • Grande adaptabilité aux différentes conditions de terrain, (climat, sol, pente) • Utilisation relativement simple et besoin en entretien restreint • Levée plus rapide à la plantation et à la reprise de végétation • Humidification de l'atmosphère ambiante qui limite les pertes en 	<ul style="list-style-type: none"> • Efficience du réseau de l'ordre de 80% • Grande sensibilité au vent qui impose un recouvrement minimum de 75% des surfaces irriguées par poste. • Création d'une atmosphère humide, propice au développement des maladies cryptogamiques (champignons) et des mauvaises Herbes • Risque de vol

	évaporation directe.	
Irrigation au goutte à goutte	<ul style="list-style-type: none"> • Efficience du réseau supérieure à 90 % • Insensibilité au vent • Possibilité de mécanisation totale en cas de réseau enterré • Possibilité d'apporter et de fractionner les engrais et traitements directement par le réseau d'irrigation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Travail important et soigné de préparation du sol et de pose du matériel. • Traitement préventif contre l'intrusion des racines à l'intérieur des goutteurs. • Risque important de colmatage nécessitant un équipement performant de filtration, de régulation, ainsi qu'une soupape d'entrée et d'évacuation d'air en cas de réseau enterré. • Travail technique et régulier de vérification et d'entretien de la station de filtration et des lignes de goutteurs.

Tableau 7 : Avantages et Inconvénients des méthodes d'irrigation

8. LES CULTURES PRATIQUES DANS LA ZONE

1. OCCUPATION DU SOL

L'occupation du sol en situation actuelle au niveau de sous-secteur de la Tassaout aval est représentée par le diagramme suivant :

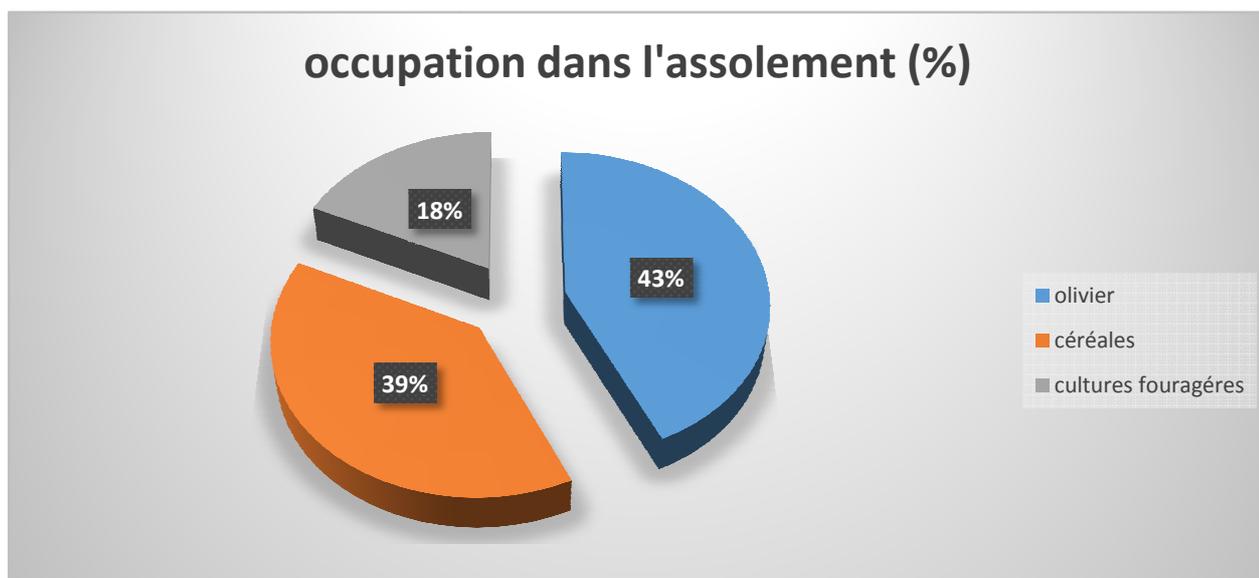


Figure 13: occupation dans l'assolement

D'après ces données l'on constate que la pratique de l'olivier connue une importance dans le secteur suivi des céréales et des cultures fourragères cultivées parfois une association sous étages ou plantation d'olivier et constitue une conséquence l'essentiel de l'assolement dans la zone. Les cultures maraîchères ne font pas parti de cet assolement.

2. METHODE D'IRRIGATION UTILISEE

Rappelons que la zone d'étude fait partie du périmètre irrigué de la Tessaout aval.

L'équipement hydro-agricole du périmètre est limité aux canaux semi-circulaires primaires et secondaires. La zone est alimentée par les eaux du barrage BIN EL OUIDANE qui offre environ 235million de m³/an.

Ces ressources restent insuffisantes pour satisfaire les besoins en eau des cultures car la dotation brute à l'hectare au pied des barrages est de l'ordre de 6000m³/ha. Sachant que la

Tessaout aval à une superficie de 44000ha irrigué par ces eaux il faudrait un volume de 264million de m³.on a donc un déficit de 29million de m³.

Tous ces problèmes que rencontre l'Office(ORMVAH) ,et ne leur permettant pas d'assurer la desserte de tout le périmètre et de faire des économies d'eau s'explique par :

- L'inachèvement des aménagements hydro-agricoles, qui entraîne une perte d'eau importante ; aussi, le réseau de distribution et des prises sur canaux secondaire est constitué de seguias (canal d'irrigation à ciel ouvert) en terre avec des longueurs qui dépassent 5km ; en plus l'aménagement interne n'a pas été réalisé ce qui constitue une contrainte au développement de technique d'irrigation efficaces.
- Les difficultés liées au mode d'irrigation qui est le système de la ROBTA, qui correspond au mode d'irrigation gravitaire et nous savions que ce système est le moins efficace en terme d'utilisation des terres et de l'eau ;
- La distribution de l'eau qui se fait selon un tour d'eau qui ne laisse pas de la liberté aux usagers et qui fait que les besoins d'irrigation est assez différente des besoins en eau des cultures.

Tous cela rend donc difficile la possibilité d'amélioration de l'usage de l'eau et la valorisation des quantités



Figure 14: Equipement et mode d'irrigation au niveau de la zone

3. BESOIN EN EAU DES CULTURES :

cultures	Besoin en eau en mode d'irrigation gravitaire (en m³/ha)
Céréales	1928
Luzerne	3948
Olivier	5282

Tableau 8 : Besoin en eau des cultures

Les besoins en eau de cultures ont été calculés à partir de l'évapotranspiration maximale par la formule suivant :

$$ETM = kc * ET_0$$

Avec :

ETM : évapotranspiration maximale, qui correspond à l'évapotranspiration d'un couvert végétal donnée, indemne de maladies, se développant sur une grande étendue d'un des conditions non limitantes en disponibilité en eau et en fertilisant.

Kc : coefficient cultural, propre au stade végétatif de chaque culture.

ET₀ : évapotranspiration de référence (mm), fonction des conditions climatiques.

Le détail des valeurs utilisées se retrouve dans l'annexe.

9. PROJET DE REUTILISATION DES EAUX USEES DANS LA ZONE

La réutilisation des eaux usées au niveau de la zone est une pratique ancienne. Ces eaux non conventionnelles étaient utilisées bien avant la mise en eau du périmètre (année 2000) et continue même actuellement en raison de l'insuffisance des ressources en eau du barrage mobilisées par l'Office.

Les eaux du barrage ne couvrent que 50% des besoins en eau des cultures pendant les périodes de sécheresse, alors les agriculteurs font recourir aux eaux usées sans même se soucier des conséquences de son utilisation brute afin de combler les besoins en eau de leur cultures.

L'installation d'une STEP dans la ville dans la ville représente donc une aubaine car en plus de sa grande capacité de traitement (8400m³/jrs) elle pourra couvrir le déficit en eau pour les cultures pendant les périodes de sécheresse et permettra d'éviter un rejet de ces eaux dans la nature sans traitement préalable.

1. SUPERFICIE IRRIGUEE PAR LES EAUX USEES

Les villages qui bénéficieront des eaux usées traitées de la STEP sont au nombre de cinq pour une superficie totale de 752ha répartie entre 614 usagers. Ces villages sont : ouled Messoud ; ouled othmane, Laarich, ouled issa et Lakhnanfa. Ils relèvent tous d'ouled Bougrine. Le tableau ci-dessous indique la répartition

Prises	Nom des seguias en terre	Superficie en ha	Nombres d'usagers
P1BG4	Semmar	313.68	200
P2BG4	Chourda	224.01	259
P3BG4	Ouarrach	214.56	155
Total		752.25	614

Tableau 9 : superficie irriguée

2. OCCUPATION FUTURE DU SOL

L'assolement représente un élément fondamental dans le dimensionnement du réseau d'irrigation. C'est sur la base de cet assolement que le débit à mobiliser sera déterminé, et qui servira de base

pour le dimensionnement du réseau d'adduction et de distribution et de l'ensemble du dispositif d'irrigation localisée. Le tableau ci-dessous nous montre la nouvelle superficie assolée par culture.

Culture	%
Céréales	25
Bersim	3
Luzerne	3
Mais fourrager du printemps	6
Mais d'été	3
Maraichage d'été	6
Maraichage d'hiver	9
Olivier	48

Tableau 10: Nouvelle superficie assolée par culture

3. METHODES D'IRRIGATION PROPOSEE AVEC LES EAUX USEES

Même si l'installation de la STEP dans la ville permet de pallier au manque d'eau pour les cultures le mode d'application de ces eaux est important pour économiser l'eau et assurer en même temps de bonne récolte.

Donc la zone d'étude devra être irriguée par le mode d'irrigation localisée (irrigation goutte à goutte) qui fait partie des méthodes d'irrigation dont nous avons déjà parlé.

L'irrigation localisée permet d'avoir une efficacité globale de 80 % contre une efficacité actuelle de 55% pour l'irrigation gravitaire.

Le changement du mode d'irrigation entraîne un changement des besoins en eau des cultures et pour atteindre les objectifs escomptés un changement du type d'assolement est nécessaire. Mais avant d'en arriver là, une phase intermédiaire où l'on pratique le mode d'irrigation localisé avec l'ancien système d'assolement s'avère nécessaire afin de mesurer les besoins en eau des cultures.

Le tableau ci-dessous nous montre les besoins brutes en eau (en m³) des cultures par hectare assolé actuellement et dans le futur en fonction du mode d'irrigation (Tableau 11).

Cultures	Besoin en eau actuels avec le mode d'irrigation gravitaire	Besoin en eau pour l'assolement actuel avec l'irrigation localisée	Besoin en eau de l'assolement futur avec l'irrigation localisée
Céréales	1928	1078	691
Bersim	-	-	127
Luzerne	3948	2723	454
Maraichage été	-	-	731
Maraichage hiver	-	-	398
Olivier	5282	2906	3244
Maïs fourrager printemps	-	-	210
Maïs fourrager été	-	-	346
Total	11157	6707	6201

Tableau 11 : Besoin en eau en fonction de la méthode d'irrigation.

4. IDENTIFICATION DES VARIANTES

Pour assurer une utilisation efficiente et durable des EU traitée de la STEP trois variantes sont à prendre en considération. Ces variantes en été choisi en tenant compte de la capacité de la STEP à l'horizon 2025 et du mode de gestion globale de l'eau d'irrigation. Pour que le choix se porte sur l'un de ces variantes, il faut que en plus de pouvoir satisfaire la demande en eau elle remplit les conditions techniques suivants :

- Offrir une garantie de l'offre en eau c'est-à-dire assuré la mise à disposition de l'eau dans des conditions constantes de pression et de débit.
- Permettre un assouplissement des conditions d'organisation et de gestion de l'irrigation.
- La simplicité et la fiabilité de la mise en route du réseau.

Les caractéristiques des trois variantes sont résumées dans le tableau ci-dessous :

	Variante1	Variante2	Variante3
Gestion de l'eau	Rejet des eaux excédentaires dans le canal Chouirda	Stockage inter saisonnier des EUT.	Recours aux eaux du barrage pendant la période d'irrigation estivale.
Superficie irriguée	169ha	215ha	401ha
Bénéficiaire des EUT	Zone située en aval de la STEP. Avec 8 blocs irrigués.	Zone située en aval et en amont de la STEP. Avec 10 blocs irrigués.	Zone située en aval et en amont de la STEP. Avec 19 blocs irrigués.
Equipement	<ul style="list-style-type: none"> • Bassin de régulation • Une station de pompage avec une régulation à vitesse variable • Un réseau d'adduction • Un réseau de distribution en conduite sous pression • Des bornes en tête de chaque bloc desservi. • Des prises propriétés individuels ou collectives 	<ul style="list-style-type: none"> • Bassin de stockage des EUT • Une station de pompage avec une régulation à vitesse variable • Une station de filtration • Un réseau d'adduction • Un réseau de distribution en conduite sous pression • Des bornes en tête de chaque bloc desservi. • Des prises propriétés individuels ou collectives 	<ul style="list-style-type: none"> • Un bassin à double fonction : traitement primaire par décantation des eaux du barrage et également la régulation. • Une station de pompage avec une régulation à vitesse variable • Une station de filtration • Un réseau d'adduction • Un réseau de distribution en conduite sous pression • Des bornes en tête de chaque bloc desservi. • Des prises propriétés individuels ou collectives

Tableau 12 : résumé des variantes.

10. BILAN FINANCIER DU PROJET

Avoir de l'eau en quantité et qualité suffisante pour irriguer son champ est bien beau, mais il ne faut pas oublier que le traitement de ces eaux et l'entretien de l'équipement d'irrigation nécessite des moyens financiers. C'est ainsi que l'ORMVAH a instauré un tarif pour ces eaux destinées à l'irrigation.

❖ Exemple de quelque prix e vente de l'eau destinée à l'agriculture.

- Pour l'irrigation du golf de Benslimane, les eaux usées sont vendues à 2DH par m³.
- A Darga le tarif est de 0,50DH par m³
- Les eaux usées agricoles sont vendues en moyenne à 0,50DH/m³
- Au niveau de la Tessaout aval, le prix de l'eau d'irrigation (eau du barrage) est de 0,28DH/m³

❖ Cout d'équipement de chaque variante

Variante	Superficie	Le cout	Cout/Superficie
1 ^{er} Variante	169 Ha	12.7 Million DH	75 000 DH/Ha
2 ^{ème} Variante	215 Ha	19.3 Million DH	89 000 DH/Ha
3 ^{ème} Variante	401 Ha	31.5 Million DH	78 000 DH/Ha

Tableau 13 : les couts des différentes variantes.

Sortie de la STEP	0.56 DH/m³
Frais de fonctionnement	0.013 DH/m³
Pompage	0.013 DH/m³
Entretien	0.155 DH/m³
Sans amortissement	0.60 DH/m³
Avec amortissement	0.932 DH/m³
Amortissement	0.324 DH/m³
OM	0.2768 DH/m³

tableau14:Les couts.

Conclusions générales

CONCLUSIONS GENERALES

Notre étude a porté sur la REUE de la STEP d'el Kalaa pour l'irrigation d'un périmètre de la tessaout avale.

Au terme de cet travail nous avons retenu surtout l'objectif de l'implantation de la STEP mais aussi le devenir de ces eaux usées traitées. La STEP d' EL KALAA a pour objectif d'épurer les eaux usées pour les réutiliser à l'irrigation. La performance et la qualité de traitement permet d'obtenir des eaux correspondant aux normes de réutilisation en agriculture, seulement au stade de traitement secondaire. Si le traitement est poussé jusqu'au stade du traitement tertiaire on obtiendra une eau limpide sans aucune bactérie nocive pour la santé, car un très nombre de microorganisme est capté pendant la microfiltration, ceux qui parviennent malgré tous à passer sont éliminer par les rayonnements ultraviolet. La désinfection par UV est même utilisée par certaine station épurant l'eau destinée à la consommation humaine. Dans ce projet les eaux traitées seront précédemment stockées dans un bassin de décantation et seront utilisées en alternance avec les eaux mobilisées par le barrage. Ces eaux par la méthode de l'irrigation localisée permettront de couvrir tous les besoins en eau des cultures. Ce pendant même si l'eau épuré par cette station répond aux normes de réutilisation en irrigation, des améliorations reste à apporter afin de baisser la concentration de certains paramètres comme le TDS, la conductivité dont les valeur sont respectivement 1197mg/l et 2047 us/cm. même si ces valeurs leur permettent de faire partie de la classe des risques faible ou modérés il n'en reste pas moins que à long terme la réutilisation de ces eaux peut entrainer un risque de salinisation des sols. Pour les MES, on a un très bon abattement de l'ordre de 95% assurant une utilisation sans risque de bouchage des goutteurs, mais l'utilisation d'un système de filtration préalable de ces eaux traitées serait très bénéfique car elle assurera une longue durée d'utilisation du matériel d'irrigation.

Bibliographie

- **Ellouzi khaoula, Faddadi Oumaima**, (2017), Étude des performances du traitement tertiaire au sein de la STEP de Marrakech, Mémoire de fin d'études, Marrakech, 80p.

- **Berrouch Hamza**, (2011), Étude de la qualité des eaux d'irrigation et du sol dans le périmètre de Saada (région du Haouz), mémoire de fin d'études, Marrakech, 55p.

- Bya Meryem, Naji Sara**, (2013), réutilisation et épuration des eaux usées destinées à l'irrigation à la station de l'Attaouia, mémoire de fin d'études, Marrakech, 68p.

- **Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime**, programme mixte FAO/UNW-DPC/UNU-INWEH, (2011), projet de renforcement des capacités sur l'utilisation sans danger des eaux usées en agriculture, rapport national du Maroc, 21p.

- **Arnaud Finet**, (2002), diagnostic des systèmes de production du périmètre irrigué du N'fis (Maroc), mémoire de fin d'étude, 89p.

- **ANZAR CONSEIL**, (2017), Etude de réutilisation des eaux usées épurées de la ville d'el kelaa des sraghna, avant-projet sommaire, 186p.

- **Catherine Boutin(*)**, **Alain Héduit (**)**, **Jean-Michel Helmer (**)**, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT), Rapport final, 100p.

ANNEXE

Besoin en eau

Les besoins en eau de cultures ont été calculés à partir de l'évapotranspiration maximale par la formule suivant :

$$ETM = kc * ET_0$$

Avec :

ETM : évapotranspiration maximale, qui correspond à l'évapotranspiration d'un couvert végétal donnée, indemne de maladies, se développant sur une grande étendue d'un des conditions non limitantes en disponibilité en eau et en fertilisant.

Kc : coefficient cultural, propre au stade végétatif de chaque culture.

ET₀ : évapotranspiration de référence (mm), fonction des conditions climatiques.

Les coefficients culturaux :

Les coefficients culturaux adoptés sont définis conformément aux recommandations de la FAO (bulletin d'irrigation et de drainage N°56). Ces coefficients correspondent à des valeurs de l'humidité relative supérieures à 45% et une vitesse moyenne du vent de 2m/s et un pourcentage de recouvrement du sol (entre 40 à 60% du sol).

Le kc a été corrigé par rapport au recouvrement du sol par la plantation, par un coefficient de réduction (kr). Il est déterminé de manière approximative selon la formule de Keller et de Karmeli .la formule est la suivante :

$$K_r = T_c / 0,85$$

Avec

Kr : coefficient de réduction

Tc : taux de recouvrement du sol par la culture.

Les résultats de calcul pour le coefficient cultural kc retenus, dans le cas de la zone d'étude, sont récapitulés dans le tableau suivant :

Valeur de kc retenus pour chaque culture

Cultures	sept	octobre	Nov	Dec	Janvier	Février	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout
Céréales		0,45	0,80	0,80	1	1	0,80	0,5				
Bersim	0,45	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9					
Luzerne	0,9	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Maraichage hiver	0,45	0,6	0,8	1			0,45	0,5	0,8	0,9	0,8	
Maraichage été							0,45	0,5	0,85	1	0,8	

Olivier	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,45	0,55	0,6	0,6	0,6
Mais fourrager printemps							0,6	1	0,9			
Mais fourrager été	0,9										0,6	1

L'évapotranspiration de référence ET_0

L' ET_0 a été calculé selon la formule de Penman-Monteith recommandée par la FAO dans la publication N°56 du Bulletin FAO d'irrigation et de drainage intitulé "Évapotranspiration des cultures-Instructions pour estimer les besoins en eau des cultures".

Le tableau ci-dessous présente les valeurs d' ET_0 calculée au niveau de la zone

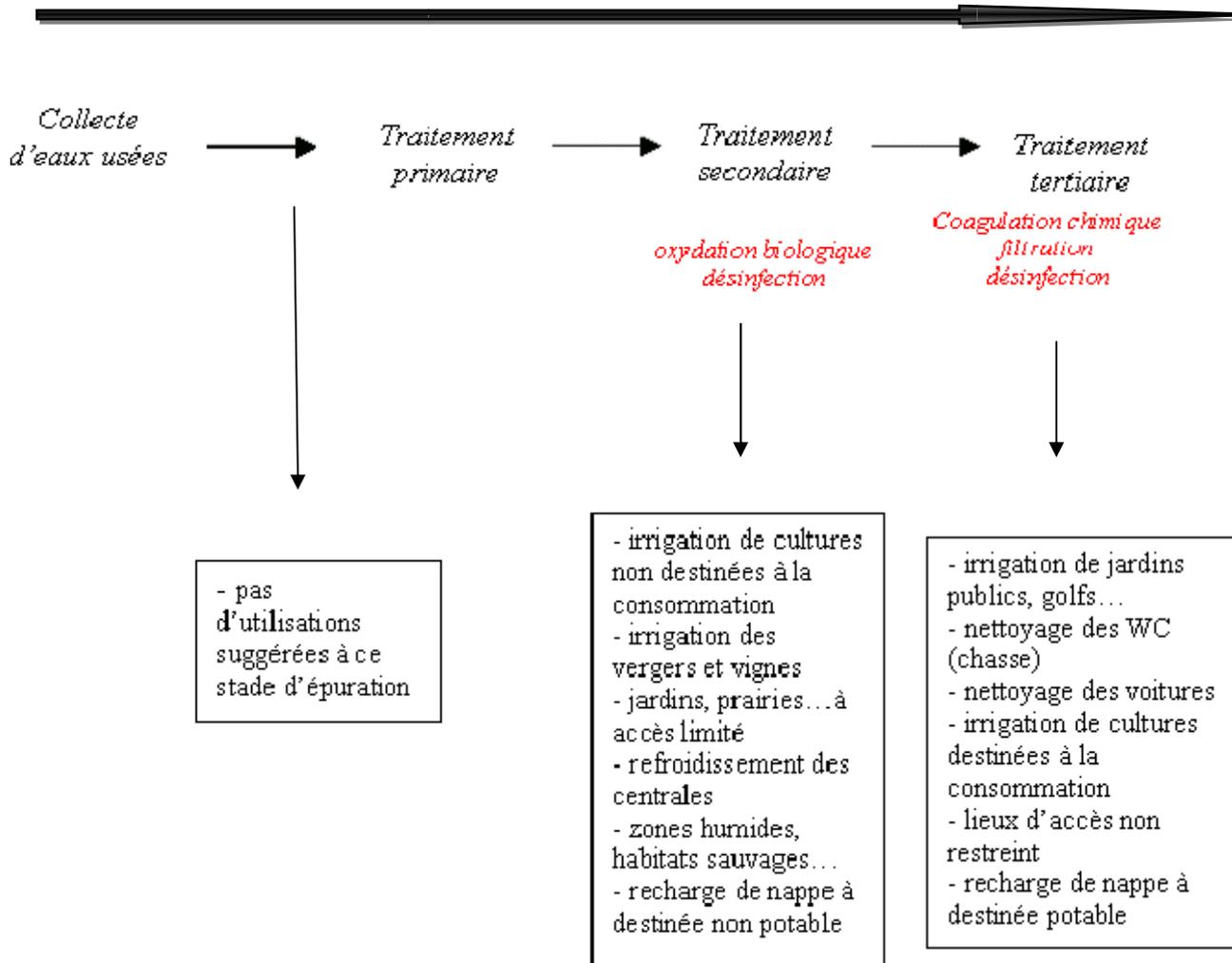
Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
ETO en mm	161,1	108,2	66,9	44,3	45,3	59,6	100,1	129,0	176,7	206,7	238,7	219,5

La pluie efficace

Les précipitations saisonnières peuvent couvrir une partie des besoins en eau durant la saison d'irrigation. la quantité d'eau pluviale retenue dans la zone racinaire est nommée pluie efficace et doit être déduite des besoins totaux calculés en eau d'irrigation.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Pluie Mensuelle	2	27	29	26	25	16	26	15	15	3	0	1
Pluie efficace en (mm)	1,3	19,2	20,8	18,5	17,7	10,7	18,5	10	10	2	0	0,7

Traitements et usages suggérés



Usages suggérés suivant le niveau de traitement

Source : adapté de l'Agence de Bassin Hydrographique Sahara (2005)

