



Université Cadi Ayyad
Faculté des Sciences et
Techniques- Marrakech

MEMOIRE

Présenté pour obtenir le titre de :

Licence es Sciences et Technique

Eau et environnement

**Réutilisation et épuration des eaux usées destinées à
l'irrigation à la station de l'Attaouia (Maroc)**

Par : BYA MERYEME & NAJI SARA

2012-2013

Dédicace

À nos très chers parents

En témoignage de profond amour, de grande reconnaissance et pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour notre éducation et notre bonheur.

À nos enseignants.

À nos chers (es) amis (es) et collègues

A toute personne qui nous aime, et qui contribuera à notre joie familiale et notre bonheur professionnel.

Remerciement

Au terme de ce travail, il nous est agréable de nous adresser à toute personne qui a participé de près et de loin à son élaboration.

Nous remercions Mr. A. Benkaddour, Professeur à la faculté des sciences et techniques Marrakech, département des sciences de la terre qui a dirigé ce travail, tout en nous prodiguant de nombreux conseils et nous faisons profiter de sa large expérience. Nous lui en sommes très reconnaissantes.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à Monsieur le directeur de l'Office Régional de la Mise en Valeur Agricole du Haouz qui nous a ouvert chaleureusement les portes de son service.

Nos vifs remerciements s'adressent à Mr.F. Sghir, Ingénieur de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz (ORMVAh), pour son encadrement exemplaire, sa compréhension et son humanité.

Nous exprimons nos gratitude à Mme. Naila Elouazzani, Doctorante-chercheur à la faculté des sciences Marrakech, département des sciences de la terre qui, et malgré ses occupations, nous a bénéficié de son expérience, son aide, ses conseils et critiques judicieux.

Nos remerciements vont à Mr. Hibti, Professeur à la faculté des sciences et techniques Marrakech, département des sciences de la terre d'avoir accepter de juger ce travail.

Nous n'oublions pas aussi nos amis (es) pour leur soutien et leurs différents conseils qui nous ont encouragés parfaitement pour atteindre nos objectifs.

A tous Merci.

LISTE DES ABREVIATIONS

AEP	: alimentation en eau potable.
BM	: Bassins de maturation.
CAHR	: Chenal algal à haut rendement.
Ca	: calcium.
CF	: Coliformes fécaux.
Cl	: clore.
DBO5	: Demande Biologique en Oxygène en 5 jours.
DPA	: Direction provinciale de l'Agriculture.
DCO	: Demande chimique en oxygène.
FAO	: Food and Agriculture Organization.
h	: Heure.
IAV	: Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
INRA	: Institut National de Recherche Agronomique.
kg/j	: Kilogramme par jour.
K	: potassium.
Km	: Kilomètre.
l/s	: Litre par seconde.
m³/an	: mètre cube par année.
Mm	: Millimètre.
mm/an	: Millimètre par an.
MES	: Matières en suspension.
Mg	: magnésium.
M1 & M2	: Bassins de maturation.
Na	: sodium.
NaOH	: Hydroxyde de sodium.
NH₄⁺	: ammonium.
OMS	: Organisation mondiale de la santé.
ONEP	: Office National de l'Eau Potable.
P	: phosphore.
pH	: potentiel Hydrogène.
PDE	: Plan Directeur de L'Eau.
Pt	: Phosphore total.
RP	: Route provinciale.
RACAHR	: Réacteurs Anaérobie et Chenal Algal à Haut Rendement.
RAFADE	: Réacteur Anaérobie à Flux Ascendant et à Deux Etages.
STEP	: Station de Traitement et d'Épuration.
UFC/100ml	: Unité formant colonie par 100 millilitres.
µm	: Micromètre.

Sommaire

I. Introduction.....	7
II. Cadre général de l'étude.....	8
II.1. Généralités sur la plaine du Haouz.....	8
II.1.1. Caractéristiques climatiques.....	9
II.1.1.1. Températures.....	9
II.1.1.2. Précipitations.....	9
II.1.1.3. Hygrométrie et évaporation.....	10
II.1.1.4. Ensoleillement et vent.....	10
II.1.2. Ressources et qualité des eaux du Haouz.....	10
II.1.2.1. Ressource en eaux superficielles.....	10
II.1.2.2. Qualité des eaux superficielles.....	11
II.1.2.3. Ressources en eaux souterrains.....	11
II.1.2.4. Qualité des eaux souterraines.....	12
II.2. Généralités sur la région de l'Attaouia.	
II.2.1. Situation géographique et administrative.....	13
II.2.2. Démographie.....	14
II.2.3. Climatologie.....	14
II.2.3.1. Température.....	14
II.2.3.2. Précipitations.....	15
II.2.3.3. Ensoleillement et vent.....	15
II.2.4. Caractéristiques et activités agricoles de l'Attaouia.	
II.2.4.1. Types de cultures.....	16
II.2.4.2. Types de sols.....	16
II.2.4.3. Techniques d'irrigation.....	17
II.2.5. Ressources en eaux.....	17
III .Assainissement.....	17
III.1. Assainissement au Maroc.....	17
III.2. L'origine des eaux usées.....	18
III.3. Assainissement de l'Attaouia.....	19

IV. Épuration et réutilisation des eaux usées de la ville de l'Attaouia.....	20
IV.1. Épuration des eaux usées.....	20
IV.1.1. Situation et objectif de la mise en place de la station.....	21
IV.1.2. Types et Principe de fonctionnement de la station.....	22
IV.1.3. Capacité de traitement de la station.....	24
IV.1.4. Qualité chimique et biologique des eaux entrantes à la station (Eau usée brute)	
IV.1.4.1. Analyses physicochimiques.....	25
IV.1.4.2. Analyses biologiques.....	30
IV.1.5. Epuration des eaux usées de l'Attaouia.....	31
IV.1.5.1. Les ouvrages de la station épuration	31
IV.1.5.2. Traitements des eaux usées.....	39
IV.1.5.2.1. Prétraitement.....	39
IV.1.5.2.2. Traitements primaires.....	40
IV.1.5.2.3. Traitements secondaires.....	40
IV.1.6. Qualité chimique et biologique des eaux usées traitées	42
IV.1.7. Comparaison entre l'eau usée avant et après le traitement.	44
IV.2. Réutilisation des eaux usées.....	45
IV.2.1. Réutilisation des eaux usées pour l'irrigation dans la ville de l'Attaouia	46
IV.2. 1.1. Analyse des eaux de la région de l'Attaouia	46
IV.2.1.2. Analyses des sols des différentes parcelles.....	51
V. Impacts de des eaux usées.....	57
V.1. aspects environnementaux	57
V.2. aspects sanitaires	58
V.3. aspects économiques.....	59
VI. Conclusion.	60

Présentation de l'organisme d'accueil: L'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz : (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 et de la pêche maritime.

Les missions du (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.

Zone d'action de l'ORMVAH du Haouz :

La zone d'action de ORMVAH du Haouz est limitée par oued Laabid, 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.

I. Introduction :

Aujourd'hui, un tiers de l'humanité vit dans une situation dite de « stress hydrique », avec moins de 1 700 mètres cubes d'eau douce disponibles par habitant et par an. L'eau douce est donc une denrée rare.

L'eau est une ressource naturelle renouvelable et finie: elle ne peut pas disparaître, mais il est aussi impossible de la créer. Elle recouvre environ 70 % de la planète. Mais derrière ce pourcentage se cache un problème: 97,5 % est en fait de l'eau salée. Il ne reste donc que 2,5 % propre à la consommation humaine, mais de ce pourcentage d'eau douce, une infime partie, soit 1 %, est présentement disponible. Les 99 % restant sont enfermés des calottes polaires, des glaciers, ou bien présent dans des aquifères ou nappes phréatiques inaccessibles.

Au Maroc, les ressources en eau sont confrontées à des problèmes de quantité et de qualité. Les problèmes de quantité sont liées au climat semi-aride a aride régnant dans la majeure partie du territoire avec des sécheresses épisodique auxquels vient s'ajouter la gestion et l'utilisation irrationnelle de l'eau.

Les ressources en eau mobilisables ne dépasseraient pas 21 milliards m³/an dont 16 milliards à partir des eaux souterraines, soit 830 m³/an /habitant qui tend à chuter à 595 m³/an /habitant à l'horizon 2010 contre 1272 m³/an /habitant il y'a 20 ans.

Comme l'eau devient une ressource rare, il fallait dégager de nouvelles ressources en eau. Et si l'en on croit le rapport publié le 31 mai 2005 par *l'Institut Global Water Intelligence*,

« sur les 369 milliards de mètre cubes d'eaux usées collectés dans le monde chaque année 7,1 m³ sont réutilisés. C'est ce qu'on appelle la *ré-use*. D'ici 2015, le volume d'eau réutilisés devrait connaître une croissance de 18%. Le dessalement de l'eau de la mer, une autre méthode alternative, enregistrerait une augmentation de 12%. ».alors La réutilisation des eaux usées et le dessalement de l'eau de la mer deux ressources indispensables afin de combler les déficits.

Les eaux usées qui circulent dans un réseau d'égout sont des eaux potables qui ont reçu les déchets domestiques et industriels. Elles sont donc constituées d'un mélange d'eaux vannes et d'eaux grises. Cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages hydriques.

Le recyclage des eaux représente donc une vraie mérite pour notre planète et permet de faire des économies sur les ressources et de réduire la quantité des déchets. L'irrigation de cultures ou d'espaces verts est la voie la plus répandue de réutilisation des eaux usées urbaines par ce qu'elle nécessite de grandes quantités d'eau. Toute fois des réglementations existent pour éviter l'exposition de la population à des risques sanitaires.

Le but principal de cette étude est de faire un diagnostic sur la réutilisation des eaux usées de la ville de l'Attaouia. Cette petite ville qui est en plein expansion connaît une croissance importante de la demande en eau domestique et par suite une production croissante des eaux usées. La première partie de ce travail décrit l'état actuel de l'épuration dans la ville. La deuxième partie est une évaluation de la qualité des eaux usées avant et après traitement. Une enquête a été également faite afin d'avoir une idée sur la réutilisation de ces eaux usées ainsi que sur les impacts des eaux sur l'agriculture et les habitants de la région.

II. Cadre général de l'étude.

La zone d'étude, l'Attaouia, se trouve dans le périmètre l'Haouz.

II.1. Généralité sur la plaine du Haouz

La plaine du Haouz et sa bordure occidentale est limitée par la chaîne atlasique au Sud et l'oued de Tensift au Nord. Elle s'étend d'Est en Ouest. Sur une superficie de 663 000 Ha, sa largeur moyenne étant de l'ordre de 40 km.

Du point de vue géologique, la nappe du Haouz est un bassin de sédimentation d'origine tectonique, dans lequel se sont accumulés au Néogène et au Quaternaire d'importantes formations détritiques issues du démantèlement de la chaîne atlasique au cours de son soulèvement.

La population totale d'Haouz est de **1735000** habitants dont **745500** ruraux. Les périmètres de grande hydraulique sont divisés en trois grandes unités géographiques, d'Ouest en Est et du Sud au Nord :

- Le Haouz-Central avec une superficie de **48 600ha**,
- la Tessaout Amont : **52 000ha**,
- la Tessaout Aval : **44 000 ha**.

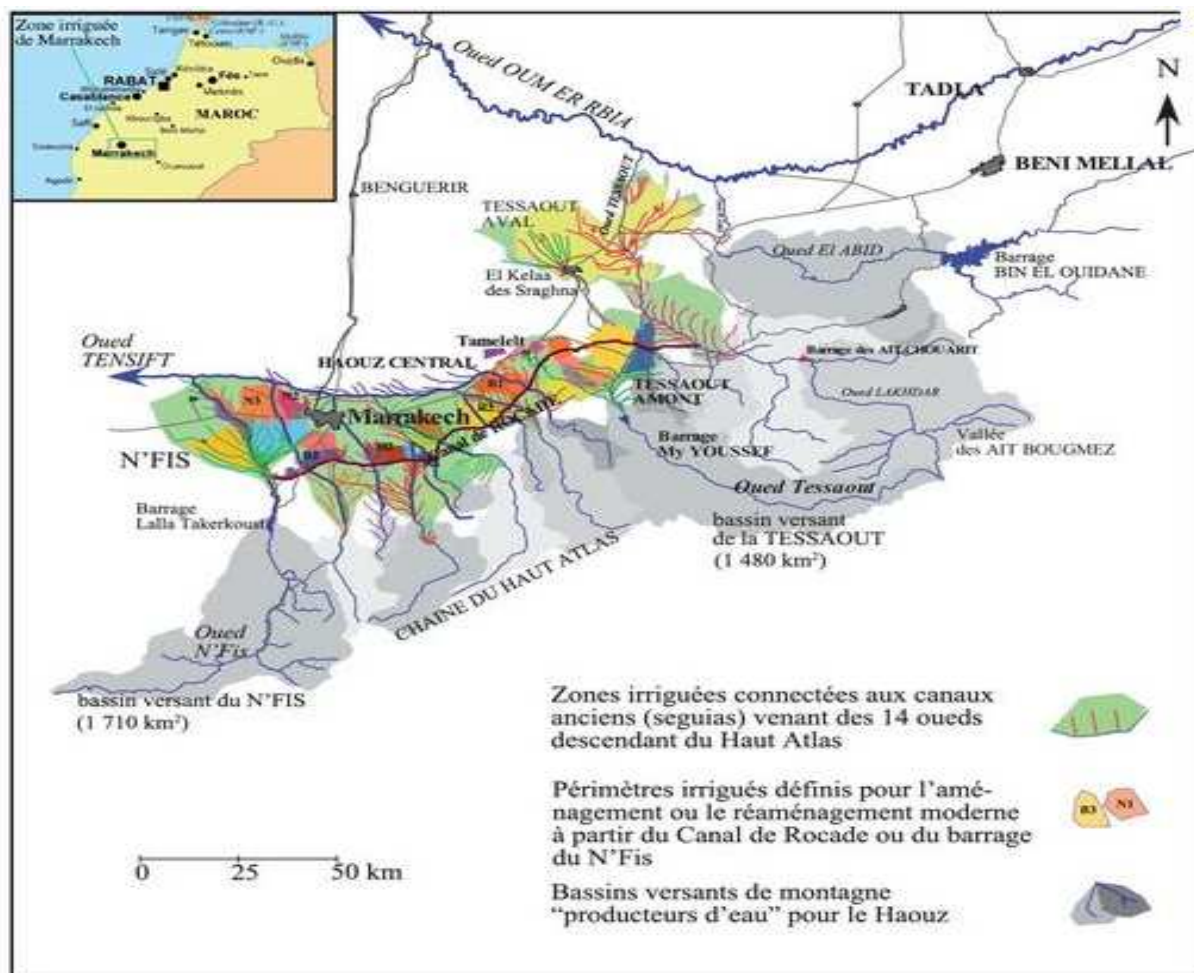


Figure 1 : Périmètre irrigué du Haouz (ORMVAH).

II.1.1. Caractéristiques climatiques.

Le climat méditerranéen du Haouz est chaud et sec, de type continental, est classé à la limite du semi-aride. Il est caractérisé par des pluies faibles et irrégulières **240mm/an**, une température moyenne élevée, avec des écarts journaliers et mensuels importants, une hygrométrie faible et une très forte évaporation.

II.1.1.1. Température.

La température moyenne dans la région du Haouz est de 20°C environ, La valeur maximale qui est d'environ 45°C est enregistrée au mois de juillet, alors que la valeur minimale est de 4°C est enregistrée au mois janvier.

II.1.1.2. Précipitations.

La répartition des précipitations dans l'année est caractérisée par une saison pluvieuse d'hiver Octobre –Mai et une sécheresse quasi-totale en été. La moyenne annuelle est de **255** pour **40** jours de pluie environ.

Les bassins versants des oueds atlantiques bénéficient bien entendu de précipitations beaucoup plus abondantes de **530 à 760 mm/ an** par exemple en moyenne sur les bassins des oueds centraux.

La neige apparaît sur les hauteurs dès le mois d'octobre, et commence à reculer en mars.

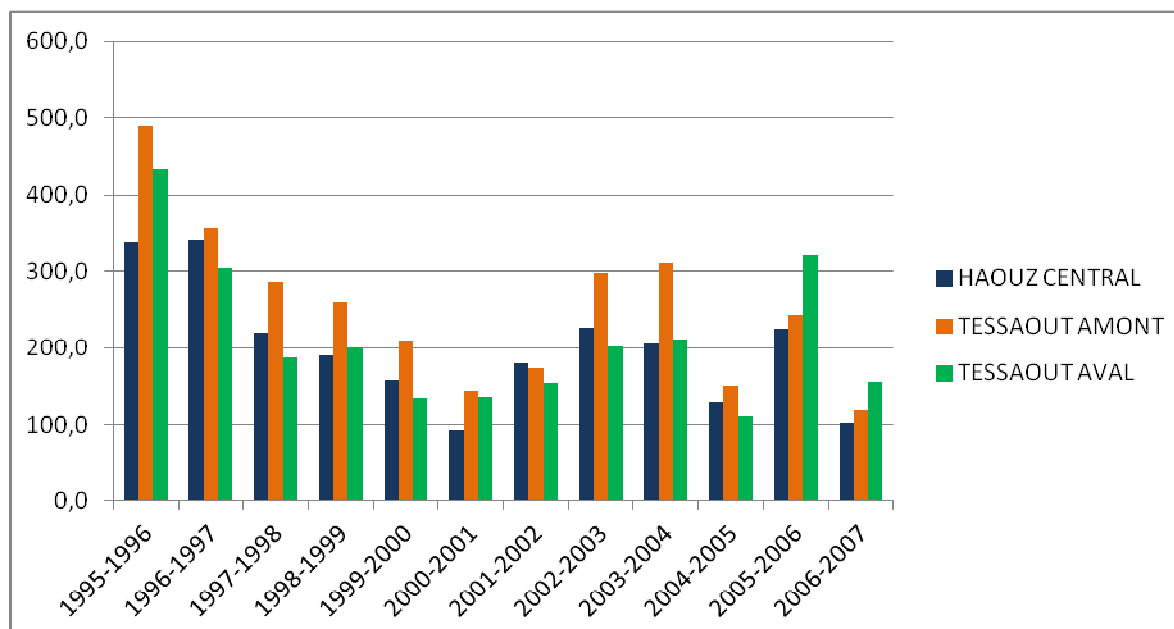


Figure 2 : Hauteurs des pluies mensuelles dans le Haouz en (mm), (Annexe 3).

La figure montre la Hauteur des pluies mensuelles dans le Haouz en mm. On remarque que l'année 1995-1996 est marquée par des fortes précipitations pour les trois régions : environ 500 mm pour Tessaout amont, environ 430 mm, pour Tessaout aval et 335mm pour l'Haouz centrale environ 335 mm. et en 2000-2001 enregistré la valeur minimale pour les trois régions.

II.1.1.3. Hygrométrie et évaporation.

L'hygrométrie est faible : la moyenne mensuelle varie de **440%**(Août) à **70%** (Janvier). l'évaporation moyenne annuelle est d'environ **2640 mm**, avec une minima **64 mm** en janvier et un maxima de près de **350 mm** en Août (plus de **11 mm/an**).

II.1.1.4. Vent.

Les vents dominants sont de secteur Ouest à Nord Ouest, mais On relève à Marrakech une moyenne annuelle de **40 jours** de vent chaud et sec (chergui soufflant de l'Est, sirocco soufflant du Sud au Sud Ouest).

En conclusion On constate l'extrême sévérité des conditions climatiques du Haouz, où il ne saurait y avoir de cultures pérennes sans irrigation et sans optimale de la ressource en eau.

II.1.2. Ressources et la qualité des eaux du Haouz.

Les ressources en eau mobilisées pour l'irrigation sont constituées essentiellement des eaux de surface et des eaux souterraines.

II.1.2.1. Ressource des eaux superficielles.

Les eaux superficielles ruisselées sur le bassin versant de l'oued Tensift, N'Fis, Ghiraya, Issil, Ourika, Mellah, Zat, R'dat, et Oueds secondaires) représentant des apports annuels

moyen de **700 Mm³** environ dont **85 Mm³** sont régularisés par le barrage de **Lalla Takarkoust**.

Les eaux superficielles ruisselées sur le bassin de la Tessaout (Lakhdar, Tessaout et Oued secondaires) représentant des apports annuels moyen de **800 Mm³** environ régularisées a hauteur de **610 Mm³** par barrage **Sidi Driss et Moulay Youssef**.

Les eaux de bassin versant de l'oued El Abid, régularisées par le barrage **Bin El Ouidane** et dont **253 Mm³** affectés a la Tessaout – aval (figure3).

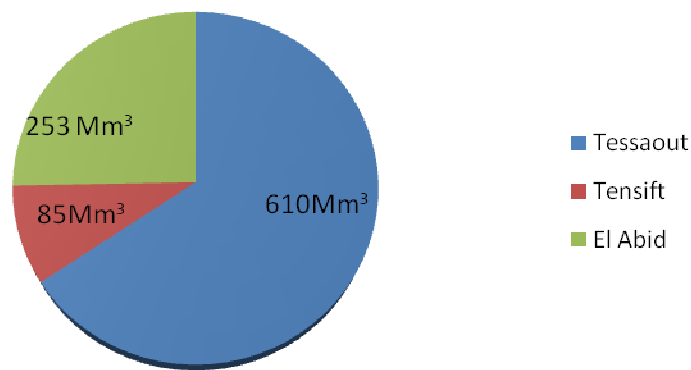


Figure 3: Eaux de surface régularisées. (ORMVAH)

II.1.2.2. Qualité des eaux superficielle.

Les qualités des eaux de l'oued Tensift est de moyenne à mauvaise qualité (en raison d'une forte minéralisation et de la pollution organique et bactériologique importante) a l'aval des rejets urbains de la ville de Marrakech. Les volumes des eaux usées déchargées dans l'oued Tensift sont estimés à **23Mm³/an**. La quasi-totalité des rejets générée par ces activités industrielles est rejetée sans traitement préalable dans le réseau d'assainissement ou dans le milieu naturel.

II.1.2.3. Ressource en eaux souterraines.

Les eaux souterraines, représentant des volumes mobilisables estimés globalement a **270 Mm³**, essentiellement localisées dans le Haouz central (notamment dans le N'fis et à l'aval des cônes des oueds Oukira et Zat) représentant **205 Mm³**, et dans le Tessaout représentant **65 Mm³**.

La nappe de la plaine de l'Haouz :

La plaine renferme une nappe dont les écoulements souterrains s'établissent dans les alluvions plio-quaternaires et les formations du Néogène dont la puissance globale varie entre 50 et 80 m et peut atteindre localement 120 m. La surface libre de la nappe s'établit en moyenne à 30 m sous le niveau du sol, mais se situe entre 5 à 10 m le long de l'Oued Tensift

et peut descendre jusqu'à 80 m le long du piémont de l'Atlas. Dans les zones où l'eau souterraine fait l'objet d'une exploitation intensive, elle s'établit aux environs de 40 à 50 m. Les productivités de la nappe sont généralement bonnes. Elles sont de quelques litres par seconde et peuvent atteindre par endroit 50 l/s ; mais en se rapprochant de la zone piémontaise, elles deviennent de plus en plus faibles.

En ce qui concerne le bilan hydraulique de la nappe : La recharge de la nappe se fait principalement par infiltration des eaux d'irrigation et des eaux de crues le long des oueds atlasiques traversant la plaine, principalement les oueds du N'Fis, de Ghéraya, d'Ourika, du Zat, du R'dat et de Chichaoua. L'écoulement général de la nappe se fait du Sud vers le Nord. Les techniques de mobilisation des ressources en eau ont évolué au cours des temps dans le Haouz. Les traits caractéristiques de cette évolution sont le développement spectaculaire des pompages et la dégradation du patrimoine "khetaras" qui s'est accélérée au cours des deux dernières décennies. Le Haouz comptait 567 khetaras à la fin des années soixante dix et actuellement leur existence n'est que symbolique. En outre, le développement hydro-agricole que connaît la plaine du Haouz et l'exploitation intensive des eaux souterraines qui s'en suivent, conjugués aux effets de la sécheresse qui sévit sur la zone depuis les années 1970, ont engendré une baisse du niveau de la nappe. Ainsi, le pompage, jadis d'appoint, est devenu structurel à la suite du développement des superficies irriguées de plus de 100 % durant les 20 dernières années. Il existe actuellement quelques 11.500 stations de pompage dans le Haouz ; ce qui représente une densité de 2,2 par km². L'évolution annuelle est particulièrement soutenue : un taux d'accroissement annuel de près de 5 % sur les années depuis 1986 est observé. A ce rythme, le nombre des stations double pratiquement chaque quinze an.

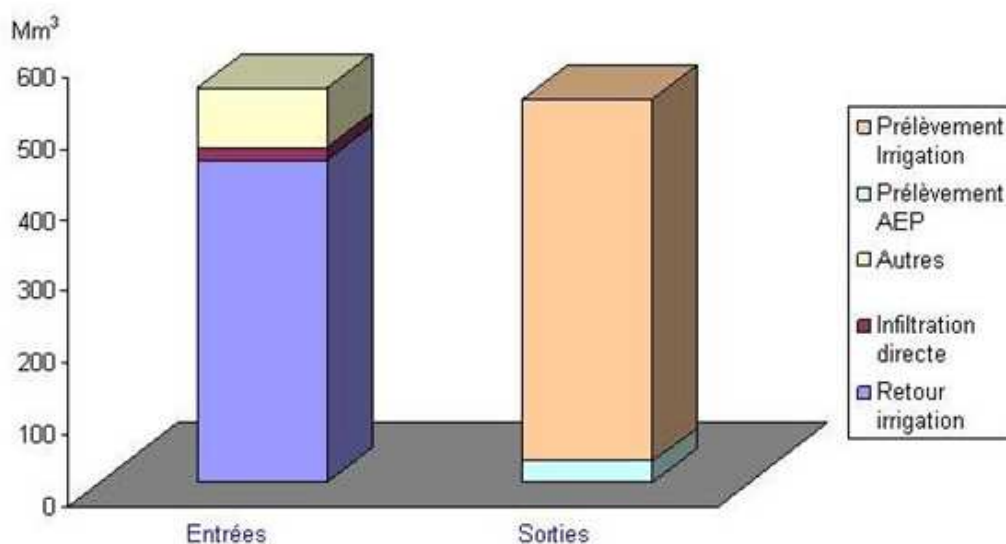


Figure4 : Bilan de la nappe de l'Haouz (l'ABHT).

II.1.2.4. Qualité des eaux souterraines.

On distingue selon la qualité de l'eau:

-les nappes présentant une eau de bonne qualité : apte à tous les usages sans contraintes majeurs, ce sont celle de Meskala-Akermoud, du Haouz-Mejjate à l'exception des secteurs de bordures de l'oued Tensift au voisinage de Marrakech et au Nord de R-Dat.

-les nappes présentant une qualité moyenne à mauvaise : se sont celle de l'Haouz-Mejjate (bas Tensift), de la Bahira et du bassin d'Essaouira.

-les zones ou les eaux sont de très mauvaise qualité chimique : se limitent a certains secteurs de la nappes de la Bahira, ou les teneurs en nitrate sont élevées et ou la salinité dépasse **4g/l**, et à des secteurs de la nappe du Haouz à l'aval de la ville Marrakech. (LAYKHLOUFI, 2001 et ONEP, 1993)

II.2. Généralité sur la région de l'Attaouia.

Le périmètre de la Tessaout amont représente **52.000** hectares divisés en 7 sous-secteurs (Attaouia -Tamellalet -Freita –Sahrij-Sidi Rahal-Had Ras El Ain et Oulad Naseur) d'environ 6 000 à 10000 hectares.

La région de l'Attaouia est situé dans le Tessaout amont qui se situe à environ 70 km de la ville de Marrakech, et à l'extrémité orientale de la plaine du Haouz entre l'Atlas (Sud) et les Jbilet (Nord) formé par un cône d'alluvion à la sortie de l'oued Tassaout.

II.2.1. Situation géographique et administrative de l'Attaouia

La ville Attaouia est située sur la route secondaire RS 508 reliant la R.P 24 entre les villes D'el kelaa des Sraghna et Demnate. Elle est loin par 73 km de Marrakech et de 38 km de Demnat. Administrativement la ville relève de la province d'El Kelaa des Sraghna. Et wilaya de Marrakech.



Figure 5: Carte l'emplacement de l'Attaouia par rapport au Maroc (Google earth).

- **Délimitation :**

Nord : commune rurale Dzouz et l'ataouia chaaibia.

Sud : commune rurale Choara.

Est : commune rurale Dzouz et choara

Ouest : commune rurale Ouled Arrad et choara.

- **La superficie :**

La superficie d'Attaouia est environ de **21Km² (7*3)**.

- **Coordonné géographique :**

latitude	31° 50'
Longitude	7° 18'
altitude	628 m
périmètre	Tessaout Amont
station	Attaouia

Tableau 1 : coordonnées géographiques de l'Attaouia.

II.2.2. Démographie.

La croissance démographique de la ville de l'Attaouia augmente progressivement, et il y a des raisons de penser que la situation géographique de l'Attaouia qui se situe sur un axe routier important ainsi que le développement de son activité agricole irriguée continueraient d'exercer une attraction pour la population rurale avoisinante.

Années	1971	1982	1994	2004	2010	2015
Nombre d'habitant	1500	3200	11219	20237	28869	38816
Taux de croissance en %	7.15	11.02	6.075	6.8	6.1	6.1
personnes/ménages	8	7	6	6u	5	5

Tableau 2 : Évolution de la population de l'Attaouia (*municipalité de l'Attaouia*).

Le tableau montre l'évolution de la population de l'Attaouia de 1971 jusqu'à 2010, et donne la prévision à l'horizon de 2015 ce qui révèle une augmentation très aigüe de la population durant les derniers années.

II.2.3. Climatologie.

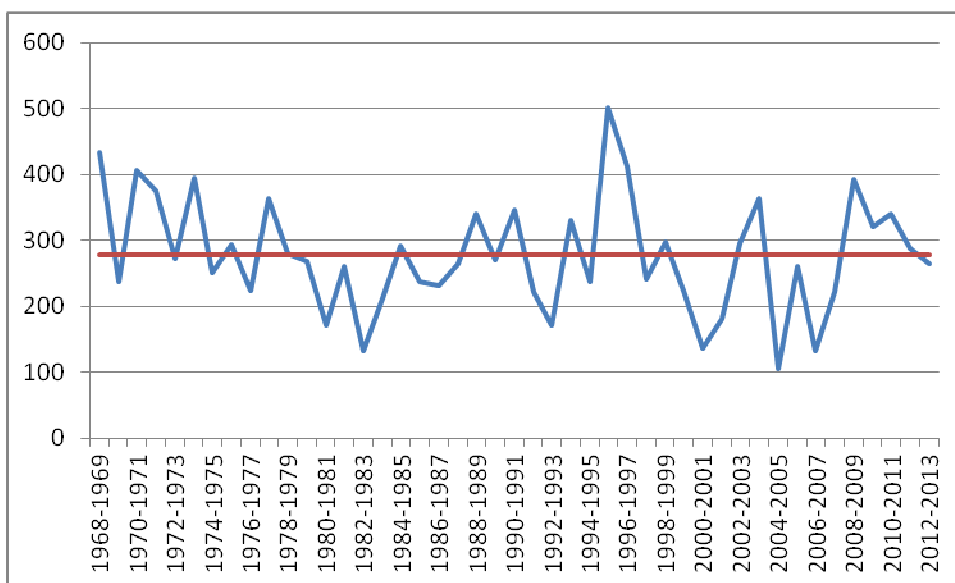
La région de L'Attaouia à un climat qui fait partie de l'étage aride moyen à hiver tempéré, avec une pluviométrie irrégulière

II.2.3.1. Température.

La Température de la ville de l'Attaouia est caractérisée par un important écart thermique entre le jour et la nuit et entre les saisons. Dont la valeur maxima enregistré est d'environ 45°C au mois de juillet, et la valeur minima est d'environ 4°C enregistrée au mois janvier. Alors que le moyen de Température dans cette région est 25°C.

II.2.3.2. Précipitation.

La figure 5, montre l'évolution d'hauteur de pluie en mm depuis 1968 jusqu'à 2013. Il y'a grande variabilité a travers les années, avec une valeur minima enregistrée en 2005 qui donne 100 mm.et on remarque que l'année la plus pluviale est celle de 1995-1996, d'une valeur de 500mm.



Légende : — Total — Moyenne

Figure 6 : Evolution du total des pluies en mm de l'Attaouia de 1968 à 2013(Annexe 2).

La figure 6 montre la variabilité du total des hauteurs de pluie mensuelles à la station de l'Attaouia.

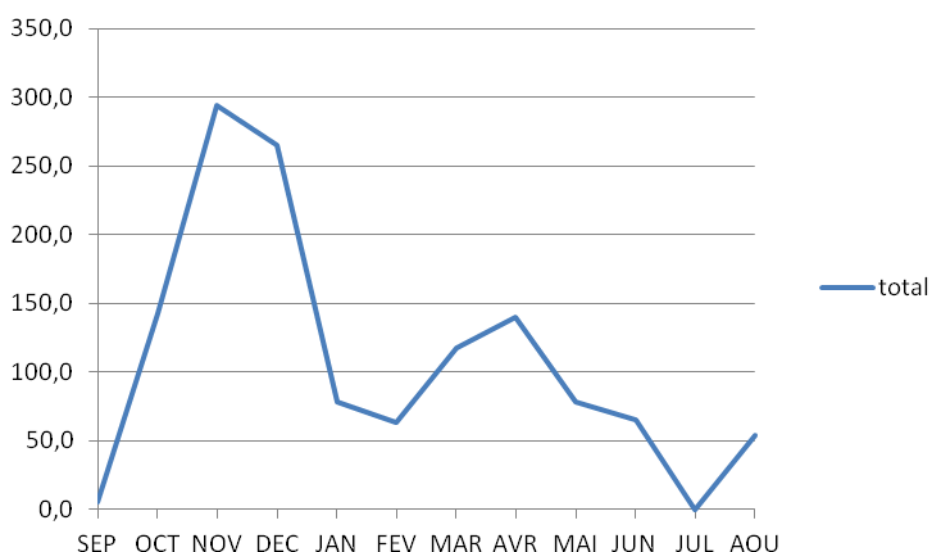


Figure7 : moyenne des Hauteurs de la pluie mensuelles en mm En 1999/2005, (Annexe 1).

II.2.3.4. Ensoleillement et vent :

La direction du vent dominante dans la région de l'Attaouia est vers le sud. et pour l'Ensoleillement on a comme valeur maxima 300 J/An, et une valeur minima de 280 J/An. Cependant la moyenne de l'ensoleillement est environ 280 J/An.

II.2.4. Caractéristiques et activités agricoles de l'Attaouia.

Le développement des activités agricoles de l'Attaouia, devient très important dans le périmètre irrigué de l'Haouz.

II.2.4.1. Type d'irrigation.

L'irrigation dans la Tessaout amont est à 100% gravitaire. Le mode d'irrigation pratiqué par les agriculteurs est appelé localement «la robta ». Ce mode consiste à laisser déborder la seguia (le canal quaternaire en terre), l'eau avance et inonde la parcelle. Cette méthode engendre la dégradation du nivellement et un gaspillage d'eau qui, à son tour, aboutit à un mauvais drainage qui cause la salinisation et l'alcalinisation des sols.

II.2.4.2. Principales cultures

La superficie cultivée après aménagement du périmètre est de l'ordre de 21 527 ha répartis comme suit :

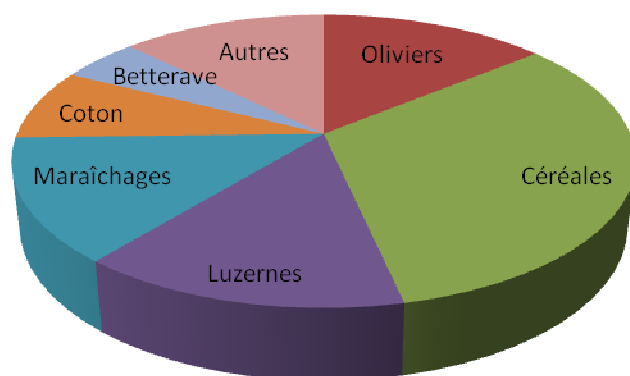


Figure 8 : Le pourcentage des cultures a la région de l'Attaouia,

Les céréales sont les principales cultures à la région de l'Attaouia avec un pourcentage de 32.55% dans une superficie total de 7000 ha, et on a 13% à 14% pour le pourcentage des oliviers, les maraichages et les luzernes répartirent dans une superficie moyenne de 3030 ha. et on à comme des faibles pourcentages le coton et la betterave.

II.2.4.3. Type de Sols :

Le sol de la zone d'étude, est de type brun, selon la classification française, il a une qualité et porosité moyenne. Ils se caractérisent dans l'ensemble par une texture argileuse prédominante d'une couleur brun rouge à rouge brun. Ils se divisent en 4 catégories :

- Sols de bonne qualité permettant toute culture en irrigation permanente ou saisonnière.
- Sols de qualité moyenne excluant certaines cultures exigeantes ou sensibles.
- Sols médiocres ne convenant qu'à un nombre restreint de cultures.

- Sols inaptes à l'irrigation à cause de l'alcalinisation superficielle.

Les études du projet d'aménagement ont jugé que 92% des sols du périmètre sont aptes à l'irrigation. Cependant, 6 000 ha seulement ont été classés en 1ère catégorie.

II.2. 5.Ressources en eau :

La Tessaout amont bénéficie d'un volume d'eau annuel de 250 millions de m³, prélevé gravitairement à partir de l'Oued Tessaout. Ce volume est régularisé par le barrage Moulay Youssef. Un volume additionnel est prélevé de la nappe par pompage individuel. Toutefois, il est très difficile d'estimer ce volume vu que le nombre de puits existants dépasse de loin le nombre de puits autorisés.

L'Attaouia est l'un des sous-secteurs irrigués du Haouz, il constitue le premier des aménagements de grande hydraulique du Tessaout-amont, mis en services entre 1969 et 1978, Irriguée à partir des eaux de l'oued Tessaout régularisées par le barrage Moulay Youssef (**250 Mm/an**) dont on distingue, Les secteurs modernes **30.000 ha** ayant fait l'objet d'un aménagement intégral (canaux primaires, secondaires tertiaires et quaternaires) avec aménagement foncier. Et **22.000 ha** qui présentent les secteurs traditionnels.

III. ASSAINISSEMENT LIQUIDE.

L'assainissement est un terme général qui couvre tous les aspects de l'évacuation des eaux usées, des déchets solides, de la lutte contre les vecteurs de maladies, de l'hygiène alimentaire,...

Cependant, l'assainissement dans son sens le plus usuel se réfère aux dispositions prises en matière d'évacuation salubre des déchets liquides (excrétas, eaux usées et drainage des eaux stagnantes et d'irrigation).

L'assainissement est une action qui intéresse l'évacuation et l'élimination hygiénique des eaux usées (domestiques et/ou industrielles) et des excréta humains, de manière à éviter les dangers qui peuvent en résulter en tant que source de contamination fécale et de pollution du milieu. Son but est donc de dresser une première barrière sanitaire contre toute contamination.

L'assainissement liquide englobe la collecte, le transport et le traitement des effluents. Il est pratiqué selon différents modes et systèmes selon les conditions de l'agglomération à assainir.

III.1. Assainissement au Maroc.

La notion d'assainissement est souvent associée au réseau collectif d'égout et à la station d'épuration. Au Maroc, et avec l'existence de la maison individuelle et l'habitat diffus et surtout en milieu rural ; les contraintes d'un système d'assainissement collectif augmentent.

Les techniques, utilisées en assainissement autonome, sont, dans leurs principes, établis depuis de nombreuses années. Cependant, des évolutions technologiques importantes sont en cours et les mécanismes d'épuration, mis en jeu, tant pour les prétraitements que pour les dispositifs d'épuration par le sol, actuellement largement étudiés.

Contrairement à l'assainissement collectif, qui véhicule les eaux usées et la pollution par le biais de collecteurs, à l'extérieur du tissu urbain, vers son lieu de traitement ou rejetées directement dans la nature, l'assainissement autonome tend à regrouper toute la filière (collecte, transport et traitement) sur la parcelle individuelle ou sur des parcelles collectives, peu éloignées des habitations.

III.2. Origine des eaux usées.

On distingue trois grandes catégories d'eaux usées ; les eaux domestiques, les eaux industrielles et les eaux pluviales.

Les eaux résiduaires domestiques :

Elles proviennent des différents usages domestiques et sont constituées essentiellement (DEA, 1998 ; Charpentier, 1997) :

- Des eaux noires constituées d'eaux vannes (WC et toilettes) et d'eaux ménagères (vaisselle et linge);
- des eaux de toilette (eaux grises) : bains et douches.

Ces eaux résiduaires sont essentiellement porteuses de pollution organique.

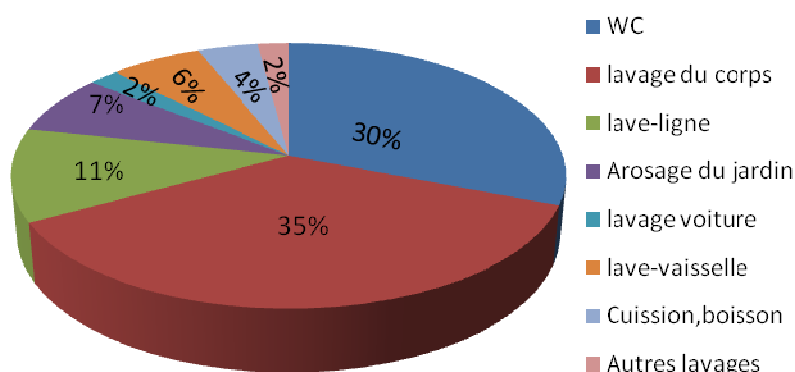


Figure 9 : Origine des eaux usées au Maroc, (plan_GPI.Doc1, 1996).

Les eaux industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et des hydrocarbures.

Les eaux pluviales :

Ce sont les eaux qui tombent sur la ville et les collines voisines, et qui s'écoulent sur son territoire, sur les exutoires aval. Elles peuvent, elles aussi, constituer la cause de 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) et au cours de son ruissellement.

L'assainissement liquide d'une agglomération se pratique de différentes manières :

Le système semi-collectif : c'est la conservation dans des fosses septiques et le remplacement de l'élément épurateur/évacuateur par un collecteur de faible diamètre afin de collecter les effluents des fosses septiques tout en laissant les matières solides dedans. Il se pratique

généralement dans le cas où une zone passe de l'assainissement autonome à l'assainissement liquide collectif.

Le système collectif : c'est la collecte dans un secteur donné de toutes les eaux usées en y adjoignant ou non les eaux pluviales. Sont exclus néanmoins de ce dispositif, certaines eaux industrielles.).

Le système autonome : c'est le cas où les eaux usées sont épurées au niveau même de l'habitation.

III.3. Assainissement a la zone d'études (Attaouia).

L'assainissement à l'Attaouia est de type unitaire.

Le système unitaire :

Le système unitaire, constitue le système d'assainissement prédominant au Maroc (desserte de 83% de la population et de 68% des centres). Il correspond à la conception classique d'assainissement : l'évacuation des eaux usées et pluviales se fait par une seule canalisation.

Système unitaire	Avantages	Inconvénients
Coût d'assainissement	Plus faible que celui d'un réseau séparatif, si celui-ci est enterré (EU et EP)	
Exploitation	Meilleure accessibilité, linéaire à entretenir inférieur.	Exige une très bonne qualité de pose et d'entretien, pour éviter les dépôts, et donc les stagnations par temps sec.
Épuration	Possibilité de traitement d'une fraction des eaux pluviales (cas des faibles pluies).	Apport d'eaux pluviales parasites, au niveau de traitement.
Milieu récepteur		Rejet d'eaux mixtes par les déversoirs d'orage

Tableau4 : les Avantages et les inconvénients de système unitaire, (*gestion et exploitation des réseaux d'assainissement*).

V. Épuration et réutilisation des eaux usées épurées.

La quantité d'eaux usées traitées au Maroc reste très faible, suite à un nombre très modeste de stations d'épuration. Aucune des grandes villes du Maroc ne dispose de station d'épuration des eaux usées. Toutefois, des stations ont été construites dans des villes de taille moyenne, des petits centres urbains, des complexes touristiques, des aéroports, et des unités industrielles.

Le Tableau ci-dessous résume la situation actuelle des stations d'épuration des eaux usées au Maroc.

STEP	Nombre	En Fonction	Hors Service	Non-Raccordée	Pourcentage en fonctionnement
Boues activées	20	12	5	3	60
Lits bactériens	11	5	6	0	45,5
Décanteurs-Digesteurs	17	2	13	2	11,8
Egouttage	3	0	3	0	0
Lagunage	13	7	5	1	53,8
Infiltration-Percolation	2	2	0	0	100
Chenal Algal	3	1	1*	1	33,3
Total	69	29	33	7	42,0

* : le cas de la station de l'Attaouia.

Tableau 5 : Situation des Stations d'épuration des Eaux Usées au Maroc (ORMVAH)

V.1.Épuration d'eau usée a l'Attaouia :

La station d'épuration de l'ATTAOUIA est un modèle typique a celui qui existe a l'institut agronomique et vétérinaire Hassan II (IAV) développé par Mr : B.EL HAMOURI. Ce type de traitement appelé CARH (chenal algal a haut rendement) convient énormément aux petites agglomérations, dont les rejets des eaux usées se composent seulement des eaux usées domestiques.

La mise en eau de la STEP de l'Attaouia est effective depuis le mois de mars 2003. Elle a été menée dans le cadre de l'assistance technique fournie par l'USAID à la Municipalité de l'Attaouia. Outre l'aspect construction et mise en marche de la STEP, l'assistance technique a financé une étude de faisabilité et la mise sur pied d'un projet de réutilisation des eaux traitées en agriculture.

L'étude a montré la nécessité de procéder en deux phases afin de permettre aux agences régionales, provinciales voire nationales de prendre le temps d'assimiler les approches institutionnelle et organisationnelle particulières à ce projet.

La phase I a duré deux années (2003 à 2005), a été consacrée principalement à tester les capacités de l'AUEA à gérer le périmètre de façon durable et responsable. Cette phase était aussi une période de démonstration, d'adaptation et de sensibilisation pendant laquelle les usagers ont été familiarisés avec la nouvelle ressource et informés sur les précautions à prendre avec les eaux traitées.

La phase II du projet, débutée en 2006, a été consacrée à la valorisation maximum de la ressource à travers l'augmentation de l'aire irrigable. A la fin de la phase II, le projet pourrait intéresser 80 ha environ et nécessitera les aménagements suivants :

La construction d'un bassin de stockage collectif de l'eau pendant la saison de faible demande climatique;

La réhabilitation du réseau d'irrigation et l'amélioration de son rendement,

L'installation d'une station de pompage pour atteindre les terres non dominées par la STEP.

L'amélioration du système d'application de l'eau à la parcelle (irrigation localisée).

V.1.1. Situation et Objectif de la mise en place de la station.

La station d'épuration de la ville de l'Attaouia est située à moins d'un Km au nord de douar Lamaziz.

La situation par rapport aux coordonnées topographiques de la station est :

X : 141.300

Y : 317.250

Z : 601.00

La situation par rapport au canal rocade : au environ du pk : **28.100.**

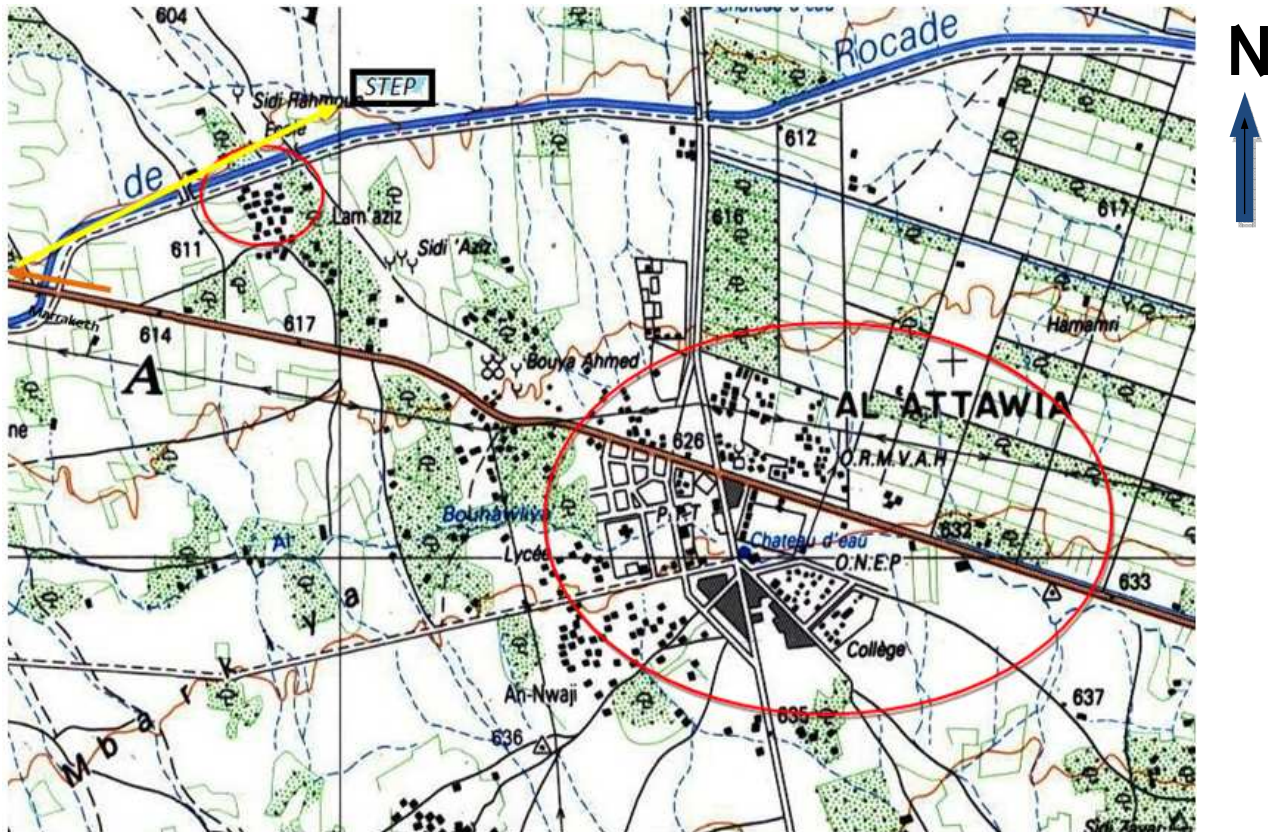


Figure 10 : Carte de la situation de la STEP par rapport à la ville l'Attaouia.

L'emplacement de la STEP est contrôlé par plusieurs paramètres tels que :

- Les facteurs climatiques :

La station est installée au sud ouest de la ville parallèlement à la direction de vent pour que les odeurs émir par les eaux au cours de traitement n'aient aucune nuisance pour la population.

- Les facteurs topographiques :

La station est implantée sur un site dont sa cote la plus basse permet le transport gravitaire des eaux usées, et par sa situation très proche de la décharge publique.

IV.1.2. Type et principe de fonctionnement de la station (Chenal Algal à Haut Rendement)

Le système de traitement des eaux usées retenu dans ce présent travail est de type : Chenal Algal à Haut Rendement.

Le lagunage dont fait partie le Chenal Algal à Haut Rendement est un système d'épuration très répandu de traitement biologique des eaux usées. Il s'agit de bassins, exposés à l'air libre, et destinés aux traitements biologiques des eaux domestiques usées. Elle stimule, en l'amplifiant, l'action autoépuration des étangs et lacs (Edeline, 1997). Les procédés

d'épuration par lagunage peuvent être aérobies ou anaérobies. L'aérobiose dans le système lagunaire est obtenue grâce à un apport d'oxygène en partie lié à la photosynthèse, au contraire d'un système biologique tel les boues activées, par une agitation mécanique (Bontoux et Picot, 1994). Permet une production importante de biomasse algale. Cette biomasse algale offre de grandes possibilités de valorisation (Borowitzka, 1986; El Halouani, 1990; Pulz, 2001; Banerjee *et al.* 2002; Dekayir, 2008). En effet, les microalgues sont utilisées comme aliment depuis longtemps par les indigènes aztèques (Coute, 1992). Par ailleurs, les microalgues présentent une richesse en produits à hautes valeurs ajoutées (chromoprotéines, caroténoïdes, astaxanthines, vitamines) et entrent dans la composition de produits pharmaceutiques (antibiotiques, antiviraux, antitumoraux) (Borowitzka, 1986; El Halouani, 1990; Pulz, 2001; Banerjee *et al.*, 2002; Dekayir, 2008). En outre, sous des conditions favorables, les microalgues peuvent produire pour la même surface 20 à 30 fois plus de protéine que le soja et 50 fois plus que le riz, le blé ou le maïs (Soeder et Hegewald, 1988; Bouarab *et al.*, 2004; Bourab *et al.*, 2005). Compte tenu de la valorisation possible de la biomasse algale et des rendements épuratoires du CAHR, ce système connaît un grand succès notamment dans les pays du moyen orient et de l'Afrique du Nord. Il a dès lors Le Chenal Algal à Haut Rendement a été développé et mis en place par (Oswald *et al.*).

C'est un bassin rectangulaire subdivisé en plusieurs pistes de faible profondeur dans lesquelles l'eau circule grâce à une agitation mécanique permanente pour obtenir une vitesse moyenne de 0,15 à 0,3 m/s (Craggs, 2005). Le faible temps de séjour de l'eau, combiné à l'agitation mécanique sont les principaux éléments qui optimisent la production de microalgues (Lavoie et De la Noüe, 1984; Borowitzka, 1986; El Halouani, 1990; Dekayir, *État des connaissances sur Chenal Algal a Haut Rendement (CAHR) et des microalgues qui s'y développent*). Ce système d'épuration peut être utilisé sous différents climats, tropical comme tempéré pour traiter les effluents de divers types notamment domestiques, agricoles ou industriels (Picot *et al.*, 1991; El Hamouri, 1996; Ouarghi, 2003; Gutzeit *et al.*, 2007; Park *et al.*, 2011). Pour De Pauw et Salomoni (1991), les eaux usées domestiques englobent les eaux pluviales de ruissellement, les eaux usées en provenance des habitations et des activités commerciales. Quant aux eaux usées d'origine agricole, elles proviennent des abattoirs, de l'épandage des sols agricoles. Les eaux usées industrielles comprennent les eaux provenant d'industries agroalimentaires suite à la transformation des produits pour la nourriture du bétail, l'alimentation humaine, les boissons.

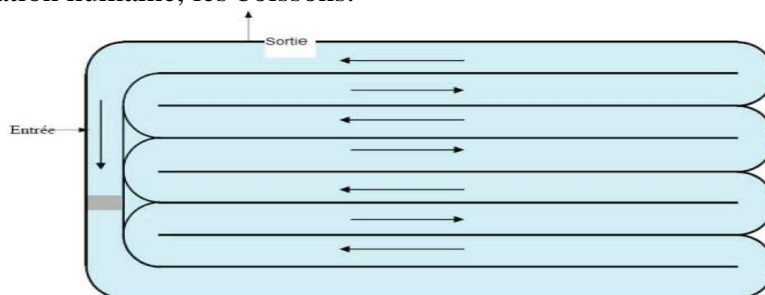


Fig.11: Coupe schématique du chenal algal à Haut Rendement (Hamouri.B, 2005)

Principe de fonctionnement du Chenal Algal à Haut Rendement

Le CAHR présente une grande capacité de capture de l'énergie solaire du fait de la présence intensive de la biomasse algale, ainsi pour son bon fonctionnement, une bonne pénétration de la lumière à travers la colonne d'eau est essentielle (El Hamouri, 1996). De ce fait, la faible profondeur des bassins joue un rôle primordial au bon équilibre du système. Par ailleurs, ce système d'épuration repose essentiellement sur la symbiose qui s'établit entre Algues photoautotrophes et bactéries hétérotrophes (Gutzeit *et al.* 2005; Gutzeit *et al.* 2007).

L'épuration aérobie est assurée essentiellement par les bactéries hétérotrophes (*État des connaissances sur Chenal Algal a Haut Rendement (CAHR) et des microalgues qui s'y développent* Edeline, 1997). Ces bactéries hétérotrophes dégradent la matière organique pour la transformer en dioxyde de carbone (CO₂), en azote ammoniacal et en phosphates nécessaires

au développement des microalgues (Gutzeit *et al.*, 2005; Gutzeit *et al.*, 2007). Grâce à la fonction chlorophyllienne, les microalgues synthétisent la matière organique à partir de l'énergie solaire, du gaz carbonique et des sels dissous en libérant de l'oxygène qui peut être consommé par les bactéries minéralisantes (Gutzeit *et al.*, 2005; Gutzeit *et al.*, 2007). En effet, dans l'effluent qui entre dans le système d'épuration, la pollution se présente sous forme inorganique, organique, organique particulaire, sédiments. Les microalgues pour leur croissance consomment alors préférentiellement pendant la photosynthèse les formes inorganiques dissoutes des minéraux dans l'effluent (figure 11).

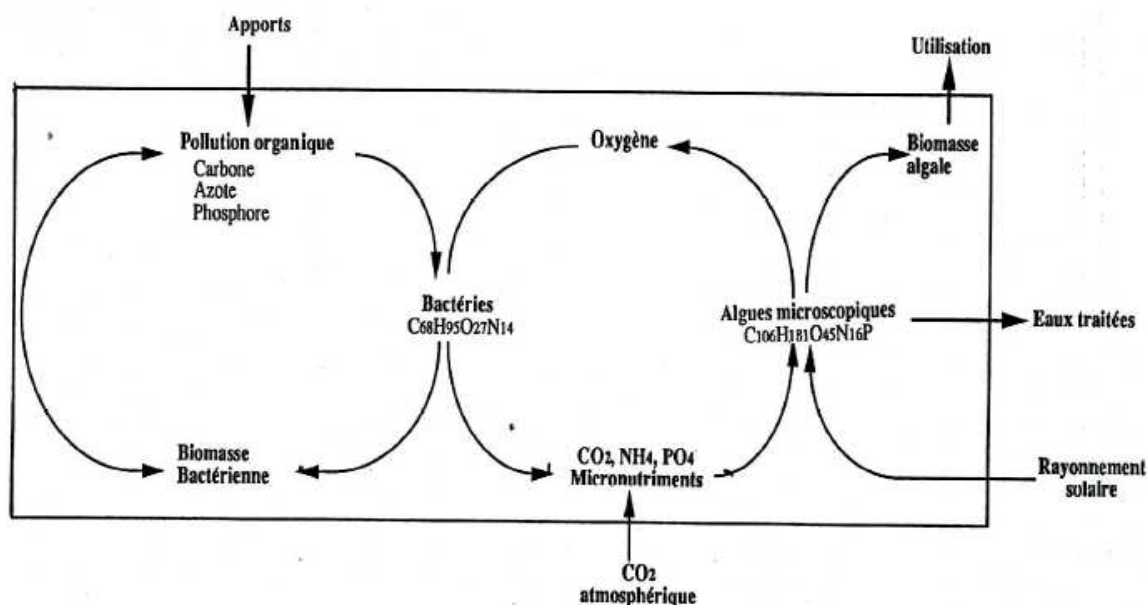


Fig.12 : Coupe schématique du rôle des bactéries et les algues au système du chenal algale, (Hamouri.B, 2005)



Photo1 : le chenal algale en fonctionnement



photo2 : la roue a palettes en fonctionnement

IV.1.3. la capacité de station.

Le débit d'eau usée résulte de l'application du taux de rejet à la consommation en eau potable, ce taux de rejet peut être estimé par mesure du débit à l'entrée de la station d'épuration, les campagnes de mesure du débit pendant deux jours lundi 05-02-2006 et jeudi 09-02-2006 ont donné les résultats ci-dessous, nous signalons que le jeudi correspond à un jours de Souk, la population de la ville augmente sensiblement, d'où l'intérêt de choisir ce jours.

Le rejet des eaux usées d'El Attaouia est de l'ordre **de 700 m³/jour**. L'aire susceptible de recevoir les eaux traitées a été délimitée à 62 ha parmi lesquels 13 ha seront irrigués par gravité pendant la phase I du projet alors que 49 ha nécessiteront un pompage sur une hauteur manométrique de 4 m et une distance de 700 m et ne seront atteints qu'à la deuxième phase du projet.

Années	2001	2002	2003	2004	2005	2010	2015
Consommation totale m ³ /j	487	674	810	871	939	1650	2668
Besoin moyen (l/s)	6	8	9	10	11	19	31
Débit d'eaux usées (l/s)	4	6	7	8	8	15	24
Volume des rejets par jour (m ³ /j)	375	519	624	670	723	1270	2054

Tableau 6: Prévion du volume du rejet a l'entrée de la STEP à l'horizon 2015
(Municipalité, 2009)

Le débit actuel de la station est de : **13 litre/seconde.**

L'état actuel de la station :

Depuis 2010 la station est hors de service, sous l'effet de l'insuffisance des ouvrages de la station d'épuration; le débit entrant de l'eau usée a augmenté suite à l'accroissement rapide de la population à la ville L'Attaouia a cause de l'exode rurale. Les traitements qui fonctionnent actuellement sont seulement deux bassins de maturation, et l'eau traitée sort vers les champs pour l'irrigation.



Photo 3: le chenal algale.

Le projet est resté au stade de la phase I. Cependant, on assiste à une extension progressive du périmètre en fonction de l'augmentation du débit des eaux épurées. Ce dernier atteint à l'heure actuelle 1 200 m³/j. Pour tenir compte de cette augmentation du débit, la municipalité a obtenu des financements. Les travaux d'extension de la STEP sont en cours. Par ailleurs, le Département de l'Agriculture, dont l'ORMVAH, qui possède un CMV dans la ville, devrait s'atteler à encadrer le périmètre de réutilisation pour en assurer l'équipement et la durabilité.

Sur le plan gestion de la STEP, le projet montre les limites de la gestion de la station d'épuration par la Municipalité. Les moyens humains et financiers de celle-ci sont loin de pouvoir assurer une gestion rationnelle et durable de ce type d'installation.



Photo 4 : la roue a palettes

IV.1.4. La qualité des eaux entrantes à la station.

Les eaux usées sont généralement du genre domestique, vu que le développement économique de l'Attaouia est basé essentiellement sur l'agriculture et l'artisanat.

IV.1.4.1. Analyses physico- chimiques des eaux.

Suite au but de notre étude, la caractérisation des eaux d'irrigation est importantes, pour arriver à comprendre l'effet de l'utilisation des eaux usées a l'irrigation, c'est pour cela, des analyses physico-chimiques de l'eau ont été effectuées au laboratoire de pédologie de l'OROMVA du Haouz, et le centre d'eau et l'énergie a l'FSTG.

a) Méthodologie.

Dans le but d'une caractérisation des eaux usées épurées pour l'irrigation, et du sol dans la zone d'étude, nous avons réalisé une campagne d'échantillonnage durant le mois mai 2013, nous étions dans l'obligation de répartir nos points de prélèvement dans le périmètre de la station.

Au total, deux échantillons des eaux souterraines et un échantillon d'eau superficielle (canal rocade) ont été prélevés. En outre, un échantillon d'eau usée brute et un échantillon d'eau usée épurée.

Les paramètres mesurés sont porté sur la conductivité, le pH et sur les éléments majeurs et mineur à savoir (HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ et SO_4^{2-}).

b) Techniques d'échantillonnage des eaux.

La technique d'échantillonnage détermine la fiabilité des résultats. La répartition des échantillons était en fonction de la disponibilité d'un point d'eau d'irrigation et une borne répartition dans le secteur étudié.

Les échantillons des eaux souterraines ont été prélevés à partir des puits traditionnels. Ces eaux prélevées étaient échantillonnées dans des bouteilles en plastique bien fermées, nommées par des codes et conservées dans une glacière jusqu'au moment d'analyse.



Photo 5 : les échantillons des eaux

c) Mode opératoire

- **Le pH :**

Il permet de déterminer l'acidité d'une eau : il se mesure à l'aide d'un pH-mètre.



Photo 6 : PH-mètre.

- **La conductivité électrique**

Elle permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation totale de l'eau. Elle a été réalisée sur le terrain et au laboratoire à l'aide d'un conductivimètre.

- **Le bilan ionique de l'eau**

L'analyse chimique des eaux se fait par le dosage volumétrique pour les chlorures, les bicarbonates, les carbonates, le calcium et le magnésium) et par Spectrophotométrie à flamme pour le sodium, le potassium et les sulfates. Les méthodes de dosage ci-après décrites a été tirées de Jackson (1965) et Rodier (1984).

- ✓ **Les chlorures :**

Les ions Cl^- sont dosés par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3 , 0.02N) en présence de chromate de potassium (KCrO_4). Les chlorures vont se précipiter sous forme de chlorure d'Argent (AgCl).

✓ **Les bicarbonates :**

Les eaux naturelles ont un pH neutre, ce qui correspond à la zone de stabilité des ions HCO_3^- , les ions CO_3^{2-} sont absents. Le dosage des HCO_3^- se fait par acidimétrie à l'aide d'une solution d'acide sulfurique H_2SO_4 à 0.02N. L'indicateur coloré utilisé est le vert de Bromocrésol qui donne une couleur bleue.

✓ **Le calcium :**

Il se dose par complexométrie dans un milieu alcalin à $\text{pH} = 10$ en présence de la soude (NaOH)). Nous titrons par l'acide éthylène diamine tétraacétique (E.D.T.A.), avec le murexide comme indicateur coloré.

✓ **Le Magnésium :**

Les teneurs en ions Mg^{2+} sont calculées par la différence de la dureté totale et du Calcium exprimés en méq/l.



Photo 7 : dosage de Mg^+ et Ca^+

✓ **Le Sodium et le Potassium :**

Le dosage de ces deux ions se base sur la méthode de spectrophotométrie à flamme. Son principe se base sur la dissociation des atomes pendant leur passage dans la flamme, et qui émettent de l'énergie à leur excitation. Chaque élément va émettre une longueur d'onde bien précise qui sera détectée par des filtres optiques de chaque élément. Le principe consiste à réaliser une courbe d'étalonnage de l'élément à doser avec des concentrations connues, puis évaporer dans la flamme du photomètre l'eau à analyser et déterminer la teneur du Na^+ ou K^+ en connaissant la longueur d'onde d'absorption de chacun d'eux.



Photo 8 : photomètre

✓ **Les sulfates :**

Ils sont analysés à l'aide de chlorure de Baryum stabilisé (Cl Ba), on agite 2 à 3 fois, après 15 secondes, on agite encore une fois et on fait la lecture au spectrophotomètre à 650 nm. Pour 39ml la courbe donne directement la teneur en SO_4^{2-} en mg/l.

✓ **L'azote ammoniacal :**

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Il constitue un maillon du cycle de l'azote. L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine naturelle la décomposition des déchets végétaux et animaux.

✓ **Les Nitrates :**

Les nitrates sont des sels de l'acide nitrique, leur présence dans l'eau est un indice de pollution d'origine agricole (engrais), urbaine (dysfonctionnement des réseaux d'assainissement) ou industrielle. Dans de nombreux pays, les eaux destinées à la consommation humaine doivent respecter des valeurs limite

d) Les résultats d'analyses de l'eau brute :

Les analyses de l'eau brute entrante à la station de la ville de l'Attaouia sont exprimées dans le tableau. Ils ont été effectués au sein des laboratoires de l'ORMVAH.

Le tableau ci-dessous exprime les résultats d'analyses physiques d'eau entrante à la station d'épuration.

	pH	Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$	Conductivité En mmhos/cm	Température en $^{\circ}\text{C}$	Sels solubles en g/l
Eau brute	7.8	2005	2,10	20	1,329

Tableau 7 : Mesures des paramètres physiques.

Méthode de calcul :

$$\text{CE (mmhos/cm)} = \text{lecture (ms/cm)} * 1.105$$

$$\text{CE (mmhos/cm)} * 0,64 = \text{la concentration en sels solubles dans l'eau (g/L)}.$$

L'interprétation des résultats des analyses est importante pour mieux comprendre l'effet du traitement sur les eaux usées.

• **pH :**

Le pH d'eau brute est de 7.8, ce qui révèle que cette eau est alcaline.

• **La conductivité électrique :**

Pour le cas de notre eau brute on a la conductivité égale à **2005 $\mu\text{S}/\text{cm}$** , alors il s'agit d'une qualité mauvaise, qui indique une pollution chimique. Pour le total des sels solubles qui est d'une valeur de 1329 mg/l. qui est apparemment très élevée.

• **les éléments majeurs et mineurs :**

Les analyses chimiques de l'eau brute entrantes dans la station de la ville de l'Attaouia sont reportées sur le tableau 8.

Elément	Valeur en mg/l	Valeur en méq/l
Na ⁺	75	8
Ca ⁺⁺	26	1.3
Mg ⁺⁺	40	3.3
HCO ₃ ⁻	292	4.8
Cl	514	14.5
SO ₄ ²⁻	168	3.5
NO ₃ ⁻	8	0.13
NO ₂ ⁻	0.017	3.7 .10 ⁻⁴
NH ₄ ⁺	31	2.08
K ⁺	37	0.95
Orthophosphate	2.23	
Pt	4.27	0.13

Tableau 8 : Teneur des éléments majeurs et mineurs dans les eaux brutes.

Les résultats des analyses montrent une concentration très élevée des plupart des éléments chimiques ; le chlorures qui est d'une valeur de 514 mg/l les bicarbonates qui sont d'une concentration moyenne de 292 mg/l et les sulfates ont des teneurs faibles. (Tab. 8).

IV.1.4.2. Analyses biologiques .

À partir des échantillons prélevés dans la station d'épuration de l'Attaouia, nous avons effectué des analyses biologiques de l'eau brute au laboratoire de la RADEEMA, et au centre de l'eau et de l'énergie.

✓ **La Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) :**

C'est la quantité d'oxygène utilisée en 5 jours par les micro-organismes pour oxyder la matière organique. Onensemence l'effluent et on le sature en oxygène, puis au bout de 5 jours on mesure la quantité d'oxygène consommée. La DBO₅ est en fait une mesure de la fraction organique de la DCO.

✓ **La Demande Chimique en Oxygène (DCO) :**

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.

✓ **Les Matières En Suspension (MES) :**

Ce sont des matières biodégradables pour la plupart. Les micro-organismes sont le plus souvent adsorbés à leur surface et sont ainsi « transportés » par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur.

✓ **Les Coliformes Fécaux CF :**

Sous ce terme est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille d'ENTEROBACTERIACEAE, formées de bâtonnets aérobies et anaérobies facultatifs. Ce groupe a toujours été utilisé pour mettre en évidence le manque d'hygiène, parce qu'il est fréquemment associé au contenu intestinal des vertèbres à sang chaud.

Le dénombrement des coliformes fécaux (CF) est réalisé en milieu liquide selon la technique du NPP. Le lauryl sulfate broth est utilisé comme milieu présomptif, (incubation à 36°C pendant 24 à 48 heures) et le Bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLBVB) comme milieu de confirmation (incubation à 42°C pendant 24 heures), (annexe 6).

a) Résultats des analyses biologiques de l'eau entrante la station :

Le tableau 9 représente les valeurs des résultats de nos analyses biologiques effectuées au sein des laboratoires du centre de l'énergie et de l'eau située à la FSTG.

Les paramètres	Les valeurs en mg/l
DBO5	320
DCO	869.08
MES	422

Tableau 9: Teneur des éléments polluants dans les eaux brutes.

On remarque les présences des valeurs très chargées pour tous les éléments biologiques par rapport aux normes. Ce qui montre la pollution des eaux entrées à la STEP.

IV.1.5. Épuration des eaux usées.

Les traitements sont la première barrière contre les risques posés par les contaminants. Ils vont permettre de réduire considérablement la charge excrétée dans l'environnement. Pour évaluer leurs effets sur les contaminants on procède à trois étapes :

IV.1.5.1. Les ouvrages de la station épuration de la ville L'Attaouia :

La station de l'épuration de la ville de l'Attaouia est composée par différents ouvrages afin d'assurer un traitement complet.

a) Bassin de dessablement

Situé à une profondeur de 3 m. Le bassin comporte deux chenaux ayant les dimensions suivantes : longueur 5 m ; largeur 0,40 m et profondeur 0,70 m. Chacun des deux chenaux est muni de deux déversoirs, l'un en amont et l'autre en aval. Ces déversoirs sont équipés d'un batardeau qui permet de régler la hauteur d'eau ou d'arrêter totalement l'entrée ou la sortie d'eau du chenal en cas de maintenance et d'évacuation des sables accumulés. Il est muni également d'un dérailleur avec deux types de grille : une grille avec des barreaux espacés de 5 cm, l'autre avec des barreaux de 2cm d'espacement.

b) Station de pompage

La station de pompage est constituée d'un puits de 2 m x 1.4 m et de 4 m de profondeur où sont logées les pompes submersibles et d'un local avoisinant qui héberge l'armoire électrique de commande. L'équipement comporte deux pompes submersibles.

Les électropompes submersibles ont les caractéristiques suivantes :

Moteur	de 3,5 à 4,0 kW
Tension d'alimentation	220/380 Tri
Débit	30 l/s
HMT:	8 m

Tableau10 : les caractéristiques des électropompes de la station de pompage.



photo

9: Station de pompage

c) Bassin de dissipation

Les dimensions de ce bassin sont de 3m x 2 m. Le bassin à une hauteur totale de 4.60 m et repose sur la terre naturelle. Il est muni d'un trop-plein et d'une grille amovible en acier galvanisé ayant des mailles de 20 mm de côté.



Photo10 : L'entrée de l'eau au bassin de la dissipation



Photo11: Bassin de Dissipation sortis de l'eau

d) Réacteur anaérobie à flux ascendant à deux étages (RAFADE)

Les réacteurs ont Chacun un diamètre de 10 m et une profondeur de 7 m. Le réacteur, R1 se trouve à 2,60 m au-dessus du niveau de la terre naturelle et R2 à 2,10 m. La hauteur de l'eau dans les réacteurs est de 6.5m, donc avec un débit actuel de 900 m³/j le temps de séjour théorique est de 14h, Le temps de séjour théorique dans le réacteur doit être de 24 h.



Photo 12 : RAFADE d'EL Attaouia

e) Couronne d'étanchéité

Elle est sous forme d'un canal qui entoure le réacteur ayant 0,40 m de large et 0,40 m de profondeur. Cette couronne est remplie d'eau épurée provenant du dernier stade d'épuration et sert de bouchon hydraulique où vient reposer le bord inférieur des couvercles des réacteurs R1 et R2.

f) Couvercles des Réacteurs

En attendant la réalisation de couvercle en polyester, les réacteurs ont été momentanément couverts à l'aide d'un film de polyéthylène à haute densité.

Le couvercle doit normalement avoir la forme de coupole placée au-dessus des réacteurs et permet de les couvrir intégralement de sorte que les eaux usées en traitement soient complètement confinées et quelles n'aient aucun contact avec l'atmosphère. Les couvercles étaient réalisés en polyester fibre de glass et résine renforcée sous forme de coupole (photo 13).



Photo 13 : Couvercle de polyéthylène du réacteur 1.

g) Entrées du RAFADE

Le point d'entrées et de sorties du réacteur, qui sont munies de 4 entrées, c'est à dire 19.6 m^2 par entrée, ce nombre est loin des valeurs recommandées pour ce type d'ouvrage 4 m^2 de surface par entrée, avec un diamètre de 10 m on aura donc besoin de 20 entrées.



Photo 14 : Dispositifs d'entrée des Réacteurs

h) Décanteur

Placé en aval du réacteur R2, Le décanteur est longitudinal de type classique. Il a les dimensions suivantes : longueur : 8,50 m ; largeur : 2,80 m ; profondeur moyenne : 1,60 m. et une profondeur maximale de 3m. Le décanteur est muni d'un couvercle de PEHD. Le temps de séjour actuel dans le décanteur est de 1h, la vitesse de hazen est actuellement de 3.15 m/h, cette valeur est le double des valeurs recommandées pour ce types d'ouvrage (1.5m/h). Ce décanteur est sous dimensionné, ce qui pose des problèmes pour les composantes en aval du système.



Photo 15 : Décanteur de la station actuelle (hors de fonctionnement).



Photo 16 : Décanteur de l'extension de la station



Les lits de séchage de boues
 Bassin de dessablement
 Photo 17 : le bassin de dessablement et les lits de séchage à l'extension de la station.

i) Lits de séchage des boues

Les lits de séchage des boues sont au nombre de 4. Ils sont construits à l'aide de parpaings et de ciment et ont les dimensions suivantes : Longueur : 7 m ; largeur 2,80 m et profondeur 0,40 m. Les boues liquides sont déversées sur une couche de sable très fin. La productivité actuelle du lit de séchage est de 2.7 kg.MES/m².j, cette valeur est élevée par rapport a ce qui est recommandé (une productivité du lit de 1 kg.MES/m²), ces lits sont également sous dimensionnés.



Photo 18 : Lit de séchage de boue au cours de construction a la nouvelle station.



Photo 19 : Lits de séchage de la station actuelle



Photo 20 : Lits de séchage de l'extension

j) Chenal algal

Il est construit en béton sous forme de serpentín avec 10 m de large et de 0,50 m de profondeur. Le chenal est imperméabilisé par une géo-membrane qui assure l'étanchéité et permet d'éviter tout risque de percolation des eaux en profondeur.

La vitesse de circulation de l'eau est entre 0,18 et 0,25 m/seconde grâce à l'action d'une roue à palette entraînée par un moteur électrique de 3 kW et séjourne environ 3.25 jours dans le chenal. Ce temps de rétention hydraulique actuel reste dans la gamme des valeurs recommandées (3 jours dans la station de l'IAV), le CAHR à une capacité suffisante pour traiter le débit actuel.

La hauteur de l'eau dans le chenal est fixée à 0,35m. La longueur moyenne du chenal algal est de 122 m et sa largeur totale est égale à 60 m.

Le déversoir de sortie du CAHR doit être recalibrer pour faire passer un débit de 54.7 l/s.



Photo 21 : CAHR



photo 22: la roue a palettes

k) Bassins de maturation :

Les bassins de maturation ont la forme classique parallélépipède avec 63 m de long sur 25 m de large et 1 m de profondeur. Les deux bassins sont imperméabilisés à l'aide d'une couche compactée d'argile de 15 cm. L'effluent est admis dans le bassin M1 avant de passer par sur verse au niveau du déversoir réservé à cet effet vers M2. Le temps de séjour global étant de 1,14 jour par bassin.



Photo 23 : Bassins de maturation au cours de construction



Photo24 bassin de maturation (M1).

Les deux bassins de maturation sont munies d'une seule sortie et une seule entrée ceci a un effet négatif sur les performances de ces ouvrages ; on assiste la présence de quelques points morts dans les coins opposés aux emplacements des entrées et sorties, la superficie des bassins se trouve alors sous exploitée.



Photo 25: bassin de maturation (Dispositifs d'entrées et Sorties) (BM1)

Une bonne distribution de l'influent a l'entrée et à la sortie des bassins s'impose par l'utilisation des déversoirs toute au long de la largeur des deux bassins.

IV.5.1.2. traitement des eaux usées de la ville de l'Attaouia.

La STEP de la Ville d'El Attaouia est basée sur la combinaison de deux types de traitement à haut rendement : les réacteurs anaérobie a flux ascendant a deux étapes (RAFADE), le chenal algal à Haut Rendement (CAHR) et deux bassins de maturation en série tel qu'il a été développé par l'IAV Hassan II. Elle englobe un déversoir d'orage, un bassin de dessablement dégrillage, une station de relevage et un bassin de dissipation qui est situés en amont des composantes épuratoires.

IV.1.5.2.1. Prétraitement :

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements. Il s'agit des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage).

Au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses. Ces éléments sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères. Le tamisage, qui utilise des grilles dont l'espacement est plus réduit, peut compléter cette phase de prétraitement. Cependant, il génère beaucoup plus de déchets.

Le dessablage débarrasse les eaux usées des sables et des graviers par sédimentations. L'écoulement de l'eau a une vitesse réduite dans un bassin appelé "dessaleur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être soit réutilisés, selon la qualité du lavage.

Le dégraissage vise à éliminer la présence de graisses qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologique qui interviennent ensuite. Le dégraissage s'effectue par flottation.

L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras. Les graisses sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées (mis en décharge-incinération). Elles peuvent aussi faire l'objet d'un traitement biologique spécifique au sein de la station d'épuration.

IV.1.5.2.2. Le traitement primaire :

Le traitement "primaire" fait appel à des procédés physiques, avec décantation plus au moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physico-chimique, tels que la coagulation – floculation.

Ces traitements éliminent 50% à 60% des matières en suspension, mais ne suffisent généralement plus pour satisfaire les exigences épuratoires de la réglementation actuelle. Avec coagulation et floculation dans les décanteurs lamellaires, on peut éliminer jusqu'à 90% des MES.

La décantation primaire classique consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" (photo15) pour former « les boues primaires ». Ces derniers sont récupérés au moyen d'un système de raclage. Ce traitement élimine 50% à 55% des matières en suspension et réduit d'environ 30% la DBO et la DCO.

IV.1.5.2.3. Les traitements secondaires :

L'élimination biologique des matières polluantes.

Dans grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonée et azotée s'appuie sur des procédés de nature biologique. Les procédés membranaires combinent quant à eux des procédés biologiques et physiques.

Certaines installations de dépollution des eaux usées ont toutefois recours à des filières de traitements physico-chimique, qui peuvent dans différents cas s'avérer plus opportunes.

Les traitements biologiques :

Les traitements biologiques reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes de l'autoépuration existant dans la nature. L'autoépuration regroupe l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution. Les techniques d'épuration biologiques utilisent l'activité des bactéries présentes dans l'eau, qui dégradent les matières. Ces techniques sont soit anaérobies, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, soit aérobies, c'est-à-dire nécessitant un apport d'oxygène. (Boues activées).

Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs et intensifs.

Les procédés biologiques extensifs

Le lagunage utilise la capacité épuratrice de plans d'eau peu profonds. Concrètement, les eaux usées sont envoyées dans une série de bassins (au minimum 3). L'oxygène est apporté par les échanges avec l'atmosphère au niveau du plan d'eau et par l'activité de photosynthèse de micro algues de surface. La pollution organique se dégrade sous l'action des bactéries présentes dans le plan d'eau. Le rayonnement solaire détruit en outre certains germes (lagunage de finition, dans les derniers bassins). La durée de séjour des eaux usées dans les

bassins peut atteindre 60 jours et les eaux à traiter doivent avoir subi une décantation préalable (lagunage primaire).

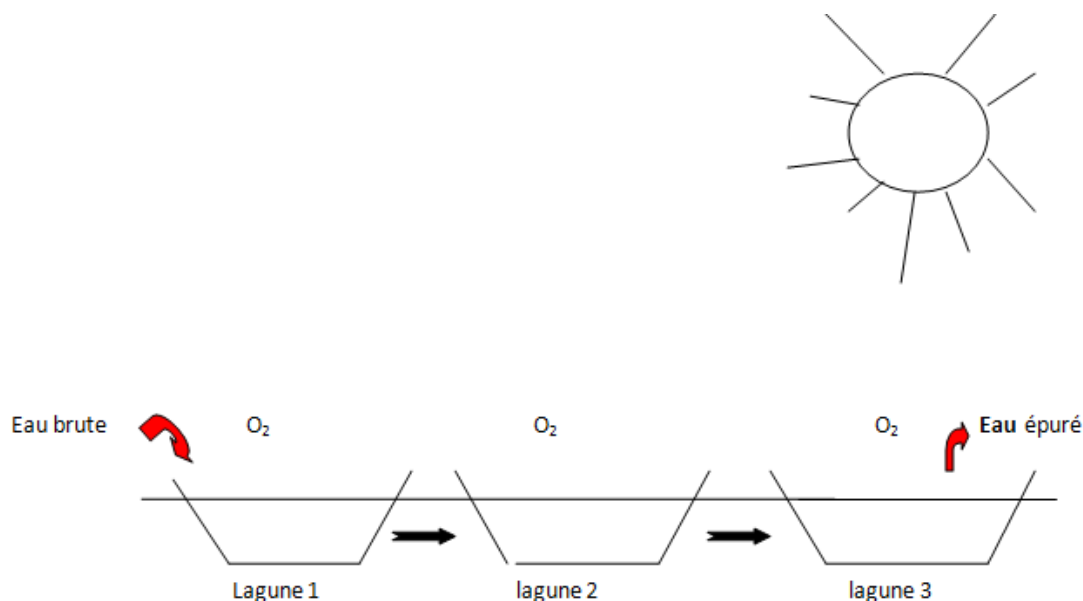


Figure 14 : Schéma explicative de traitement

Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80% à 90% de la DBO, 20 à 30% de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant l'année. Il est surtout bien adapté aux communes rurales.

Les procédés biologiques intensifs :

Ils regroupent toute une série de techniques ayant en commun le recours à des cultures bactériennes qui "consomment" les matières polluantes. Il existe deux grandes catégories de procédés biologiques artificiels :

Les installations à "culture libres", dans lesquelles la culture bactérienne est maintenue en suspension dans le courant des eaux usées à traiter.

Les installations à culture fixées", ou bactérienne (appelé aussi biofilm", "film biologique ou biomasse ") repose sur un support (caillou, plastique, milieu granulaire fin).

Après un temps de séjour dans ce bassin d'aération, l'effluent est renvoyé dans un clarificateur, appelé aussi décanteur secondaire. L'eau épurée est ainsi séparée des boues par décantation. Ensuite les boues sont envoyées dans une unité de traitement spécifique, en vue de leur épandage agricole ou de leur élimination, soit réinjectées pour partie dans le bassin d'aération. On qualifie cette opération de "recirculation des boues ". Ce recyclage d'une partie des boues produites par le système d'épuration permet de maintenir la masse de bactéries contenue dans le bassin d'aération à un niveau compatible avec les performances épuratoire attendues.

Les traitements par boues activées éliminent de 85% à 95% de la DBO₅, selon les installations.

IV.1.6. Qualité de l'eau sortante (eau traité) pour l'irrigation.

Paramètres physiques :

Les résultats des analyses faites sur l'eau sortante de la station, sont reportés sur le tableau ci-dessous :

	pH	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Conductivité (mmhos/cm)	Température ($^{\circ}\text{C}$)	Sels solubles en (g/l)
Eau traitée	7.3	1589	1,63	20	1

Tableau 11 : les Valeurs des paramètres physiques dans l'eau traité.

Interprétation :

Le pH de l'eau traitée est de 7,3, ce qui révèle que cette eau est neutre. Le pH de l'eau sortante (pH = 7.3) de la station est relativement inférieur à celui des l'eau entrante (pH = 7.8) au niveau de la station. Cette différence serait le résultat du traitement primaire réalisé au niveau de la station.

Pour que les eaux puissent être propres à l'utilisation agricole, elles doivent, au mois, être conformes aux normes de risque de salinisation comme indiqué sur le tableau 12.

Risque	Total de sels dissous (mg/L)	mmhos/cm
Nul	<500	<0.75
Légers	500-1000	0.75-1.5
Modéré	1000-2000	1.5-3.00
Sévère	>2000	>3.0

Tableau 12 : Risque de salinité des eaux d'irrigation en fonctions de la conductivité électrique

Pour le cas de l'eau traitée, la conductivité est de 1589 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alors il s'agit d'une qualité moyenne. Le total des sels solubles est de 1000 mg/l, Ce qui indique l'effet du traitement à diminuer cette minéralisation d'environ 300mg/l.

Les éléments majeurs et mineurs :

Les résultats des analyses chimiques de l'eau sortante de la station sont exprimés dans le tableau 13. Les résultats révèlent une nette diminution de la plupart des éléments analysés.

Elément	Valeur en mg/l	Valeur en méq/l
Na ⁺	61.53	5.189
Ca ⁺⁺	22	1.1
Mg ⁺⁺	29.04	2.4
HCO ₃ ⁻	207.4	3.4
Cl	443.8	12.5
SO ₄ ²⁻	124.8	2.6
NO ₃ ⁻	5.64	0.09
NO ₂ ⁻	0.009	5.14 .10 ⁻³
NH ₄ ⁺	23.27	1.55
K ⁺	16.389	0.419
Orthophosphate	1.58	
Pt	3.15	0.1

Tableau 13: Teneur des éléments majeurs et mineurs des eaux après traitement.

Les résultats d'analyses des eaux sortantes de la station montrent la diminution relativement important pour la plupart des éléments chimiques.

Analyses biologiques :

La valeur de DCO des eaux de l'Attaouia est de 443mg/l, c'est une valeur qui est élevée. Cette valeur est supérieure de la moyenne à l'échelle national (250 mg/l). Pour la DBO5 elle est de 180 mg/l, ce qui donne un rapport DCO/DBO5 de 2.46. Cette valeur traduit le caractère biodégradable des eaux, elle indique l'origine de la pollution chimique ou biologique. Dans notre cas la pollution n'est pas totalement biologique mais il y a une partie chimique, probablement liée aux produits de nettoyage. Ces valeurs nous permettent de dire que les eaux de l'Attaouia sont à dominance domestique.

Les paramètres	Les valeurs en mg/l	Normes marocaine En mg/l
DBO5	180	120
DCO	443	250
MES	292	150

Tableau 14 : les valeurs des paramètres biologiques d'eau traitée par rapport aux normes marocaines.

Analyses bactériologiques :

D'après les analyses bactériologiques effectuées au sein de la RADEEMA, l'eau usée traitée sortant de la station d'épuration, contient tous les germes qu'on y a cherchés, (coliformes totaux, coliformes fécaux, germes totaux a 22°C et a 37°C, Entérocoques intestinaux et clostridies sulfito-réducteurs.

Cependant qu'on notes la même chose pour les eaux des puits qui se trouvent à l'amont et à l'aval de la station d'épuration, ce qui indique relativement la contamination de la nappe. (Annexe 6).

Les matières solides

La teneur en matières en suspension a une concentration de 250mg/l. Cette valeur est plus élevée par rapport aux normes marocaines (150 mg/l) (tableau 12).

III. Comparaison entre la qualité d'eau usée brute et l'eau usée épurée

Après traitement des eaux, on remarque une nette diminution des concentrations des tenors des éléments physico-chimiques et biologique. Cet effet est exprimé en pourcentages au niveau du tableau 14.

Elément	Valeurs d'eau usée brute (mg/l)	Valeurs d'eau usée épurée (mg/l)	Pourcentage de diminution(%)
Na ⁺	75	61.5	17
Ca ⁺⁺	26	22	15
Mg ⁺⁺	40	29	27
HCO ₃ ⁻	292	207	29
Cl	514	443	14
SO ₄ ²⁻	168	125	26
NO ₃ ⁻	8	5	37
NO ₂ ⁻	0.017	0.009	47
NH ₄ ⁺	31	23	26
K ⁺	37	16	56
Orthophosphate	2.23	1.58	29
Phosphate total	4.27	3.15	26
DBO ₅	320	180	44
DCO	869	443	49
MES	422	292	31

Tableau 15 : Effet du traitement des eaux de la ville de l'Attaouia sur quelques paramètres de qualité.

D'après le diagramme de Piper, on constate que la qualité chimique des eaux entrante et sortante accusent un léger changement. En effet, les eaux avant et après traitement présentent le même faciès chimique (faciès chloruré sodique et sulfato potassique), mais montrent un léger décalage de faciès. Ceci est lié à la diminution relative concentrations en tous les éléments majeurs.

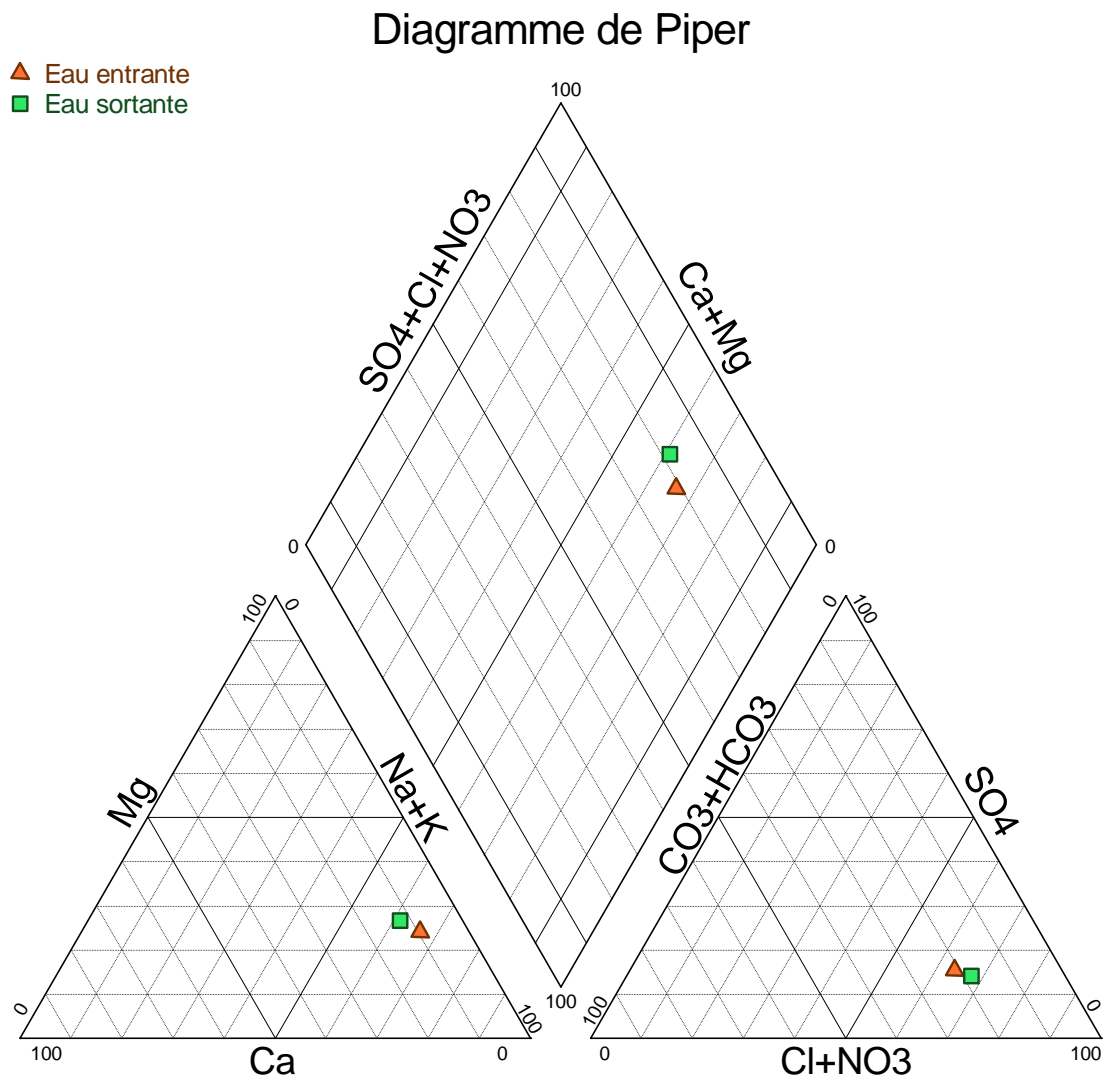


Figure 15 : projection des analyses chimiques des eaux de la station de l'épuration des eaux usées de la ville de l'Attaouia avant (▲) et après (■) traitement, sur le diagramme de Piper :

IV.2. Réutilisation des eaux usées :

La réutilisation des eaux usées traitées se présente comme un enjeu politique et socioéconomique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement. Elle présente l'avantage d'assurer une ressource alternative, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau. Cette dernière, peut être utilisée dans différents domaines :

- En milieu urbain : arrosage des parcs publics, espaces verts, terrains de sport, alimentation des pièces d'eau et fontaines, arrosage des jardins privés, chasses des toilettes, lavage des véhicules, lavage des rues.....

- Milieu industriel : eau de refroidissement, eau de procédé

- Milieu agricole: irrigation de cultures diverses, maraîchages, arbres fruitiers, céréales, fourrages, pâturages, cultures industrielles, forêts.

- Recharge des nappes phréatiques.

- "Production de l'eau potable".

A l'échelle mondiale, la majeure partie des eaux épurées (70%) est utilisée en agriculture, 20% est utilisée dans les domaines industriels et les 10% restants sont utilisés comme eau domestique (Fig. 16).

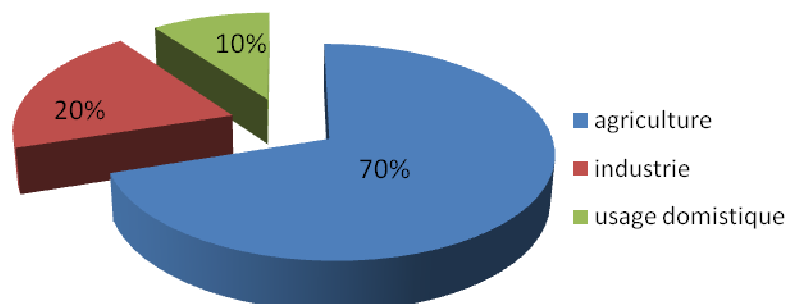
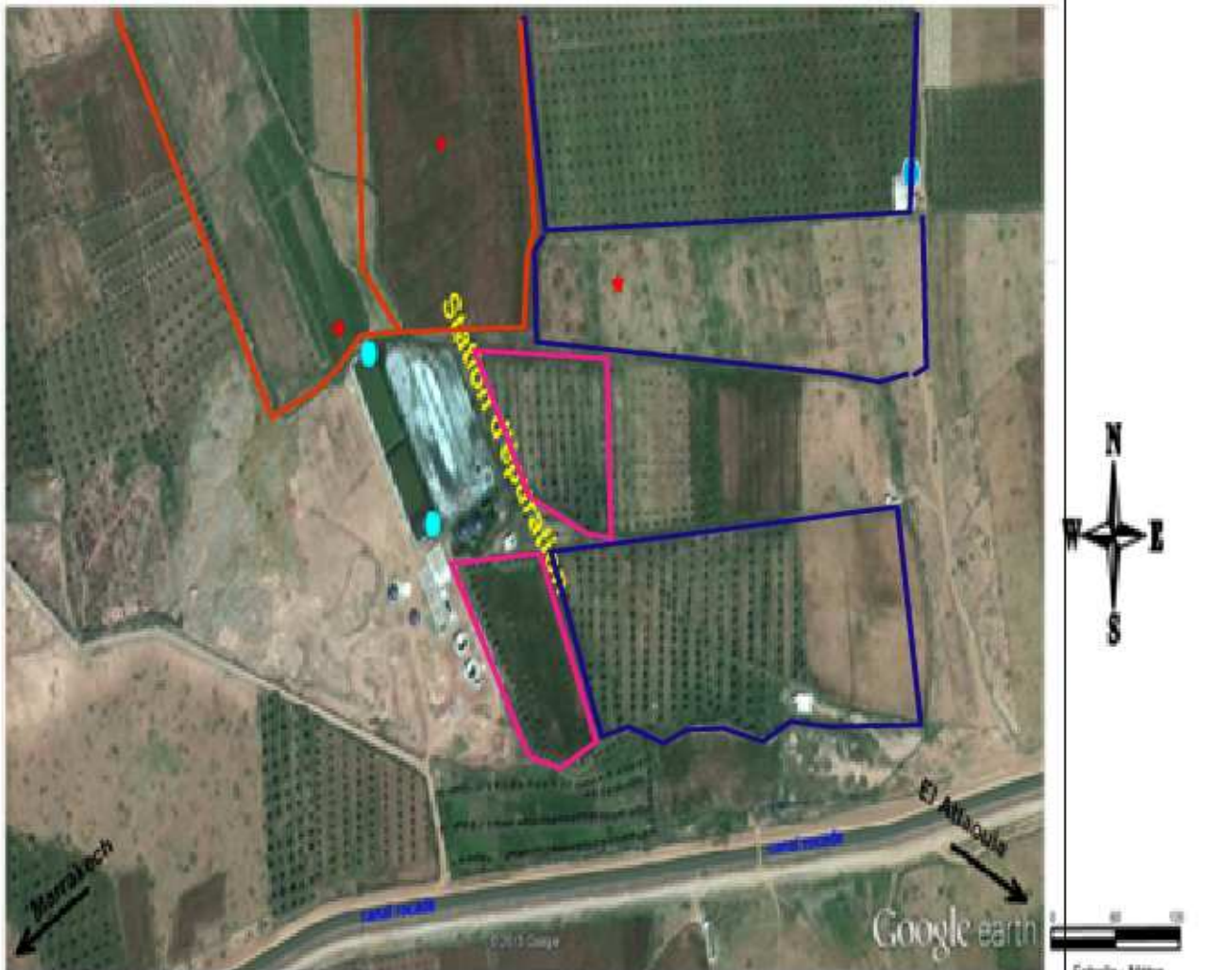


Fig. 16 : le pourcentage des domaines d'utilisation des eaux usées traités.

IV.2.1. Réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation dans la région de l'Attaouia.

Au cours des vingt dernières années, il ya eu un considérable regain d'intérêt pour l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation dans les régions arides et semi-arides, ou les autres sources d'approvisionnement en eau sont rares et ou il est nécessaire d'accroître la production vivrière locale. Les responsables de la planification des ressources en eau ont fini par reconnaître l'utilité de cette pratique, à la fois pour la conservation de l'eau et le recyclage. Cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour l'irrigation afin de combler des déficits hydriques.

Pour le cas de la ville de l'Attaouia, ce projet d'aménagement hydro-agricole qui est suivi par la municipalité prévoit l'irrigation d'une superficie d'environ 60 ha.



- Légende :**
- Parcelle irrigué par Eau usée traité.
 - Parcelle irrigué par Eau usée brute.
 - Parcelle irrigué par Eau de puits.

Fig. 17 : Carte des parcelles concernées par l'enquête réalisée durant la période du 16mai à 6 juin 2013.

Dans cette optique, un questionnaire (annexe 5) a été élaboré afin de connaître l'état des lieux au moment de cette étude. Ce questionnaire effectué dans la région de l'Attaouia, concerne une superficie globale de 100 ha au voisinage de Douar Lamaaziz (tableau ci dessous).

Douar concerné	Lamaziz
Coordonnés	X=31.85453° Y=007.33106° H=636m
Superficies Total	100ha

Les résultats de cette enquête ont été repartis en trois parties :

a) Contribution et réutilisation des eaux usées dans les activités agricoles.

Les résultats de l'enquête (tableau 16) montrent que la moitié des agriculteurs utilisent les eaux usées épurées. 80% des ces agriculteurs utilisent cette eau sans apports d'autres types d'eau. Les autres 20% utilisent l'eau épurée mélangée soit avec les eaux souterraines soit par les eaux superficielles (saguías).

25 % des agriculteurs utilisent les eaux usées brutes sans aucun traitement, alors que l'autre quart utilisé des eaux non usées qu'elles soient souterraines ou de surface (seguias).

Type des eaux		Nombres des bénéficiaires	Superficie des parcelles (ha)	Nature de l'eau irrigation (%)
Eau usées brutes	Eau brute seule	3	11	25%
	Eau brute	0	0	
Eaux usées traités	Eau usée Seule	5	27	50%
	Eau usée + apparts séguia	1	32	
Eaux non usées	Eau souterraine	1	20	25%
	Eau des seguías	2	10	

Tab. 16 : Nature des eaux utilisées dans les activités agricoles.

b) l'eau sortante de la station :

Le type d'adduction et de branchement des eaux usées épurées sortantes d'une manière continues de la station pour l'irrigation est généralement gravitaire. Durant les premières années du fonctionnement de la station (2000-2002), des associations d'agriculteurs contrôlaient la distribution et le paiement des eaux traitées. Le prix annuel était de 15.000Dh. Actuellement puisque la station fonctionne que partiellement, et la qualité de l'eau traitées a diminuée, ainsi le nombre des bénéficiaires, le rôle de ces associations n'a aucun intérêt (tableau extrait du questionnaire).

Type d'adduction et de branchement	Gravitaire
Période d'utilisation	Continue

Tableau 17 : la nature de branchements de l'eau sortante de STEP.
Extrait du questionnaire (annexe 5)

c) Activités agricoles des bénéficiaires des eaux usées.

Comme indique le tableau 18 les informations collectées à la zone d'étude, le sol est de type brun selon la classification française, localement connu sous le nom *Rekouan*. Les cultures les plus dominants sont les oliviers, les céréales et les luzernes. Notant que les autres cultures à consommation crue comme les fruits et légumes sont interdits aux parcelles qui utilisent les eaux usées. Les agriculteurs n'utilisent pas les fertilisant du sol, puisque l'eau usée contient déjà des éléments nutritives du les sols.

Type de sol	Brun
Type de culture	Olive ; céréale ; luzerne
Fertilisation (minérale/Organique)	Pas de fertilisation

Tableau 18: activité agricole

IV.2.1.1. Résultats des analyses et qualité des eaux dans la région de l'Attaouia pour l'irrigation.

Cette étude concerne les différents types d'eau de la région, à savoir :

- Les eaux souterraines en amont et en aval de la station de traitement,
- Les eaux superficielles (Canal de Rcade) ainsi que
- les eaux usées avant et après traitement.

Les résultats sont reportés sur le tableau suivant :

Nom de l'échantillon	Cond a 25°C en $\mu\text{S}/\text{cm}$	Cond en mmhos/cm	pH	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻
puits amont	1293	1,43	7,1	2,5	82,91	28	36,3	355	122	120
puits aval	1222	1,35	6	2,3	52,3	20	44,77	355	143,2	211,2
canal rocade	506	0,56	5,5	2,2	82,9	72	27,83	142	73,2	120
l'eau brute	1898	2,1	7,8	37,4	75,7	26	40	514	292,8	168
l'eau traitée	1474	1,63	7,3	16,4	61,53	22	29	443	207,4	125

Tableau19 : Les analyses physico-chimiques des eaux la région l'Attaouia.

D'après la projection des analyses chimiques sur le diagramme de Shoeller (Fig 18), on constate que les eaux du Canal Rcade sont les moins minéralisées. En effet, ce sont des eaux de surface provenant du barrage Sidi Driss. Les eaux souterraines présentent des minéralisations intermédiaires alors que les eaux usées sont les plus chargées.

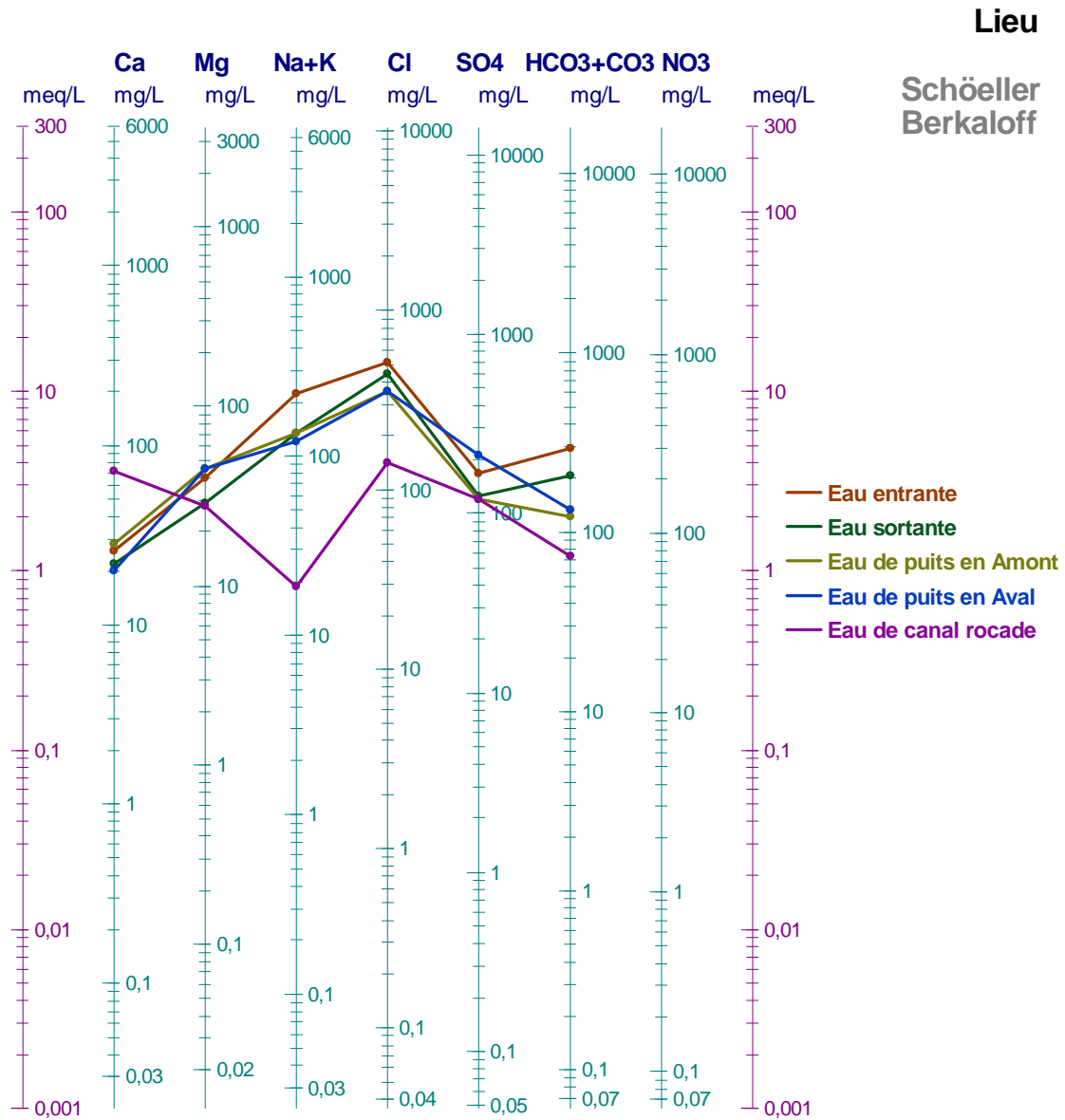


Figure 18 : projection des analyses chimiques des eaux de la région Attaouia sur le diagramme de Schoeler des eaux.

D'autre part, la projection des analyses sur le diagramme de Piper montre que :

- les eaux brutes, les eaux traitées ainsi que les deux puits (amont et aval) qui sont les plus riches par les éléments chimiques ont le même faciès chimique qui est **chlorurée sodique potassique et sulfato sodique**. Sur la projection de piper l'eau des deux puits sont confondus, alors ils ont relativement la même qualité chimique. Notant que l'eau du canal rocade est caractérisé par un faciès chimique **chlorurée sulfate et calcique magnésienne** reflétant la lithologie du bassin versant en amont du barrage Sidi Driss.

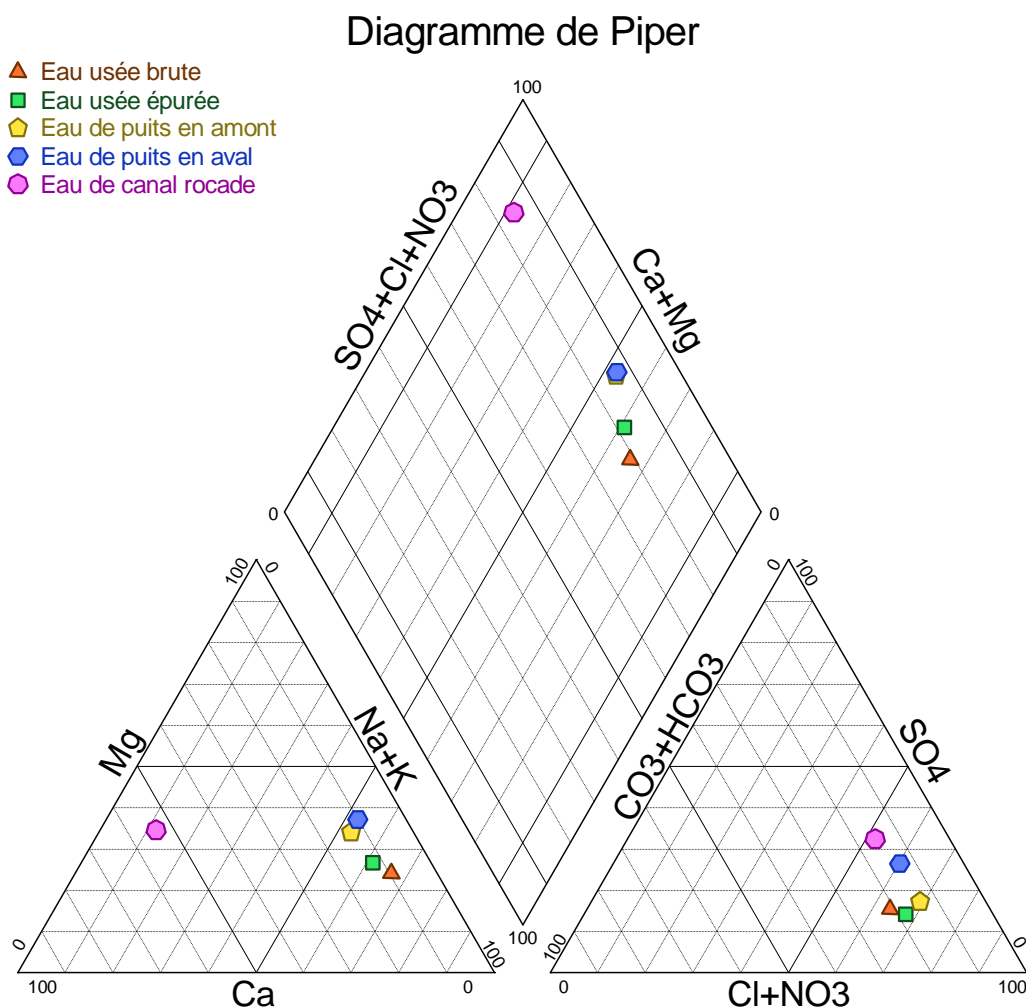


Figure 19: projection des analyses chimiques des eaux de l'Attauioa.

IV.2.1.2. Analyses des sols des différentes parcelles.

L'utilisation des différents types d'eaux pour l'irrigation (eau traité, eau brute et eau de puits), nous a conduits à faire des analyses des sols. Les analyses ont été réalisées dans les laboratoires de pédologie de l'ORMVAH.

a) Méthodologie :

Les échantillons de sols ont été effectués en parallèle de l'échantillonnage des eaux, nous avons effectué des prélèvements du sol des parcelles irriguées. Afin d'étudier une caractérisation à l'échelle verticale, nous avons procédé à un prélèvement à l'aide d'une tarière agricole dans les horizons 0-20 cm et 20-40 cm, 40-60cm. Au total huit échantillons (trois échantillons de sol par parcelle) ont été prélevés.

Matériel utilisées :

- tarière,
- seaux,
- Sac plastique épais.
- Couteau.



Photo26 : Nature des échantillons des sols prélevés.

Afin d'obtenir une terre fine, les échantillons des sols ont été séchés à l'air libre pendant une nuit et tamisés à l'aide des tamis ayant une maille de 2 mm.



Photo 27 : Avant le tamisage les échantillons de sol ont été broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine.

b) Analyses effectuées.

Les analyses mesurées ont été tirées de Jackson (1965) et concernent la mesure de :

- Le pH et la conductivité de la pâte saturée du sol (Jackson, 1965),
- les teneurs en carbonates (calcimétrie Bernard)
- la teneur en Matière organique MO par ébullition,
- les éléments chimiques K^+ , Na^+ , MO, P, de l'extrait de cette pâte (même techniques utilisées pour l'eau).

• Calcaire total.

La détermination du pourcentage de carbonates dans les sols prélevés a été faite par la mesure de la teneur en carbonates de calcium. Le dosage de ces derniers est basé sur l'attaque par l'acide chlorhydrique (HCl) dilué d'une masse donnée d'un échantillon, à pression et température constantes, en utilisant le Calcimètre de Bernard.

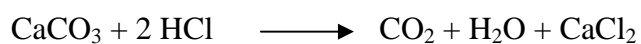




Photo 28: clacimètre de bernarad

• **Matière organique.**

Le dosage du Carbone Organique Dissous (COD) est indirect. Les méthodes sont basées sur l'oxydation des matières organiques, la concentration en COD étant déterminée soit en mesurant la quantité de CO₂ produit, soit en déterminant la quantité d'oxygène consommée par la réaction d'oxydation.

c) **Résultats des analyses :**

Les résultats d'analyse faite dans le laboratoire sont représentés sur le tableau ci-dessous.

	Prof. (cm)	pH	Cond (µS/cm)	CaCO ₃ (%)	M.O (%)	K ₂ O (mg/l)	P ₂ O ₅ (mg/l)	Sels
sol irrigué par l'eau de puits céréales	0-20	8.4	130	4.5	1.1	230	1.8	0.4
	20-40	8.46	135	6.4	0.08	225.55	3.85	0.48
	40-60	9.16	103	6.6	0.56	178.89	2.74	0.36
Sol irrigué par l'eau traitée Céréales	0-20	8.9	181	9.5	0.56	300.34	13.9	0.48
	20-40	9.26	135	3.8	0.08	282.54	10.83	0.67
	40-60	9.3	190	9.1	0.4	110.35	14.95	0.52
sol irrigué par l'eau de puits Oliviers	0-20	8.67	140	15.1	1.6	73.01	10.92	0.55
	20-40	8.68	146	10.2	0.72	307.00	9.98	0.5
	40-60	9.07	155	14.5	1.04	154.94	12.59	0.64

Tableau 20 : résultats des analyses physico- chimiques des sols de la région de l'Attaouia.

• **La conductivité électrique :**

Le degré de salinisation d'un sol est déterminé par la conductivité électrique. La conductivité électrique de la pâte préparée du sol, cultivé avec les céréales, et irrigué par l'eau de puits varie verticalement de 103 à 135µS/cm avec une moyenne de 122 µS/cm. La conductivité de sol irrigué par l'eau usée traitée varie de 135 à 181µS/cm avec une moyenne 168 µS/cm.

Selon la classification des normes marocaines, ces sols sont non salins à peu salins. En effet, leur conductivités varient 0.15 et 0.20 mmhos /cm. (cf. tableau 11).

CE (mmhos /cm)	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6	>1
Type de sol	Non salin	Légèrement salin	Moyenne salin	Fortement salin	Excessivement salin

Tableau 21 : Normes relatives à la conductivité électrique des sols selon la classification de FAO(1996)

Pour quantifier l'effet de la conductivité du sol sur la végétation, on a utilisé Le tableau 22, qui présente les différentes classes des sols :

Classe	Conductivité de l'extrait de sol saturé (dS/m)	Effet sur la croissance des plantes
Non salins	0-2	Effets de la salinité négligeables
Légèrement salins	2-4	La production de certaines plantes sensibles peut être affectée (ex : tomate, haricot...)
Modérément salins	4-8	La production de la plupart des plantes est restreinte.
Fortement salins	8-16	Seules les plantes tolérantes au sel produisent de façon satisfaisante (ex : asperge)

Tab 22 : Classification des sols selon le (FAO, 1996).

Selon les normes du FAO (Ta. 22), l'effet de la salinité est négligeable sur la croissance des plantes dans la zone d'étude, on conclut alors que du point de vue salinité, l'irrigation avec de l'eau usée traité peut être utilisé sans que les plantes soient affectées.

•Potentiel Hydrogène :

Les résultats des analyses des sols montrent que les pH sont alcalins à très alcalins (8,4 à 9,26) et augmentent avec la profondeur. Les horizons deviennent plus alcalins de la surface vers le fond. C'est l'effet des teneurs en matière organique élevée au niveau de la surface. Cette MO, en se décomposant génère une acidité (acides humiques). Les résultats obtenus ont été confronté aux normes marocaines relatives aux sols (tableau 23).

Classe de pH	Interprétation
5-6,5	Très acide
6,5-7,3	Neutre
7,3-7,8	Légèrement alcalin (basique)
7,8-8,5	Moyennement alcalin (basique)
8,5-9	Alcalin (basique)
Plus de 9	Très alcalin (basique)

Tableau 23. Classification des sols en fonction du pH.
(SCET Maroc, Marché 66-75ORH)

On note que les pH des sols mesurés au niveau des parcelles irriguées par les eaux usées traitées (moyenne = 9,2) sont supérieurs à ceux (moyenne = 8,6) enregistrés au niveau de sols irrigués par les eaux souterraines.

• **Calcaire total.**

Le tableau 24 présente les normes du calcaire total du sol.

Calcaire total (%)	
Classe	Interprétation
<5	Très faible
5-12	Faible
12-25	Moyenne
25-40	Elevée
>40	Très élevée

Tableau 24 : Norme du calcaire total du sol (FAO, 1996).

La teneur moyenne de calcaire totale est de 5.8 % Pour les parcelles irriguées par l'eau de puits, alors que celle des parcelles irriguées par l'eau usée est de moyenne de 9.2%. Comparées aux normes, ces valeurs restent tout de même faibles.

• **Matière organique :**

Richesse en Matière organique %	
Classe	Interprétation
< 0,7	Très pauvre
0,7-1,5	Pauvre
1,5-3	Moyennement pourvu
3-6	Riche
>6	Très riche

Tableau 25 .Norme de la matière organique (FAO, 1996).

La richesse en matière organique des horizons A, la MO des surfaces des différentes parcelles d'une moyenne de 1,08 %, est plus grande que celles des autres horizons (B et C), ayant des moyennes qui sont respectivement de 0,3% et de 0,66%. Pour les parcelles cultivées par les céréales et irriguées par l'eau de puits, 1,1% de la matière organique est enregistrée à la surface (horizon A), Alors que 0,56% de la MO dans la surface de la parcelle cultivée par les céréales et irriguée par l'eau usé traité.

• **Potassium :**

Les résultats des analyses chimiques des sols irrigués, révèlent, que la teneur en potassium augmente avec la profondeur. La teneur en potassium à la surface est élevée (300 mg /l) dans les sols irrigués par l'eau usée traitée, par rapport aux sols irrigués par les eaux souterraines (230 mg/l). En comparant ces concentrations avec les normes ces sols sont riches à moyennement riche en potassium. Vu que le potassium est un élément fertilisant, les sols sont fertile naturellement dans cette région, par la présence de la matière organiques surtout à la surface. Un complément de Potassium provient également des eaux usées.

Classe	Interprétation
Très riche	>400
Riche	250-400
Moyennement pourvu	250-150
Pauvre	50-150
Très pauvre	<50

Tableau 26 : Norme du potassium échangeable du sol (FAO, 1996)

• **Phosphore :**

La teneur en phosphore des sols cultivés céréales et irrigués par les eaux souterraines est faible d'une moyenne de 2.8 mg/kg. Tandis que, dans le sol irrigué par l'eau usée, les concentrations en phosphore sont très élevées (9,8 mg/kg). Par rapport aux normes marocaines, le sol irrigué par l'eau de puits est très pauvre en phosphore, alors que les sols irrigués par l'eau usée sont classés parmi les soles moyennement pauvres en phosphore.

Richesse en phosphore assimilable (mg /Kg)	
Classe	Interprétation
<5	Très pauvre
5-10	Pauvre
10-15	Moyennement pauvre
15-25	Riche
>25	Très riche

Tableau 28. Norme du phosphore assimilable du sol (FAO, 1996).

V. Impacts des eaux usées

Les impacts de La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine d'agriculture sont groupés en trois catégories :

- Aspects environnementaux,
- aspects économiques,
- Aspects sanitaires.

V.1. Aspects environnementaux

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées, est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant.

L'utilisation d'eaux usées en agriculture peut avoir des impacts positifs et négatifs sur l'environnement. Moyennant une planification et une gestion rigoureuses, ses effets sur l'environnement peuvent être bénéfiques.

Les eaux usées constituent une importante source d'eau et de nutriments pour de nombreux agriculteurs sous les climats arides et semi-arides. C'est parfois la seule source d'eau disponible pour l'agriculture, comme c'est le cas dans notre zone d'étude. L'utilisation d'eaux usées peut contribuer au recyclage des nutriments et de l'eau et ainsi à réduire le coût de l'amendement des terres ou simplement à le rendre accessible aux agriculteurs.

L'emploi des eaux usées pour l'irrigation contribue donc à réduire l'impact environnemental en aval qui résulterait sinon du rejet direct de ces eaux dans les étendues d'eau de surface. Néanmoins les eaux usées utilisées en agriculture présentent des risques pour l'environnement.

D'après le questionnaire effectué, L'irrigation par les eaux usées est apparue spontanément et sans planification, alors souvent des eaux non traitées sont utilisées. Dans notre cas, l'utilisation des eaux usées sans traitements en agriculture, est très répandus, par ce qu'on trouve à l'amont de la station d'épuration, un ruisseau de l'eau brute débordée et évacuée de la station de pompage, Qui est utilisé clandestinement par les agriculteurs, propriétaires des parcelles de luzernes. Ces pratiques ont des impacts néfastes sur l'environnement.



Photo 29 : Ruisseau évacué de la station de pompage. Photo30 : luzernes irrigués par l'eau usées brutes.

Les eaux usées domestiques et les eaux usées industrielles ont des caractéristiques différentes. En général, l'utilisation d'eaux usées domestiques pour l'irrigation, comme c'est le cas à la région de l'Attaouia, comporte moins de risques que celle d'eaux usées industrielles, en particulier lorsque ces dernières sont émises par des industries dont certains procédés utilisent ou génèrent des produits chimiques hautement toxiques qui seront rejetés dans les eaux usées d'où de graves problèmes environnementaux s'accroîtront.

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

D'après les analyses physico-chimiques effectuées, concernant la région de l'Attaouia, on peut conclure que la réutilisation des eaux usées traitées, ne cours aucun risque environnementaux sur les sols, au contres, c'est la bonne solution pour remédier les catastrophique des conséquences due aux rejets des eaux usées dans la nature. Et la pollution agricole diminue.

V.2. Aspect sanitaire.

Les eaux usées contiennent de nombreuses substances présentant des dangers pour la santé humaine. Ce sont les micro-organismes pathogènes (virus, bactéries et parasites) et les micropolluants (métaux lourds et micropolluants organiques).

Dans les stations d'épuration, des traitements (décantation, filtration, digestion bactérienne, chenal algal, etc.) permettent de réduire fortement les concentrations de ces contaminants. C'est à dire du niveau de traitement supplémentaire appliqué, et du degré d'exposition des populations, celui ci dépend de l'usage qui sera fait de l'eau.

Le risque sanitaire lié à l'utilisation d'eaux épurées dépend à la fois des concentrations en contaminants dans ces eaux qui peuvent servir à irriguer les cultures. Dans ce cas, il peut y avoir une contamination par ingestion :

- des micro-organismes se présentent à la surface des plantes consommées ;
- de métaux lourds, certains d'entre eux s'accumulant dans les plantes, et pouvant atteindre des niveaux préjudiciables à la santé.

C'est pour cette raison, que la culture des produits à consommations crus, est interdits.

D'après le questionnaire effectué, des cas de maladie de diarrhées sont enregistrés, surtout chez les enfants. Due peut être aux consommations de la chair des bovins, qui s'alimentent sur les luzernes irriguée par de l'eau usée brute, ou la consommation des eaux des puits, qui présentes une mauvaise qualité bactériologiques, Ce qui est montré par les analyses bactériologiques.



Photo31: un troupeau s'alimente à la station d'épuration.

V.3. Aspect économique.

Les services de l'Etat disposent de tous les moyens et compétences requises pour engager des études économiques, financières et de marketing en matière des projets notamment l'utilisation des eaux usées en agriculture. En effet, l'ensemble des expériences vécues ou réalisées par les services concernés ont la matière ont toujours fait l'objet de ces études. Toutefois, l'ensemble des enquêtés expriment leur intérêt à se perfectionner en la matière.

Il y a lieu de signaler que le Département de l'agriculture manque de visibilité sur la faisabilité et la viabilité des projets d'irrigation par les eaux traitées, notamment en raison de l'absence d'un cadre institutionnel permettant l'affectation des coûts du traitement

La planification financière étudie la manière dont un projet sera financé. En déterminant la faisabilité financière d'un projet, il importe d'identifier les sources de revenus et de définir clairement qui paiera quoi. Il faut également analyser les possibilités de vendre avec profit les produits cultivés avec des eaux usées ou de commercialiser les eaux usées traitées elles-mêmes.

En plus des gains liés uniquement à l'eau et sa composition en éléments nutritifs, on escompte un gain significatif en matière de rendements de cultures: Le rendement sera au minimum doublé sinon triplé pour toutes les cultures à promouvoir. Les faibles rendements de cultures pratiquées actuellement sont attribués au manque d'eau, au coût élevé des eaux de pompages et au faible taux d'encadrement technique des agriculteurs. Ainsi, on peut déduire que le projet de réutilisation des eaux épurées, couplé à un soutien technique des techniciens de l'ORMVA de l'Attaouia, permettra aux agriculteurs d'atteindre des rendements beaucoup plus élevés que ceux obtenus actuellement puisque l'eau usée épurée de cette ville est répartie gratuitement.

Mais les soucis pour la santé humaine et l'environnement restent les contraintes majeures dans cette pratique.

IV. Conclusion.

L'enquête effectuée dans la zone de douar Lamaaziz, sur la réutilisation des eaux usées urbaines de la ville de l'Attaouia, a montré que les agriculteurs de la zone utilisent ces eaux comme une alternative pour réduire le stress hydrique et résoudre le problème d'approvisionnement en eau. Même si parfois d'autres sources d'eau existent, ils préfèrent utiliser souvent l'eau usée pour sa richesse en éléments nutritifs et sa facilité de mobilisation. Malgré son interdiction par la loi, la réutilisation des eaux usées en agriculture est de plus en plus répandue à la région.

Simplement interdire l'utilisation des eaux usées ne serait pas une démarche facile à envisager car, l'interdiction ne ferait que rendre plus difficile la surveillance d'une telle pratique par l'autorité compétente sans pour autant résoudre le problème. Elle provoquerait aussi, d'énormes difficultés économiques pour la population de la zone.

Aussi, pour remédier à cette situation, le traitement et la réutilisation des eaux usées épurées serait une alternative incontournable, d'autant plus, que cette ressource continuera d'augmenter avec la croissance démographique que connaît la ville.

Les eaux d'irrigation du périmètre étudié se caractérisent par un pH légèrement alcalins à alcalin. Selon la conductivité électrique quatre types d'eau d'irrigation ont été distingués :

- ✓ Les eaux des seguias, provenant du canal Rocade, non salines et de conductivité électrique moyenne de 0,56 mmhos/cm, ce sont des eaux de bonne qualité pour l'irrigation ainsi que la potabilité.
- ✓ Les eaux souterraines, ayant une salinité légère dont la conductivité électrique moyenne de 1,39 mmhos/cm, alors d'une faible minéralisation, ainsi une bonne qualité pour l'irrigation.
- ✓ L'eau usée traitée, d'une salinité modérée, est une conductivité de 1,63 mmhos/cm. Peut être utilisée pour l'irrigation, mais seulement pour les cultures qui ne se consomment pas crus, comme les céréales.
- ✓ l'eau brute, de salinité très élevée, avec une conductivité électrique de 2,10 mmhos/cm, mauvais pour l'irrigation. Et d'après le questionnaire effectué, l'utilisation de cette eau, est pour les sols ou les plantes sont moyennement tolérantes au sel, comme c'est le cas des luzernes.

Les analyses physico-chimiques et biologiques effectuées sur les eaux usées brutes et les eaux usées traitées de cette ville montrent généralement une mauvaise qualité chimique et biologique pour les deux eaux et les eaux souterraines de qualité acceptable.

Les analyses bactériologiques indiquent une contamination de l'a nappe, et la présence des germes nocifs, alors son traitement avant l'utilisation, est une démarches très recommandée.

Annexes

Année	sep	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	mars	avr.	mai	jun	juil	aou	total	moy.
1999 -2000	0,0	61,5	32,6	34,3	24,3	0,0	0,0	29,1	42,0	0,0	0,0	0,0	223,8	18,65
2000 -2001	3,5	12,3	6,9	57,4	36,4	1,5	7,9	8,4	0,6	0,0	0,0	0,8	135,7	11,31
2001 -2002	0,0	0,0	6,6	46,5	0,0	3,5	35,0	64,5	4,4	0,0	0,0	20,0	180,5	15,04
2002 -2003	2,0	1,4	108,1	22,8	17,9	19,7	38,7	30,6	0,0	20,2	0,0	33,5	294,9	24,58
2003 -2004	0,0	40,6	122,4	56,9	0,0	23,4	35,8	7,2	31,7	45,0	0,0	0,0	363,0	30,25
2004 -2005	0	27	17	47	0	15	0	0	0	0			106,0	10,60

Annexe 1 : Total des pluies mensuelles au niveau la station de l'Attaouia en mm.

Années	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Août	Total des pluies
68-69	5,4	0,0		32,1	24,4	99,3	27,5		17,2	6,5	5,0	1,2	432,6
69-70	1,0	26,1	71,5	4,7	80,4	10,9	29,6	12,6	0,0	0,0	0,0	0,0	236,8
70-71	6,2	11,4	13,9	37,5	69,9	23,8	71,2		62,2	0,0	6,9	0,0	405,3
71-72	14,4	0,0	67,5	20,5	30,1	71,0	85,5	39,7	46,7	0,0	0,0	0,0	375,4
72-73	0,0	32,7	39,6	23,2	25,1	21,7	30,5	81,0	3,9	0,0	1,0	12,5	271,2
73-74	4,5	24,9	71,2	77,6	6,2	46,8	95,9	62,8	0,0	1,5	3,5	0,0	394,9
74-75	0,0	5,3	10,2	0,0	43,8	13,1	13,5		44,3	0,0	0,1	4,1	251,1
75-76	1,5	0,0	22,1	8,9	10,0	37,7	61,2	52,6	89,4	10,5	0,0	0,0	293,9
76-77	8,5	77,5	0,0	44,7	71,9	13,7	5,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	223,3
77-78	6,2	79,5	34,0	57,5	65,0	31,0	0,0	35,3	39,0	0,0	0,0	16,0	363,5
78-79	12,5	24,0	9,0	86,0	44,0	84,0	9,3	9,5	0,0	1,0	0,0	0,0	279,3
79-80	38,2	56,5	0,0	16,7	32,0	30,0	75,5	9,0	6,2	4,5	0,0	0,0	268,6
80-81	0,0	13,5	55,3	2,4	14,2	24,6	42,2	13,2	5,0	0,0	0,0	0,0	170,4
81-82	0,5	6,6	0,0	15,0	34,2	36,9	37,8	82,9	43,0	0,0	3,6	0,0	260,5
82-83	0,0	0,0	26,6	16,3	0,0	52,5	18,0	8,3	10,8	0,0	0,0	0,0	132,5
83-84	0,0	1,6	76,6	10,8	1,8	2,2	36,6	42,5	39,8	0,0	0,0	0,0	211,9
84-85	4,0	1,3	59,3	8,3		17,0	0,5	33,5	19,8	0,0	9,0	0,0	291,9
85-86	0,0	1,0	23,2	56,3	36,2	44,9	33,9	6,0	24,0	11,5	0,0	0,0	237,0
86-87	44,5	14,3	47,5	0,0	23,1	52,0	36,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	230,4
87-88	1,3	13,7	47,5	51,8	67,7	40,0	36,7	1,0	3,8	0,6	0,0	0,0	264,1
88-89	1,3	21,1	91,3	0,0	30,0	50,0	56,1	56,7	4,0	0,0	6,0	24,0	340,5
89-90	12,4	30,1	27,2	25,9	32,0	0,0	43,7	15,0	64,5	8,5	1,0	9,5	269,8
90-91	36,0	6,5	7,5	35,7	0,0	89,1		15,4	2,5	0,0	2,0	32,2	346,7
91-92	23,0	16,2	4,0	18,0	0,5	37,4	26,7	71,2	4,1	19,9	0,0	0,8	221,8
92-93	0,0	17,5	9,2	12,8	35,2	14,8	55,7	12,3	14,0	0,0	0,0	0,0	171,5
93-94	0,0	14,5		17,8	43,2	58,2	56,6	0,0	4,3	0,0	3,0	0,0	329,5

94-95	0,0		4,0	0,0	0,0	18,8	16,8	74,4	0,0	2,0	0,0	0,0	237,6
95-96	11,4	33,6	16,3	56,4		54,5		23,0	19,2	68,5	0,0	0,0	501,5
96-97	20,0	9,0	12,0	75,5	53,7	6,7	70,0		5,3	3,6	0,0	0,5	412,6
97-98	1,4	4,3	0,0	30,2	52,4	45,9	75,1	1,9	29,9	0,0	0,0	0,0	241,1
98-99	1,4	4,3	0,0	30,2	52,4	45,9	75,1	1,9	29,9	0,5	0,0	56,2	297,8
99-00	0,0	61,5	32,6	34,3	24,3	0,0	0,0	29,1	42,0	0,0	0,0	0,0	223,8
00-01	3,5	12,3	6,9	57,4	36,4	1,5	7,9	8,4	0,6	0,0	0,0	0,8	135,7
01-02	0,0	0,0	6,6	46,5	0,0	3,5	35,0	64,5	4,4	0,0	0,0	20,0	180,5
02-03	2,0	1,4		22,8	17,9	19,7	38,7	30,6	0,0	20,2	0,0	33,5	294,9
03-04	0,0	40,6		56,9	0,0	23,4	35,8	7,2	31,7	45,0	0,0	0,0	363,0
04-05	0,0	27,0	17,1	47,0	0,0	14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	106,0
05-06	0,0	45,0	5,9	0,0		43,5	0,0	1,8	54,7	8,0	0,0	0,0	260,0
06-07	0,0	11,6	15,5	12,8	1,5	34,0	1,5	31,0	20,0	0,0	0,0	4,0	131,9
07-08	0,0	34,5	44,9	13,4	33,1	57,4	4,0	3,2	31,7	0,0	0,0	0,0	222,2
08-09	25,2	45,3	20,5	37,2	66,3	75,2	81,6	0,0	2,0	28,7	0,0	9,5	391,5
09-10	38,0	7,7	14,0	44,8	81,6	68,9	40,1	1,0	2,5	4,5	0,0	18,0	321,1
10-11	9,7	48,7	22,6	54,9	9,1	7,0	65,3	25,2	70,7	13,7	0,0	13,5	340,4
11-12	0,0	33,5	74,8	3,0	29,0	0,0	26,7		0,0	0,0	0,0	0,0	287,0
12-13	28,0	79,5	64,5	9,0	11,5	14,5	31,5	22,0	3,5	0,0	0,0	0,0	264,0

Annexe 2 : hauteurs des pluies au niveau de la station de l'Attaouia.

Années	Haouz central	Tessaout amont	Tessaout aval	Moyenne ormvah
1995-1996	336,6	489,7	432,4	453,7
1996-1997	340,6	354,8	304,5	357,9
1997-1998	220,6	286,3	187,5	254,6
1998-1999	190,4	259,0	199,4	242,5
1999-2000	156,6	208,2	133,9	192,4
2000-2001	92,7	144,4	135,3	134,3
2001-2002	180,6	173,7	153,8	185,1
2002-2003	227,3	296,9	201,2	244,5
2003-2004	205,7	311,6	211,4	267,6
2004-2005	128,2	151,0	110,4	137,8
2005-2006	225,1	243,4	320,2	268,5
2006-2007	102,5	119,0	155,8	142,6
MOYENNE (12 ANS)	200,6	253,1	212,2	240,1

Annexe 3: Hauteurs des pluies de l'Haouz.

Culture	Superficie (ha)	%superficie totale
Oliviers	3 038	14,11
Céréales	7 000	32,55
Luzernes	3 116	14,47
Maraîchages	2 936	13,64
Coton	1 698	7,89
Betterave	1 043	4,85
Autres	2 740	12,73

Annexe 4 : Répartition des cultures dans la région de l'Attaouia.

Annexe 5 : Questionnaire effectuée durant à période 16mia à 6 juin 2013

**Questionnaire
Inventaire des zones de réutilisation actuelle des eaux usées (REU)
Ville de production des eaux usées ATTAOUIA
Utilisées pour l'irrigation**

Situation du périmètre : TESSAOUT AMONT
Province : COMMENE RURALE
DPA : ORMVA HAOUZ
DRA : MARRAKECH TENSIFT AL HAOUZ
CT/CDA/CMV : ATTAOUIA 404
Commune rurale : MUNICIPALITE ATTAOUIA
Nom du périmètre irrigué : TESSAOUT AMONT
Ville la plus proche : EL KELAA DES SRAGHNAS
Douar le plus proche du périmètre : LAMAAZIZ

✓ Désignation de la parcelle concernée :

Non :

Douar concerné :

Coordonnés :

Superficie :

Superficie irrigué :

Nature de culture :

Statut financier des terres : Collectif Melk Habous

Remarque :

✓ STEP et réutilisation des eaux usées :

Point de rejet :

Type des eaux usées :

- Brute : Utilisation direct
- Utilisation indirect (mélange) :
- Épuré : Utilisation direct
- Utilisation indirect (mélange) :

Autre type d'eau :

✓ L'accès aux eaux épurées

Type d'adduction et de branchement :

Périodes d'utilisation : continues périodique.....

Existences des associations : OUI NON

Eau usée payante : OUI NON prix approximatif :

Nombre bénéficiaires :

✓ Activité agricole de la ville de l'Attaouia

Type de cultures :

Fréquence d'irrigation (j/semaine) :

Quantité d'eau utilisée en (m3/ha) :

Fertilisation (Minéral/organique) :

Production annuelle :

Type de sole : sableux limoneux argileux

Autre :

✓ Nuisances sanitaire des eaux usées :

Sur la population :

Odeur : Non

Oui

Si oui en quelle période ?

Maladies : Non

Oui

Si oui donner la nature des maladies ?

.....

Autres :

.....

Sur la végétation :

.....

REMARQUE

.....

paramètres analysées	valeur mesurée du puits en amont	valeur mesurée du puits en amont	valeur mesurée des usées traitées	recommandations normatives (valeur Maximal admissible)
coliformes totaux par 100ml	+++	+++	+++	0/100ml
coliformes fécaux par 100ml	+++	+++	+++	0/100ml
germes Totaux a 22°C par 1ml	+++	+++	+++	100/ml
germes totaux a 37°C par 1ml	+++	+++	+++	20/1ml
Entérocoques intestinaux par 100ml	+++	+++	+++	0/100ml
clostridium sulfatoréducteurs par 100ml	+++	+++	+++	0/100ml

Annexe 6 : résultats des analyses bactériologiques effectué le 13 :06 /2013.

Liste des figures

Figure 1 : périmètre irriguée du l'Haouz. (ORMVAH)

Figure.2 : hauteur des pluies mensuelles dans le Haouz en mm. (Données de l'ORMVAH)

Figure 3 : eau de surface régularisée. (Plan GPL)

Figure 4 : bilan de la nappe de l'Haouz.

Figure 5 : Carte l'emplacement de l'Attaouia par rapport au Maroc (*Google earth*)

Figure 6 : Evolution du total des pluies en mm de l'Attaouia de 1968 à 2013). (Données de l'ORMVAH)

Figure 7 : moyenne des hauteurs de la pluie mensuelle en mm en 1999/2005

Figure 8 : Le pourcentage des cultures a la région de l'Attaouia.

Figure 9 : Origine des eaux usées au Maroc.

Figure 10 : Carte de la situation de la STEP par rapport à la ville l'Attaouia. Extrait de la carte géologique 1/500000 de l'Attaouia-chaaibia

Figure 11 : Coupe schématique du chenal algal à Haut Rendement

Figure 12 : schématique du rôle des bactéries et les algues au système du chenal algal. (B. Hamouri, 1996)

Figure 13 : Projection des analyses chimiques de l'eau brute sur le diagramme de Piper.

Figure 14: Schéma explicative de traitement. (B. Hamouri, 1996)

Figure 15 : des analyses chimiques des eaux de la station d'épuration des eaux usées de la ville de l'Attaouia avant (Δ) et après () traitement, sur le diagramme de Piper

Figure 16 : Pourcentage des domaines d'utilisation des eaux usées traités.

Figure 17 : Carte des parcelles concernées par l'enquête réalisée durant la période du XX au YY mai 2013.

Figure 18 : projection des analyses chimiques des eaux de la région Attaouia sur le diagramme de Schoeler des eaux.

Figure 19 : projection des analyses chimiques des eaux de l'Attouia.

Liste des tableaux

- Tableau 1** : coordonnées géographiques de l'Attaouia
- Tableau 2** : Évolution de la population de l'Attaouia (*municipalité de l'Attaouia*).
- Tableau 3** : les Avantages et les inconvénients de système unitaire (*gestion et exploitation des réseaux d'assainissement*)
- Tableau 4** : Situation des Stations d'épuration des Eaux Usées au Maroc
- Tableau 5** : Situation des Stations d'épuration des Eaux Usées au Maroc.
- Tableau 6** : Prévision du volume du rejet à l'entrée de la STEP à l'horizon 2015 (Municipalité)
- Tableau 7** : Mesures des paramètres physiques
- Tableau 8** : Teneur des éléments majeurs et mineurs dans les eaux brutes.
- Tableau 9** : Teneur des éléments polluants dans les eaux brutes.
- Tableau 10** : les caractéristiques des électropompes de la station de pompage.
- Tableau 11** : les Valeurs des paramètres physiques dans l'eau traité.
- Tableau 12** : Risque de salinité des eaux d'irrigation en fonctions de la conductivité électrique
- Tableau 13** : Teneur des éléments majeurs et mineurs des eaux après traitement.
- Tableau 14** : les valeurs des paramètres biologiques d'eau traitée par rapport aux normes marocaines
- Tableau 15** : Effet du traitement des eaux de la ville de l'Attaouia sur quelques paramètres de qualité.
- Tableau 16** : Nature des eaux utilisées dans les activités agricoles
- Tableau 17** : la nature de branchements de l'eau sortante de STEP.
Extrait du questionnaire.
- Tableau 18** : activité agricole
- Tableau 19** : Les analyses physico-chimiques des eaux la région l'Attaouia.
- Tableau 20** : résultats des analyses physico- chimiques des sols de la région de l'Attaouia.
- Tableau 21** : Normes relatives à la conductivité électrique des sols selon la classification de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).
- Tableau 22** : Classification des sols selon le (FAO ,2009).
- Tableau 23** : Classification des sols en fonction du pH. (SCET Maroc, Marché 66-75ORH).
- Tableau 24** : Norme du calcaire total du sol (FAO, 2009).
- Tableau 25** : .Norme de la matière organique (FAO, 2009).
- Tableau 26** : Norme du potassium échangeable du sol (FAO, 2009).
- Tableau 27** : Norme du phosphore assimilable du sol (FAO ,2009).

Liste des photos

- Photo n°1** : le chenal algal en fonctionnement
- Photo n°2** : la roue a palettes en fonctionnement
- Photo n°3** : le chenal algale
- Photo n°4** : la roue a palettes
- Photo n°5** : les échantillons des eaux
- Photo n°6** : PH-mètre
- Photo n°7** : dosage de Mg^+ et Ca^+
- Photo n°8** : photomètr
- Photo n°9** : Station de pompage
- Photo n°10** : L'entrée de l'eau au bassin de la dissipation
- Photo n°11** : Bassin de Dissipation sortis de l'eau
- Photo n°12** : RAFADE d'EL Attaouia
- Photo n°13** : Couvercle de polyéthylène du réacteur 1
- Photo n°14** : Dispositifs d'entée des Réacteurs
- Photo n°15** : Décanteur de la station actuelle (hors de fonctionnement).
- Photo n°16** : Décanteur de l'extension de la station
- Photo n°17** : le bassin de dessablement et les lits de séchage à l'extension de la station
- Photo n°18** : Lit de séchage de boue au cours de construction a la nouvelle station
- Photo n°19** : Lits de séchage de la station actuelle
- Photo n°20** : Lits de séchage de l'extension
- Photo n°21** : CAHR
- Photo n°22** : la roue a palettes
- Photo n°23** : Bassins de maturation au cours de construction
- Photo n°24** : bassin de Maturation (M1)
- Photo n°25** : Bassin de Maturation (Dispositifs d'entrées et Sorties) (BM1)
- Photo n°26**: Nature des échantillons des sols prélevés
- Photo n°27**: Avant le tamisage les échantillons de sol ont été broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine.
- Photo n°28** : clacimètre de bernarad
- Photo n°29 : Ruisseau évacué de la station de pompage
- Photo n°30** : luzernes irrigués par l'eau usées brutes
- Photo n°31** : un troupeau s'alimentent a la station d' épuration.

Bibliographie

Anonyme (2009) - Monographie sur la Commune Urbaine de l'Attaouia. Rapport technique, 6p.

Hamouri B., (2005) - Réacteur anaérobie et chenal à haut rendement ; réalisation, exploitation et performances. IAV éd. Rabat, 112p.

KAMAL S., (2010) - La réutilisation des eaux usées es dans la ville de Marrakech. Mémoire de Projet de fin d'étude de licence. Univ. Cadi Ayyad. 71p.

ONEP (2000) - Gestion et exploitation des réseaux d'assainissement. Rapport technique.300p..

ORMVAH, (1996) - Plan d'action de mise en ouvre et du développement de la gestion participative en irrigation (GPI) dans la zone d'action de l'ORMVA du haouz ». Rapport interne de l'ORMVAH, GPI_DOC 1 08/10/96, 45p.

www.eau tensift.net