



**Faculté des Sciences et  
Techniques- Marrakech**

**Département des sciences de la terre**



*Mémoire de projet Fin d'études*

Pour l'obtention du diplôme de Licence es Sciences et Techniques :  
Eau et Environnement

## **Le Projet d'Assainissement de la RADEEMA et la Problématique Environnementale de Marrakech**



**Réalisé par** : M<sup>lle</sup>. Khaoula EL HORRE

**Encadrée par** : Mr. Yann THEPOT (Dir.de la STEP)

M<sup>lle</sup>. Yamina BOURGEOINI (Prof. FST)

**Soutenu le 2 Juillet 2009 devant le jury :**

M<sup>lle</sup> Yamina BOURGEOINI (FSTM)

Mr. Yann THEPOT (Dir. STEP Marrakech)

Mr. Blaid BOUGADIR (FSTM)

Mr. Rachid HAKKOU (FSTM)

Année universitaire 2009/2010

## Remerciements

- **A Mr. Yann THEPOT (Directeur d'exploitation de la STEP)**

Je voudrais tout d'abord exprimer ma profonde reconnaissance à vous Monsieur, sans exagération, ce modeste travail n'aurais jamais être fait sans vos conseils et vos commentaires précieux qui m'ont permis de surmonter mes difficultés et de progresser dans mon stage.

- **A M<sup>lle</sup>. Yamina BOURGEOINI (Professeur FST)**

Je voudrais également exprimer mes remerciements sincères à vous M<sup>lle</sup> qui par votre expérience et votre enthousiasme m'avez donné beaucoup de propositions, de conseils, de remarques tout au long de ce projet.

- **A Mr. Blaid BOUGADIR (Chef de formation)**

Je vous remercie Monsieur pour l'intérêt que vous nous donnez pendant ces années, pour vos conseils et pour que vous êtes le chef de notre formation.

- **Aux Membres de Jury**

Pour avoir accepté de juger mon travail, je vous remercie infiniment.

- **A Mr. Rachid BARAKAT (ABHT)**

Je vous remercie sincèrement Monsieur pour vos explications, sans vous je n'aurais jamais compris les ressources en eau au BTH.

- **A Mr. Benoit WATUALET (Ing. processus de la STEP), Mme. Roqia BAHJOU (Ing. RADEEMA), Mr. Philippe BEISS (Ing. SGI consulting)**

Je vous remercie également mes ingénieurs pour l'aide et les conseils concernant les missions évoquées dans ce rapport, que vous m'avez apporté lors des différents suivis.

- **A Mr. Mohamed SAADI (Ing. Environnement)**

Je tiens à te remercie chaleureusement pour ton aide, et pour ton effort pour me bien expliquer le process de la STEP.

- **A M<sup>lle</sup>. Sofia JAOUAD (Stage génie électrique)**

Un remerciement tout particulier à toi « Lala Om Hani » pour ton aide et ton soutien.

- Je remercie les enseignants et personnel du département des Sciences de la Terre, FSTM, pour leur suivi et encouragement pour mener à bien notre formation.

- **Au personnel de la STEP-Marrakech**

Je tiens à remercier tout particulièrement et à témoigner toute ma reconnaissance aux équipes de maintenance et d'exploitation, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elles m'ont fait vivre durant ces deux mois au sein de la STEP :

Adil HIDAR, Hassan ZROURA, Sanae MORSLI, Hakima HARACHE, Mustapha BENHAMMADI, Radouane BOUANANI, Hicham BEN SALIH, My Ahmed AMAKRANE, Karima BEN AZZOUZ.

## Dédicace

- **A mes chers parents**

Je dédie ce modeste travail à vous « abi et mamaya », sans vous, sans vos soutiens et vos conseils précieux je n'aurais jamais être là maintenant.

Merci beaucoup mes parents (je vous aime beaucoup).

- **A ma famille**

En particulier mes sœurs Loubna, halima, mon frère M'hamed, mon neveu Ayoub.

Egalement à toute la famille El horre et Abourial.

- **A tous mes amis(es)**

Najat, Safia, Sofia, Youssef, Hicham, Wiame, Souad, Yasser, Hamza et Siham.

- **A la petite famille Saadi**

Une dédicace toute spéciale à « khalti Rachida, Najoua, et Hamza ».

Merci beaucoup.....

- **A Mohamed**

Je te dédie de tout mon cœur ce modeste travail, je ne trouve pas de mots pour te remercier simohamed.

## Sommaire

<b>Sommaire .....</b>	<b>5</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>8</b>
<b>Liste des figures .....</b>	<b>9</b>
<b>Abréviations .....</b>	<b>10</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>11</b>
<b>CHAPITRE 1 : Généralités sur le BTH.....</b>	<b>12</b>
1. Situation géographique du bassin Tensift el Haouz.....	13
2. Situation géologique du bassin Tensift el Haouz.....	13
2.1. Haut Atlas .....	13
2.2. Jbilet.....	14
2.3. Plateau des Mouissates .....	14
2.4. Bassin d'Essaouira-Chichaoua .....	14
2.5. Plaine de Haouz .....	14
3. Climatologie du bassin Tensift el Haouz.....	14
4. Démographie du bassin Tensift el Haouz .....	15
5. Ressources en eau souterraines.....	16
5.1. Etat actuel de l'aménagement des ressources en eau souterraine .....	17
5.1.1. Mobilisation des eaux souterraines .....	17
6. Ressources en eau de surface .....	18
7. Autre ressource en eau .....	19
8. Qualité des eaux :.....	19
8.1. Qualité des ressources en eau souterraines .....	19
8.2. Qualité des eaux de surface .....	20
9. Conclusion .....	21
<b>CHAPITRE 2 : Usage de l'Eau et Rejets vers les Collecteurs d'Assainissement à Marrakech</b> .....	<b>22</b>

1. Usages de l'Eau.....	23
1.1. Eau potable et industriel .....	23
1.2. Irrigation .....	24
2. Rejets des eaux usées.....	25
2.1. Description du système d'assainissement existant à Marrakech .....	25
2.1.1. Généralités .....	25
2.1.2. Description du réseau par collecteur et état du réseau existant.....	25
2.1.3. Description du réseau d'assainissement liquide de la ville de Marrakech par bassin versant (Fig.9):.....	27
<b>CHAPITRE 3 : Problématiques de l'Eau et de l'assainissement à Marrakech .....</b>	<b>31</b>
1. Problématique Environnemental de L'eau.....	32
1.1. Aspect réglementaire .....	32
1.1.1. Rejet des eaux usées dans le milieu naturel .....	33
1.1.1. Réutilisation des eaux épurées.....	33
1.1.2. Eaux destinées à l'irrigation .....	33
1.2. Aspect socio-économique .....	35
1.2.1. Besoins en Eau à Marrakech .....	35
1.2.1.1. Eau potable et industrielle .....	35
1.2.1.2. Eau d'irrigation .....	36
1.2.1.3. Développement Touristique .....	37
1.3. Aspect environnemental .....	38
1.3.1. Risque environnemental .....	38
2. Problématiques d'assainissement à Marrakech .....	41
2.1.1. Problématique du réseau d'assainissement de la ville de Marrakech.....	41
<b>CHAPITRE 4 : Présentation et Impact du projet sur l'Environnement .....</b>	<b>44</b>
1. Origine de projet .....	45
2. Présentation du projet .....	46
2.1. Restructuration du réseau d'assainissement .....	46

2.2.	Présentation de la station d'épuration des eaux usées (STEP) .....	47
2.2.2.	Capacité de la STEP.....	47
2.2.3.	Organisation de la STEP.....	48
2.2.4.	Objectifs de la station d'épuration des eaux usées (la STEP).....	50
2.3.	Description de la station :.....	50
2.3.1.	Première phase.....	50
2.3.1.1.	Ligne eau .....	50
a)	Prétraitement.....	51
b)	Traitement primaire .....	54
2.3.1.2.	Ligne boue .....	57
a)	Epaississeurs.....	57
b)	Digesteurs.....	59
c)	Stockeur.....	61
d)	Déshydratation.....	63
2.3.1.3.	Ligne biogaz :.....	64
a)	Digesteur anaérobie .....	64
b)	Désulfuration .....	64
c)	Cogénération.....	66
e)	Torchère .....	66
f)	Poste toutes eaux.....	67
g)	Suivi de la station.....	67
h)	Annexes .....	67
2.3.2.	Aperçu sur la deuxième phase .....	68
3.	Impact du projet sur l'environnement.....	69
3.1.	La valorisation de la STEP .....	69
3.2.	Les problématiques de la STEP.....	70
	<b>Conclusion .....</b>	<b>71</b>
	<b>ANNEXES.....</b>	<b>74</b>
	Annexe 1 : Figures & Tableaux.....	74
	Annexe 2 : Album Photo.....	77

**Bibliographie** ..... 73

## Liste des tableaux

Tableau 1: Evolution démographique du BTH..... 15  
Tableau 2. La distribution des ressources en eau souterraines selon les nappes (\*) ..... 18  
Tableau 3: La qualité des ressources en eau souterraines(\*) ..... 20  
Tableau 4: La qualité des ressources en eau de surface (\*\*)..... 21  
Tableau 5: Les valeurs limites spécifiques des rejets domestiques [2]..... 33  
Tableau 6: Des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation [3]..... 34  
Tableau 7: Caractéristiques du réseau de puits ..... 38  
Tableau 8: Grille de qualité des eaux destinées à la production d'eau potable par traitement physique simple et désinfection, pour les paramètres biologiques (\*\*)..... 39  
Tableau 9: Evolution de la qualité des eaux de l'Oued Tensift à l'aval de Marrakech ..... 39  
Tableau 10: Les différents chiffres clefs sur la capacité d'admission de la station [4] ..... 48  
Tableau 11 : Performances de la STEP ..... 69  
Tableau 12: Comparaison entre l'étude de la RADEEMA et la réalité ..... 70

## Liste des figures

Figure 1: situation géographique du bassin Tensift El Haouz [1] .....	13
Figure 2: La pluviométrie moyenne inter saisonnière du bassin Tensift El Haouz [1] .....	15
Figure 3: La diminution du niveau de la nappe el Haouz(*) .....	16
Figure 4: Le bilan hydrique des ressources en eau souterraines(*) .....	17
Figure 5: Les proportions d'utilisations des eaux à Marrakech (*) .....	23
Figure 6: Les différentes eaux utilisées à AEP à Marrakech (*) .....	24
Figure 7: Les différentes eaux utilisées à l'irrigation de Marrakech (*) .....	24
Figure 8: Ossature du réseau d'assainissement de Marrakech (RADEEMA, 2007) .....	26
Figure 9: Délimitation des bassins versants (RADEEMA, 2007) .....	30
Figure 10: Les rôles de l'Agence du Bassin .....	32
Figure 11: Demande en eau potable et industrielle à l'horizon 2020 (*) .....	36
Figure 12: Evolution de la superficie irriguée en ha (*) .....	37
Figure 13: Evolution de la demande en eau d'irrigation en Mm3 (*) .....	37
Figure 14: L'examen du projet .....	46
Figure 15: Déversement des eaux brutes dans l'oued Tensift .....	46
Figure 16: Carte de localisation de la STEP (**) .....	47
Figure 17: Vue général de la STEP .....	49
Figure 18: Chaîne de traitement des eaux .....	51
Figure 19: Le volume de l'eau brute et la quantité de la MES entrantes à la STEP (le mois Avril) .....	53
Figure 20: La quantité de la DBO et la DCO dans l'eau brute mg/l (le mois Avril) .....	53
Figure 21: Coupe longitudinal d'un décanteur primaire .....	55
Figure 22: Volume de l'eau traitée et quantité de la MES (le mois Avril) .....	56
Figure 23: La quantité de la DBO et la DCO dans l'eau traitée mg/l (le mois Avril) .....	57
Figure 24: Chaîne de traitement des boues .....	57
<b>Figure 25: Coupe longitudinal d'un épaisseur gravitaire .....</b>	<b>58</b>
Figure 26: Coupe longitudinal d'un digesteur anaérobie .....	60
Figure 27: Schéma explicative du processus de la digestion anaérobie .....	61
Figure 28: Coupe longitudinal du Stockeur .....	62
Figure 29: Coupe longitudinal d'un Superpress .....	63
Figure 30: Chaîne de la ligne biogaz .....	64
Figure 31: Désulfuration .....	65
Figure 32: Cogénération .....	66
Figure 33: la STEP de Marrakech (tranche 1 et 2) .....	68

## Abréviations

ABHT	: Agence du Bassin Tensift El Haouz.
AEP	: Alimentation en Eau Potable.
AGV	: Acide Gras Volatile.
BTH	: Bassin Hydraulique du Tensift.
CF	: Coliforme Fécaux.
DBO	: Demande Biochimique en Oxygène.
DCO	: Demande Chimique en Oxygène.
DRHT	: Dahlgren Railroad Heritage Trail
LPEE	: Laboratoire Public d'Essais et d'Etude.
MES	: Matière En Suspension.
NTK	: Azote Kjeldah.
ONEP	: Office National de l'Eau Potable.
PT	: Phosphore Total.
RADEEMA	: Régie Autonome de Distribution de l'Eau et d'Electricité de Marrakech.
STEP	: Station d'Epuration des Eaux Usées.

## Introduction

Marrakech est une grande agglomération à croissance démographique, économique et touristique quasi exponentielle ; mais elle rencontre plusieurs problèmes de nature environnementaux, socio-économiques et techniques.

Parmi ces problèmes, il y a les risques environnementaux, les risques sanitaires, les problèmes réglementaires, les problèmes d'assainissement, etc.

Pour cela, la RADEEMA a pensé de trouver une solution, le projet d'assainissement est la meilleure solution, visant à épurer la totalité des eaux usées de Marrakech et qui, outre de la préservation de milieu écologique, aura d'autre avantages à savoir garantir un volume d'eau épurée de 30 Mm<sup>3</sup>/an (capacité d'un barrage moyen) pouvant servir dans l'irrigation des cultures non maraichère (les 13 golfs de la ville en l'occurrence).

Le présent rapport étudiera ces différents aspects selon le plan suivant :

- Généralités sur le Bassin Tensift El Haouz.
- Usages de l'eau et collecteurs vers les rejets d'assainissement à Marrakech.
- Problématiques de l'eau à Marrakech.
- Présentation et description du projet.
- Impact du projet sur l'environnement.

## **CHAPITRE 1 : Généralités sur le BTH**

---

<sup>1</sup> Ce chapitre est extrait d'une thèse de doctorat de S. Riad, ABHT et la RADEEMA.

## Environnement Géographique, Démographique et Climatologique du BTH

### 1. Situation géographique du bassin Tensift el Haouz

Depuis sa source à *RAS EL AIN* jusqu'à son embouchure à *AZEMMOUR*, l'oued Tensift draine un bassin versant d'une superficie de 18 500 km<sup>2</sup>.

L'oued Tensift côtoie au Nord-est la province d'*el Kelâat Srghana*, à l'Est celle d'*AZILAL*, au Sud-est celle d'*Ouarzazate*, au Sud-ouest les provinces d'*Essaouira* et au Nord-Ouest celle de *Safi*. Il se déverse dans l'Océan Atlantique (**Fig.1**).

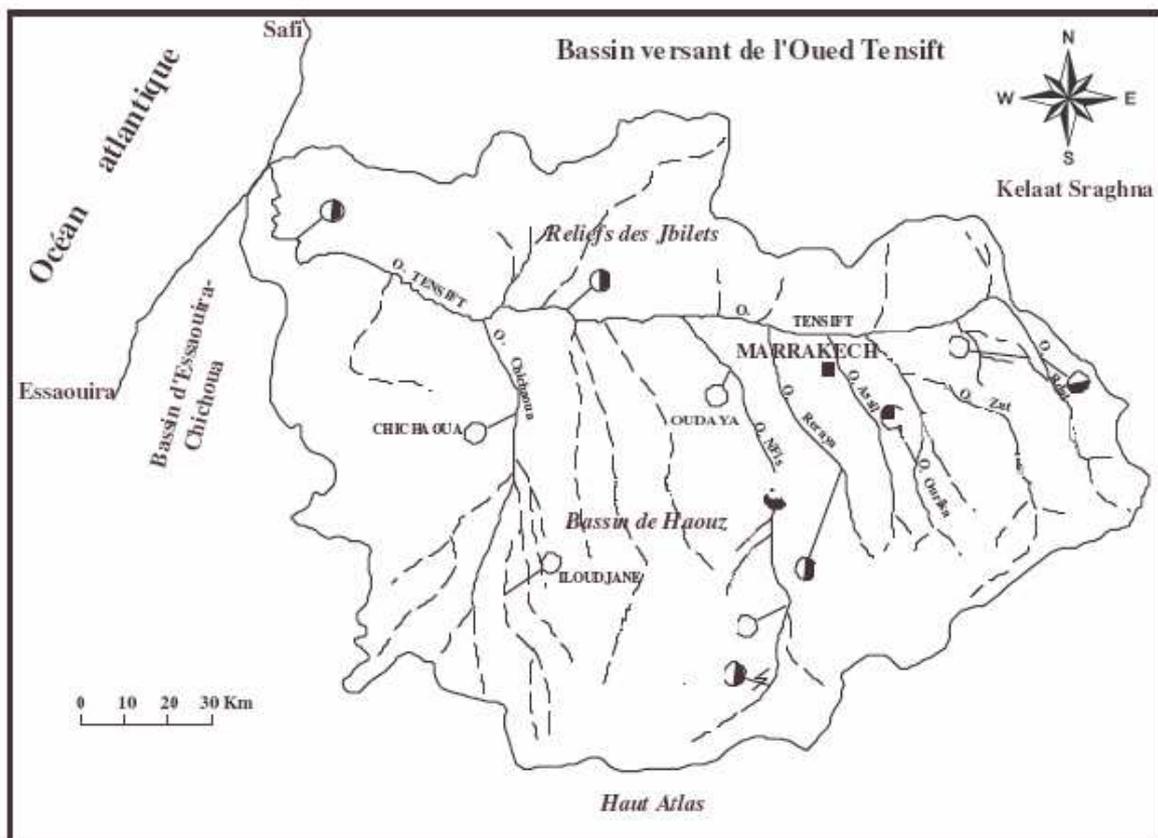


Figure 1: situation géographique du bassin Tensift El Haouz [1]

[1] : (S., RIAD, 2003)

### 2. Situation géologique du bassin Tensift el Haouz

Le bassin versant de l'Oued Tensift montre une lithologie très diversifiée :

#### 2.1. Haut Atlas

Les affleurements lithologiques sont dominés par les faciès suivants :

Des roches éruptives et métamorphiques précambriennes notamment les granites, diorites, dolérites, andésites et rhyolites, des schistes primaires, des formations secondaires fortement colorés en rouge et largement dominés par des calcaires, des grés, des marnes et des argiles.

## **2.2. Jbilets**

Les schistes sont largement répandus dans les Jbilets avec des faciès et des couleurs très variés. Distinguant des schistes sombres souvent lités, des schistes argileux et des schistes gréseux avec des bancs épais de grés ou de quartzites, par ailleurs, d'autres formations moins étendues peuvent être distinguées notamment des conglomérats, des affleurements calcaires et siliceux, des roches éruptives comme les granites et les gabbros précambriens.

## **2.3. Plateau des Mouissates**

Il est dominé dans une large mesure par des roches carbonatées du Jurassique.

## **2.4. Bassin d'Essaouira-Chichaoua**

Seul le secteur nord de cet ensemble géomorphologique appartient au bassin versant de l'oued Tensift.

Les affleurements rocheux sont dominés par des calcaires du Jurassique et du Crétacé, des couches phosphatés marneuses et marno-calcaires du Tertiaire, et enfin un Quaternaire localement enclavé dans les cuvettes synclinales ou bordant le lit actuel de l'oued Tensift sous forme de terrasses caillouteuses ou sablo-limoneuses.

## **2.5. Plaine de Haouz**

Elle est caractérisée par une topographie plane et monotone s'étendant sur une largeur de 150 km d'Est en Ouest, le socle primaire schisteux est recouvert par des formations secondaires et tertiaires variées, notamment des grés rouges du Permo-Trias ainsi que des calcaires, des marnes et des grés du Crétacé et de l'Eocène. Le remplissage Quaternaire est assuré par des épandages alluviaux caillouteux, limoneux ou sableux, dont les plus anciens sont surmontés d'une carapace calcaire.

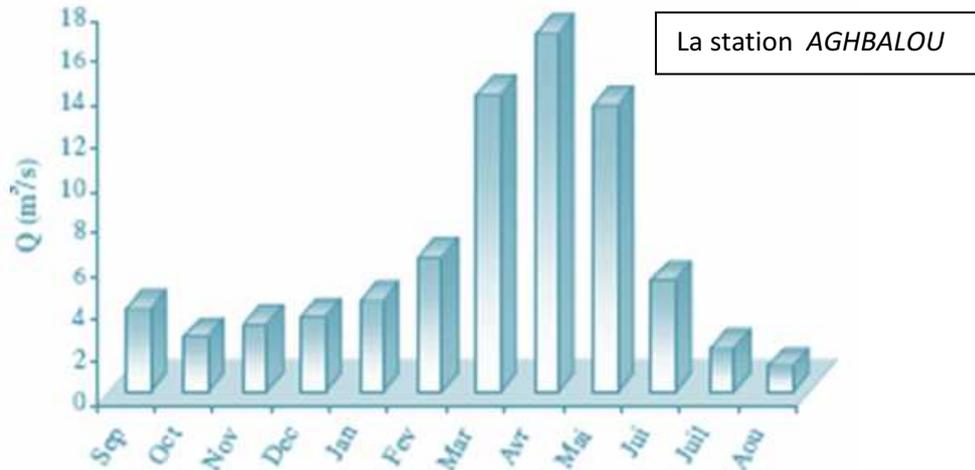
## **3. Climatologie du bassin Tensift el Haouz**

Le régime climatique du bassin versant de l'oued Tensift est caractérisé par une grande aridité dont l'intensité est conditionnée essentiellement par l'altitude et en une moindre mesure par la continentalité.

Par ailleurs le contraste saisonnier est très bien marqué, les pluies qui sont souvent concentrées durant la période automnale et hivernale sont irrégulières, intenses et violentes, le reste de l'année, la sécheresse prend une ampleur considérable surtout dans les zones de plaine où la température et l'évaporation sont élevées.

La climatologie est donc caractérisée par :

- ❖ Un climat semi-aride de type continental, les amplitudes thermiques sont assez importantes entre l'hiver et l'été : **45°C** comme température maximale et **5°C** comme température minimale.
- ❖ Une faible pluviométrie moyenne allant de **250** à **350** mm/an avec des variations interannuelles et inter saisonnière importantes (**Fig.2**).



**Figure 2: La pluviométrie moyenne inter saisonnière du bassin Tensift El Haouz [1]**

[1] : (S., RIAD, 2003)

Cette figure montre l'amplitude pluviométrique du bassin Tensift el Haouz au niveau de la station de mesure *AGHBALOU*.

#### 4. Démographie du bassin Tensift el Haouz

En 1994, la population de cette région était **2 724 204** habitants soit 10% de la population nationale, avec une densité démographique de 85 habitants par km<sup>2</sup> contre 36,6 d'habitants par km<sup>2</sup> pour l'ensemble du pays. Son milieu rural qui renferme 14% de la population rurale du royaume compte 2700 douars (selon le dernier recensement 2007)

**Tableau 1: Evolution démographique du BTH**

<u>1994</u>	<u>2004</u>	<u>2007<sup>(*)</sup></u>
2 724 204	3 102 652	3 210 994

(\*) :1994, 2004 : Recensement officiel ; 2007 : calculation

Source : ABHT

## 5. Ressources en eau souterraines

Les réservoirs dans lesquelles s'accumulent ou transitent les eaux pluviales infiltrés sont d'inégale importance et leur répartition géographique dans la quasi analogue à celle des eaux de surface. Parmi les grandes unités, on distingue:

- Au pied de l'Atlas, le Haouz qui forme une vaste dépression comblée par les produits de démantèlement de la chaîne atlasique, renferme la nappe la plus productive de la région, mais également la plus exploitée ; elle s'étend sur une superficie de 6000 km<sup>2</sup>, sa largeur moyenne étant de l'ordre de 40 km.

La recharge de la nappe se fait principalement par infiltration des eaux d'irrigation et des eaux de crue des oueds atlasique traversant la plaine. L'écoulement général de la nappe se fait du Sud vers le Nord, pour être finalement drainé par l'Oued Tensift.

Le développement hydro-agricole que connaît la plaine du Haouz et l'exploitation intensive des eaux souterraines qui s'ensuivent, conjugués aux effets de la sécheresse qui sévit sur la zone depuis les années 1970, ont engendré une baisse du niveau de la nappe, l'analyse détaillée des niveaux piézométriques durant les vingt dernières années permet de faire les constatations essentielles suivantes (**Fig.3**):



Figure 3. La diminution du niveau de la nappe el Haouz(\*)

(\*) : ABHT

- Plus au nord au-delà des Jbilet, la Bahira renferme une nappe d'eau dont l'exploitation de plus en plus intense a favorisé le développement de la zone particulièrement aride de *Ben Guérir*, elle s'étend sur une superficie de 5000 km<sup>2</sup>.
- Le bassin d'*Essaouira* comporte plusieurs niveaux aquifères dont l'importance varié en fonction de la nature géologique et de l'extension de leur impluvium, elle s'étend sur une superficie de 6000 km<sup>2</sup>.

- Les plaines des *Aba* et *Sahel de Safi* comportent un aquifère de 1000 km<sup>2</sup>, qui se développe tout de long du littoral et dont les potentialités représentent un grand intérêt économique pour la zone, les principales unités hydrogéologiques de la plaine sont constituées de formations Plio-Quaternaires et éo-crétacées.

### 5.1. Etat actuel de l'aménagement des ressources en eau souterraine

La zone du plan dispose d'importantes ressources en eau souterraines exploitées depuis des siècles pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable par des khetaras et des puits. En plus de la satisfaction de la demande en eau potable, l'exploitation des nappes souterraines par des puits et forages modernes a permis un important développement hydro-agricole dans les différentes zones du plan.

Ainsi, les superficies irriguées à partir des eaux souterraines sont actuellement évaluées à près de 80.295 ha. Les principaux prélèvements de ressources en eau souterraine sont évalués à près de 610 Mm<sup>3</sup> par an (**Fig.4**). Le développement des prélèvements d'eau dans la nappe du Haouz a engendré un important déficit moyen du bilan de la nappe sur la période 1972-1993, évalué à près de 165Mm<sup>3</sup>/ an.

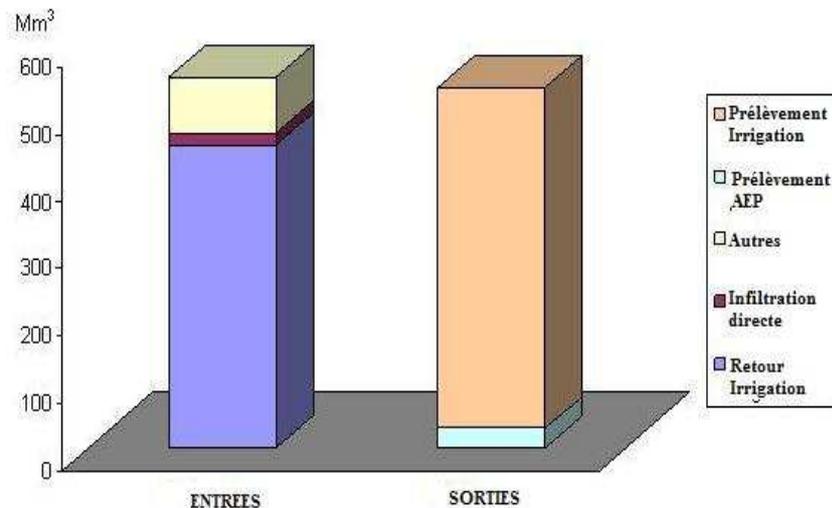


Figure 4. Le bilan hydrique des ressources en eau souterraines(\*)

### Mobilisation des eaux souterraines

Le potentiel des ressources en eau souterraines utilisable de la zone du plan est évalué à près de 558 Mm<sup>3</sup>/an, alors que 618,5 Mm<sup>3</sup>/an sont actuellement prélevés, pour la production d'eau potable (65 Mm<sup>3</sup>) et pour l'irrigation (553,5 Mm<sup>3</sup>), distribuée sur 4 nappes comme suit :

**Tableau 2. La distribution des ressources en eau souterraines selon les nappes (\*)**

Nappe	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Ressources renouvelables (Mm <sup>3</sup> /an)	Prélèvements actuels (Mm <sup>3</sup> /an)	Ressources supplémentaires exploitables (Mm <sup>3</sup> /an)
Nappe du Haouz	6.000	238	395	-
Nappe de la Bahira	5.000	56	56	-
Nappe Mejjate	1.000	92,5	64,5	7
Nappe d'Essaouira kourimate	6.000	64,5	15	15,5
Autres	-	35	45	-
Total	18.000	558	618,5	36,5

(\*) : ABHT

## 6. Ressources en eau de surface

Les ressources en eau de surface sont très irrégulières et inégalement réparties. Le Haut Atlas constitue le château d'eau des écoulements de surface, puisque les oueds les plus importants y prennent naissance, alors que la plaine est une zone de transition et d'utilisation de l'eau. Les ruissellements à caractère torrentiel, qui se produisent suite aux orages ou aux précipitations intenses, sont collectés par le réseau hydrographique du Tensift qui les évacue vers l'Océan. La région peut être décomposée en trois zones, dotées de ressources en eau de surface inégalement réparties :

- la sous zone du cours amont de l'oued Tensift et ses affluents de la rive gauche qui constituent la partie hydrologique active du bassin, sur une superficie de 11.900 km<sup>2</sup>.
- la zone du bas Tensift qui englobe le cours aval de l'oued Tensift et le bassin de l'oued *Chichaoua* sur une superficie de 7.900 km<sup>2</sup> et dont l'activité hydrologique est très variable.
- la zone de *Ksob-Igouzoulen*, elle est composée des bassins côtiers atlantiques du *Ksob-d'Igouzoulen* et s'étend sur une superficie de l'ordre de 5.000 km<sup>2</sup>.

Sur la période 1970-2002 les apports moyens annuels, drainés par les différents oueds des bassins du Tensift et du *Ksob - Igouzoulen* sont évalués à près de 816 Mm<sup>3</sup> (767.8 Mm<sup>3</sup> pour

le Tensift et  $48.2 \text{ Mm}^3$  pour le *Ksob - Igouzoulen*). Ces apports varient entre un minimum de l'ordre de  $76 \text{ Mm}^3$  et un maximum de l'ordre de  $2690 \text{ Mm}^3$ .

Ces apports moyens annuels présentent une baisse moyenne de 6% par rapport aux apports moyens annuels calculés sur la période 1935-2002.

En outre, la région bénéficie d'un transfert d'eau à partir du bassin de l'*Oum Er Rbia*, via le canal de Rocade de  $300 \text{ Mm}^3$  en année moyenne, destinés à l'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech et à l'irrigation dans le Haouz Central. Ainsi, le potentiel en eau de surface disponible pour la région du Tensift et du *Ksob-Igouzoulen* s'élève en année moyenne à près de  $1\ 116 \text{ Mm}^3$ .

### 6.1. Mobilisation des ressources en eau de surface

Globalement les eaux de surface mobilisées dans le bassin sont estimées en année moyenne à près de  $520 \text{ Mm}^3$  dont  $85 \text{ Mm}^3$  par le barrage *Lalla Takerkoust*,  $2,4 \text{ Mm}^3$  par les petits barrages et  $433 \text{ Mm}^3$  par le réseau de séguias traditionnelles (prélèvements au fil de l'eau).

En outre, le bassin bénéficie d'un volume annuel de l'ordre de  $300 \text{ Mm}^3$  transféré à partir du bassin versant de l'Oum-Er-Rbia via le Canal de Rocade :  $260 \text{ Mm}^3$  sont destinés à l'irrigation et  $40 \text{ Mm}^3$  à l'alimentation en eau potable et industrielle de la ville de Marrakech.

## 7. Autre ressource en eau

La ville de Marrakech offre des potentialités en eaux usées qui pourraient être utilement réutilisées en irrigation. Ces potentialités sont estimées à  $45 \text{ Mm}^3$  à l'horizon 2020 dont  $10 \text{ Mm}^3$  sont actuellement utilisés dans les champs d'épandage dont la superficie est de l'ordre de 1500 ha. Le reste de ce potentiel ( $35 \text{ Mm}^3$ ) pourrait être réutilisé pour l'irrigation.

## 8. Qualité des eaux :

### 8.1. Qualité des ressources en eau souterraines

La plupart des nappes d'eau souterraine des bassins de la zone du plan présentent une eau de qualité moyenne à bonne sauf dans les secteurs contaminés par eaux usées ou affectées par la nature chimique des formations aquifères. A l'échelle du bassin, on distingue selon la qualité de l'eau (**tableau.3**) :

- . Les nappes présentent une eau de bonne qualité, aptes à tous les usages sans contrainte majeure : ce sont celle de *Meskala-Akermoud*, du Mejjate et du Haouz, à l'exception des secteurs de bordure de l'Oued Tensift, au voisinage de Marrakech et au Nord de l'Oued *R'Dat*.
- . Les nappes présentent une qualité moyenne à mauvaise : ce sont celles du Bas Tensift de la Bahira, du synclinal d'Essaouira, des Abda-Doukkala et de Sahel de Safi.

. Les zones où les eaux sont de très mauvaise qualité chimique se limitent à certains secteurs de la nappe phréatique de la Bahira, où les teneurs en nitrates sont élevées et où la salinité des eaux dépasse 5g /l, et à des secteurs la nappe du Haouz à l'aval de la ville de Marrakech.

**Tableau 3: La qualité des ressources en eau souterraines(\*)**

Nappe	Appréciation de la qualité de l'eau
Haouz	Eaux de bonne qualité aptes à tous les usages sauf le long de l'oued Tensift entre le point de confluence de l'oued R'date et l'aval de la ville de Marrakech
Bahira	Eau de qualité moyenne à mauvaise
Essaouira	Eau de qualité moyenne à mauvaise
Abda-Doukala	Eau de qualité moyenne à mauvaise

(\*) : ABHT

## 8.2. Qualité des eaux de surface

L'appréciation de la qualité des eaux de surface sur la base des paramètres mesurés au niveau du réseau de suivi de la qualité des eaux entre 1990 et 2002, fait ressortir que :

- La qualité des eaux des affluents de la rive gauche de l'oued Tensift est généralement bonne, excepté au niveau des tronçons des oueds suivants :
  - Oued Immintanout à l'aval des rejets du centre d'Imintanout.
  - Oued R'dat à l'aval des rejets du centre de Sidi Rahal.
  - Oued Amezmiz à l'aval des rejets du centre d'Amezmiz.
  - Oued Chichaoua à l'aval des rejets du centre de Chichaoua.
- La qualité des eaux de l'oued Tensift est moyenne à mauvaise en raison d'une forte minéralisation et de la pollution organique et bactériologique importante à l'aval des rejets urbains de la ville de Marrakech.
- Les eaux des oueds atlantiques ( Ksob et Igouzoulen) sont globalement de bonne qualité, malgré les teneurs élevées en matières organiques enregistrées en 2001 et en 2002 au niveau des stations Zelten et Igrounzar.
- Les eaux de la retenue du barrage LALLA TAKERKOUST présentent une salinité faible et reste inférieure à 550 mg/l, des teneurs en oxygène dissous supérieures à 8 mg/l et des teneurs en « chlorophyle a » de l'ordre de 6µg/l. Néanmoins, la retenue

connaît des productions algales importantes en automne, ce qui permet de classer cette retenue comme mésotrophe (**tableau.4**).

**Tableau 4: La qualité des ressources en eau de surface (\*\*)**

Oued	Qualité des eaux
Oued N'Fis	Eaux de qualité bonne à moyenne aptes à tous les usages avec un traitement normal pour l'AEP
Oued Zat	Eaux de qualité bonne à moyenne aptes à tous les usages avec un traitement normal pour l'AEP
Oued R'Dat	Eaux de qualité moyenne, une salinité élevée enregistrée au niveau de la station Sidi Rahal et aval Sidi Rahal
Oued Rheraya (Tahanout)	Eaux de qualité bonne à moyenne (problème de salinité)
Oued Ourika	Eaux de qualité bonne à moyenne, aptes à tous les usages avec traitement normal pour l'AEP
Cours moyens et bas Tensift (Talmest et Abdalla)	Eaux fortement polluées
Ksob et Oued côtiers	Eaux de qualité bonne à moyenne aptes à tous les usages avec un traitement normal pour l'AEP

(\*\*): RADEEMA

## 9. Conclusion

Tous ces ressources en eau, soit souterraines soit superficielles sont utilisées dans différents domaines selon les besoins. Afin de les utiliser, ils sont rejetés soit directement vers le milieu naturel (le cas du milieu rural), soit vers un collecteur de réseau d'assainissement existant dans les villes, exemple : le cas de la ville de Marrakech.

**CHAPITRE 2 : Usage de l'Eau et Rejets vers les Collecteurs  
d'Assainissement à Marrakech**

## Usage de l'Eau et Rejets vers les Collecteurs d'Assainissement à Marrakech

### 1. Usages de l'Eau

Les eaux de Marrakech sont utilisées dans trois domaines essentiels (Fig.5.) :

- L'irrigation.
- L'AEP
- L'Industrie

La figure ci-dessous donne une idée sur les proportions respectives :

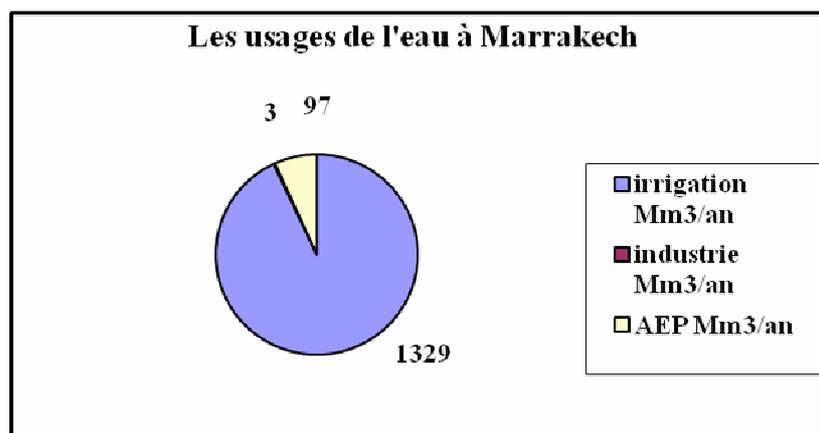


Figure 5: Les proportions d'utilisations des eaux à Marrakech (\*)

#### 1.1. Eau potable et industriel

Les prélèvements actuels pour l'alimentation en eau potable et industrielle des agglomérations de Marrakech sont évalués à près de 97 Mm<sup>3</sup>/an. Les eaux souterraines jouent un rôle stratégique par leur contribution qui s'élève à 44%.

En milieu urbain, l'essentiel des besoins est concentré avec 60 Mm<sup>3</sup>/an.

La ville de Marrakech dispose de deux ressources pour son approvisionnement en eau potable (Fig.6.):

- ✓ 87% à partir du Canal de Rcade : les eaux superficielles jouent un rôle très important pour l'agglomération de Marrakech.

- ✓ 13% du champ captant des forages de l'ONEP.

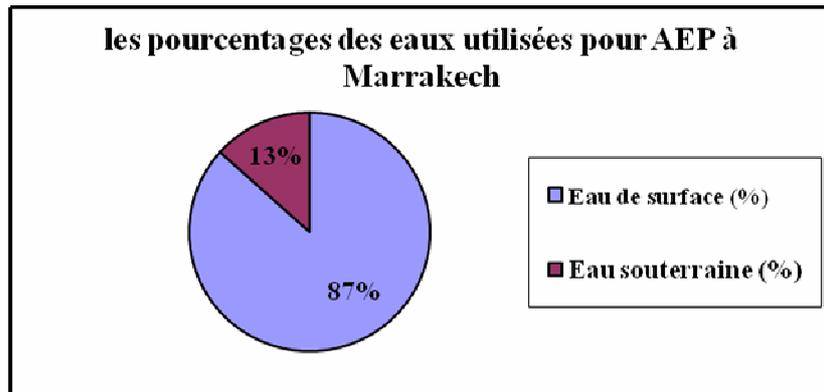


Figure 6: Les différentes eaux utilisées à AEP à Marrakech (\*)

En milieu rural, le taux d'accès à l'eau potable est de 90% au niveau de la préfecture de Marrakech. La satisfaction de ces besoins est assurée par les eaux souterraines avec un prélèvement global de  $25 \text{ Mm}^3$  /an.

Concernant les industries isolées, la mine de Guemassa prélève un volume de l'ordre de  $3 \text{ Mm}^3$  /an à partir de la retenue du barrage Lala Takerkoust (**Tableau.4A**).

## 1.2. Irrigation

La superficie totale irriguée à Marrakech s'élève à près de 204 766 ha avec des besoins en eau évalués à  $1\,329 \text{ Mm}^3$ /an dont  $373 \text{ Mm}^3$  au profit de la grande hydraulique et  $956 \text{ Mm}^3$  pour les périmètres de petite et moyenne hydraulique (**Fig.7**).

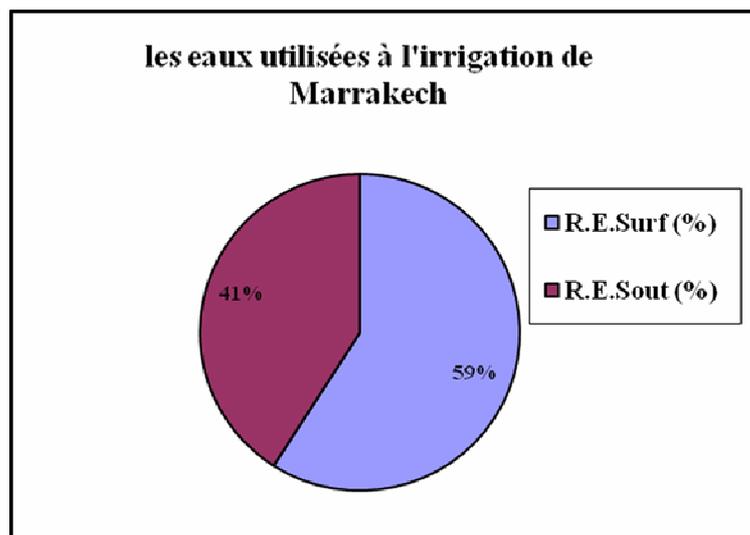


Figure 7: Les différentes eaux utilisées à l'irrigation de Marrakech (\*)

(\*) : ABHT

## 2. Rejets des eaux usées

### 2.1. Description du système d'assainissement existant à Marrakech

#### Généralités

La surface de la zone assainie est d'environ **12 360 ha** avec un taux de desserte de **82%**.

La ville de Marrakech est dotée d'un réseau d'assainissement collectif de deux types : unitaires et pseudo-séparatifs. Le mode pseudo-séparatif est adopté dans la zone industrielle Sidi Ghanem, la zone M'hamid et les zones équipés après 1998. Le taux de raccordement unitaires de la population au réseau d'assainissement en 2006 est de 86%. Le linéaire total du réseau d'assainissement existant en 2006 s'élève à environ **1 494 km** de diamètre variant de 200 mm à 2 000 mm pour les sections circulaires et de T100 à T280 pour les ovoïdes.

Les zones desservies par le réseau d'assainissement liquide de la ville de Marrakech sont :

- ↪ **Arrondissement Médina** : ce secteur comprend près du cinquième de la population totale de l'agglomération.
- ↪ **Arrondissement Sidi Youssef Ben Ali** : présente un tissu urbain dense et peu structuré, avec un poids de population important.
- ↪ **Arrondissement Ménara**
- ↪ **Arrondissement Guéliz**
- ↪ **Arrondissement Annakhil**
- ↪ **Municipalité Mechouar Al Kasbah**

#### Description du réseau par collecteur et état du réseau existant

Le type de collecteur existant est en général unitaire sauf pour la zone industrielle Sidi Ghanem où les collecteurs sont pseudo-unitaires (**Fig.8**). Tous ces collecteurs mènent au point de rejet qu'on l'appelle le milieu récepteur c'est l'Oued Tensift.

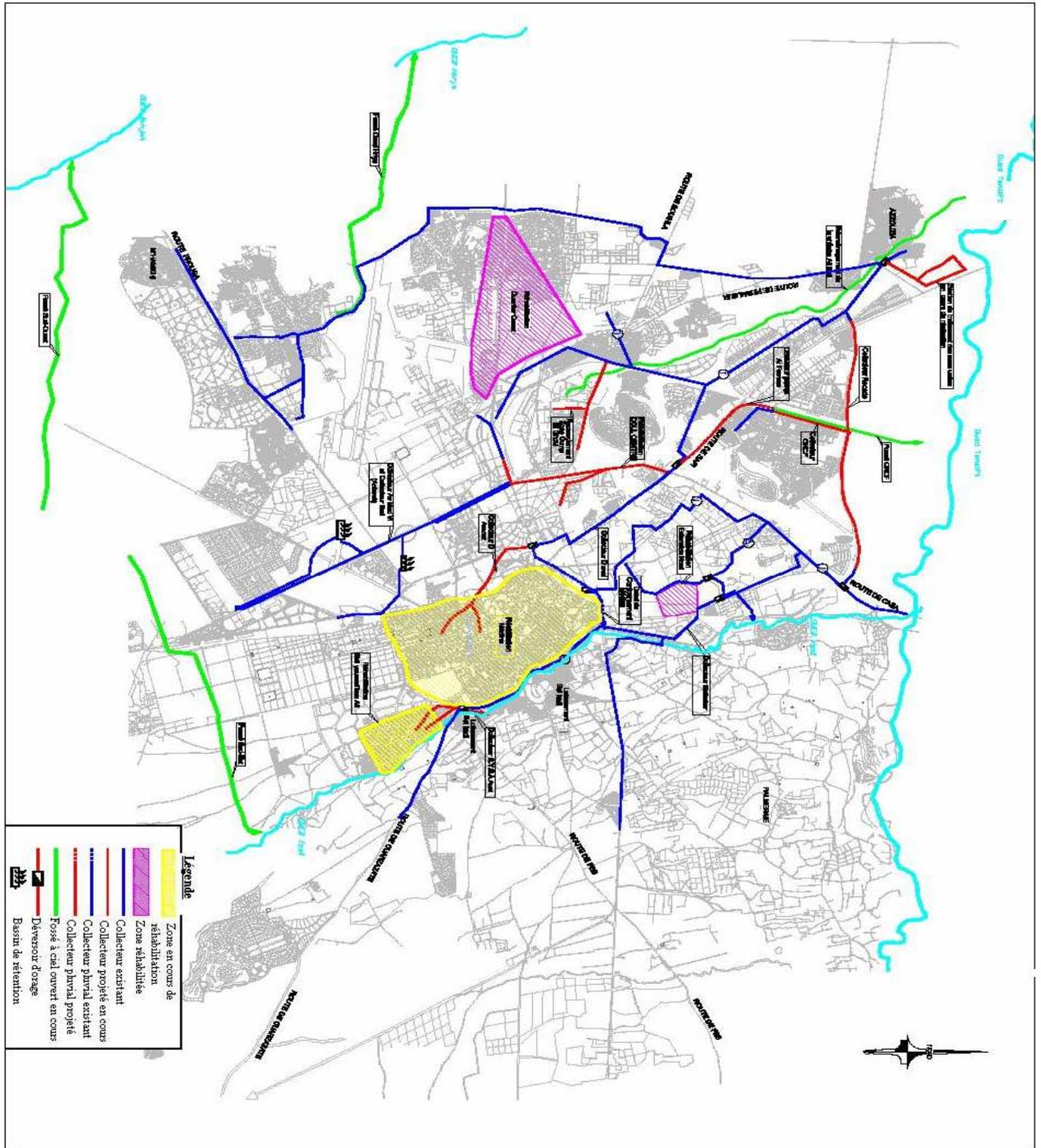


Figure 8: Ossature du réseau d'assainissement de Marrakech (RADEEMA, 2007)

**Description du réseau d'assainissement liquide de la ville de Marrakech par bassin versant (Fig.9):**

➤ **Bassin versant SYBA :**

Les collecteurs principaux se développent d'amont en aval (S et R) depuis le Sud Est du quartier Sidi Youssef Ben Ali jusqu'au déversoir d'orge Bab Lakhmis avant de se rejeter dans le collecteur Belbekar, ce dernier draine les eaux usées rejetées vers le collecteur universitaire (U).

Les quartiers drainés sont donc SYBA lui-même, les quartiers périphériques de SYBA (Hay Chouhada, Tassoultant), puis au niveau du rempart Est de la Medina en bordure de l'oued Issil, les quartiers de Bab Ailen et ceux de Bab Lakhmis.

➤ **Bassin versant MEDINA :**

L'ensemble de la MEDINA intra muros (à l'exclusion des quartiers mentionnés ci-avant) est drainé par deux collecteurs (RM, RN) qui empruntent un tracé Sud Nord avant de converger à l'amont immédiat du D.O. Jnan Sidi Bel Abbas.

➤ **Bassin versant Extensions Nord et AMERCHICH:**

Le collecteur N prend naissance à l'aval du D.O. Jnane Sidi Bel Abbas et rejoint, après avoir traversé les quartiers d'extension Nord, le collecteur U au Sud Ouest de la route de CASA. Il reçoit au niveau de la route CASA, le collecteur A(Amerchich) qui descend de la province et traverse les unités de Daoudiat ainsi que le Nord des extensions du quartier AMERCHICH.

➤ **Bassin versant GUELIZ :**

Le quartier GUELIZ, l'Hivernage et une partie du quartier Industriel sont drainés par un ensemble de collecteurs : KE (route d'Essaouira), KF (Avenue Mohamed VI et Avenue de France), KEM (Boulevard Mohamed V) qui se réunissent au niveau du boulevard El Khettabi : collecteurs K et G. L'exutoire commun à ces deux collecteurs, est situé au-delà des marbiers sur la route de CASA.

➤ **Bassin versant INDUSTRIEL :**

Le collecteur I(Industriel), draine l'ensemble du quartier Industriel, à l'exception du quartier de la gare, raccordé au BV Guéliz, ainsi que les douars urbains Lahrach et Laarab.

➤ **Bassin versant OUEST :**

Les extensions Ouest de Marrakech (Azli, douar Iziki, lotissement Iziki, quartiers Massira, Inara) sont toutes raccordées sur le collecteur O (Ouest) qui rejoint le collecteur industriel (I) au niveau de la voie ferrée, 500 m à l'aval du passage au niveau de la route de Targa.

➤ **Bassin versant CAMP GHUL :**

L'ensemble de ce quartier délimité au Sud et à l'Ouest par la voie ferrée, à l'Est par le Bd El Khettabi et au nord par le jbel Koudiat est drainé par les collecteurs T et TG et se rejette dans le collecteur I.

➤ **Bassin versant MASSIRA:**

Le collecteur principal (M) collecte les effluents du quartier M'hamed et d'une partie du quartier MASSIRA II, MASSIRA III et des projets de lotissements alentour des douars Bou Chareb, Sidi Daou et El Gondafi.

➤ **Bassin versant SIDI GHANEM :**

Ce bassin versant correspond très exactement à la nouvelle zone industrielle mise en œuvre par l'Errac à l'ouest de la route de Safi. Le collecteur principal (MS) prend naissance au niveau du collecteur industriel I à 500 m au sud de la route de Safi. Quant au réseau de la zone industrielle lui-même, c'est un réseau séparatif : trois bassins pluviaux ont chacun un exutoire sur Azib Laayadi. Le réseau des eaux usées est raccordé sur le collecteur principal.

➤ **Bassin versant UNIVERSITAIRE :**

L'amont du collecteur U(Universitaire) correspond à l'exutoire de la cité universitaire. Il permettra de drainer l'ensemble des lotissements de la route de CASA à l'Est du douar Ahmar, ainsi que les projets d'urbanisme en rive gauche de l'oued Issil au nord de l'hôpital.

Après un déversoir d'orage situé au niveau du pont de la route de CASA sur l'oued Issil, il déverse, 400 m à l'aval, dans le cours même de l'oued Issil, juste avant, la confluence de celui-ci avec l'ouest Tensift.

➤ **Bassin versant Extensions Sud :**

Ce bassin concerne toutes les zones d'extension réalisées au Sud-ouest de la Médina après 1992.

➤ **Bassin versant Extensions Sud-ouest (M'Hamid) :**

Ce bassin concerne toutes les zones d'extension réalisées au sud-ouest de la Médina après 1992 et notamment la zone M'Hamid regroupant les lotissements : M'Hamid (1 à 9) ; El Houssna, Nahda, Nahda extension, Askejour (1 & 2), Opération Essayis, Hamza.

➤ **Bassin versant Extensions Est (Nakhil)**

Cette zone concerne actuellement les lotissements Boun Tounsi et Borj Anakhil qui sont récemment réalisés et qui sont assainie selon le mode séparatif, comme préconisé pour l'ensemble de cette zone.

Les eaux usées de ces lotissements sont évacuées vers le réseau existant par l'intermédiaire d'un collecteur de refoulement hors-site appelé collecteur Annakhil qui se raccorde au collecteur Belbekar au droit du regard. En effet, au niveau du regard R12 du collecteur Annakhil est installée une station de relevage qui permet le transfert des eaux usées collectées en amont vers le réseau existant. Cette station de pompage semble sous dimensionnée puisque elle marche pratiquement sans arrêt.

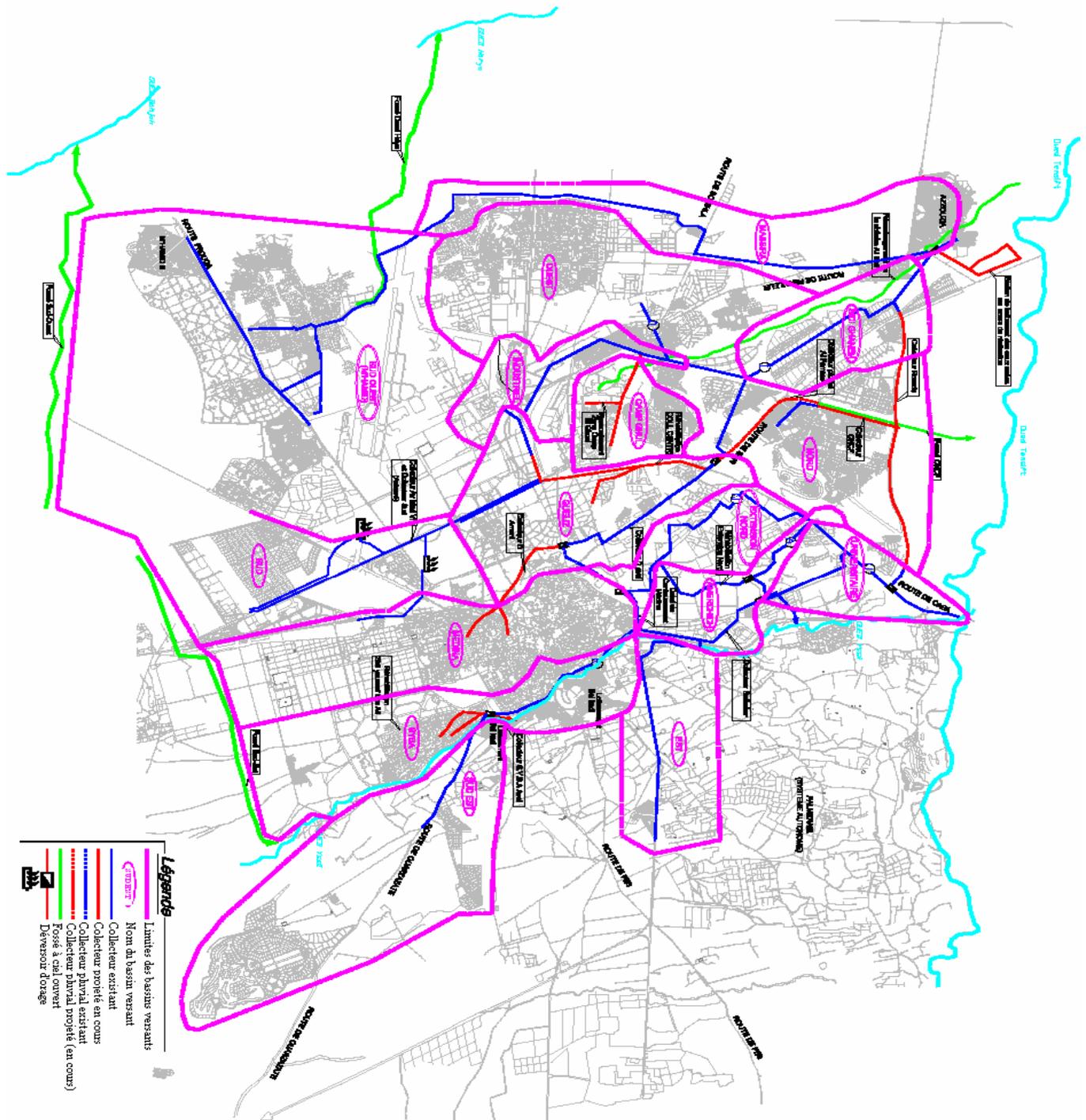


Figure 9: Délimitation des bassins versants (RADEEMA, 2007)

**CHAPITRE 3 : Problématiques de l'Eau et de l'assainissement  
à Marrakech**

## Problématiques de l'Eau et de l'assainissement à Marrakech

### 1. Problématique Environnemental de L'eau

Dans ces dernières années, Marrakech a connu une croissance démographique, touristique et économique importante, ce qui entraîne à une augmentation des problématiques de point de vu réglementaire, environnemental, etc.

#### 1.1. Aspect réglementaire

La loi sur l'Eau de 1995 a permis de centraliser un certain nombre de textes régissant le domaine de l'eau au Maroc. Cette Loi instaure par ailleurs un cadre institutionnel en charge de l'application des textes réglementaires qui concerne l'eau au sens large (prélèvements, usages, rejets...).

Le contrôle de cette loi et des textes qui en découlent (décrets et arrêtés ministériels) est fait par l'Agence du Bassin qui est un établissement public.

Le schéma suivant montre ses rôles :

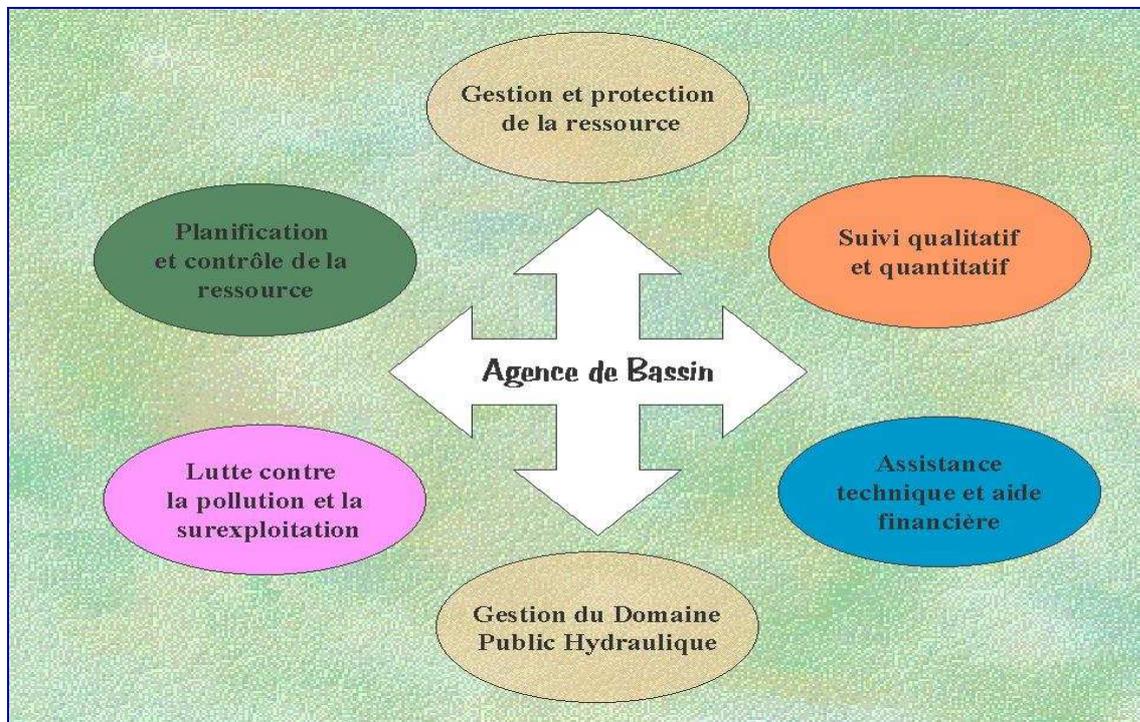


Figure 10: Les rôles de l'Agence du Bassin

(\*) : ABHT

### **Rejet des eaux usées dans le milieu naturel**

Une eau usée selon la loi 95 est une eau qui a subi une modification de sa composition ou de son état du fait de son utilisation.

La loi sur l'Eau de 95 a interdit tout rejet d'eaux usées susceptible de modifier le milieu récepteur sans une autorisation de l'Agence du Bassin.

Dans le cas général, l'autorisation délivrée par l'Agence de Bassin présente les valeurs limites suivantes :

**Tableau 5: Les valeurs limites spécifiques des rejets domestiques [2]**

Paramètres	Valeurs limites spécifiques de rejet domestique
DBO <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> /l	120
DCO mg O <sub>2</sub> /l	250
MES mg/l	150

[2] : la loi sur l'eau 95

Précisément l'Agence de Bassin peut, en fonction de la sensibilité du milieu récepteur, imposer des niveaux de rejet plus contraignant dans l'autorisation qu'elle délivre.

### **Réutilisation des eaux épurées**

Selon la loi sur l'Eau de 95, aucune réutilisation des eaux épurées ne peut être faite sans l'autorisation de l'Agence du Bassin, et ces eaux épurées ne peuvent être mêmes utilisées à la boisson, à la préparation alimentaire.

### **Eaux destinées à l'irrigation**

Aucune eau n'est destinée à l'irrigation sans l'autorisation de l'Agence du Bassin, ce dernier doit se conformer aux critères suivants :

**Tableau 6: Des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation [3]**

Catégorie	Conditions de réalisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux [moyennes arithmétique du nombre d'œufs par litre]	Coliforme fécaux [moyenne géométrique du nombre par 100 ml].	Procédés du traitement des eaux usées susceptibles d'assurer la qualité microbiologique voulu
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics.	Ouvriers agricoles, consommateurs public	Absence	Entity	Une série de bassin de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre traitement équivalent.
B	Irrigation de cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbre.	Ouvriers agricole	Absence	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassin de stabilisation pendant 8-10 jours ou tout autre procédé permettant une élimination équivalent des helminthes et des coliformes fécaux.
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B.	Aucun	Sans objet	Sans objet	Traitement en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins une décantation primaire.

[3] : la loi sur l'eau 95

## **Délais de mise en conformité des collectivités**

Les valeurs limites spécifiques de rejet domestique applicables aux déversements existants d'eaux usées des agglomérations urbaines pendant la septième, la huitième, la neuvième et la dixième année à partir de la publication de la loi 95 sont :

DBO<sub>5</sub>: 300 mg O<sub>2</sub>/l

DCO: 600 mg O<sub>2</sub>/l

MES: 250 mg/l

## **1.2. Aspect socio-économique**

### **Besoins en Eau à Marrakech**

#### **1.2.1.1. Eau potable et industrielle**

La prévision de la demande en eau est basée sur des objectifs à atteindre en 2020 (**Fig.11.**) dont :

- Un taux de branchement de 80 à 98% dans les centres urbains.
- Un rendement des réseaux de distribution allant de 71% à 83% selon le centre.
- Généralisation de l'accès des populations rurales à l'eau potable à partir de 2010

Demande en eau potable et industrielle à l'horizon 2020 : 129 Mm<sup>3</sup>

- Demande urbaine : 84 Mm<sup>3</sup>
- Demande rurale : 34 Mm<sup>3</sup>
- Demande des industries : 11 Mm<sup>3</sup>

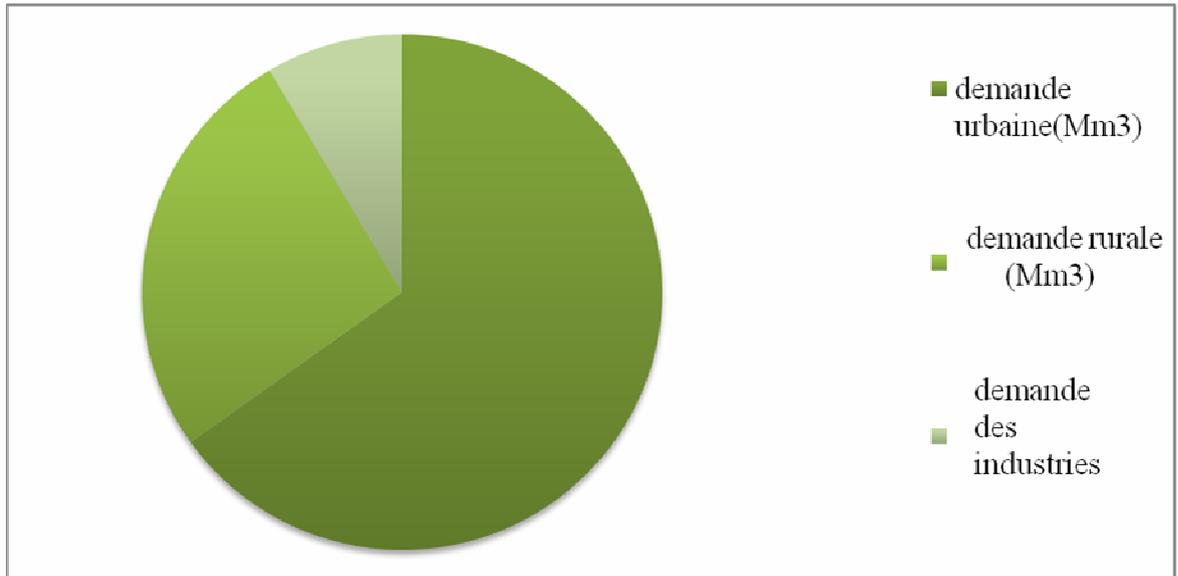


Figure 11: Demande en eau potable et industrielle à l'horizon 2020 (\*)

(\*) : ABHT

#### 1.2.1.2. Eau d'irrigation

L'agriculture dans le Tensift et notamment dans le Haouz est plutôt tributaire de l'arrosage. Or, la technique d'irrigation la plus utilisée reste le système gravitaire qui consomme beaucoup d'eau. La reconversion de ce système en irrigation localisée plus économe en eau est un axe privilégié de la politique de l'eau et des programmes gouvernementaux. Actuellement, l'Etat subventionne à 60% des installations en goutte-à-goutte pour le Fellah qui choisit ce mode (financement initialement limité à 40%). La surface des terrains irrigués est de 144.000 ha. Près de 13.000 ha utilisent le goutte-à-goutte. Un objectif à moyen terme consiste à porter ce chiffre à 30.000 ha. De même, les autorités tentent d'inciter les agriculteurs à s'orienter vers de nouvelles cultures moins consommatrices d'eau.

A l'horizon 2020, la demande en eau sera : 1366 Mm<sup>3</sup> (Fig.12 & 13)

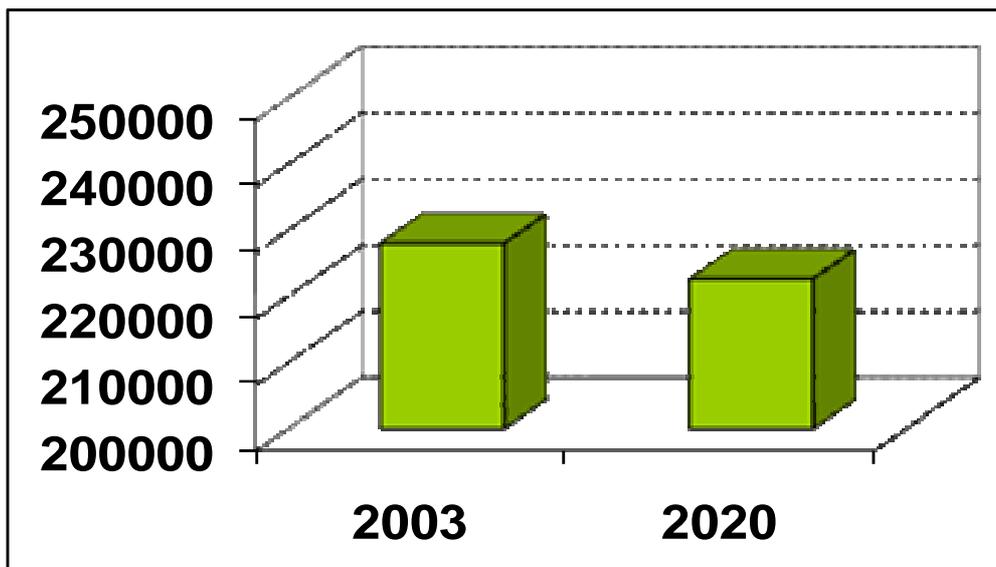


Figure 12: Evolution de la superficie irriguée en ha (\*)

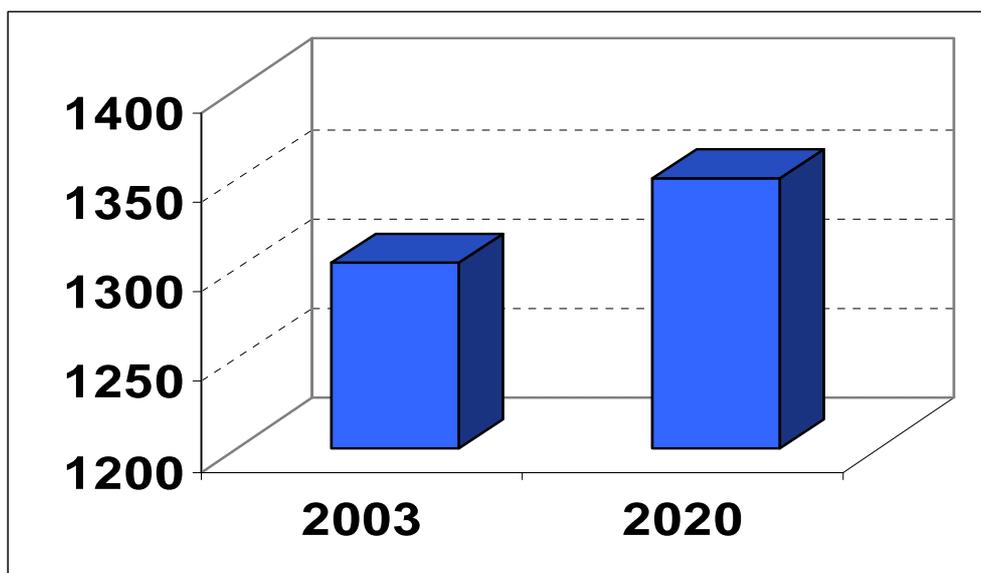


Figure 13: Evolution de la demande en eau d'irrigation en Mm3 (\*)

(\*) : ABHT

### 1.2.1.3. Développement Touristique

La ville de Marrakech constitue la première destination touristique du Maroc. Le tourisme est la locomotive du développement économique de la ville par ses effets d'entraînement sur d'autres secteurs. La moitié de la population active vit directement ou indirectement de cette activité.

La saison 2001-2002 a enregistré une baisse de 24% des arrivées internationales. Puis, à partir de 2005 et jusqu'à présent, la croissance du tourisme de Marrakech s'est accélérée pour

atteindre près de 4 millions de touristes en 2008. Pour cela, il est nécessaire d'avoir un grand approvisionnement de la ville des ressources en eau.

### 1.3. Aspect environnemental

#### Risque environnemental

##### 1.3.1.1. Eaux souterraines

Au niveau de la zone d'épandage d'*El Azzouzia*, la réutilisation des eaux usées brutes en agriculture, dans une zone ayant subi l'irrigation par les eaux usées pendant plusieurs dizaines d'années a provoqué une dégradation sérieuse de la qualité des eaux de la nappe alluviale du périmètre irrigué. Ces eaux, à cause de la présence excessive de nitrates et de germes fécaux, sont devenues pratiquement inutilisables aussi bien pour l'alimentation en eau potable que pour l'irrigation. Cet impact négatif est favorisé surtout par les caractéristiques du milieu physique de la nappe alluviale et des terrains aquifères, mais également par la proximité des points de prise d'eau avec les sources ponctuelles de pollution et par le manque de protection de ces prises d'eau.

L'Agence Hydraulique, anciennement Direction Régionale de l'Hydraulique du Tensift a assuré de 1993 à 1998 le suivi physico-chimique d'un réseau de puits afin de suivre la qualité de la nappe. L'analyse ci-après s'appuie sur deux puits appartenant à ce réseau et localisées dans le périmètre d'*Azzouzia* ainsi qu'un puits témoin situé en amont de la zone d'épandage.

**Tableau 7: Caractéristiques du réseau de puits**

Puits	Situation	Coordonnées	Caractéristiques
2027/53 témoin	Amont hydraulique d' <i>El Azzouzia</i>	X=253,025 Y=116,150	Equipé, protégé, utilisé pour l'AEP et l'irrigation
3823/44	Champ d'épandage d' <i>El Azzouzia</i>	X=249,975 Y=124,275	Equipé, non protégé, eau de couleur grisâtre, présence de MES, de batraciens et de débris végétaux à la surface, utilisé pour l'irrigation.
3828/44	Champ d'épandage <i>El Azzouzia</i>	X=250,725 Y=124,125	Non équipé, non protégé, eau de couleur, turbide et sale, présence d'une faune Amphibie.

Source : Etude de la qualité des eaux du bassin de Tensift. Bulletin d'analyse. DRHT

Les paramètres analysés au niveau du puits « témoin », situé en amont des rejets indiquent globalement une bonne qualité des eaux. Par contre, les paramètres des deux puits situés en aval indiquent une qualité mauvaise à médiocre de ces eaux sur le plan physico-chimique. La dégradation de cette qualité est due en grande partie à l'infiltration des eaux usées. Cette dégradation de la qualité de la nappe réduit ses possibilités d'exploitation et la production d'eau potable à partir des forages.

L'analyse microbiologique des eaux s'inscrit dans un cadre général de protection de la santé humaine et de l'environnement. Les paramètres bactériologiques des normes marocaines de la qualité des eaux destinées à la production d'eau potable (par traitement physique simple et désinfection) sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 8: Grille de qualité des eaux destinées à la production d'eau potable par traitement physique simple et désinfection, pour les paramètres biologiques (\*\*)**

	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Streptocoques fécaux
Seuils / 100 ml	50	20	20

(\*\*): RADEEMA

Les analyses de qualité bactériologique des puits suivis indiquent clairement que les eaux souterraines situées en aval du champ d'épandage sont contaminées par les eaux usées.

### 1.3.1.2. Eaux de surface

Le suivi de la qualité des eaux ne concerne que l'oued Tensift. Les points d'analyse le long de Tensift se situent en amont et en aval des rejets de Marrakech. Les analyses de ces points sont effectuées par la DRHT et le LPEE.

Le tableau suivant donne les valeurs relevées à l'aval sur l'oued Tensift.

**Tableau 9: Evolution de la qualité des eaux de l'Oued Tensift à l'aval de Marrakech**

Paramètres	12/03/04	08/07/04	23/05/05
CF/100 ml	3000000	400000	46000
DBO <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /l	241	73	103
DCO mgO <sub>2</sub> /l	512	192	213
MES mg/l	249	46	77
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	37	61	30

Source : Etude de la qualité des eaux du bassin de Tensift. Bulletin d'analyse. DRHT/1996 à 1998

La qualité globale de l'oued Tensift est mauvaise au niveau de son cours amont, situé entre sa confluence avec l'oued *Issil* et l'aval du secteur *d'El Azzouzia*, lieu des rejets d'une partie des eaux usées de la ville. L'eau de l'oued y est caractérisée par un taux de minéralisation élevé et une présence de substances indicatrices de pollution, principalement les sels d'azote, nitrate et ammonium. Le tableau précédent indique des valeurs variables selon la période de prélèvement. Cependant, des valeurs de pollution organique nettement plus élevées en 2004 et 2005 par rapport à 1998-1999. En effet, les CF/100 ml étaient de quelques milliers et sont devenus de quelques millions. Des valeurs extrêmement élevées et inquiétantes ont été enregistrées le 12/03/04 avec 120 millions de Coliformes Totaux et 8 millions de Streptocoques Totaux.

### **Risques sanitaires**

Plusieurs familles vivent actuellement sur les zones d'épandage des eaux usées, douars Oulad Chaouf. Ces populations sont dans une situation sanitaire très défavorable. Toutes les études épidémiologiques qui ont été menées jusqu'à présent démontrent que les taux de mortalité infantile et les taux d'incidence des maladies hydriques sont significativement plus importants que dans les populations témoins. Selon une étude menée en 1987 par la Faculté des Sciences Smlalia, le taux de mortalité infantile était de 122 pour mille sur le champ d'épandage alors qu'il était de 76 pour mille au niveau de la wilaya de Marrakech.

De point de vue épidémiologique, une étude réalisée par la Faculté en 1987 sur les enfants de la zone *d'El Azzouzia* âgés de 7 à 14 ans a montré que la prévalence totale des Helminthiases est de 73 pour mille chez les enfants de cette zone contre 30 pour mille chez un groupe témoin. Par ailleurs, le risque attribuable aux eaux usées brutes dans la transmission des Helminthiases chez l'enfant *d'El Azzouzia* est de 42%, avec 31% et 16% respectivement pour l'Ascariose et la Trichocéphalose.

L'impact sur la santé publique de cette zone d'épandage peut enfin illustré par le fait qu'en 1990, une épidémie de Choléra a touché Marrakech à partir d'un foyer se situant au niveau du champ d'épandage *d'El Azzouzia*. La contamination s'est faite via le contact direct avec les eaux usées et la consommation de produits maraîchers. Les autorités ont alors interdit la production maraîchère sue ces zones en 1995.

Depuis 1996, aucune déclaration de Choléra n'a plus été faite sur ces zones. L'arrivée de l'eau potable sur ces zones, ainsi que la fermeture des puits contaminés ont donc pleinement contribué à l'amélioration de la santé des populations concernées.

A l'exception de certaines épidémies très localisées soit d'hépatites ou de typhoïde, la situation sanitaire des populations situées sur le champ d'épandage semble s'être nettement améliorée.

## **2. Problématiques d'assainissement à Marrakech**

### **Problématique du réseau d'assainissement de la ville de Marrakech**

Les anomalies et les dysfonctionnements constatés sur le réseau d'assainissement de la ville de Marrakech sont dus essentiellement aux problèmes suivants :

- Vétusté du réseau, avec un état dégradé des regards de visite et des tampons, surtout ceux en béton.
  
- Faibles couvertures des conduites par endroits.
  
- Faibles sections dans certains tronçons de collecteurs.
  
- Colmatage ou présence de dépôt dans une partie du réseau.
  
- Existence de regards non accessibles (33%). L'inaccessibilité d'un nombre important de regards de visite, due à des tampons scellés ou enfouis sous le revêtement de la chaussée ou sous remblai, rend le travail de curage difficile.
  
- Absence des tracés en plan et profils en long des réseaux de certains lotissements importants et notamment dans la zone M'Hamid.

Les anomalies constatées sur le réseau sont hiérarchisées en deux types: anomalies de conception et anomalies physiques.

**\* Anomalies de conception**

Le réseau semble sous dimensionné par endroits et ce phénomène est aggravé par la transformation du zoning de certaines zones d'habitat (transformation de zones villas à zone immeuble) et par l'imperméabilisation accélérée des zones d'influence des collecteurs.

- Certains tronçons du réseau sont réalisés avec des pentes quasi nulles (<1‰) voire des contre pentes.
- Certains tronçons de collecteur sont calés à une faible profondeur.
- Certains déversoirs sont mal calés et perturbent le fonctionnement du réseau avec des délestages même en temps sec.
- Sous dimensionnement de la station de pompage implantée sur le collecteur ENNAKHIL manifesté par une stagnation des eaux en amont de la station même après l'arrêt des pompes.

**\* Anomalies physiques**

Les anomalies physiques constatées, au cours de la reconnaissance, sur le réseau d'assainissement de Marrakech se résument comme suit :

- Un grand nombre de regards sont enterrés; ce qui nécessiterait le dégagement des tampons et leur mise à niveau pour les besoins d'entretien, de curage et de dégazage du réseau.
- Certains tampons sont cassés ou détruits. Il serait souhaitable de mettre tous les tampons en fonte ductile, puisque les tampons en béton résistent moins aux manipulations pour des opérations d'entretien.
- Certains regards sont difficilement accessibles du fait que les échelons à l'intérieur manquent ou sont détruits.

- La présence de dépôts dans les regards, à cause de la faiblesse des pentes dans certains tronçons et aussi en tête de réseau.
- Les eaux usées brutes sont directement rejetées dans les terrains de culture et réutilisées comme telles, avec tous les risques sanitaires que cela représente.

### **Pollution industrielle des eaux dans la ville de Marrakech**

Le volume d'eaux usées industrielles représente environ 7% du débit total d'eaux usées de la ville, ce qui montre que les rejets sont dominés par l'activité domestique, fortement influencée par l'activité touristique.

### **3. Conclusion :**

Pour tous ces problèmes, la RADEEMA a pensé de réaliser une Station d'Épuration des Eaux Usées (la STEP) comme une solution à ces soucis.

**CHAPITRE 4 : Présentation et Impact du projet sur  
l'Environnement**

## Origine et présentation du projet (STEP)

### 1. Origine de projet

Le traitement des effluents liquides constitue la finalité de toutes les opérations de collecte et de transport des eaux usées via le réseau d'égout public. De ce fait, dans le cadre du projet d'assainissement liquide de la ville de Marrakech, la station d'épuration des eaux usées était l'une des composantes clés, pour laquelle une attention particulière était accordée lors des étapes de l'élaboration des études et de la consultation des entreprises.

Les études réalisées prévoient un traitement par la technique dite des boues activées pour 1 m<sup>3</sup>/s soit la quasi-totalité des eaux usées produites au niveau de la ville de Marrakech, sur un site de 11 ha situé au Nord de la ville en rive gauche de l'oued Tensift.

Afin de concrétiser le projet, la RADEEMA a procédé au lancement d'un appel d'offre international « A54/2004 » pour la réalisation en 18 mois et l'exploitation pendant une durée de Cinq ans de la station. Le financement de ce projet serait assuré dans le cadre du Prêt contracté auprès de la BEI en 1997 à hauteur de 50% hors TVA, le reste serait assuré par les fonds propres de la régie.

A cet appel d'offre, ont soumissionné deux groupements d'entreprise réputées pour la réalisation et l'exploitation des ouvrages d'épuration de taille et complexité équivalente à la future station de Marrakech, il s'agit de :

❖ DEGREMEONT-SOGEA Maroc

❖ OTV France-OTV Exploitation-Compagnie Générale des eaux –AMANOR

Les deux groupements ont présenté une solution de base et une solution variante dans deux cas de figures : avec et sans cogénération.

L'analyse détaillé et approfondie des offres des deux groupements sur les plans administratifs, techniques et financiers a conduit à l'adjudication du groupement : **DEGREMONT-SOGEA Maroc** pour son offre variante avec valorisation énergétique du biogaz.



Figure 14: L'examen du projet

Sa Majesté le Roi MOHAMED VI a examiné le projet de la RADEEMA avec DEGREMONT-SUEZ.

## 2. Présentation du projet

### 2.1. Restructuration du réseau d'assainissement

En l'absence d'un processus d'épuration des eaux usées de Marrakech, les effluents, dont le débit moyen est d'environ  $90.000\text{m}^3/\text{jour}$ , sont collectés et déversés en majorité à l'état brut au niveau de trois points de rejet situés aux environs des routes de Casablanca et Safi et l'oued Tensift au nord.

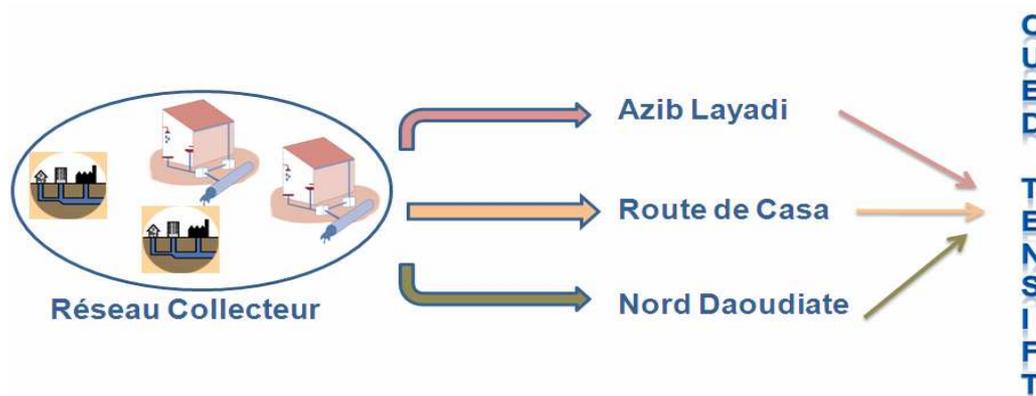


Figure 15: Déversement des eaux brutes dans l'oued Tensift

## 2.2. Présentation de la station d'épuration des eaux usées (STEP)

### Situation géographique de la station

La station d'épuration de Marrakech est située à environ 13 km sur la route nationale n°7 (axe Marrakech-Safi) (**Fig.16**).

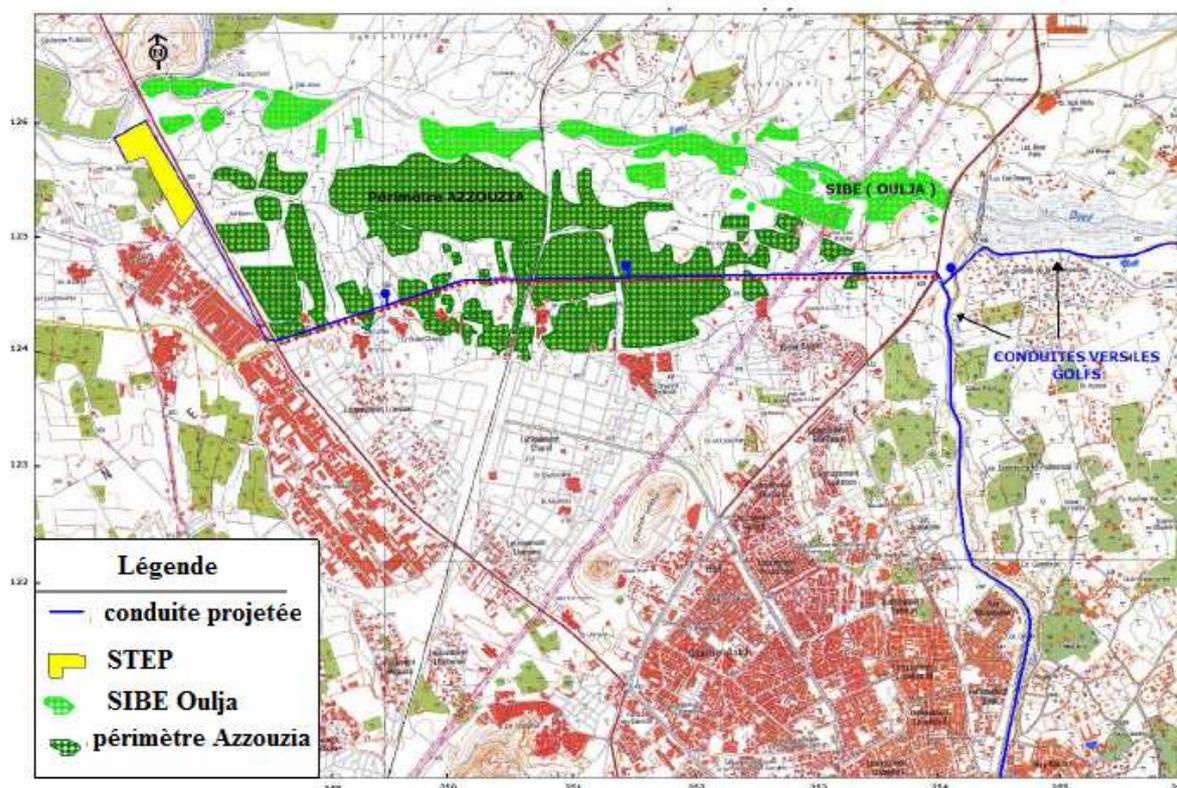


Figure 16: Carte de localisation de la STEP (\*\*)

(\*\*): RADEEMA

### Capacité de la STEP

La STEP-Marrakech est à traitement primaire avec stabilisation biologique des boues primaires, elle est conçue pour épurer la totalité des eaux résiduaires (urbaines et industrielles) de la ville.

Le tableau suivant donne les différents chiffres clefs sur la capacité d'admission la station :

**Tableau 10: Les différents chiffres clefs sur la capacité d'admission de la station [4]**

Débit	Débit moyen journalier de temps sec (tous temps confondus)*	<b>90720</b>
	Débit moyen journalier estival (non dépassé 95% du temps)*	117940
	Débit de pointe journalier*	184896
	Débit horaire moyen de temps sec**	3 780
	Débit horaire de pointe de temps sec**	7 704
	Débit horaire de temps de pluie maximum**	9 828
Charge	Equivalent habitant	1120000
	DBO <sub>5</sub> {	58100 (640mg/l)
	DCO { kg/j	144600 (1594 mg/l)
	MES {	53000 (584 mg/l)

\*  $m^3/j$  ; \*\*  $m^3/h$

[4] : Degrémont

En moyenne, le débit admis sur la station est de 100.000  $m^3/j$ , qui dépasse de 10% le débit moyen journalier de temps sec.

Tout surplus de débit est by-passé au niveau du déversoir d'orage situé à environ 2 km de la station.

### Organisation de la STEP

La STEP est une usine de traitement des eaux usées de Marrakech (les eaux domestiques, les eaux industrielles et les eaux pluviales) qui arrivent à la STEP par un réseau d'assainissement, et les traitées avant de les rejetées dans le milieu naturel pour diminuer les risques de ces eaux usées sur l'environnement et l'homme.

La STEP est constituée de différentes composantes (**Fig.17**) :

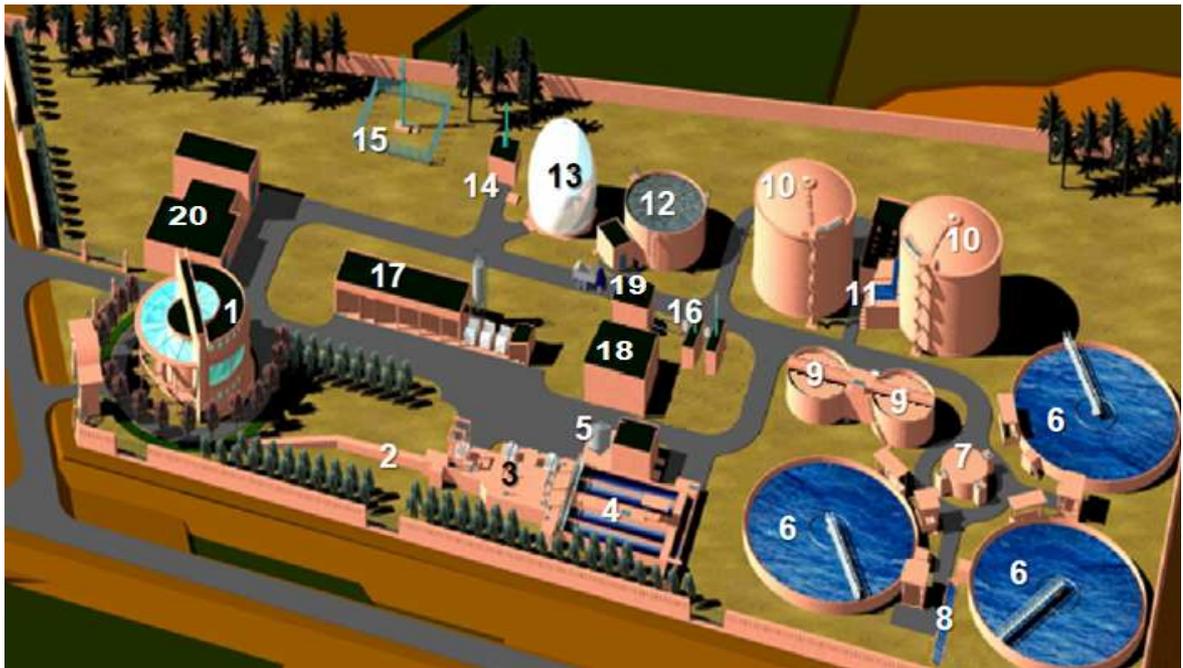


Figure 17: Vue général de la STEP

1- Bâtiment administratif (Fig.33)
2- Entrée des eaux brutes
3- Dégrillage
4- Dessablage-dégraissage
5- Traitement des sables
6- Décanteurs
7- Répartiteur
8- Sortie eaux traitées
9- Epaisseurs
10-Digesteurs
11-Traitement des graisses
12-Stockeur
13-Gazomètre
14-Désulfurisation

15-Torchère
16-Cogénération
17-Déshydratation
18-Sous station
19-Chaufferie
20- Atelier

Le fonctionnement automatique de la STEP se fait principalement à partir de la salle de la SUPERVISION, depuis laquelle la visualisation et la modification des différentes équipements de la station est applicable, à partir d'une interface de supervision appelé *TOPKAPI*.

### **Objectifs de la station d'épuration des eaux usées (la STEP)**

La STEP a été réalisé pour :

- La protection de l'Environnement.
- L'Amélioration des conditions sanitaires.
- La Préservation des ressources en eau.
- La mobilisation d'une ressource en eau alternative et renouvelable pour l'irrigation (33 Millions m<sup>3</sup>/an : barrage moyen).

## **2.3. Description de la station :**

### **Première phase**

#### **2.3.1.1. Ligne eau**

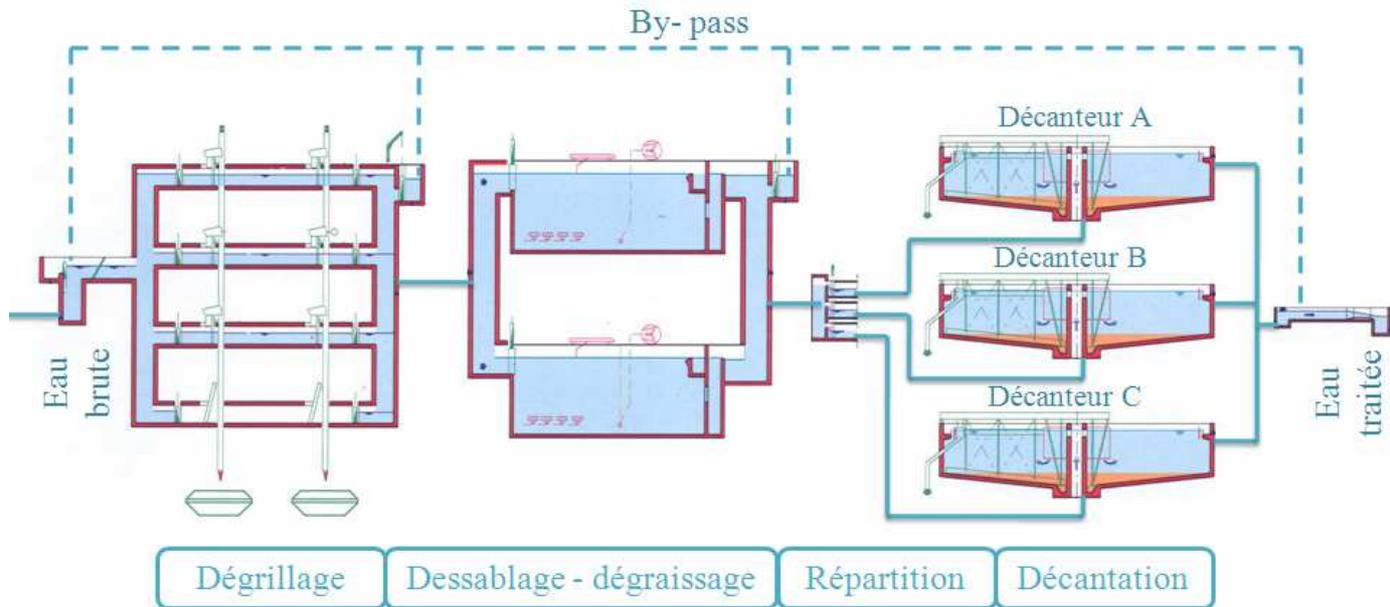


Figure 18: Chaîne de traitement des eaux

a) *Prétraitement*

Le prétraitement a pour mission de protéger les étapes ultérieures de traitement contre les risques de débouchage et d'abrasion.

Ouvrage de réception des eaux sur la station, sa première mission est de mélanger et d'homogénéiser les eaux issues de différents collecteurs d'amenée.

Le prétraitement comporte deux étapes :

➤ *Dégrillage*

Le dégrillage est le premier poste de prétraitement.

○ **Objectifs :**

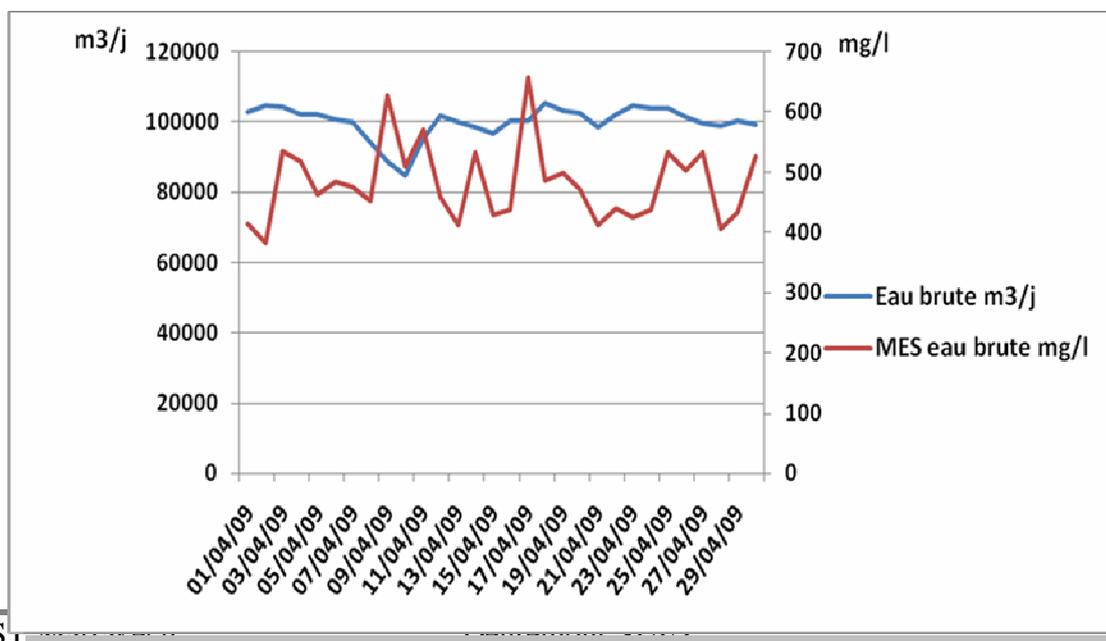
- Protéger les ouvrages aval contre les macros déchets qui peuvent obstruer ou gêner l'écoulement hydraulique.
- Séparer et stocker à part ces matières plus ou moins volumineux.

○ **Description de dégrillage de l'amont vers l'aval:**

- A l'entrée de l'ouvrage de prétraitement, il ya une fosse à bâtards de volume  $4,5 \text{ m}^3$  qui permet au système de raclage de ne pas se bloquer par le captage des éléments lourds(les graviers...).
- une grille de protection (ou prégrille) d'un entrefer de 200 mm, inclinée à  $15^\circ$  ; sa largeur est de 3m, de nettoyage manuel, permet d'éliminer les gros déchets (morceau de bois, partie d'arbre...).
- Dégrillage grossier vertical de nombre de 4 dont 3 canaux sont automatiques et un canal manuel utilisé dans le cas de secours, ce dégrillage est caractérisé par un entrefer de 80 mm, une largeur de 1,5 m, une épaisseur de 1 cm, il retient les éléments volumineux.
- Dégrillage fin vertical de nombre de 4 dont 3 canaux sont automatiques et un canal manuel utilisé dans le cas de secours, ce dégrillage est caractérisé par un entrefer de 10 mm, une largeur de 1,5 m, une épaisseur de 1 cm, il retient les éléments les plus fins.

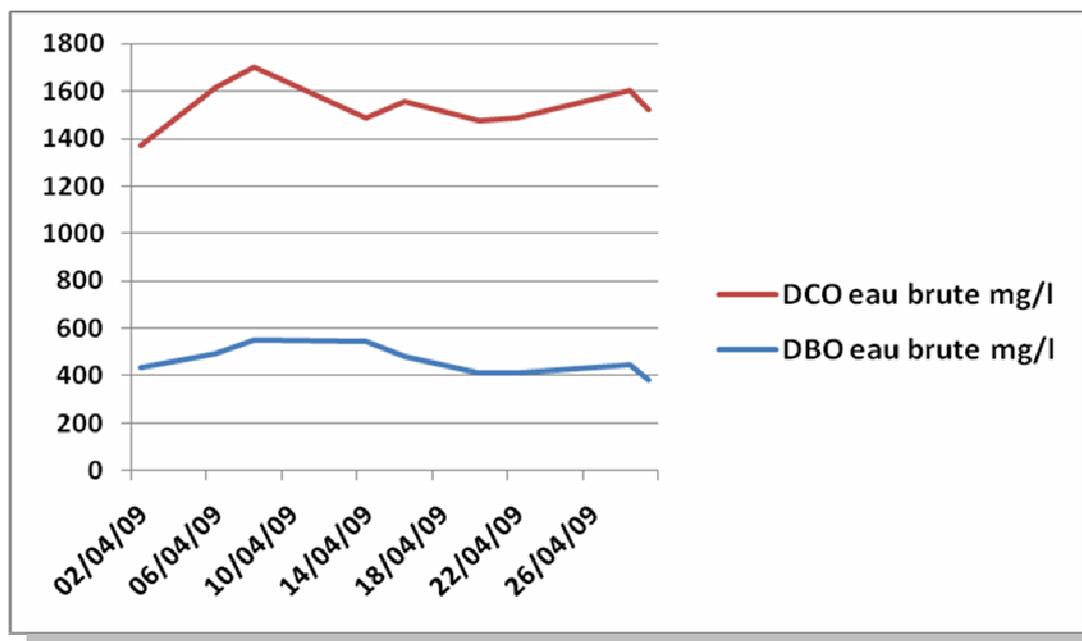
La vitesse de passages des eaux à travers les grilles est de l'ordre de 0,6m/s à 1m/s. le nettoyage des grilles automatiques se fait de manière automatique par « tapis roulant » ou « vis convoyeuse » (11m de longueur) jusqu'à deux bennes de stockage de déchets, pour éviter le feutrage (la production maximale de déchets demeurera inférieure à  $20 \text{ m}^3/\text{j}$  à la base d'un volume de détritits estimé à  $5 \text{ dm}^3/\text{EH}/\text{an}$ ).

○ **Caractéristiques des eaux brutes:**



**Figure 19: Le volume de l'eau brute et la quantité de la MES entrantes à la STEP (le mois Avril)**

D'après ce graphe, la quantité de l'eau brute entrante est presque constante pendant tout le mois d'Avril sauf dans le 11 jour où il y a une chute brute de cette quantité car il y a du goudron qui entre à la STEP (augmentation de la quantité de la MES) donc il faut le by-passé pour éviter tout risque après.

**Figure 20: La quantité de la DBO et la DCO dans l'eau brute mg/l (le mois Avril)**

D'après ce graphe, le rapport  $DCO/DBO = 2,40$  ce qui normal pour les eaux résiduaires urbaines (selon les normes  $1,5 < DCO/DBO < 3$ )

#### ➤ *Dessablage-Dégraissage*

Après dégrillage grossier et fin, l'eau brute est répartie en deux dessableurs – dégraisseurs à double cellule

##### ○ **Objectifs :**

Le dessablage- Dégraissage a pour but d'extraire des eaux brutes et de retenir dans un ouvrage spécifique les grains ayant une granulométrie supérieure à  $200 \mu\text{m}$  (ex : les sables, les graviers, les particules minérales plus ou moins fines) et la graisse sans toucher les matières en suspension organiques, de façon à éviter les dépôts ou obstruction des canaux et conduites mais aussi pour protéger contre l'abrasion des pompes et d'équipements à l'aval.

##### ○ **Descriptions :**

Le dessableur- dégraisseur retenues sont de type « rectangulaire aéré » à extraction mécanique des sables et hydraulique des matières flottantes et écumes (la graisse), il se compose de deux canaux chacun à section pentagonale identiques, d'une profondeur utile de 3,50 m, de 4 m de largeur dans leurs parties supérieure, avec des parois inclinées à 58° par rapport à l'horizontale dans leur partie inférieure de telle sorte qu'il ne reste au fond qu'un chenal de 0,60m de large dans lequel les particules décantées se rassemblent et seront évacuées périodiquement par un émulseur à air.

- Ces équipements sont caractérisé par :

- Longueur : 25 m
- Largeur : 8 m
- Volume : 600 m<sup>3</sup>
- Surface unitaire : 200 m<sup>2</sup>
- Surface totale : 400 m<sup>2</sup>
- Volume total : 1200 m<sup>3</sup>

- **Fonctionnement des ouvrages :**

Il y a trois surpresseurs d'air, un par dessableur-dégraisseur et un dans le cas de secours, ces surpresseurs ont un but d'assurer un brassage pour dégorger le sable de la matière organique et de favoriser la remontée des graisses et flottants. L'eau sableuse séparée est acheminée vers les bâches à sable pour l'envoyer vers le traitement de sable, la graisse séparée va être raclée par un racleur d'une quantité de 240 l à chaque aller (max) vers la bêche à graisse pour la traiter (traitement des graisses).

*b) Traitement primaire*

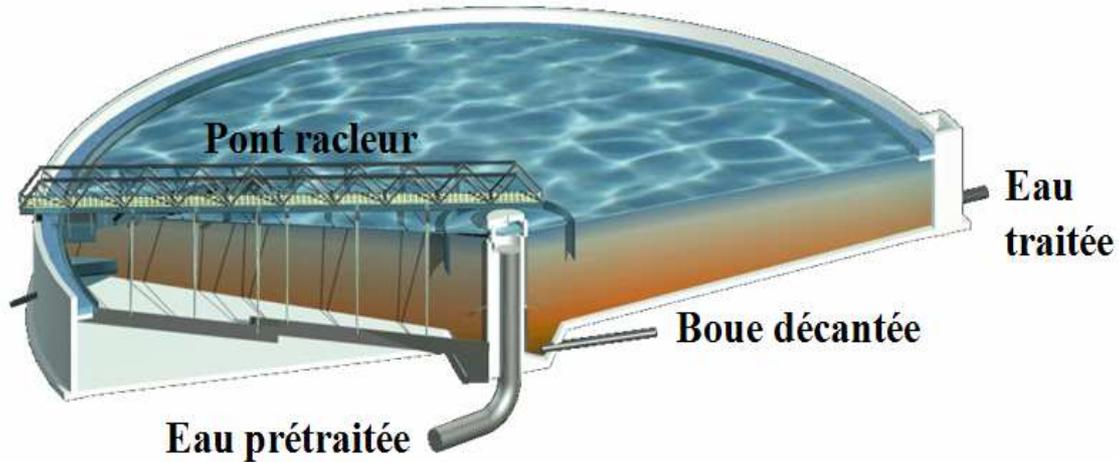
Après dessablage-dégraisage, l'eau prétraitée est envoyée vers les décanteurs primaires et leur ouvrage de distribution.

- **Objectifs :**

Le traitement primaire ou décantation primaire a pour but de faire décanter les particules les plus fines pendant une durée de 2h.

- **Descriptions :**

Le décanteur est de type circulaire-conique au fond de pente 15°, ils sont de nombre de trois.



**Figure 21: Coupe longitudinale d'un décanteur primaire**

Ces ouvrages sont caractérisés par :

- Diamètre unitaire : 39 m.
- Surface unitaire : 1195 m<sup>2</sup>.
- Surface totale : 3585 m<sup>2</sup>.
- Volume unitaire : 3971 m<sup>3</sup>.
- Volume totale : 11913 m<sup>3</sup>.
- Longueur de déversoir par décanteur : 123 ml.
- Longueur totale : 368 ml.

Chaque décanteur est équipé par un pont comprend un système de raclage au fond et au surface, de durée de 52 min/tour.

○ **Fonctionnement de l'ouvrage :**

L'eau dessablée-dégraissée est envoyée vers un répartiteur aéré qui a pour rôle de répartir l'eau en quantité égale pour les trois décanteurs.

Après deux heures de décantation, l'eau décantée (traitée) est rejetée dans le milieu récepteur, la graisse flottante raclée est envoyée vers le traitement des graisses, la matière décantée (la boue) qui a une concentration de 5 g/l est envoyée vers les épaisseurs.

○ **Caractéristiques des eaux traitées :**

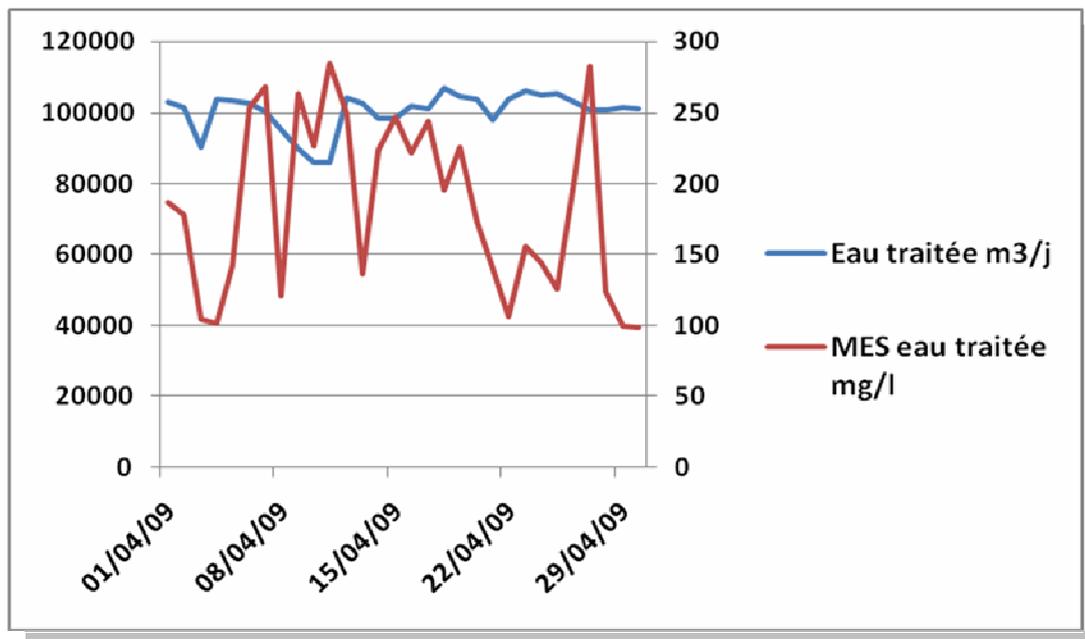


Figure 22: Volume de l'eau traitée et quantité de la MES (le mois Avril)

En comparaison (l'entrée et la sortie), la quantité de l'eau brute est la même que la quantité de l'eau traitée et la quantité de la MES a été réduite de 33%.

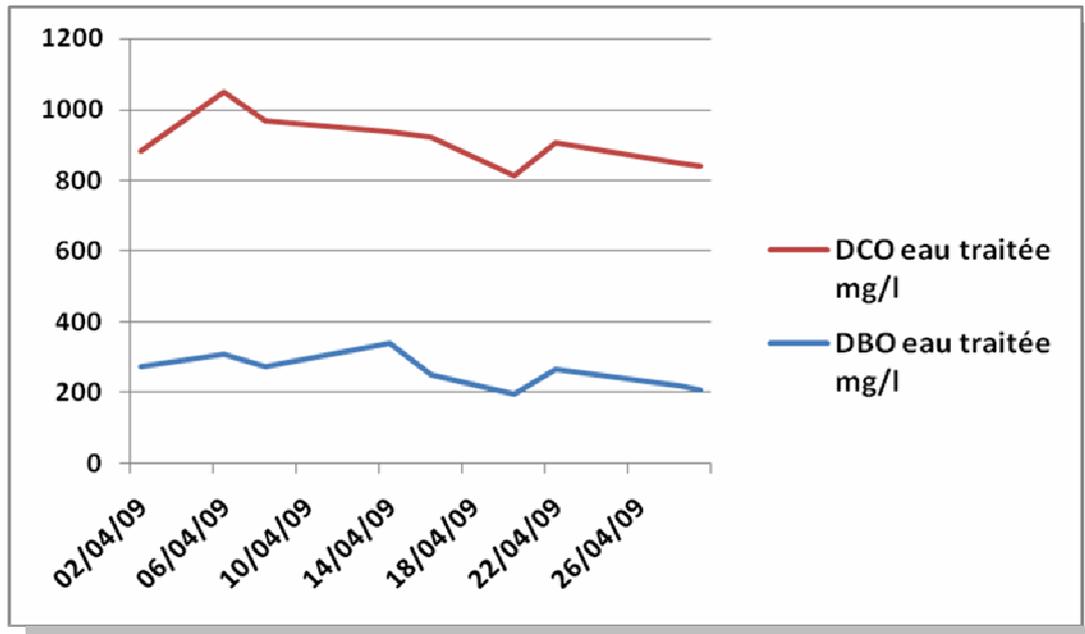


Figure 23: La quantité de la DBO et la DCO dans l'eau traitée mg/l (le mois Avril)

D'après ce graphe, la quantité de la DCO et la DBO de l'eau traitée a été diminuée de 33% par rapport à la quantité entrante.

### 2.3.1.2. Ligne boue

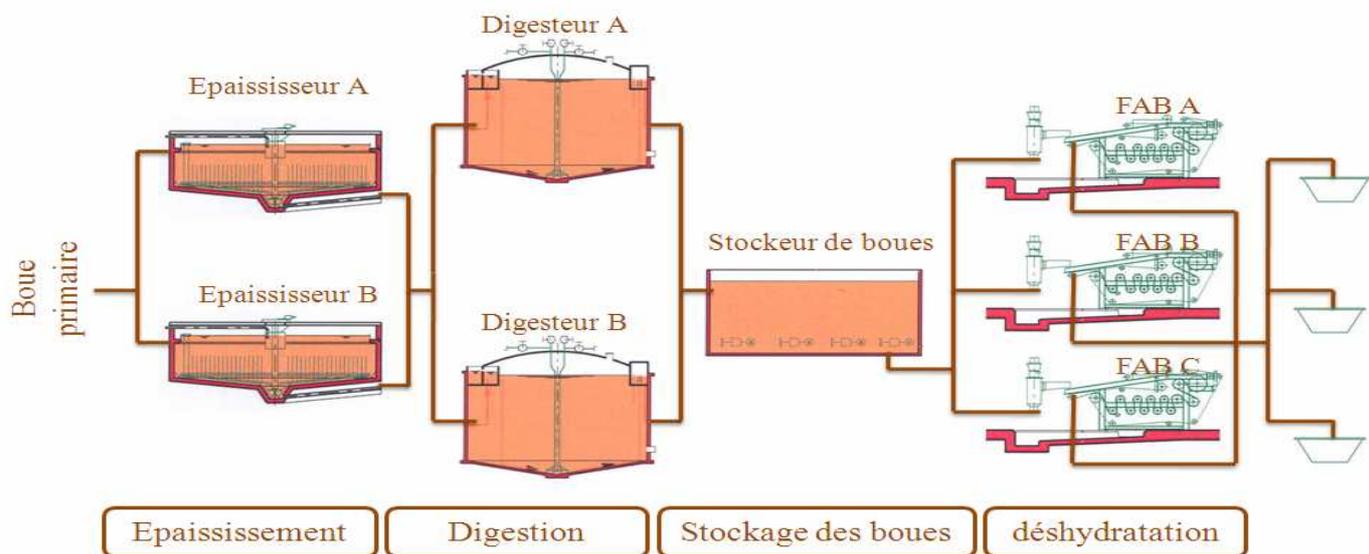


Figure 24: Chaîne de traitement des boues

#### a) Epaississeurs

C'est le premier stade de réduction de volume des boues sans dépenses notables d'énergies.

### ○ Objectifs

L'augmentation de la concentration des boues de 5 g/l à 70 g/l.

### ○ Descriptions

La STEP est équipé par deux ouvrages d'épaisseurs de type gravitaire, chacun est composé de :

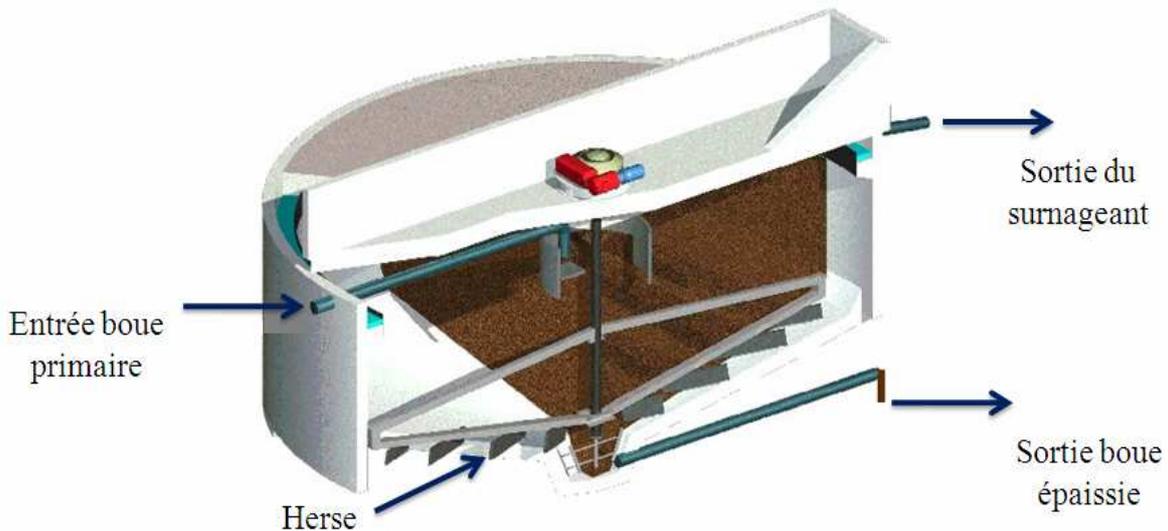


Figure 25: Coupe longitudinal d'un épaisseur gravitaire

Ces ouvrages sont caractérisées par :

- Diamètre : 15 m.
- Surface unitaire : 177 m<sup>2</sup>.
- Volume unitaire : 600 m<sup>3</sup>.
- Hauteur cylindrique : 3,5 m.

### ○ Fonctionnement de l'ouvrage

Les boues primaires extraites des décanteurs primaires est envoyée par une tuyauterie commune alimentant la bêche de répartition des épaisseurs gravitaires de boues primaires.

La répartition est assurée par deux déversoirs et deux batardeaux permettent l'isolement de chaque épaisseur.

Ces boues primaires sont épaissies selon le principe de la décantation pendant une durée de 3h pour augmenté leur concentration à une moyenne de 70 g/l et elles sont dirigées vers le centre de l'épaississeur par un raclage au fond pour les extraire vers le digesteur. La surverse des eaux s'écoule vers le poste toutes eaux.

*b) Digesteurs*

Après l'épaississement, les boues épaissies vont rejoindre une digestion anaérobie.

La digestion anaérobie, ou méthanisation, est le processus naturel de dégradation de la matière organique en absence d'oxygène.

○ **Objectifs :**

La production du biogaz à partir des boues épaissies.

○ **Descriptions :**

La STEP est équipé par deux ouvrages de digestion anaérobie de type mésophile, chaque digesteur est composé de :

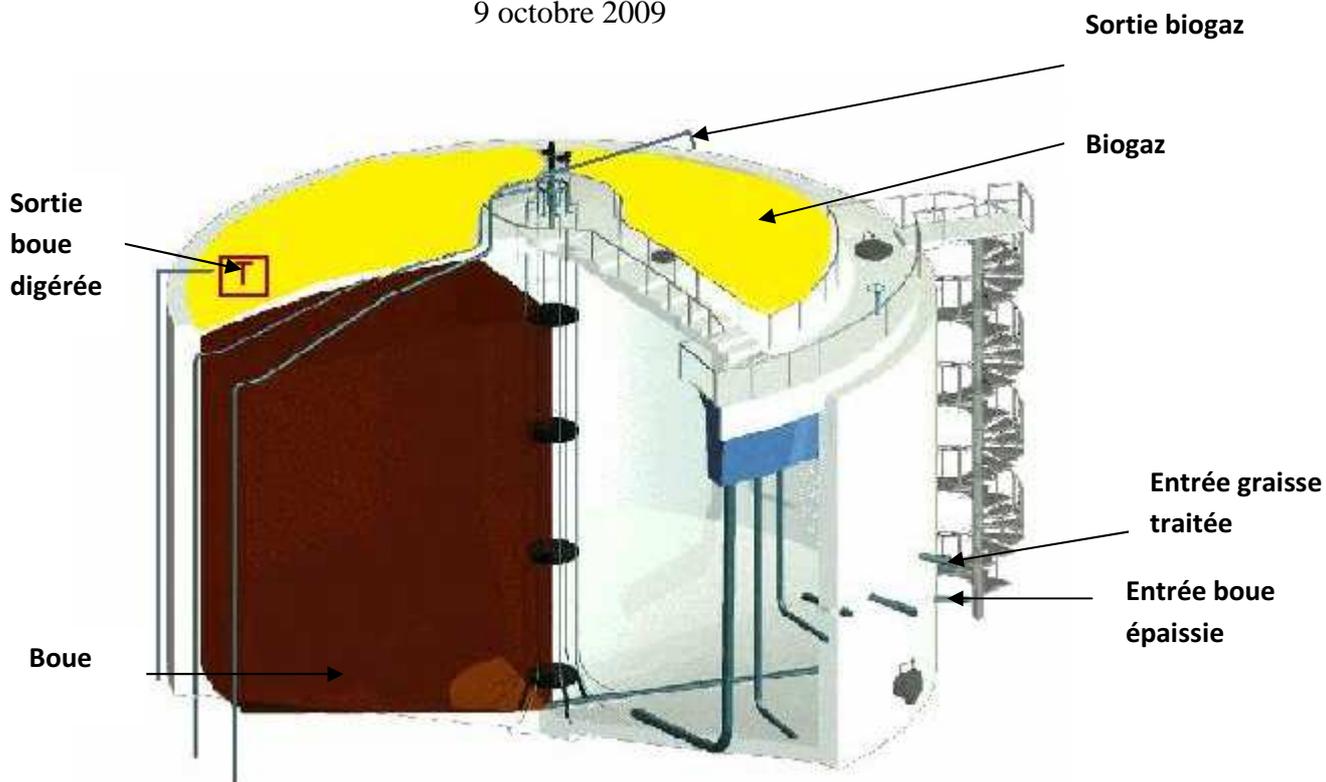


Figure 26: Coupe longitudinale d'un digesteur anaérobie

Ces ouvrages sont caractérisés par :

- Volume unitaire : 6000 m<sup>3</sup>.
- Volume total : 12000 m<sup>3</sup>.
- Diamètre : 24 m.
- Hauteur cylindrique : 12,25 m.

○ **Fonctionnement de l'ouvrage :**

Les boues épaissies (35 392 Kg MS/j tel que 70% matière organique et 30% matière minérale) arrivant au digesteur vont subir une digestion anaérobie à une température de 35°C pendant une durée de 21j, selon quatre phénomènes :

- **Hydrolyse** : la boue épaissie composée des polymères vont subir une hydrolyse qui va casser leurs liaisons pour devenir des monomères.
- **Acidogénèse** : c'est dans cette étape où les acidogènes (type de bactéries) forment les AGV et les alcools à partir des monomères.
- **Acétogénèse** : les acétogènes (type de bactéries) prennent ces AGV et les transformés en acétates.

- **Méthanogénèse** : les méthanogènes (type de bactérie) prennent ces acétates et les transformer en biogaz, composé de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  et  $\text{N}_2$ .

Le schéma suivant explique ce processus :

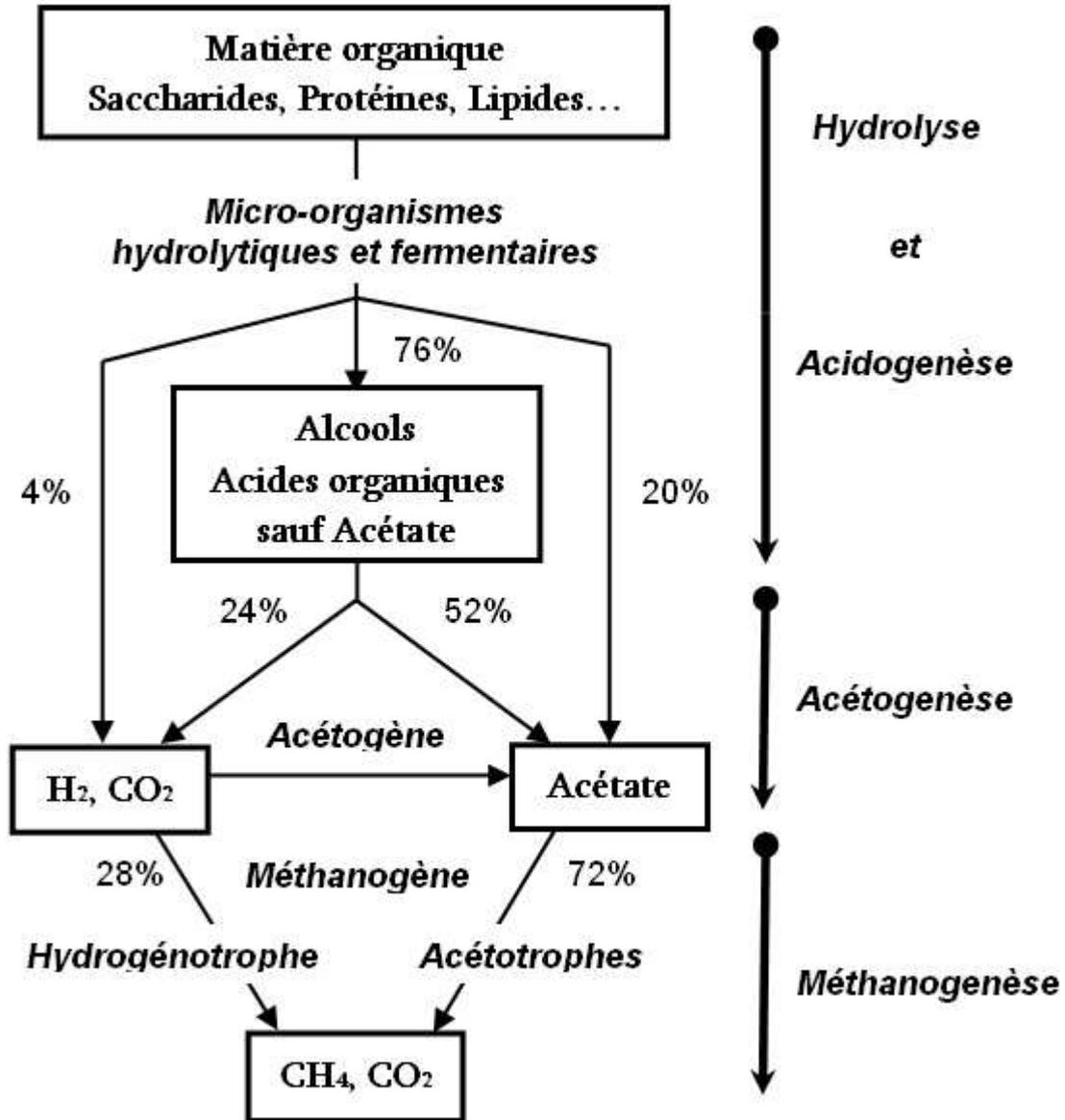


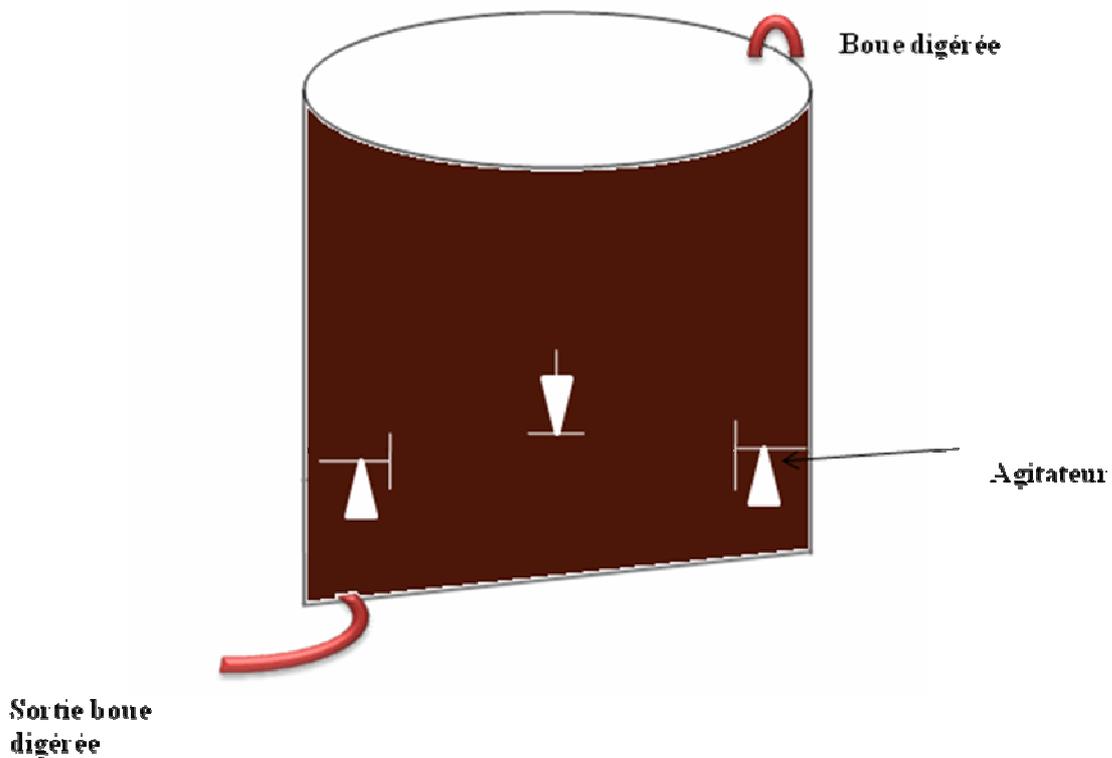
Figure 27: Schéma explicative du processus de la digestion anaérobie

c) *Stockeur*

o **Objectifs** :

Stocké la boue digérée pour l'envoyée après vers les filtres à bande.

○ **Descriptions :**



**Figure 28: Coupe longitudinale du Stockeur**

○ **Fonctionnement de l'ouvrage :**

La boue digérée s'écoule gravitairement des digesteurs vers un stockage de boues digérées de forme circulaire, de volume de  $1210 \text{ m}^3$ , non couvert et équipé de trois agitateurs submersibles assurant l'homogénéité de la boue digérée.

Le réservoir joue également le rôle de stockage intermédiaire avant la déshydratation. Un local de pompage est installé à proximité dans lequel se trouvent les pompes d'alimentation des filtres à bande.

d) *Déshydratation*

○ **Objectifs :**

La boue digérée stockée sera envoyée, pour être déshydratée, vers trois filtre-à-bande dont un sert de secours.

○ **Descriptions :**

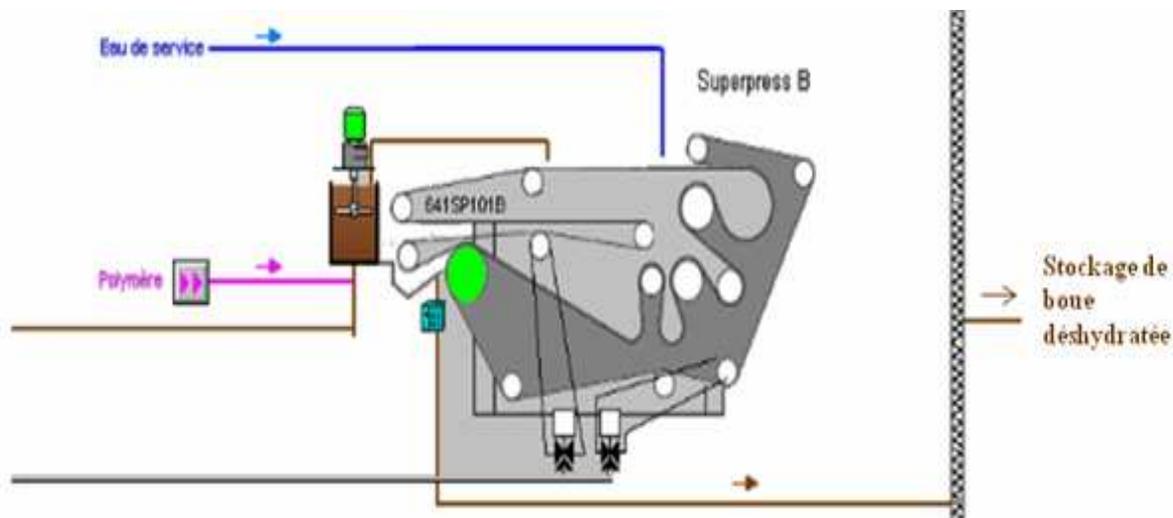


Figure 29: Coupe longitudinal d'un Superpress

○ **Fonctionnement :**

L'unité de déshydratation est équipée de trois filtres à bandes (2 en service et 1 de secours), ils ont la fonction de presser la boue passant à travers leurs bandes afin de la sécher.

L'objectif du filtrage est d'augmenter la siccité des boues en la faisant passer de 3 à 30% (valeur requise par le cahier de charge) afin de faciliter son transport, et éviter les nuisances

qu'elles peuvent engendrer dans l'état liquide. Cependant, cette valeur est difficile à atteindre à l'usage des filtres seuls, c'est pour cela qu'une unité d'ajout de polymère a été mise en service en amont des filtres pour faciliter le séchage.

Les boues sont enfin transportées vers la décharge publique (à 2 Km de la station).

### 2.3.1.3. Ligne biogaz :

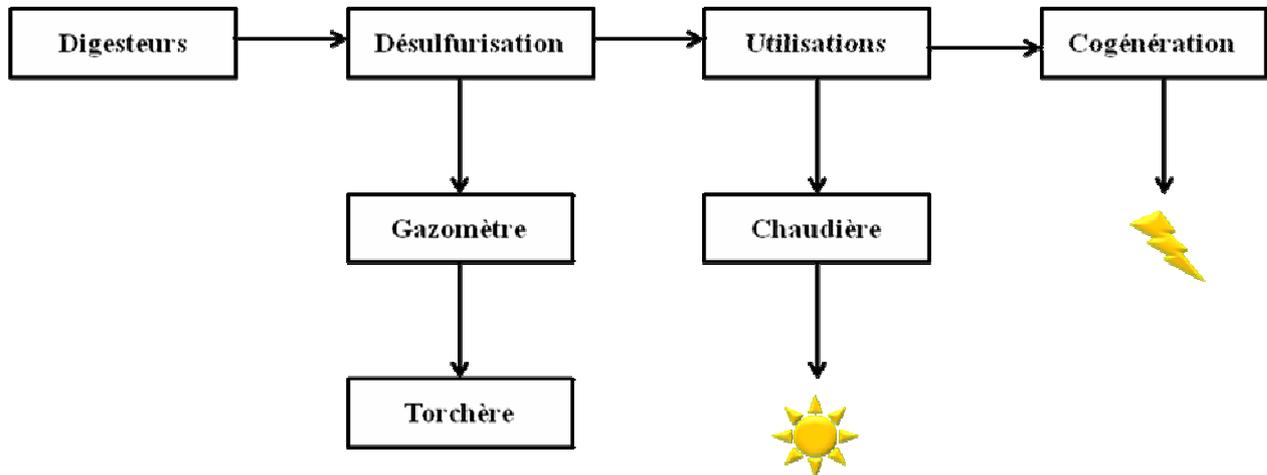


Figure 30: Chaîne de la ligne biogaz

#### a) Digesteur anaérobie

Le biogaz ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) formé dans le digesteur par les bactéries est envoyé vers la désulfuration pour le désulfurer.

#### b) Désulfuration

##### ○ Objectifs

L'élimination du  $\text{H}_2\text{S}$  du biogaz.

##### ○ Descriptions

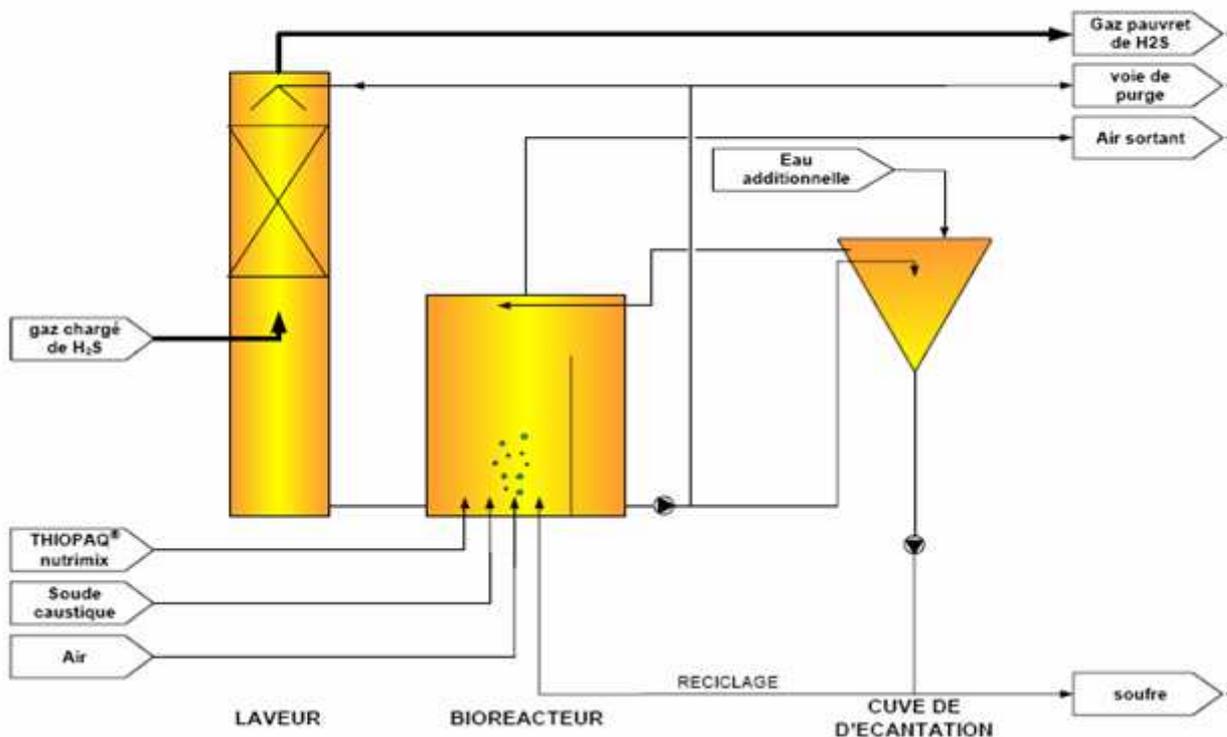


Figure 31: Désulfuration

### ○ Fonctionnements

Le biogaz entré dans la désulfuration est caractérisé par:

- Un débit nominal :  $500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ .
- Une composition d'entrée:
  - ↪  $\text{CH}_4$  :  $65 \pm 5\%$ .
  - ↪  $\text{CO}_2$  :  $35 \pm 5\%$ .
  - ↪  $\text{H}_2\text{S}$  :  $3200 \text{ ppm}$ .
  - ↪  $\text{N}_2$  :  $<250 \text{ ppm}$ .

Ce biogaz va subir une hydrolyse par une eau potable, cette eau va attaquer  $\text{H}_2\text{S}$  car il a une constante d'HENRY (515) plus petite que les autres éléments ( $10^2$  pour  $\text{CO}_2$  et  $10^4$  pour  $\text{CH}_4$ ).

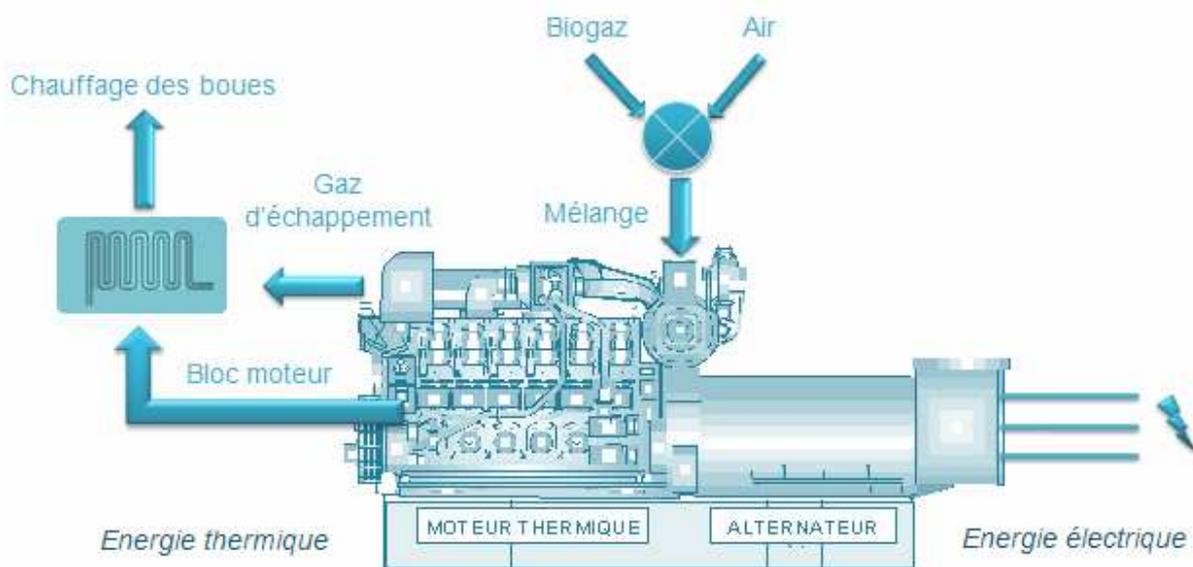
Ce  $\text{H}_2\text{S}$  va être transformé en  $\text{HS}^-$  liquide (eau+ $\text{HS}^-$ ) et envoyé vers le Bioréacteur qui contient des bactéries (Thiobacellus Ferro-oxidans) pour le transformer en  $\text{S}^0$  élémentaire dans

des conditions bien précises tel que un PH neutre, présence de nutrimix, présence de l'air et l'eau, donc le bioréacteur contient MES (bactéries+ S<sup>0</sup> élémentaire), cette MES est envoyée vers le décanteur pour l'épaissie puis retour au bioréacteur pour augmenter la concentration de la MES (16 mg/l), après il retour au décanteur pour sortir vers les lits de séchage.

Le biogaz (13 720 Nm<sup>3</sup>/j) épuré est acheminé vers la cogénération pour avoir l'énergie, et l'eau sortant du bioréacteur retour vers le laveur pour répéter le cycle.

### c) Cogénération

Après désulfurisation, le biogaz épuré envoyé vers la cogénération pour le transformer en énergie électriques et énergie thermique (chaleur). Le schéma suivant montre le processus de la cogénération :



**Figure 32: Cogénération**

### d) Gazomètre

Le gazomètre est un ouvrage de stockage de biogaz épuré dans le cas où il y a un excès de production de biogaz et un déficit de consommation de ce biogaz par la cogénération, ce gazomètre membranaire est caractérisé par :

- Hauteur : 13 m.
- Volume : 2000 m<sup>3</sup>.

### e) Torchère

Est utilisé dans le cas où il y a un excès de biogaz épuré dans le gazomètre (dépasse la capacité de stockage), dans ce cas le biogaz est brûlé et libéré dans l'atmosphère. la capacité de la torchère est 600 Nm<sup>3</sup>/h

*f) Poste toutes eaux*

Ce poste contient toutes les eaux qui proviennent de tous les ouvrages (Dégrilleurs, Dessableur-Dégraisseur, Epaisseur, ...), et elles recommencent l'enchaînement du process depuis le Décanteur.

*g) Suivi de la station*

Dans toute usine, le fonctionnement du process ne peut pas réussir sans l'aide de plusieurs outils, qui sont:

○ **Poste de supervision**

Les différents équipements de la station sont automatisés, le contrôle de leur automatisation se fait à partir d'une salle de supervision depuis laquelle on peut visualiser et modifier l'état de fonctionnement des équipements à l'aide d'une interface de supervision : *TOPKAPI*

○ **Enregistrements des résultats :**

L'historique des résultats des sondes, laboratoire, ainsi que celles de l'équipe d'exploitation est enregistré dans à l'aide du logiciel AQUACALQ facilitant leur manipulation.

○ **La GMAO :**

La maintenance préventive des installations est l'un des clefs de leur durabilité : un programme de **G**estion de **M**aintenance **A**ssistée par **O**rdinateur est installé afin de faciliter et anticiper la maintenance des machines pour éviter les pannes qui peuvent durer longtemps et gêner par la suite le processus.

*h) Annexes*

La station comporte plusieurs unités annexes :

○ **Laboratoire**

La station se dispose d'un laboratoire en vue de réaliser les différentes mesures nécessaires à la caractérisation de l'état de l'effluent : mesure de DCO, DBO, MES, MV, MS, AGV, pH, conductivité etc. ainsi que d'autres appareils faisant partie des protocoles expérimentaux : hôte, plaques chauffantes, pompes à vide, fours (200°C et 3000°C) etc.

○ **Atelier & magasin**

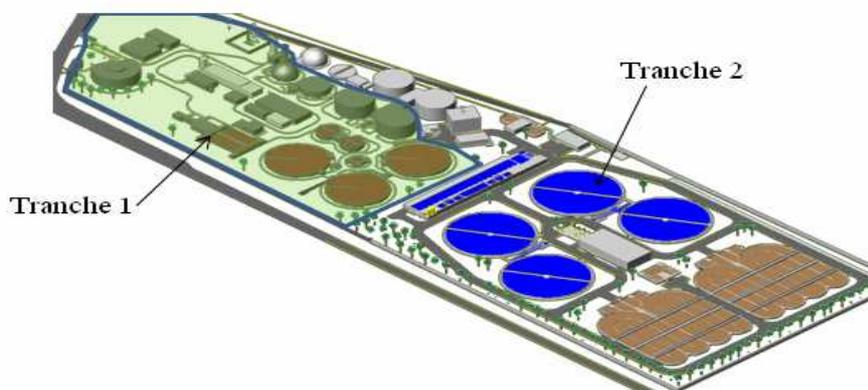
L'atelier est l'endroit où se font toutes les opérations de réparation des équipements : moteurs, pompes etc.

Le magasin fournit les pièces de rechange pour les appareils en panne ainsi que des appareils de substitution en cas de pannes prolongées.

**Aperçu sur la deuxième phase**

La deuxième tranche, dont les travaux ont débuté le 1<sup>er</sup> novembre 2008 comporte l'extension du traitement jusqu'aux niveaux secondaire et tertiaire. Elle sera opérationnelle courant 2010 et permettra de garantir des eaux pour irriguer les 13 golfs de la ville ocre.

La figure suivante donne un aperçu sur la station après la mise en service de la 2<sup>ème</sup> tranche :



**Figure 33: la STEP de Marrakech (tranche 1 et 2)**

Après sa mise en service, la station de Marrakech (1ère et 2ème tranches) sera capable de réduire les différentes formes de pollution comme le montre le tableau suivant (\*) :

**Tableau 11 : Performances de la STEP**

Paramètres	Entrée STEP	Traitement Primaire	Traitement Secondaire	Traitement Tertiaire
MES (mg/l)	584	200	30	5
DBO5 (mg/l)	640	430	30	10
NTK (mg/l)	120	120	5	5
PT (mg/l)	22	22	20	10
Germes fécaux	$10^7$ U/l	$10^7$ U/l	$10^6$ U/l	$2.10^3$ U/l

(\*) : Données extraites du cahier de charge de la RADEEMA.

### 3. Impact du projet sur l'environnement

#### 3.1. La valorisation de la STEP

A la fin de chaque ligne, une production d'un sous produits est faite :

- La ligne eau (phase 1 et 2) : production des eaux traitées (épurées) pour l'irrigation des 13 golfs de Marrakech en plus de la palmeraie.
- La ligne boue : les boues déshydratées vont être utilisées comme des engrais dans le domaine agricole.
- La ligne biogaz : le biogaz produit est la source essentielle de l'alimentation énergétique de la STEP après combustion au niveau de la cogénération.

En plus de ces sous produits, la STEP a :

- Protégée l'environnement de la pollution (pollution de la nappe, les eaux de surface, ...).
- Réduit les problématiques sanitaires (les maladies, les virus, ...)
- Éliminée la réutilisation des eaux usées non traitée dans l'irrigation (pour les douars qui sont proches des points des rejets des eaux usées).
- Réduit la consommation abusive de la nappe phréatique pour l'irrigation (utilisation des eaux traitées).

- Assurée l'autonomie en énergie électrique pour l'exploitation de la STEP et l'électrification du milieu rural qui l'entour.
- Assurée l'autonomie en eau potable, donc une autonomie totale (eau potable et alimentation énergétique).

### 3.2. Les problématiques de la STEP

Parmi les problématiques de la STEP :

- Le schéma directeur de la RADEEMA a été lancé après le fonctionnement de la STEP.
- La surdimensionnement de la station : maintenant la station épure 120.000 m<sup>3</sup>/j (dépassé la capacité).
- Le projet d'assainissement de la RADEEMA répond aux nouvelles demandes (les golfs) mais il néglige le domaine agriculture.
- Les études de la RADEEMA concernant la STEP sont réalisées en 1995 et la station réceptionnée en 2009, donc une grande différence de point de vu développement touristique, croissance démographique, etc., et donc la réalité est différente de cette étude. Exemple :

Tableau 12: Comparaison entre l'étude de la RADEEMA et la réalité

Etude de 2007 (Eau brute)		Donnée enregistrés en Avril 2009	
MES mg/l	270	MES mg/l	483
DCO mg O <sub>2</sub> /l	412	DCO mg O <sub>2</sub> /l	1075
DBO mg O <sub>2</sub> /l	182	DBO mg O <sub>2</sub> /l	462

- Dans le cas d'un sous-dimensionnement, la STEP est obligé de by-passé tous les eaux brutes entrantes et donc elle ne répond pas à l'aspect réglementaire du rejet des eaux usées.
- La pollution de l'air : les odeurs liées à la fermentation des eaux usées.
- La pollution sonore : les bruits à l'intérieur des locaux, bruits des circulations,

## Conclusion

Le projet d'assainissement initié par la RADEEMA répond par plusieurs aspects à la problématique environnementale posée par l'eau et l'assainissement.

La réhabilitation générale des réseaux, la restructuration de la collecte, la mise en place d'un traitement primaire et à terme d'une réutilisation mettent en évidence une volonté de la RADEEMA de prendre à bras le corps un problème complexe.

Néanmoins, le projet dont plusieurs volets sont aujourd'hui achevé ou en cours de l'être suscitent des interrogations légitimes :

- Le cadre réglementaire instauré par la loi sur l'eau de 1995 peine à voir le jour et la RADEEMA s'est lancé dans un projet qui n'a fait l'objet d'aucune autorisation de la part de l'Agence de Bassin ;
- La mise en place d'un traitement tertiaire pour un usage d'irrigation des golfs répond certes à une demande mais se fait au détriment des anciens usages des eaux usées de l'agglomération ;
- Le développement exponentiel de Marrakech semble avoir été négligé et les infrastructures d'assainissement sont aujourd'hui dépassées alors même qu'elles viennent d'être mise en service ;
- Le lancement de schéma directeur de la RADEEMA après la mise en service de la STEP et son effet sur le traitement et sur le sous produits de traitement.

Mais, la RADEEMA :

- Est la première entreprise au Maroc qui a pris l'opportunité de construire ce genre de projet.
- N'est pas peur de mettre en œuvre des techniques compliquées.
- A proposé une solution intéressante pour les pays dans lesquelles les infrastructures publiques peuvent être déficientes (autonomie totale).
- A trouvé une solution pour l'environnement.
- A protégé la santé humaine à Marrakech.
- Aide au développement touristique au Maroc.
- Donne une bonne vision sur le Maroc et en particulier Marrakech.

Enfin, la RADEEMA vient pour lancer une nouvelle conception dans la politique de la gestion des ressources en eaux : une politique qui appuiera l'adhésion du Maroc au club des énergies renouvelables.

## Bibliographie

- ↪ « *Agence du Bassin Hydraulique de Tensift (ABHT)* »
  
- ↪ « *Régie Autonome de Distribution de l'Eau et d'Electricité de Marrakech (RADEEMA)* »
  
- ↪ « *Notices de Fonctionnement* » Degrémont
  
- ↪ « *Souad Riad ; 2003, Typologie et analyse hydrologique des eaux superficielles à partir de quelques bassins versants représentatifs du Maroc. Université des Sciences et Technologie de Lille & Université Ibn Zohr d'Agadir* »

## ANNEXES

### Annexe 1 : Figures & Tableaux

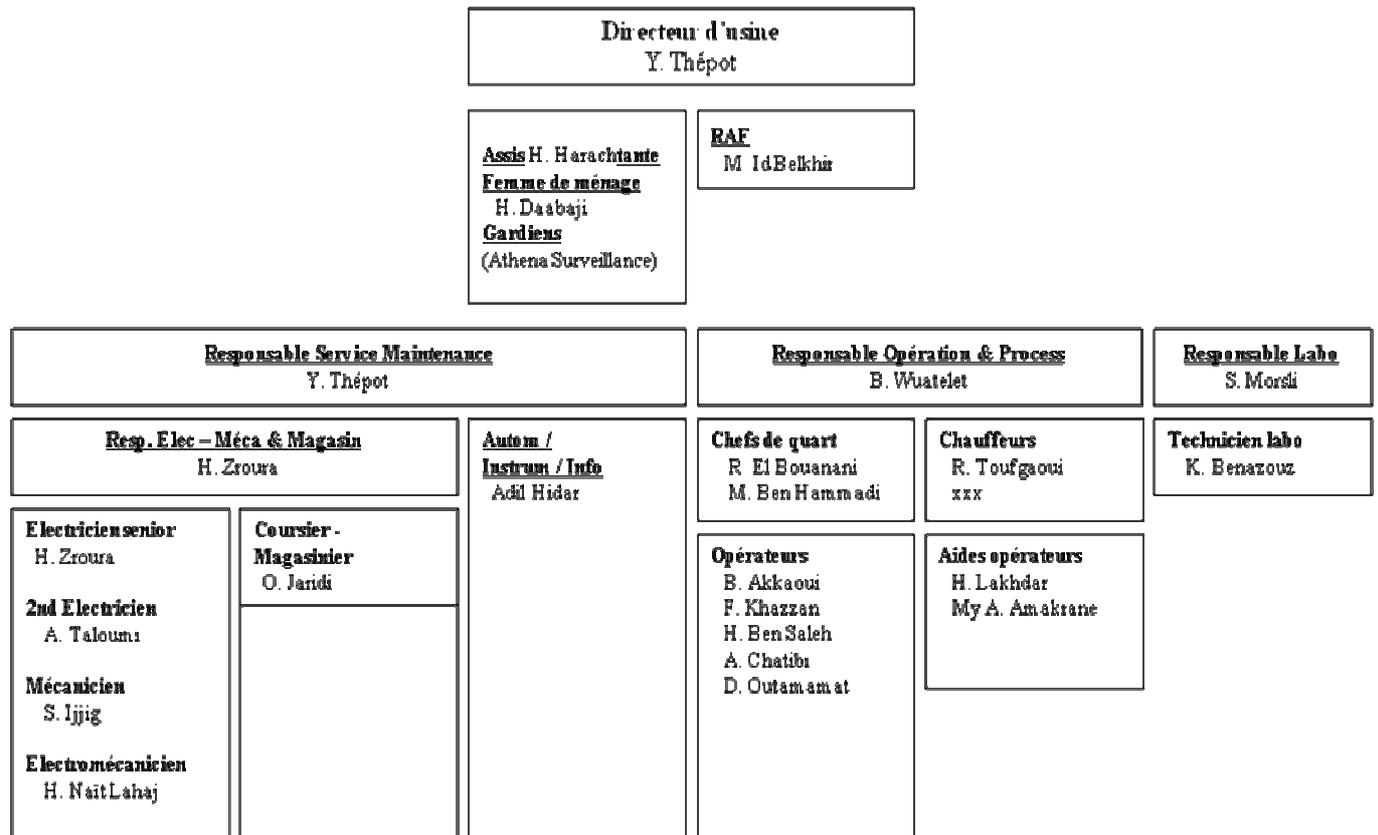


Fig. 33. Organigramme de la STEP

Date	Volume Eau brute (m <sup>3</sup> /j)	Volume Eau traitée (m <sup>3</sup> /j)	MES Eau brute (mg/L)	DBO Eau brute (mg/L)	DCO Eau brute (mg/L)	MES Eau traitée (mg/L)	DBO Eau traitée (mg/L)	DCO Eau traitée (mg/L)
01/04/09	102900	103100	413			187		
02/04/09	104700	101300	382	436	936	178	275	609
03/04/09	104600	90100	534			105		
04/04/09	102400	103700	518			102		
05/04/09	102200	103300	462			143		
06/04/09	100900	102400	483	492	1125	254	310	740
07/04/09	100200	100100	476			269		
08/04/09	94500	95300	452	549	1152	121	275	694
09/04/09	89100	89800	629			264		
10/04/09	85000	86000	510			227		
11/04/09	95600	86000	572			285		
12/04/09	102000	104000	459			249		
13/04/09	100000	102500	412			137		
14/04/09	98700	98300	532	545	941	224	340	597
15/04/09	96900	98500	428			248		
16/04/09	100500	101700	438	480	1079	223	251	670
17/04/09	100400	101100	658			244		
18/04/09	105600	106800	485			196		
19/04/09	103400	104600	498			226		
20/04/09	102700	103800	472	411	1067	174	196	618
21/04/09	98900	97900	412			141		
22/04/09	102300	103900	440	412	1075	107	266	642
23/04/09	104700	106000	424			156		
24/04/09	104000	105000	437			145		
25/04/09	104200	105300	532			126		
26/04/09	101700	103100	504			203		
27/04/09	99800	100800	533			283		
28/04/09	99000	100600	405	445	1157	124	218	631
29/04/09	100700	101300	434	384	1139	100	209	632
30/04/09	99300	101000	527			99		

**Tableau 13 : synthèse des données mensuelles (le mois Avril)**

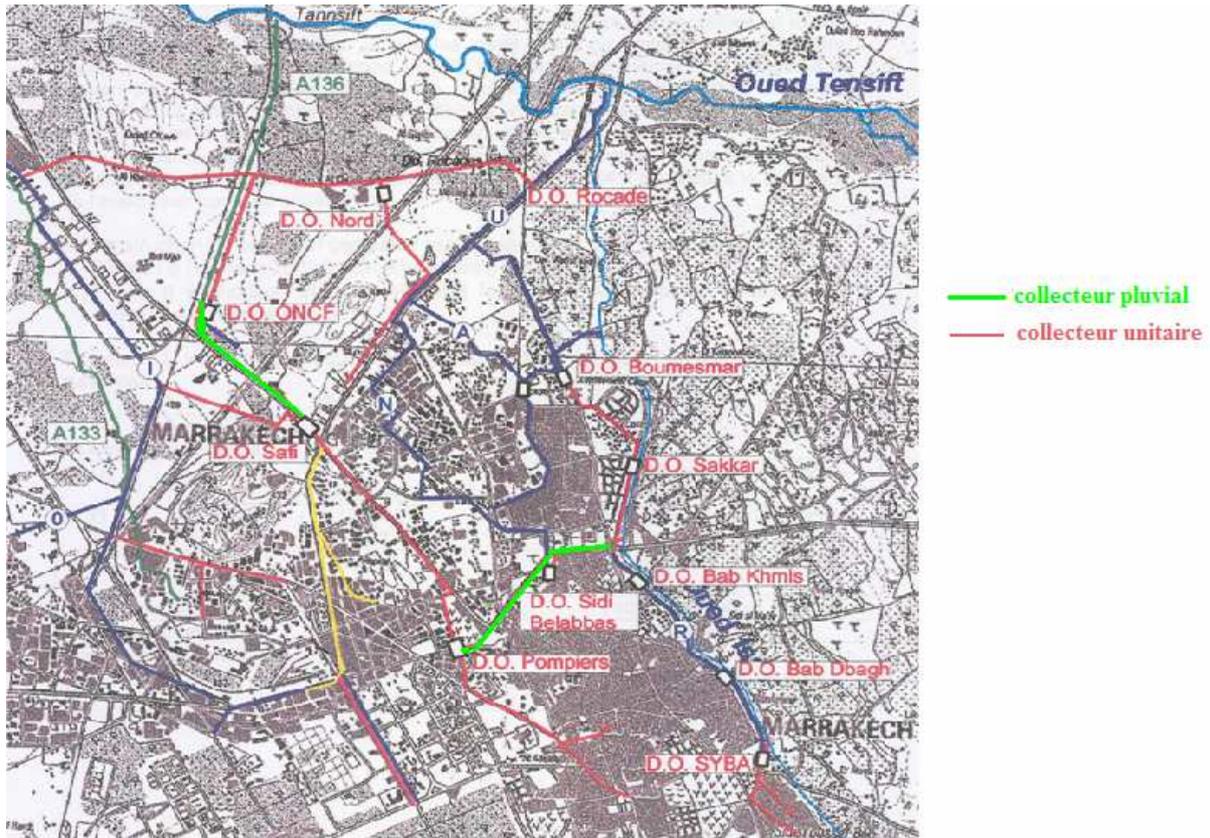
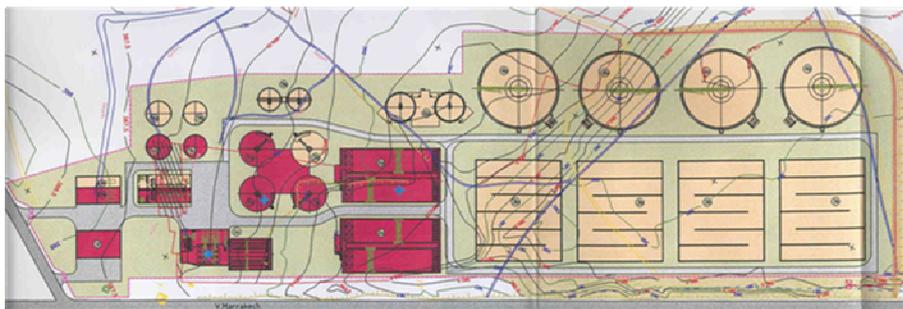


Fig.34. Localisation des collecteurs à Marrakech

Entrée	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	NTK mg/l	Coliformes fécaux / 100ml	1 m <sup>3</sup> /s d'effluent
	584	640	1594	100	14.10 <sup>6</sup>	



Sortie	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	NTK mg/l	Coliformes fécaux / 100ml	+ 1200 KW Electricité
	30	30	100	25	10 <sup>5</sup>	

Fig.35. Comparaison entre l'entrée et la sortie

## Annexe 2 : Album Photo



**Photo 1** : Fosse à batards



**photo 2** : Prégrille



**Photo 3** : Dégrillage grossier



**photo 4** : Dégrillage fin



**Photo 5** : Dessableur-dégraisseur



**photo 6** : Vibraires



**Photo 7 :** Traitement des sables



**Photo 8 :** Traitement des graisses



**Photo 9 :** Racleur du décanteur



**Photo 10 :** Epaisseurs



**Photo 11 :** Racleur d'épaisseur



**Photo 12 :** Digesteur anaérobie



**Photo 13 : Stockeur**



**Photo 14 : Déshydratation**



**Photo 15 : Désulfuration**



**Photo 16 : Cogénération**



**Photo 17 : Gazomètre**



**Photo 18 : Torchère**