



*Hommage au Professeur Abdelhay BELKABIR*

Licence Es Sciences et Techniques  
EAU et ENVIRONNEMENT

*Traitement et réutilisation des eaux usées épurées  
dans la ville de Marrakech*

**Réalisé par :**

**M<sup>elle</sup> Nadia AZZOUZI**

**Soutenu le 19 Juin 2010**

Devant le Jury :

Yamina BOURGEOINI  
Ali BACHNOU  
Brahim IGMOLLAN  
Abd Rahim DIAB

Professeur FST Marrakech  
Professeur FST Marrakech  
Professeur FST Marrakech  
SECEE, Marrakech

Encadrante  
Examineur  
Examineur

## *Remerciement*

Au terme de ce travail, il m'est agréable de m'adresser à toute personne qui a contribué de près ou de loin à sa réalisation.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à :

- Mr le Doyen ; Mr BOUGADIR Blaid, vice doyen et Mr Saidi, chef du département des sciences de la terre de la FST Marrakech pour leurs encouragements et disponibilité.
- Melle.Y.Bourgeoini, pour son encadrement et pour les efforts fournis pour m'orienter.
- Mr .A.DIAB. pour m'avoir accueillie au sein du secrétariat et pour son encadrement.
- Mr B.IGMOULAN. pour ses précieux conseils et d'avoir accepté de faire partie du jury.
- Mr.Z.KABBAJ (SRE) pour ses précieux conseils et pour son aide.
- Ma famille, mes parents qui sans eux jamais je n'arriverai jusqu' ici.
- Mes amis (es) pour leur soutien et leur aide.

# Plan de rapport

<b>*Introduction.</b> .....	5
<b>I. GENERALITE SUR LE MAROC :</b>	
1) Les Ressources en eau :.....	7
a) les eaux superficielles. ....	7
b) les eaux souterraines. ....	7
2) Qualité de l'eau au Maroc : .....	9
a) qualité des eaux superficielles. ....	9
b) qualité des eaux souterraines. ....	10
<b>II. GENERALITE SUR LA VILLE DE MARRAKECH :</b>	
1) le climat.....	11
2) les eaux de la ville : .....	12
a) Ressources en eau de surface.....	13
b) Ressources en eaux souterraines. ....	13
<b>III. LA QUALITE DE L'EAU DE MARRAKECH ;</b>	
1) Qualité des ressources en eau souterraines. ....	15
2) Qualité des ressources en eau de surface. ....	15
<b>IV. L'ASSAINISSEMENT</b>	
1) définition générale. ....	16
2) Assainissement liquide de la ville de Marrakech. ....	16
<b>A) Epuration des eaux usées :</b>	
1) Station d'épuration des eaux usées de la ville de Marrakech.....	17
2) Situation de la station. ....	18
3) Choix du site. ....	19
4) Capacité de la station. ....	20
5) Objectifs de la mise en place de la station d'épuration. ....	20
6) Quantité / qualités des eaux usées entrantes a la station.....	21
7) Les étapes d'épuration des eaux usées dans la station d'épuration de Marrakech.....	23

**\*1<sup>er</sup> phase : prétraitement-traitement primaire :**

**a) Prétraitement.**

- i. Dégrillage.....23**
- ii. Dessablage – Dégraissage.....25**

**b) Traitement primaire**

- i Décantation primaire.....29**

**c) Traitement des boues.**

- i Origines des boues et leur caractéristique physico-chimiques  
.....31**
- ii Epaisseurs des boues résiduelles.....33**
- iii Digesteur.....34**
- iv Stockage du biogaz. ....37**
- v Stockages des boues digérées.....38**
- vi Déshydratations des boues ; Reprise, chaulage et stockage  
des boues .....38**

**\*2<sup>ème</sup> phase : traitement secondaire- traitement tertiaire.**

**a) Traitement secondaire :**

- i Traitement biologique par boue activé. ....39**
- ii Bassin d'aération. ....41**
- iii Décontraction secondaire. ....41**

**b) Traitement tertiaire :**

- i. Poste de relevage. ....42**
- ii. Coagulation – floculation.....43**
- iii. Filtration sur sable. ....43**
- iv. Désinfection par les Ultraviolet. ....45**
- v. Désinfection cl2. ....45**

**c) Traitement des boues secondaires: .....47**

- i. Flottation des boues secondaires.....47**
- ii. Digestion anaérobie. ....47**
- iii. Stockage des boues digérées. ....48**
- iv. Déshydratation des boues. ....48**
- v. Conditionnement des boues déshydratées.....49**
- vi. Fosse des eaux de retour.....49**

d) traitement du biogaz. ....	49
e) désodorisation. ....	50
8) qualité d'eau épurée a la sortie de la station .....	53
9) Les impacts positifs et négatifs liés à l'installation de la station d'épuration. ....	56
<b>B) réutilisation des eaux usées :</b>	
1) Dans l'irrigation des complexes golfsiques.	
a) Les différents projets profitant de cette eau épurée. ....	58
b) Répartition géographique des projets golfsiques.....	58
c) Les besoins en eau de ces projets. ....	60
d) Réseau de connexion. ....	61
2) Dans l'irrigation des terrains agricoles. ....	62
3) Réutilisation industrielle. ....	63
4) Réutilisation comme source en eau potable. ....	63
5) Réutilisation urbaine.....	64
<b>C) la valorisation des boues :</b>	
1) Valorisation agronomique. ....	64
2) Épandage. ....	64
<b>D) valorisation énergétique. ....</b>	<b>65</b>
<b>* CONCLUSION. ....</b>	<b>66</b>

## \* Introduction.

- Parmi les premières Stations de Traitement des Eaux Polluées (STEP) au Maroc étaient des stations dans des petites et moyennes villes utilisant diverses technologies. Ces 28 premières STEP ont cessé de fonctionner peu de temps après leur mise en service faute de moyens techniques et financier des communes qui n'ont pas organisé leur exploitation. Cette expérience a conduit en 2000 à la décision de transférer la responsabilité de l'assainissement des communes intermédiaires et rurales à l'opérateur national d'eau potable : l'ONEP. Jusqu'en 2009 l'ONEP a construit 43 STEP, principalement des lagunages mais aussi des boues activées et quelques lits bactériens.

Peu de réutilisation des eaux usées traitées est organisée pour l'instant au Maroc. Compte tenu de la tension qui existe sur la ressource en eau au Maroc, la réutilisation d'eau usée traitée ne pourra satisfaire qu'une partie de la demande. De plus, il n'existe aujourd'hui aucun cadre institutionnel pour la réutilisation des eaux usées traitées et aucun mécanisme de recouvrement des coûts auprès des usagers. Le plus grand projet de réutilisation des eaux usées traitées est construit à Marrakech, où 98 842 m<sup>3</sup>/j d'eau usée traitée doit être réutilisée pour l'arrosage des terrains de Golfs. Le traitement tertiaire et le réseau de distribution d'eau usée traitée seront financés par des investisseurs privés. La régie d'Agadir (RAMSA) réalise un traitement tertiaire de ses eaux usées dont 300 m<sup>3</sup>/j sont déjà vendus à un terrain de Golf. Une seconde tranche à partir de la station de Mzar devrait permettre de porter cette réutilisation d'eaux usées traitées par les Golfs à 3 000 m<sup>3</sup>/j. Le projet est financé par l'AFD. Redal, l'opérateur d'eau potable et d'assainissement de Rabat Salé a réalisé en 2009 une étude en vue d'irriguer les espaces verts municipaux avec de l'eau usée traitée. D'autres petits projets pilotes de réutilisation d'eau usée traitée ont été entamés depuis les années 1980. Certains d'entre eux ont même été abandonnés. Parmi les projets viables, on peut citer celui de l'irrigation d'un Golf à Ben Slimane qui fonctionne depuis 1997 avec une capacité de 5 600 m<sup>3</sup>/j. En 2009, deux projets de réutilisation d'eaux usées traitées sont également en cours à Oujda et Beni Melal. Ils sont financés par le Fond national pour l'environnement et prévoient d'adjoindre un traitement tertiaire à des STEP existantes. La réutilisation d'eau usée

traitée est devenue une priorité nationale qui a été citée dans les discours royaux à plusieurs reprises.

- Marrakech et comme les autres villes du pays, connaît une explosion démographique, aussi une évolution dans le secteur touristique, Et cela affecte les ressources en eaux superficielles et souterraines, du côté quantitatif (baisse du niveau des nappes par la surexploitation) et qualitatif (les rejets domestiques et industriels contiennent des substances causant la dégradation de la qualité des eaux).

Alors une intervention est nécessaire afin d'apaiser nos ressources et préserver ce qui reste contre la pollution. Donc il faudrait agir pour pouvoir répondre au besoin accru des différents secteurs surtout celui touristique.

Comme solution efficace, le projet de réutilisation des eaux usées épurées se présente comme un meilleur choix. Mais pour avoir accès à ces eaux, des normes strictes sont posées par l'Etat afin d'éviter tous les risques sanitaires, vu le contact direct d'utilisateur avec ces eaux. Aussi un système d'épuration bien choisi est adapté aux conditions de la ville et mis en place assurera une bonne qualité des eaux usées produites.

## **V. GENERALITE SUR LE MAROC :**

### **A) Les Ressources en eau :**

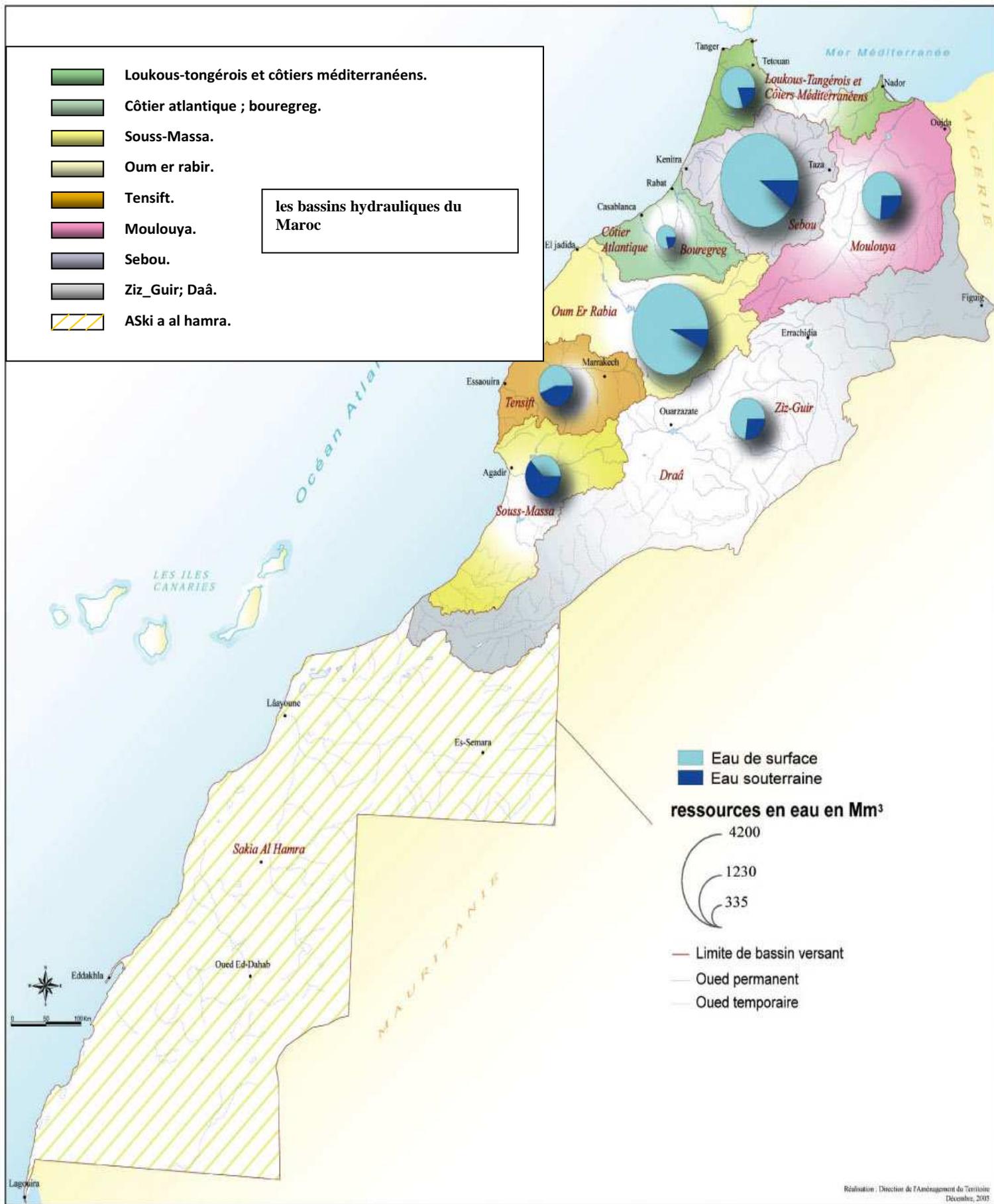
#### **a) Les eaux superficielles :**

Les écoulements des eaux superficielles sont en moyenne de l'ordre de  $20.10^9 \text{ m}^3$ . Le total des eaux superficielles mobilisables est de l'ordre  $16.10^9 \text{ m}^3$  dont  $14.10^9 \text{ m}^3$  peuvent être stockées dans les retenues de barrages. En 2000 les retenues de barrage ont enregistré un déficit global de l'ordre de 75% (ex: barrage Al Wahda 89%, barrage Sidi Mohammed Ben Abdallah 88% de déficit).

#### **b) Les eaux souterraines :**

Les apports moyens annuels en eau souterraine sont de l'ordre  $9.10^9 \text{ m}^3$  dont  $4.10^9$  sont mobilisables.

Les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique national. Elles se répartissent en 32 nappes profondes et plus de 48 nappes superficielles. Comme pour les eaux de surface, la répartition géographique des ressources en eau souterraine est aussi inégale. Plus de 50 % sont réparties dans les régions du centre et du nord du pays Les ressources en eau souterraines représentent près du tiers, soit  $10^9 \text{ m}^3$ , et sont réparties sur une trentaine de grands systèmes aquifères Seule la moitié de ce potentiel est considérée comme une eau souterraine mobilisable, car près de  $3.10^9 \text{ m}^3$  constituent le débit de base des rivières et  $2.10^9 \text{ m}^3$  les écoulements vers la mer.



Carte 1 : ressources en eau souterraines et de surface par bassin (Rapport national 2004 sur les ressources en eau au maroc. Mokhtar Bzioui)

## **B. Qualité de l'eau au Maroc :**

### **❖ Objectif de la surveillance de la qualité de l'eau :**

La Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau procède régulièrement à l'évaluation qualitative des ressources en eau afin :

- D'établir une situation de la qualité des ressources en eau au niveau national ;
- De préciser les tendances de son évolution ;
- De définir les principales causes qui l'affectent.
- Ces informations sont nécessaires à :
- L'établissement d'une politique de restauration et de sauvegarde de la qualité de l'eau ;
- La prise de décision en temps réel dans la gestion et la planification des ressources en eau.

### **c) qualité des eaux superficielles :**

#### **❖ Réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles**

Le réseau de suivi actuel de la qualité des eaux de surface comporte 60 stations primaires 113 stations secondaires et 36 stations au niveau des retenues de barrages.

La fréquence d'échantillonnage est fixée pour chaque type de station elle est :

- Mensuelle à trimestrielle pour les stations primaires ;
- Semestrielle pour les stations secondaires et retenues de barrages, une campagne en saison humide et une autre en saison sèche.

#### **❖ Etat de la qualité des eaux de surface :**

La qualité globale des eaux de surface observée a été bonne au niveau de 46 % des stations et moyenne au niveau de 9 %. Par contre, elle a été dégradée au niveau de 45 % des stations échantillonnées comme la montre la figure au dessous.

Presque la totalité des stations ayant une qualité dégradée sont situées au niveau des cours d'eau affectés par les rejets urbains et industriels tels le cours moyen et aval de l'Oued Sebou, le cours moyen de l'Oum Er-Rbia, le cours aval des oueds Tangérois et Martil.

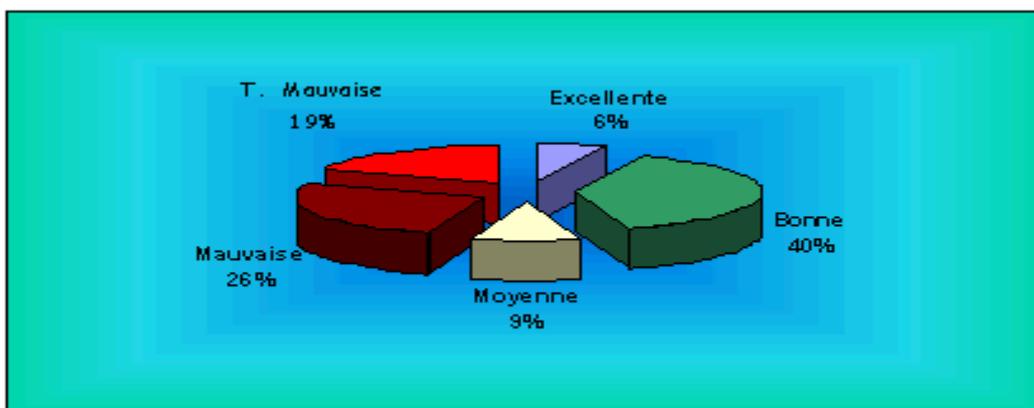


Fig.1: Répartition des stations d'eau de surface par niveau de qualité

#### d) qualité des eaux souterraines :

##### ❖ Réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines :

Le réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines comporte 535 stations d'échantillonnage réparties sur 45 nappes d'eau souterraine. La fréquence de prélèvement est semestrielle.

Au cours de l'année 2000-2001, plus de 28400 analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été réalisées au niveau des laboratoires régionaux de contrôle de la qualité de l'eau et du laboratoire public d'essais et d'études.

Ces données sont stockées, vérifiées et traitées dans la base de données « QUALITE DE L'EAU » constituée à la Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau et qui rassemble à ce jour plus de 660 000 analyses.

##### ❖ Etat de la qualité des eaux souterraines :

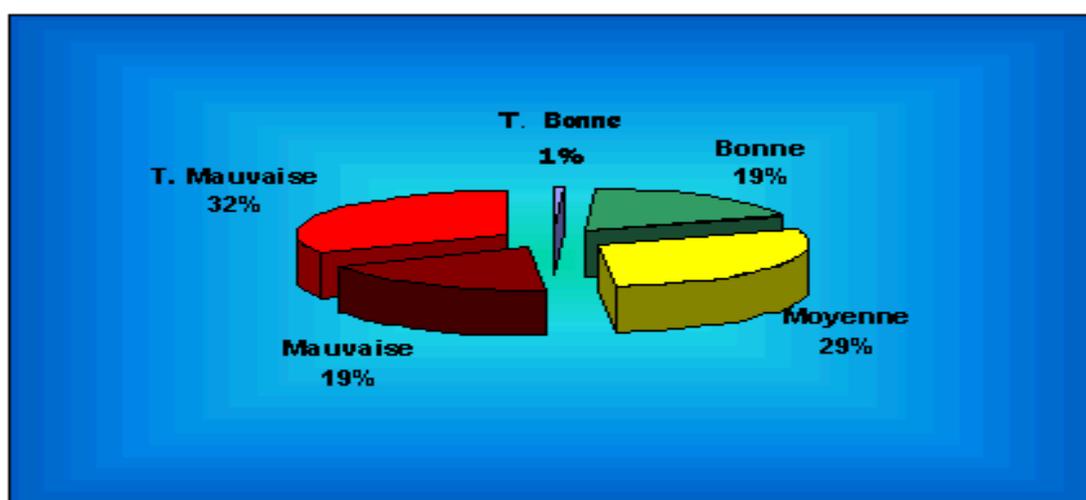


Fig2 : Répartition des stations d'eau souterraines par niveau de qualité.

Durant l'année 2000-2001, la qualité globale des eaux de surface observée a été bonne au niveau de 46 % des stations et moyenne au niveau de 9 %. Par contre, elle a été dégradée au niveau de 45 % des stations échantillonnées.

Presque la totalité des stations ayant une qualité dégradée sont situées au niveau des cours d'eau affectés par les rejets urbains et industriels tels le cours moyen et aval de l'Oued Sebou, le cours moyen de l'Oum Er-Rbia, le cours aval des oueds Tangérois et Martil.

## **VI.GENERALITE SUR LA VILLE DE MARRAKECH :**

### **1) le climat.**

#### **❖ Précipitations et hygrométrie**

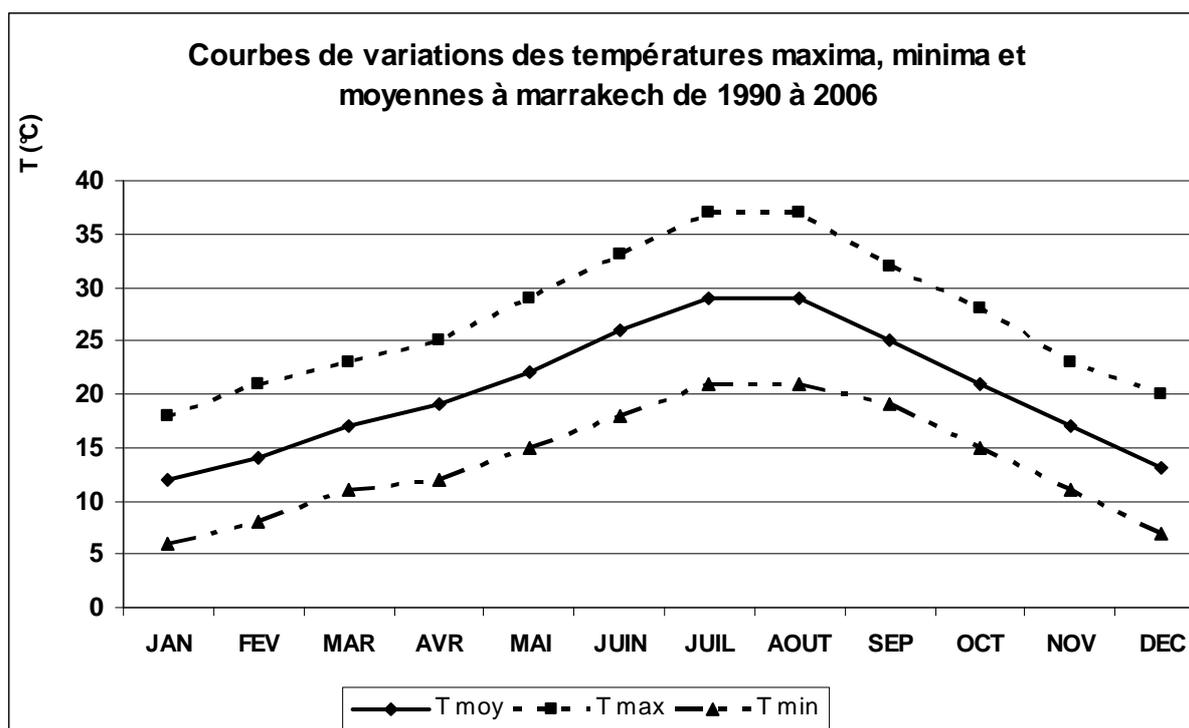
Marrakech se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride caractérisé par des précipitations peu abondantes, groupées pendant la saison froide, du mois de septembre au mois de mai, avec deux maxima en novembre-décembre et en mars-avril, Soulignant la sécheresse du climat, l'humidité relative passe en moyenne de 73 % en janvier, à 33 % en juillet. Durant ce dernier mois, elle peut s'annuler lorsque souffle des vents desséchants : chergui et sirocco (2001).

#### **❖ Les températures**

Les températures sont caractérisées par un important écart thermique entre le jour et la nuit et entre les saisons (voir le tableau1). En été les après-midi sont torrides avec des températures avoisinant souvent les 40 °C à l'ombre alors qu'en hiver les nuits peuvent être froides. En fin d'été la ville peut être sujette à de violents orages comme le 10 septembre 2009 où 60 mm de pluie sont tombés en 1 heure. Ceci a provoqué l'inondation de plusieurs rues dans la ville ocre.

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
Température Moy. max	18	21	23	25	29	33	37	37	32	28	23	20
Température Moy. min	6	8	11	12	15	18	21	21	19	15	11	7
Température moyenne	12	14	17	19	22	26	29	29	25	21	17	13

Tableau 1 : Températures maximales minimales et moyennes mensuelles en °C (1990-2006) (in RADEEMA, 2007).



Durant les années entres 1990et2006 les courbes de variation de température montres que Marrakech connais deux périodes une de haute température qui commence appartire du mois de mai et finie au début du mois de septembre, et une autre période de basse température comprise entre le mois d’octobre et le début de février.

## 2) les eaux de la ville (L’ABHT)

La Préfecture de Marrakech-Ménara renferme un potentiel hydraulique non négligeable en matière d'eau souterraine. Les eaux de surface, principalement mobilisées pour l'irrigation

proviennent de la province d'Al Haouz via le barrage Lala Takerkoust et la province d'Azilal via le canal de rocade lui même issu du barrage Sidi Driss (province d'El Kélâa des Sraghna).

### a) Ressources en eau de surface

La Préfecture de Marrakech-Ménara est traversée par le principal cours d'eau : Oued Tensift qui draine les eaux des Oueds tel que N'fis ; oued Issyl... (FIG.1).

Dans les Jbilet, le réseau hydrographique se compose de nombreux petits oueds d'une vingtaine de kilomètres, sèche toute l'année à l'exception des périodes de fortes pluies. Ces oueds sont tous drainés par l'oued Tensift. Les oueds bouzemmour et Lksoub sont les plus importants avec un apport moyen annuel cumulé estimé à 1 Mm<sup>3</sup>/an.

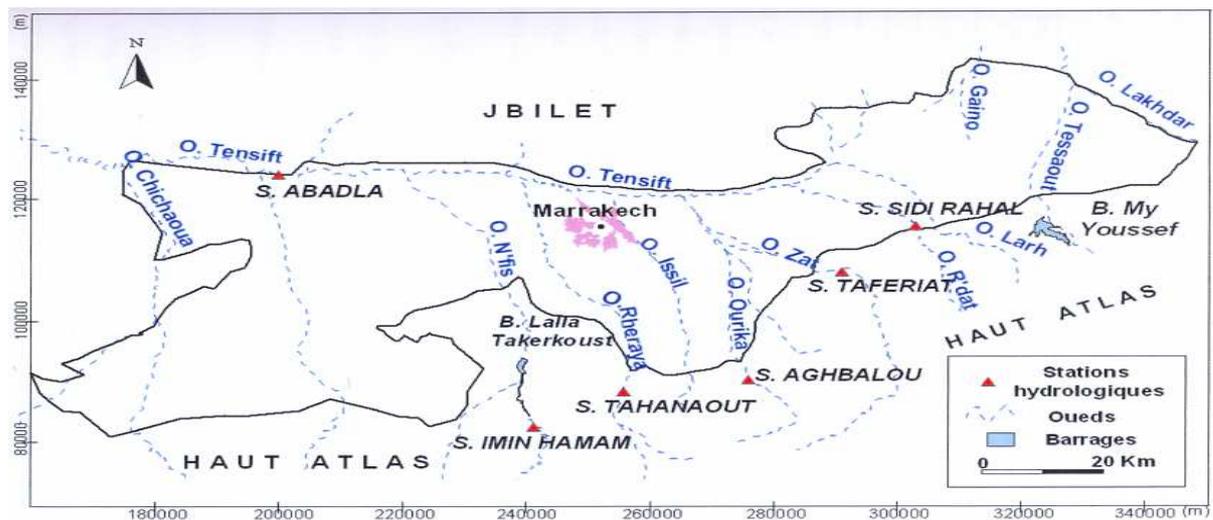


Figure.3: Localisation des oueds parcourant la plaine du Haouz et des stations hydrologiques (ABHT, 2006).

### b) Ressources en eaux souterraines.

La plaine du Haouz renferme dans son sous sol la principale nappe d'eau souterraine généralisée, il s'agit de la nappe du Haouz-Mejate qui s'étend sur une superficie de l'ordre de 7500 km<sup>2</sup> et qui circule dans des alluvions plio-quaternaires. L'alimentation de l'aquifère se fait essentiellement par infiltration des eaux de crues au niveau des oueds et chaâbas ainsi que

par les pertes d'eau au niveau des réseaux d'irrigation. Les niveaux d'eau par rapport au sol sont généralement compris entre 20 et 35 m.

La nappe est surexploitée, elle contribue à l'AEP de toute la population rurale et 20% de la ville de Marrakech et pour l'irrigation (secteurs El Ouidane, Oulad Hassoune, N'Fis). Les eaux de la nappe sont généralement de bonne qualité chimique les résidus secs ne dépassent pas 2 g/l.

Le complexe rocheux des Jbilets est constitué de matériaux anciens, métamorphiques ou éruptifs, il peut être considéré en masse comme quasi imperméable ne contenant pas de nappe généralisée. Les eaux de ruissellements s'infiltrent en partie dans les zones fissurées et altérées, dans les alluvions des oueds et dans les zones faillées. Il en résulte des possibilités de circulation d'eaux souterraines exploitées pour les besoins domestiques, l'abreuvement du cheptel et également pour l'irrigation de quelques périmètres dont la taille ne dépasse pas généralement 5 ha. Les puits creusés ne dépassent pas souvent 45 m, les débits unitaires dépassent rarement 2 l/s. Il est intéressant de signaler que le débit des ouvrages est très vulnérable à la sécheresse, entre la saison sèche et la saison humide, le débit d'un même puits peut varier.

La plaine de la Bahira renferme une nappe semi profonde circulant dans des calcaires fissurés de l'Eocène. Cette nappe a localement une bonne productivité puisque les débits unitaires peuvent varier de 10 à 50 l/s avec une bonne qualité chimique de l'eau; un débit total de 150 l/s a été affecté à partir de cette nappe pour l'irrigation par systèmes pivots.

## **VII. LA QUALITE DE L'EAU A MARRAKECH ;**

Compte tenu des ressources en eau limitées dans le temps et dans l'espace et du niveau de mobilisation et d'exploitation déjà assez élevée, ces ressources subissent, sous l'effet de développement socio-économique, les conséquences les plus graves. En effet, les effluents urbains, les rejets industriels, les eaux du lessivage des terrains agricoles s'y déversent, la plus part du temps, sans traitement préalable. Ainsi les ressources mobilisables en eau sont de plus en plus menacées par des sources de pollution qui ne cesse de se multiplier et de se

diversifier et dont l'impact négatif se traduit directement par des déséquilibres écologiques.

### **1) Qualité des ressources en eau souterraines.**

On distingue selon la qualité de l'eau (Lyakhloufi, 2001 et ONEP, 1993) :

- 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 bordure 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 du Haouz-Mejjate (Bas Tensift), de la Bahira et du bassin d'Essaouira.

- Les zones où les eaux sont de très mauvaise qualité chimique se limitent à certains secteurs de la nappe de la Bahira, où les teneurs en nitrate sont élevées et où la salinité dépasse 4g/l, et à des secteurs de la nappe du Haouz à l'aval de la ville de Marrakech.

### **2) Qualité des ressources en eau de surface.**

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 volumes des eaux usées déchargées dans l'oued Tensift sont estimés à 23 Mm<sup>3</sup>/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.

Les eaux de la retenue du barrage Lalla Takerkoust présentent une salinité faible et reste inférieur à 550 mg/l, des teneurs en oxygène dissous supérieurs à 8 mg/l et des teneurs en « chlorophylle a » de l'ordre de 6 µg/l. Néanmoins, la retenue connaît des productions algales importantes en automne, ce qui permet de classer cette retenue comme mésotrophe.

Le tableau ci-dessous représente la qualité des eaux de surfaces selon les oueds de la plain de l'houez.

Oueds	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 moyennes 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 (tahanaout)	Eaux de qualité moyenne (problème de salinité)
Oued Ourika	Eaux de qualité bonne à moyenne aptes à tous les usages avec traitement normal pour l'AEP

Tableau 2: qualité des différents oueds de la plaine de Tensift-Haouz.

## VIII. L'assainissement

### 1) définition générale.

L'assainissement constitue une partie fondamentale du cycle de l'eau puisqu'il met en relation le milieu récepteur et le milieu urbain à travers l'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées.

L'assainissement liquide est une mission noble et un outil précieux de lutte contre la pollution et de sauvegarde de la salubrité du milieu. Toutefois, il peut tout simplement devenir une charge supplémentaire pour la commune et une source de nuisance pour la population.

Comme tout investissement, la protection d'un réseau d'assainissement induit des charges de fonctionnement faciles à appréhender lorsque sa conception et sa réalisation sont satisfaisantes ; incontrôlables et prohibitives dans le cas contraire.

### 2) Assainissement liquide de la ville de Marrakech.

Depuis 2001, la ville de Marrakech connaît une augmentation rapide de la consommation en eau, justifiée par l'explosion urbanistique qu'elle subit. Cette tendance va se maintenir sinon s'amplifier avec la construction récente et le développement planifier de

plusieurs complexes de Golf, grands consommateurs d'eau pour l'arrosage de leurs parcours, à Marrakech. En témoignent les nombreux projets (plus d'une douzaine de parcours de Golf existants, en cours de réalisation ou devant être réalisés très prochainement dans la ville de Marrakech notamment au Sud et au Sud-est.

Cette demande de plus en plus forte des besoins en eau constitue une préoccupation majeure pour les gestionnaires des ressources en eau de la ville de Marrakech, située en pleine zone semi-aride.

L'assainissement liquide peut constituer une alternative forte intéressante et résoudre les problèmes engendrés par les rejets des eaux usées brutes dans le milieu récepteur. 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.

#### **A) Epuration des eaux usées :**

##### **1) Station d'épuration des eaux usées de la ville de marrakech.**

La station d'épuration de Marrakech est située au Nord de la ville en bordure de l'oued Tensift à hauteur de la route de Safi.

Cette station, d'une capacité de 1,3 millions d'équivalents habitants, permettra de traiter :

- ⊕ un débit nominal de  $90'720 \text{ m}^3/\text{j}$  (soit  $1'050 \text{ l/s}$ )
- ⊕ une pollution organique entrante de  $58'100 \text{ kg DBO}_5/\text{j}$

La construction de cette station a été planifiée en 2 étapes selon :

- 1<sup>ère</sup> étape : Unité de prétraitement et traitement primaire
- 2<sup>e</sup> étape : Traitement secondaire et tertiaire

Chaque étape mise en oeuvre pour la totalité des débits et charges entrants.

Elle permettra donc de diminuer suffisamment la quantité de substances polluantes contenues dans les eaux usées pour que l'eau finalement rejetée dans le milieu naturel ne

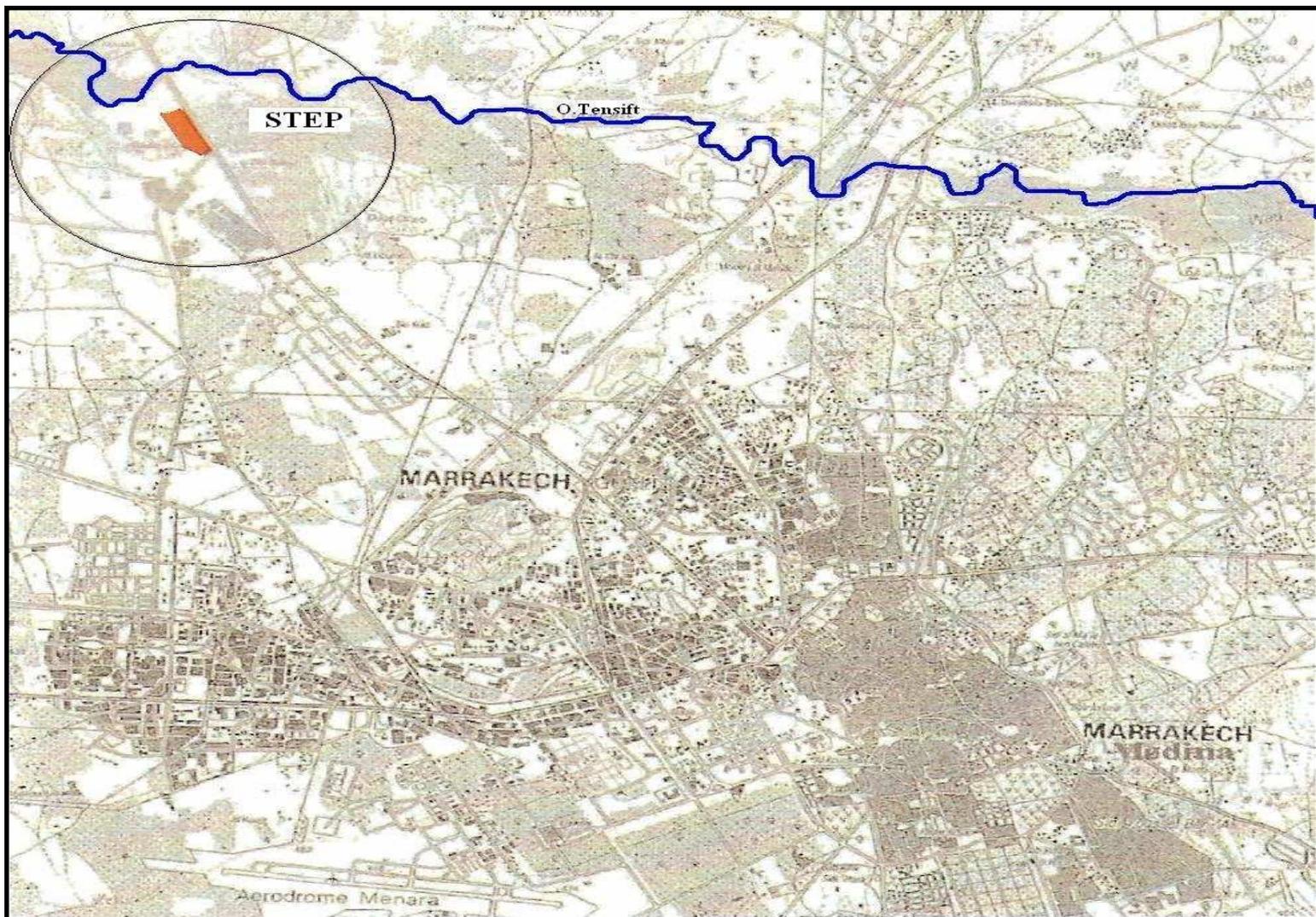
dégrade pas ce dernier. Le traitement des eaux usées obéit donc à une logique de préservation des ressources en eau et de protection de l'environnement.

## 2) Situation de la station d'épuration.

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Marrakech est située au nord de la ville de Marrakech. orientée selon un axe Nord / sud, parallèle à la route de Safi, sur le lit majeur de l'Oued Tensift à proximité du pont, sur une superficie de 17 ha .

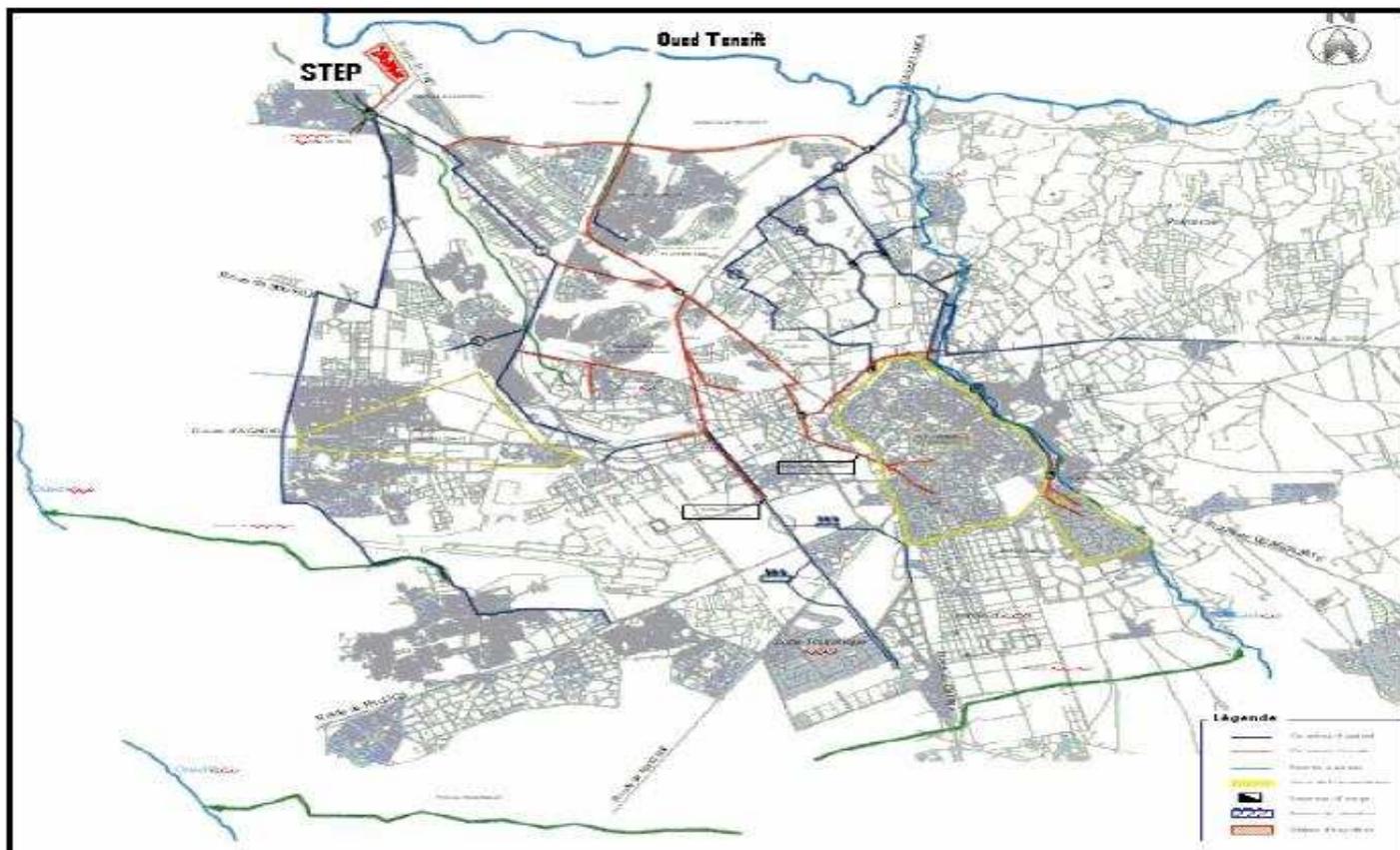
Il est limité par :

- La rive gauche de l'oued Tensift au Nord
- La digue formée par la route de Safi à la traversée de l'oued Tensift à l'Est
- La route des ferrailleurs et le douar Azib layadi au Sud.



Carte2: position de la STEP par rapport à Marrakech

### 3) Choix du site.



**Figure 4 : Site de la station d'épuration (STEP) (D'après le schéma directeur de la RADEEMA. Mission A. Mars 2008)**

Le choix du site de la station s'est basé sur plusieurs facteurs tels que les facteurs climatiques ; la station est installée à la sortie au Nord de la ville parallèlement à la direction du vent pour que les odeurs émis par les eaux au cours du traitement n'aient aucune nuisance pour la population.

Aussi il y a les facteurs topographiques ; le STEP est implanté sur un site dont sa cote la plus basse permet la collecte et le transport gravitaire des eaux usées, et par sa situation très proche de la décharge publique prévue pour l'évacuation des déchets du prétraitement et des boues déshydratées.

#### 4) Capacité de la station.

La capacité de traitement de la station sera comme suit :

Eléments	Phases de réalisation	
	Primaire (2008)	Secondaire (2012)
Débit moyen	1050 l/s	1090 l/s
<b>Abattement de la pollution</b>		
Matière en suspension	66%	95%
DBO5	30%	96%
Coliformes	-	Unité logarithmique ( $10^7$ u/l à $10^6$ u/l)

Tableau3: capacité de traitement de la station.

#### 5) Objectifs de mise en place de la station d'épuration.

##### ❖ Mobilisation d'une ressource en eau alternative :

Les eaux issues du traitement tertiaire répondront aux normes marocaines pour l'irrigation de plusieurs cultures et pour l'arrosage des espaces verts. La réutilisation des eaux usées traitées aura donc pour objectif :

- De soulager les ressources en eau potable.
- Bon développement des cultures vue les teneurs en élément fertilisants des eaux usées épurées.
- Protection des nappes souterraines du danger de contamination par les constituants d'une eau usée non traitée.

##### ❖ Protection de l'environnement :

L'épuration des eaux usées sur plusieurs niveaux avant de les rejeter en milieu naturel, notamment Oued Tensift engendre la préservation de la qualité de la vie sur les lieux mêmes

où nous vivons, aussi elle assura une protection de toutes les composantes de l'environnement à savoir : l'eau, la biomasse, la terre, l'air.

#### ❖ **Participation au développement touristique**

Marrakech est connu par ses grands jardins et ses luxueux golfs, mais ces derniers sont les plus grands consommateurs des eaux. Alors la réutilisation des eaux usées épuré permet a la fois de soulagé les ressources naturels, amélioré les conditions sanitaire et offrir ainsi une atmosphère de plus en plus accueillante au touriste.

#### ❖ **Amélioration des conditions sanitaires:**

L'eau constitue un facteur principal de transmission de maladies. Dans la station d'épuration, les eaux usées subissent des traitements afin de rendre négligeable leur composition en matières indésirables et toxiques, nocives à la santé humaine, et qui se transmettent soit par contact direct avec les eaux (eaux de baignade), soit indirectement par l'irrigation des cultures par des eaux usées non traitées.

### **6) Quantité/qualité des eaux usées de la ville de marrakech.**

#### ❖ **La Quantité**

Selon les études d'avant projets détaillés d'assainissement liquide réalisées en 1999, le volume des eaux usées produites à la ville de Marrakech est évalué en moyenne de 1050 l/s 2010 soit 90720m<sup>3</sup>/jour dont 10% est d'origine industrielle.

Ce débit d'eau usée sera collecté et conduit dans le réseau d'égout de Marrakech jusqu'à la station d'épuration sur la route de Safi où seront traitées quotidiennement 90720m<sup>3</sup> des eaux usées.

Quantitativement, les eaux usées de la ville de Marrakech semblent suffire aux besoins d'irrigation des golfs, en effet le potentiel disponible pour réutilisation est le suivant :

	2008	2010	2012
Volume annuel traité	31 851 360	33 112 800	34 374 240

Tableau4 : quantité des eaux a traitées entrantes à la station.

❖ La qualité des eaux usées brutes :

Paramètre	A l'entrée de la station (mg/l)
MES	1 766
DBO <sub>5</sub>	3 870
DCO	9 640
Coliformes fécaux	10 <sup>7</sup>
NTK	120
PT	22

Tableau5 : teneur des éléments polluants dans les eaux brutes.

7) Les étapes d'épuration des eaux usées dans la station d'épuration de Marrakech (RADEEMA)

➤ 1<sup>er</sup> phase : prétraitement-traitement primaire :

a) prétraitement :

i. Dégrillage



**Photo1 : le dégrilleurs**

### **Prince du dégrillage :**

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 charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants ou en compliquer leur exécution.

Le dégrillage permet aussi de protéger la station contre l'arrivée intempestive des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation. Les éléments retenus sont, ensuite, éliminés avec les odeurs ménagères

Cette opération s'effectue dans des appareils distincts à champ verticaux avec un nettoyage continu ou piloté par un dispositif de niveau amont / aval (couplé avec une horloge).

Les ouvrages du dégrillage.

Le dégrillage en tête est de 80 mm sur des dégrilleurs à barreaux verticaux.

Le dégrillage fin est de 10 mm sur des dégrilleurs à barreaux verticaux.

Chaque dégrilleur est dimensionné pour accepter le débit  $4\,914\text{ m}^3/\text{h}$  dans le cas de l'arrêt d'un dégrilleur.

En marche normale chaque dégrilleurs accepte un débit de  $3\,276\text{ m}^3/\text{h}$ .

Chacune des deux étapes de dégrillage / dégrillage fin est équipée d'un appareil présentant les caractéristiques suivantes :

	Dégrillage	Dégrillage fin
- largeur du canal..... (m)	1,20	1,20
- maille du tamis.....(mm)	80	10
- débit traversier par ouvrage..... (m <sup>3</sup> /h)	3 276	3 276
- hauteur d'eau ..... (m)	1,40	1,30
- vitesse au débit maxi ..... (m/s)	0,54	0,59
- débit traversier par ouvrage (sur n-1) ..... (m/s)	4 914	4 914
- vitesse au débit maxi (sur n-1)..... (m/s)	< 1	< 1

Tableau 6: détail de l'ouvrage du dégrilleurs.

#### ❖ Evacuation des déchets

Les refus de dégrillage et de tamisage seront déchargés sur deux vis de convoyage et de compactage qui alimentent deux bennes de 10 m<sup>3</sup>.

#### ii. Dessablage – Dégraissage



Photo2 : les bassins de dessablage-dégréssage

**Le dessablage** : Il a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements suivants.

L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "Dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage (DEGREMONT, 1978).

**Le dégraissage/déshuilage** : est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient en suite (DEGREMONT, 1978).

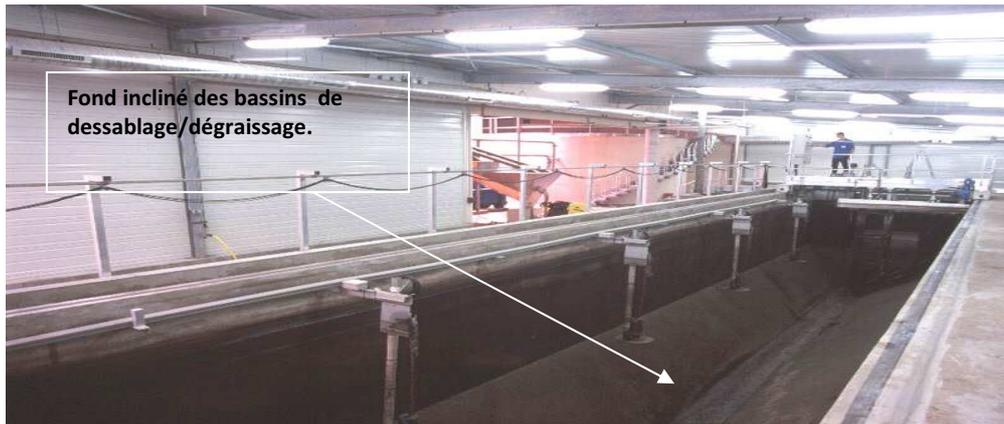
#### 1) Les bassins

Les effluents sont traités dans deux ouvrages doubles de forme rectangulaire, isolables par batardeaux. Ces ouvrages à fond inclinés sont équipés d'un pont automoteur assurant le raclage de fond et le raclage de surface.

Des pompes aératrices, installées le long de chaque ouvrage, diffusent des fines bulles d'air qui favorise la remontée des graisses et flottantes en surface, tout en assurant un brassage du flux hydraulique traversant. Un brassage par insufflation d'air par moyenne bulle complète le dispositif d'aération/brassage.

Le raclage de fond ramène les sables déposés vers le fond pour extraction des eaux sableuses par air-lift.

Dans le sens amont-aval, le racleur de surface pousse les flottants vers des goulottes frontales de récupération des flottants.



**Photo3: Dessableur dégraisseur**

### (2) Reprise des sables

Les eaux sableuses sont extraites par bédoué et sont dirigées gravitairement vers une fosse intermédiaire. Elles sont reprises par pompage  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  vers l'unité indépendante de traitement des produits de curage.

### (3) Reprise et évacuation des flottants

Les flottants sont poussés vers une goulotte réceptrice en béton après un saut de ski avant d'être dirigés vers une fosse de stockage. Les graisses ainsi stockées sont dirigées vers une épaisseur puis dirigée vers les digesteurs.

### Dimensionnement

- nombre d'ouvrages..... 2 doubles
- type ..... rectangulaire

Conformément au CCTP (cahier des clauses techniques particulière), le dessablage / dégraissage est dimensionné pour accepter  $9\,828 \text{ m}^3/\text{h}$  en marche normale. Chaque ouvrage est donc dimensionné pour  $4\,914 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## Caractéristiques géométriques de chaque ouvrage

- longueur..... 25 m
- largeur..... 8 m
- hauteur d'eau utile nominale ..... 3,90 m
- surface utile ..... 2 x 100 m<sup>2</sup>
- volume..... 2 x 300 m<sup>3</sup>

## Paramètres de fonctionnement

Ces paramètres sont indiqués ci-après :

### ❖ Rappels

- débits maximums admissibles (2 files) ..... 9 828 m<sup>3</sup>/h
- débit de pointe temps sec..... 7 704 m<sup>3</sup>/h
- débit moyen ..... 3 780 m<sup>3</sup>/h

Débit	Vitesse ascensionnelle
Débit moyen: 3 780 m <sup>3</sup> /h	9.5 m/h
Débit de pointe de temps sec: 7 704 m <sup>3</sup> /h	19.45 m/h
Débit de pluie : 9 828 m <sup>3</sup> /h	24.57 m/h

### ❖ Brassage

Pour les 2 unités doubles de dessableur, le débit de brassage total nécessaire:

1200 Nm<sup>3</sup>/h.

Débit unitaire des diffuseurs d'air : 8.8 Nm<sup>3</sup>/h

Nombre de diffuseurs : 136 u (soit: 68 par dessableur double).

Au vu de ces paramètres, et dans cas d'arrêt d'un ouvrage, le prétraitement décrit conserve un rendement notable. Dans cette configuration, le pouvoir de coupure du dessableur est abaissé (< 90 %) et la collecte des graisses étalée sur une journée.

Le Dessableur / Dégraisseur standard Degrémont est utilisé avec plus de 100 références en France et dans le monde.

## **b) Traitement primaire :**

### **i. Décantation primaire**

Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par graviter. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules.



**Photos4 : les bassin circulaire du décantation primaire.**

Ces décanteurs présentent l'avantage d'une meilleure diffusion hydraulique et d'une collecte des boues centrale plus simple.

L'eau prétraitée est envoyée des dessableur – dégraisseurs par une tuyauterie DN 1800 qui alimente une chambre de répartition.

Le by-pass éventuel des décanteurs primaires se fait en sortie des dessableurs par une tuyauterie DN 1600, isolée par un batardeau.

Chaque décanteur peut-être isolé par un batardeau.

Les décanteurs primaires standard Degremont sont installés avec de nombreuses références dans le monde.

<b>Débit moyen</b>	<b>3 780 m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Débit de pointe</b>	<b>7 704 m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Débit de pluie</b>	<b>9 828 m<sup>3</sup>/h</b>

<b>MES</b>	<b>53 000kg/j</b>
<b>Mes</b>	<b>584 mg/l</b>
<b>DBO5</b>	<b>58 100 kg/j</b>
<b>DBO5</b>	<b>640 mg/l</b>

Pour le dimensionnement des ouvrages :

- Vitesse ascensionnelle au plus égale à 2.75 m/h
- Hauteur liquide droite minimale de 2.50 m

<b>Vitesse ascensionnelle</b>	<b>2.75 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h</b>
<b>Surface total nécessaire</b>	<b>3 574 m<sup>2</sup></b>
<b>Nombre d'ouvrages</b>	<b>3 u</b>
<b>Surface unitaire nécessaire</b>	<b>1 191 m<sup>2</sup></b>
<b>Diamètre choisi</b>	<b>39 m</b>
<b>Surface unitaire</b>	<b>1 194 m<sup>2</sup></b>
<b>Surface totale</b>	<b>3 582 m<sup>2</sup></b>

Taux de matières décantables retenu

<b>MES</b>	<b>76%</b>
<b>DBO5</b>	<b>34%</b>
<b>DCO</b>	<b>35%</b>

## Rendements décantation primaire

<b>MES</b>	<b>68%</b>
<b>DBO5</b>	<b>32%</b>
<b>DCO</b>	<b>32%</b>

## Rendements sur la fraction décantables

<b>MES</b>	<b>90%</b>
<b>DBO5</b>	<b>94%</b>
<b>DCO</b>	<b>91%</b>

### c) Traitement des boues

#### Origines des boues et leur caractéristique physico-chimiques

##### i. Définition et origines

Les boues de la station sont des boues résiduelles, qui résultent de traitement des eaux usées en avals.

- ❖ Ces boues peuvent être de différentes origines :
  - Des eaux industriels pouvant contenir des matières organiques (des effluents d'abattoirs ou de fermentations), et d'autres inorganiques (peuvent contenir des composés toxiques, exemples des métaux lourds)
  - Des eaux domestiques qui produisent des boues décantables.
  
- ❖ les Boues brutes ou primaires :(boues de traitement primaire):

Caractérisées par des mauvaises odeurs, peu de liquide, et fortement putrescibles avec un pourcentage en eau de 94 à 98% et 1,5 à 2,5% de matières solides.

Elles sont produites par une simple décantation des matières en suspension (MES) contenues dans les eaux usées. 70% des MES peuvent ainsi être retenues. Avec l'évolution de la conception des stations, ce type de boues est en train de diminuer.

- ❖ Boues secondaires contenant particulièrement un film microbien et plus stabilisées que les boues primaires avec 6 à 8% de matières sèches.

Les boues des stations d'épuration sont un matériau très complexe. Ses caractéristiques physiques dépendent de sa teneur en eau : au-dessus de 90%, elles se comportent comme un liquide. En dessous de cette teneur (<90%) d'eau, les boues se comportent comme un liquide non newtonien avec un flux plutôt plastique que visqueux.

### **Caractéristique physico-chimique.**

#### **❖ caractéristiques chimiques :**

Quelle que soit la destination finale, les boues en sortie de station subissent des traitements préalables consistant à réduire les volumes.

Le volume des boues est lié à leur teneur en eau ou, inversement, leur teneur en matières sèches, dite aussi siccité.

- une boue brute sans traitement contient 1% de MS
- une boue épaissie contient 5% de MS
- une boue déshydratée contient 25% de MS
- une boue sèche contient 90% de MS.

#### **❖ caractéristiques physiques :**

Un certain nombre de notions sont utilisables à priori pour décrire l'état physique d'une boue lorsqu'on veut en assurer la manutention. Il s'agit de :

- la liquidité.
- la plasticité (aptitude à la compaction).
- la friabilité.
- l'adhérence.
- le comportement à l'agitation, etc.

Il existe des tests de caractérisation spécifiques, permettant de classer une boue déterminée parmi trois états physiques conventionnels : liquide, plastique, solide avec retrait (friable).

## ii. Epaissement des boues résiduaire.



Photo5 : Epaisseurs Degrémont - Bogotazo (Colombie, 1 500 000 eq/h) 2 unités de 29 m de diamètre.

Le rôle de L'épaissement c'est réduire le volume des boues ; pour les prochaines étapes de traitements ; par l'extraction de l'eau.

Dans le souci environnemental de limiter la consommation de réactifs sur la station, l'épaissement gravitaire se présente comme un meilleur choix en lieu et place de l'épaissement mécanique au polymère.

### ❖ L'épaissement gravitaire :

C'est la technique la plus fréquente, Elle consiste à faire séjourner des boues dans des bassins de forme cylindro-conique. Jusqu'à 5 m de diamètre, on peut utiliser le type statique, simple cuve cylindrique à fond conique (45 à 70° sur l'horizontale). Au-delà de cette dimension, on munit des cuves à radier à pente faible d'un système de raclage et d'agitation lente dont le rôle est double :

- faciliter le glissement des boues vers la fosse centrale d'où elles sont extraites ;
- permettre le dégagement de l'eau interstitielle et des gaz occlus dans les boues au moyen d'une herse verticale accrochée au dispositif tournant.

L'ensemble du dispositif mécanique de raclage est le plus souvent à entraînement central avec double bras diamétral. Ce système est constitué d'une série de racleurs montés « en jalousie » afin d'éviter le blocage de la boue au cours de son transfert vers la fosse centrale d'extraction. On a toujours intérêt à construire des épaisseurs de hauteur suffisante, afin de faciliter le tassement de la boue sous le seul poids de la masse solide. Une hauteur de 3,5 à 4 m, tenant compte du volume de stockage, est préconisée.

Traitement et destination finale des boues résiduaires (doc par Jean-Claude BOEGLIN)

<b>Charge maximum</b>	<b>100 kg ms/m<sup>2</sup>/j</b>
<b>Charge maximum journalier</b>	<b>35 000 kg ms/j</b>
<b>Surface total nécessaire</b>	<b>350 m<sup>2</sup></b>
<b>Nombre d'unité</b>	<b>2 u</b>
<b>Surface unitaire nécessaire</b>	<b>175 m<sup>2</sup></b>
<b>Diamètre choisi</b>	<b>15 m</b>
<b>Surface totale</b>	<b>353 m<sup>2</sup></b>

L'épaulement gravitaire se dimensionne sur la charge maximum surfacique.

### iii. Digesteur :

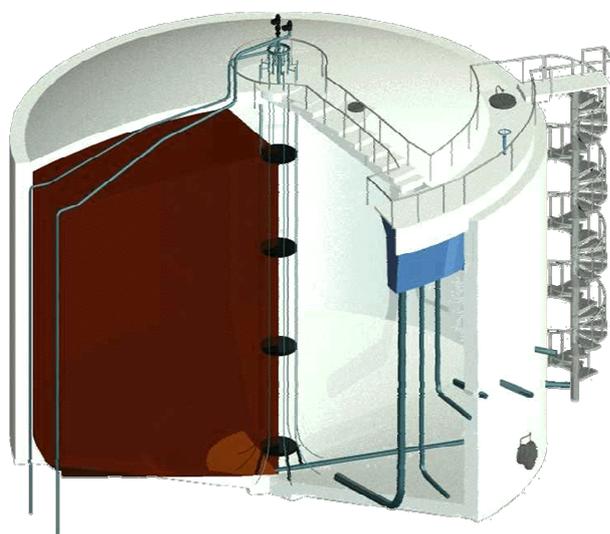


Photo 6 : Digesteur degremont

La méthanisation ou digestion anaérobie est un procédé naturel de transformation de la matière organique en hydrocarbure par des bactéries en l'absence d'oxygène. Conduite dans des enceintes confinées – appelées digesteurs – à l'intérieur desquelles les réactions de fermentation sont optimisées et contrôlées, elle produit du biogaz composé majoritairement de

méthane, tout en réduisant de moitié le taux de matières organiques de nombreux déchets ou sous-produits biodégradables. Le résidu de la digestion (ou digestat) est stable, désodorisé, débarrassé en majeure partie des germes pathogènes.

La chaîne de digestion se divise en plusieurs postes :

- l'épaississement des boues avant digestion.
- le (ou les) digesteurs.
- le stockage du biogaz.
- la déshydratation des boues après digestion.

Premier maillon du traitement des boues après les phases de décantation, la méthanisation facilite le traitement des boues quelle que soit leur destination finale : valorisation agronomique, incinération, enfouissement en installation de stockage, et quels que soient les traitements intermédiaires appliqués : déshydratation, chaulage, séchage thermique, compostage. En effet, la méthanisation comporte les avantages suivants :

- réduit de 40 % en moyenne les quantités de boues à traiter ;
- élimine fortement les nuisances olfactives ;
- produit un digestat stabilisé, débarrassé en grande partie des germes pathogènes (bactéries mais aussi virus et parasites) et présentant un pouvoir fertilisant ;
- réduit les teneurs en composés organiques volatils.

#### ❖ Mode d'emploi :

-Les boues sont extraites par pompe des épaisseurs, et dirigées directement vers le digesteur.

-Au refoulement de chaque conduite d'alimentation, les boues transitent par une bêche dite d'entrée, associée à chaque digesteur concerné.

\_Le digesteur adopté est un ouvrage auquel est accolé un local technique regroupant les équipements nécessaires au brassage et au chauffage des digesteurs.

Il a été mis en place un compresseur de gaz par digesteur (plus un en secours) installés dans un local spécifique.

L'aspiration des compresseurs se fait sous la coupole au centre du digesteur par une conduite en acier inoxydable, les liaisons dans le bâtiment digestion sont en acier inoxydable.

Le biogaz extrait du gazomètre est comprimé et injecté dans la boue à partir d'une couronne, située au sommet du digesteur, alimentant des cannes d'injection plongeant dans la boue.

Des pots de purge (ou des lyres) sont mis en place sur le circuit du biogaz pour déshumidification pour éviter les risques de condensation et de blocage dans les points bas.

Le digesteur est équipé de soupape de pression/dépression placée au sommet du dôme pour :

- Maintenir une pression inférieure à celle supportée par la coupole.
- Permettre une entrée d'air en cas de mise en dépression brutale de la coupole.

La réaction biologique est optimum de 35 à 37°C (domaine de la digestion mésophile).

Pour réchauffer les boues fraîches entrant en digestion et compenser les déperditions thermiques, chaque digesteur comporte une boucle de réchauffage sur une recirculation de boues dans un échangeur à eau chaude. De plus, l'ouvrage est calorifugé.

La chaleur nécessaire au maintien en température provient d'eau chaude produite par des chaudières installées dans un bâtiment spécifique (la chaufferie). Les brûleurs de ces chaudières sont alimentés par le gaz de digestion lui-même (et en cas de secours, par du gaz naturel).

Le digesteur fonctionne à niveau constant, c'est-à-dire que tout volume de boues entrant est égal au volume de boues digérées qui en sort. (RADEMA)

#### iv. Stockage du biogaz :



**Photo 7: Gazomètre**



**gazomètre avec une unité de biodésulfurisation en aval**

La dégradation de la matière organique va générer une production de biogaz. La production de biogaz est équivalente à 900 l/Kg MVS abattue.

Le biogaz produit emplit le dôme du digesteur. Une pression « de fonctionnement » de l'ordre de 30 mbar. Le dôme fait partie intégrante du circuit de biogaz comprenant également :

- la chaudière permettant de chauffer l'eau nécessaire à l'échangeur de chaleur
- un gazomètre permettant de stocker partiellement la production journalière de biogaz
- une torchère permettant le cas échéant, de brûler l'excédant de biogaz produit.

Une partie de biogaz alimentera des moteurs de cogénération.

La capacité de stockage est de 3 450 m<sup>3</sup> avec la mise en place d'un gazomètre de type souple à double membrane.

Compte tenu de la très probable présence de sulfures, une installation de désulfuration sera installée afin de pérenniser dans le temps le fonctionnement des moteurs biogaz.

Plusieurs technologies sont actuellement disponibles.

Dans un souci de respect global de l'environnement, une technologie biologique est mise en place sans création de déchets ultimes et sans apports de réactifs. Cette solution a déjà été éprouvée par Degremont sur ses installations.

## **v. Stockages des boues digérées**

Les boues digérées sont stockées dans une bache aval agitée qui présente l'intérêt de constituer un tampon vis-à-vis l'unité de déshydratation des boues qui ne fonctionne que les jours ouvrés contrairement à la digestion fonctionnant en continu.

Par ailleurs, afin d'admettre en déshydratation des boues de qualité homogène, le stockage aval a également pour fonction de mélanger les boues avant leur déshydratation par l'intermédiaire d'une agitation puissante.

## **vi. Déshydratations des boues ; Reprise, chaulage et stockage des boues :**

Les boues extraites du stockage aval sont envoyées vers la déshydratation à l'aide des pompes alimentant l'atelier de déshydratation

(Composé de 7 pompes volumétriques à rotor excentré, dont une en secours installé de 20 m<sup>3</sup>/h.)

La déshydratation des boues est réalisée par 6 filtres à bandes fonctionnant en parallèle de 425 Kg MS/h (214 quantité de MS appliquée/mètre de largeur de bande)

Afin d'améliorer le taux de capture de fiabiliser la déshydratation, limitant ainsi les variations de siccité, les boues sont floculées.

La floculation des boues est réalisée par adjonction de polymères en produit sec. Un dispositif de préparation et d'injection de polymère en ligne par pompes doseuses est prévu (centrale automatique avec dilution intégrée du produit comprenant une cuve de préparation et une cuve de maturation agitée).

Le chaulage a pour effet d'améliorer la rhéologie des boues déshydratées. Les malaxeuses seront alimentés par de la chaux vive. En sortie des malaxeuses les boues sont reprises par pompage pour alimenter le stockage.

Les boues chaulées auront une siccité de 30%.

Deux files de chaulage en parallèle composés de deux malaxeuses chaux - boues avec une capacité unitaire (boue chaulée) de 4 220 Kg MS/h.

Le stockage des boues chaulées est aménagé sur une plate forme bétonnée extérieure de 460m<sup>2</sup> divisée en deux alvéoles et bordée de muret de 1.70 m de hauteur de manière à faciliter le stockage de la boue par un chargeur.

La durée minimale de stockage est de 7 jours.

➤ **\*2ème phase : traitement secondaire- traitement tertiaire.**

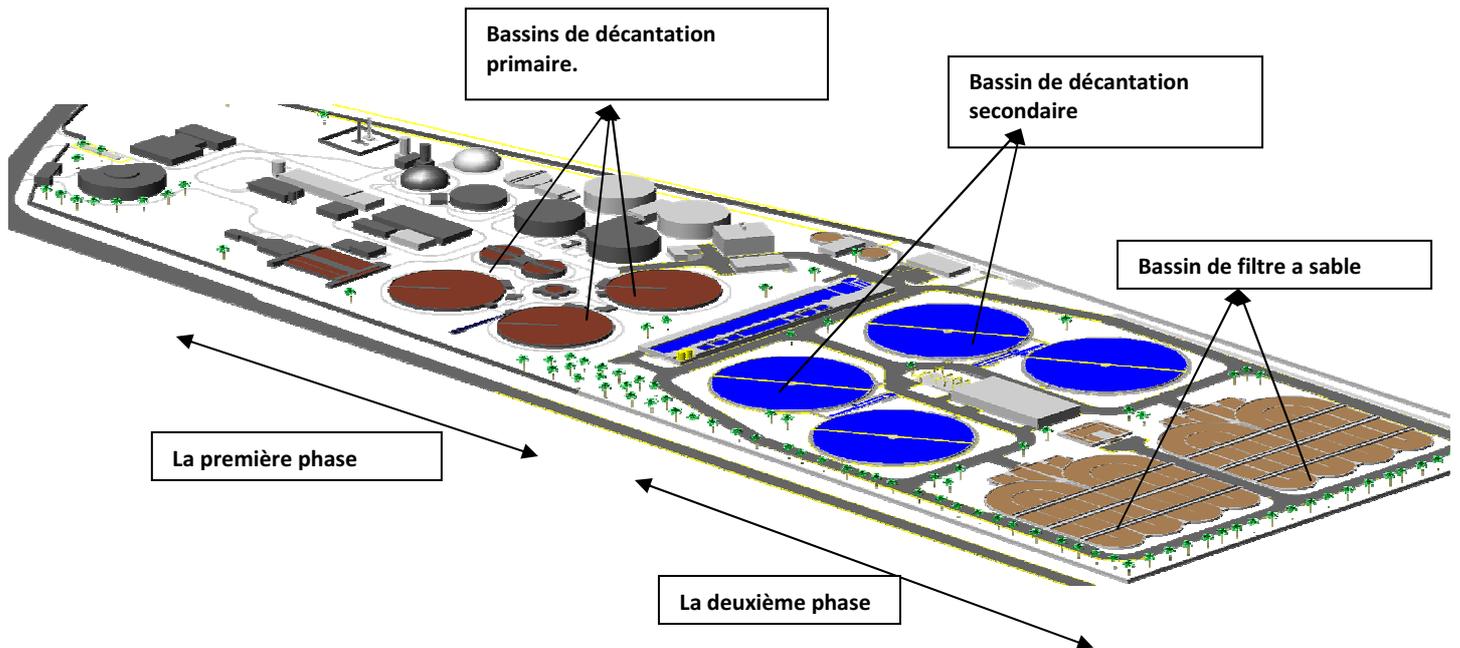


Fig. 5: modèle de STEP avec les deux phases

Cette deuxième phase ne fonctionne pas actuellement à la STEP de Marrakech car elle est en cours de construction, et les eaux épurées de la première phase sont jetées encor à l'oued tansift. (Les travaux termineront à la fin de 2010).

**a) Traitement secondaire :**

**i. Traitement biologique par boue activé.**

Principe :

L'épuration par boues activées consiste à mettre en contact les eaux usées avec un mélange riche en bactéries par brassage pour dégrader la matière organique en suspension ou dissoute. Il y a une aération importante pour permettre l'activité des bactéries et la dégradation

de ces matières, suivie d'une décantation à partir de laquelle on renvoie les boues riches en bactéries vers le bassin d'aération.

Quatre principales utilisations spécifiques du procédé à boues activées :

- Élimination de la pollution carbonée (matières organiques)
- Élimination de la pollution azotée
- Élimination biologique du phosphore.
- 

Les ouvrages :

- 1 tour de distribution vers les 4 sélecteurs.
- Sélecteur de 765 m<sup>3</sup> par ligne (2 agitateurs de 4 kW).
- 4 lignes de traitement de 17.710 m<sup>3</sup>.
- 2 suppresseurs d'aération de 355 kW par ligne.
- 6 propulseurs par ligne.
- Une zone dégazage de 360 m<sup>3</sup> par bassin en sortie (1 agitateur de 4kW).
- Récupération des boues flottantes du dégazeur et envoi au traitement des boues.

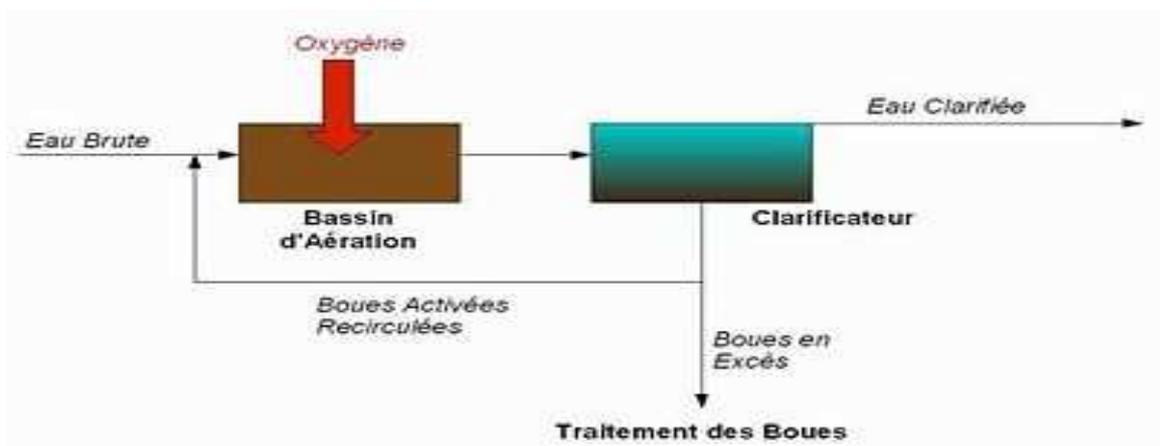


Fig.6 : Éléments d'une station à boues activées.

## **ii Bassin d'aération :**

L'ouvrage est un chenal concentrique autour de la zone de contact.

Compte tenu des conditions climatiques locales, la nitrification est possible pour un âge de boues :

- de 8 j avec un effluent à 20°C
- de 5j avec un effluent à 30°C

Si la température de l'effluent était inférieure à 20°C par exemple en hiver, la nitrification ne sera que partielle.

## **iii Décantation secondaire :**

### **Principe :**

À l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel.

Cette opération se fait à l'aide de coagulants efficaces tels que les sels d'aluminium et de fer, améliore la production des usines en matière de traitement primaire, secondaire et tertiaire. Les floccs d'hydroxyde métallique positivement chargés qui se forment dans les eaux usées à un pH de 4 à 9 recueillent les particules suspendues chargées négativement. Une bonne coagulation conduit à la formation de floccs plus grands, plus forts, et plus lourds, résultant en une sédimentation plus rapide et une couverture de boues plus dense.

### **Les ouvrages :**

- 4 décanteurs secondaires de 56,7 m, 1 par ligne.
- Chaque décanteur possède un pont suceur diamétral.
- Récupération des boues décantées et envoi vers fosse de recirculation des boues.
- Récupération des boues flottantes et envoi vers traitement des boues.

## **b) Traitement tertiaire :**

A la sortie du traitement secondaire la concentration en MES restes très importante dans l'effluent, et selon l'aspect sanitaire, les eaux épurées doivent être sécurisées par une désinfection appropriée. Or cette désinfection est d'autant plus efficace et économe que si l'effluent subisse un traitement poussé visant à éliminer le maximum des MES. L'objectif du traitement tertiaire est donc d'obtenir un effluent avec un taux de MES  $< 5 \text{ mg/l}$  (si possible  $< 1 \text{ mg/l}$ ), de diminuer la turbidité avant l'étape de désinfection et d'abattre les Microorganismes de 3 unités log au moins.

### **i Poste de relevage.**

L'écoulement des eaux ne peut se faire gravitairement entre les clarificateurs et les filtres à sable compte tenu de la topographie du terrain. Un relevage intermédiaire est donc nécessaire.

Il n'y aura pas de stockage des eaux clarifiées avant le tertiaire étant donné les volumes en jeu. Le poste de relevage (bâche + pompes) doit donc être dimensionné de manière à envoyer sur l'étage de traitement tertiaire le volume journalier nécessaire à l'irrigation des golfs et laisser surverser vers l'oued l'excédent.

	<b>Valeur</b>
<b>Nombre de pompe</b>	<b>4+1 en secours</b>
<b>Type</b>	<b>Centrifuges immergées</b>
<b>Débit unitaire</b>	<b>1 100 m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Nombre d'heure de fonctionnement</b>	<b>24 h</b>

### **ii Coagulation - floculation :**

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, puisque

leur concentration est très stable, ces dernières n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation.

La coagulation a pour but principale de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques : sels minéraux cationiques.

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration.

#### **Ouvrage :**

- 2 coagulateurs de 73 m<sup>3</sup>.
- 1 agitateur de 5,5 kW par coagulateur.
- injection de FeCl<sub>3</sub>.
- 4 floriculteurs de 128 m<sup>3</sup>.
- 1 agitateur de 2,2 kW par floriculteur.
- injection de polymère.

#### **iii Filtration sur sable :**

La filtration est dimensionnée avec une vitesse de passage < 7 m/h. Chaque file principale du traitement tertiaire est divisée en 2 batteries indépendantes de filtres non couverts. On a donc au total 4 batteries de filtres indépendantes. Chaque batterie comportera 5 filtres de 36 m<sup>2</sup>, soit une surface totale de 720 m<sup>2</sup>.

	Valeur
Nombre de batteries	4 U
Nombre de filtres par batterie	5 U
Longueur	9 m
Largeur	4 m
Surface unitaire	36 m <sup>2</sup>
Hauteur de sable	1 m
Hauteur de l'eau	1,2 m

**Tableau7: caractéristiques des filtres**

Les caractéristiques du sable sont les suivantes :

- Densité apparente : 1'600 kg/m<sup>3</sup>
- Granulométrie : 0,5 à 0,6 mm

Lavage des filtres à sable

Une fois les filtres sont colmatés, il faut procéder à les laver, le lavage comprend deux phases

Phase 1 :

Après vidange jusqu'au niveau du matériau filtrant, décolmatage par injection simultanée d'air et d'eau, permettant de ne pas mettre en expansion le matériau filtrant et ainsi de ne pas aboutir à un classement granulométrique, concentrant les fines du milieu granulaire en surface

- Vitesse air : 50 à 60 m/h ;
- Vitesse eau : 8 m/h ;
- Durée : 10 min.

Phase 2 :

Rinçage à l'eau seul

- Vitesse de l'eau : 20 à 30 m/h ;
- Durée : 5 à 10 min.

**Ouvrage :**

- 20 filtres à sables de 27,5 m<sup>2</sup>
- 33 m<sup>3</sup> de sables par filtre
- 2 suppresseurs de détassage de 1.375 m<sup>3</sup>/h
- 2 pompes de transfert des eaux boueuses de 450 m<sup>3</sup>/h

#### **iv Désinfection Ultraviolet :**

##### **Principe :**

Afin de ne pas utiliser de grandes doses de chlore qui pourrait être préjudiciable à la qualité des eaux d'irrigation, il est prévu d'effectuer la majeure partie de la désinfection par UV avec des lampes moyenne pression. L'objectif est d'atteindre les normes marocaines qui préconisent un nombre de coliformes  $\leq 200$  dans 100 ml pour la réutilisation en arrosage.

Les ultraviolets, émis à une longueur d'onde de 254 nm environ, agissent par inactivation des acides nucléiques des noyaux cellulaires des microorganismes. On notera que l'inactivation est aussi efficace pour une même dose appliquée vis-à-vis des parasites que des bactéries.

##### **Ouvrage :**

- 4 bancs de désinfection UV.
- 8 modules par banc, 8 lampes par module.

#### **v Désinfection cl<sub>2</sub>:**

Cette étape vient compléter la désinfection par les UV pour améliorer l'abattement des microorganismes et limiter le développement bactérien dans le réseau lors de son transfert. La dose à prévoir est comprise entre 5 et 10mg/l.

##### **Ouvrage :**

- 3 chlorateurs de 25 kg/h
- 1 skid de neutralisation pour fuites de chlore.

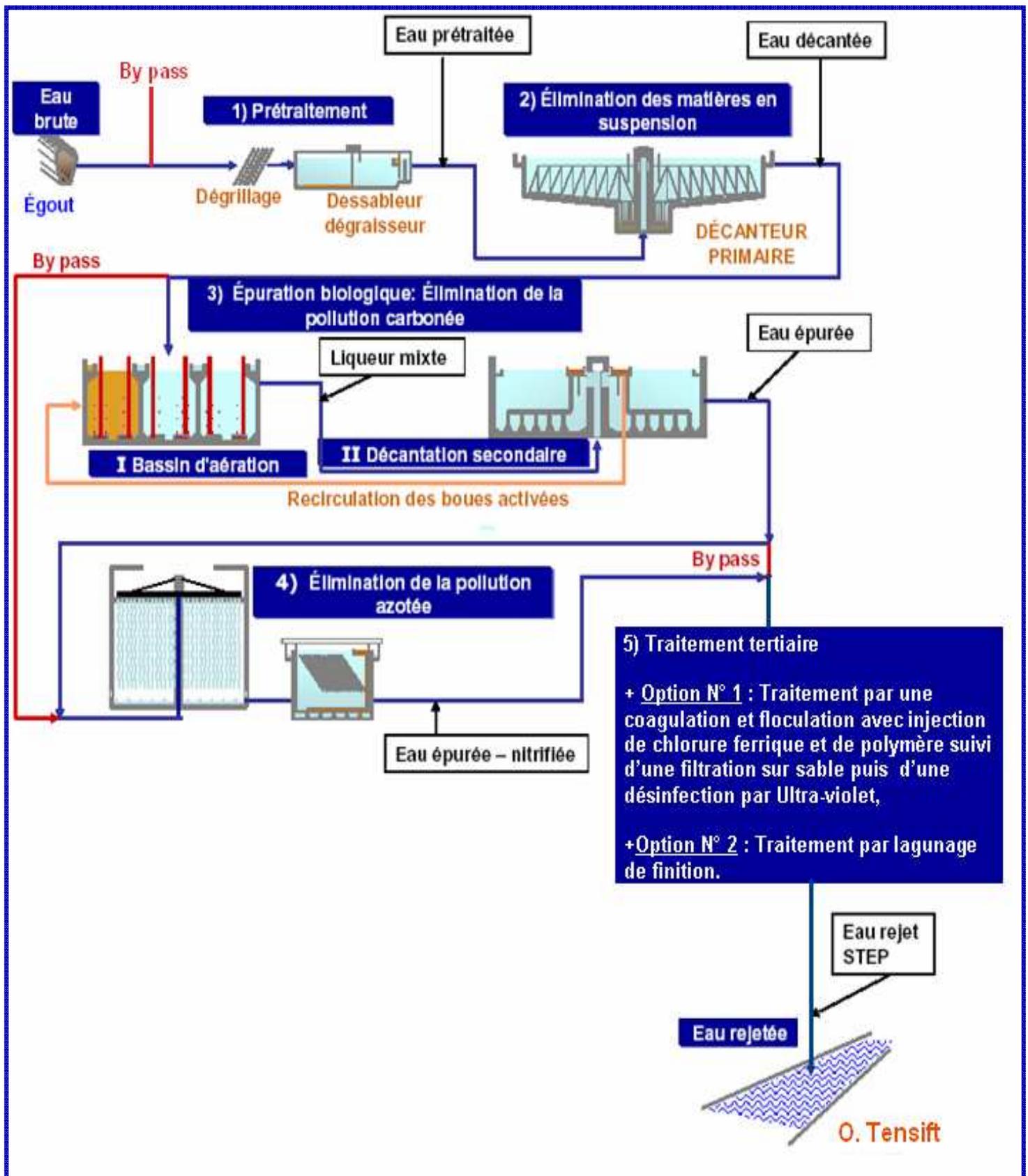


Fig. 7: Schéma descriptif du traitement des eaux de la station d'épuration de la ville de Marrakech.

### **c) Traitement des boues secondaires:**

#### **i. Flottation des boues secondaires :**

L'épaississement des boues secondaires est réalisé par 2 flotteurs à pressurisation indirecte.

La pressurisation indirecte constitue la technique de flottation la plus répandue.

On ajoutant des polymères les boues flottent et s'agglomèrent à la surface du flotteur jusqu'à former une couche épaisse.

#### **Ouvrage :**

- Deux flotteurs de 11 m pour épaissir les boues secondaires
- 3 pompes de pressurisation et 2 compresseurs
- Ecope de récupération des boues flottées
- Préparation de polymère pour floculation des boues
- Pompes de transfert des boues vers stockage amont digestion

#### **ii. Digestion anaérobie**

La digestion mésophile sera réalisée dans 4 digesteurs afin d'assurer un temps de séjour minimal de 19 jours permettant un abattement moyen de 47 % des matières volatiles entrantes.

Dans le cadre de la première tranche, deux digesteurs existent déjà.

Pour satisfaire les besoins de traitement des boues générées par la filière biologique, il est nécessaire de prévoir 2 nouveaux ouvrages identiques qui seront construits à proximité des premiers sur des emplacements réservés.

Les réseaux primaires et secondaires qui alimentent les digesteurs sont séparés donc les boues primaires et secondaires ne seront mélangées qu'à l'intérieur des digesteurs.

Le chauffage des boues se fait par le biais de la chaudière.

**Ouvrage :**

- 4 digesteurs mésophiles de 6000 m<sup>3</sup> (deux en phase 1 et deux en phase 2)
- Diamètre des digesteurs : 20,4 m
- Température de digestion : 35°C
- Circuit de recirculation et de chauffage des boues
- Installation d'une chaudière de 0,9 MW et d'échangeurs de chaleur
- Agitation par biogaz grâce à 2 compresseurs de 695 m<sup>3</sup>/h

**iii. Stockage des boues digérées :**

Les boues digérées sont stockées dans une bache tampon couverte et ventilée. Cette bache permet, d'une part de dégazer les boues digérées et d'arrêter le processus de digestion. Cette bache est maintenue en agitation.

**Ouvrage :**

- 2 stockages de 800 m<sup>3</sup> (un en phase 1 et un en phase 2)
- Agitation du bassin par hydroéjecteur.

**iv. Déshydratation des boues :**

Les boues stockées sont envoyées vers les filtres abondes pour être déshydrater.

**Ouvrage :**

- Alimentation des filtres par pompes volumétriques
- Traitement des boues sur filtres à bande presseuses (deux en phase 2)
- Préparation de polymère poudre pour le traitement des boues
- Siccité des boues déshydratées 26 %.

**v. Conditionnement des boues déshydratées :**

Les boues déshydratées sont chaulées de la chaux vive pour atteindre 30 % de siccité.

**Ouvrage :**

- 1 silos de 197 m<sup>3</sup>
- Transfert des boues déshydratées par pompe gaveuse de 7 m<sup>3</sup>/h.

**vi. Fosse des eaux de retour :**

Les eaux issues du traitement des boues sont renvoyées vers le prétraitement par le billet de 2 pompes de 150 m<sup>3</sup>/h et un agitateur de 4kW

**d) traitement du biogaz.**

Le cycle du gaz est identique à celui de la 1<sup>ère</sup> phase, avec un dédoublement des installations (torchère, gazomètre). A partir des digesteurs le gaz est extrait, désulfurés, une partie est utilisée pour alimenter la STEP, l'excès est stocké et une fois le gazomètre plein l'excès du gaz est brûlé.

**Ouvrage du traitement du biogaz**

- Stockages du biogaz
- Epuration du biogaz sur filtre à H<sub>2</sub>S
- Deux gazomètres à membrane de 2000 m<sup>3</sup> (un en phase 1 et un en phase 2)
- Torchère
- Consommation du biogaz excédentaire
- Capacité installée : 600 Nm<sup>3</sup>/h
- Cogénération
- Deux cogénérateurs installés de 700 kWe chacun
- Echangeurs de chaleur : primaire sur eau de refroidissement et secondaire.

#### **e) désodorisation.**

La dépollution des eaux usées produit des odeurs, qui sont parfois perçues comme une gêne par les riverains des stations d'épuration. Les principales sources de mauvaises odeurs sont les boues et leur traitement, ainsi que les installations de relevage et de prétraitement. Un système de ventilation et désodorisation est mise en place. Cette configuration permettra d'enrayer les risques de fuites d'air vicié et d'assurer une meilleure intégration environnementale de la station d'épuration.

Les grands principes retenus dans le domaine de la ventilation sont d'atteindre les objectifs suivants :

- Evacuer l'air des zones de traitement sans produire de nuisances sur l'environnement immédiat.
- Protéger les équipements contre la corrosion,
- Assurer la sécurité et le confort du personnel d'exploitation.

#### **Ouvrage désodorisation:**

##### ▪ Désodorisation biologique :

- Traitement des odeurs concentrées (essentiellement les prétraitements)
- 1 ventilateur de 15.000 m<sup>3</sup>/h
- 1 biofiltre de 100 m<sup>3</sup>
- Raccordé à la désodorisation physico-chimique

##### ▪ Désodorisation physico-chimique :

- Traitement des odeurs moins concentrées (essentiellement traitement des boues)
- Deux ventilateurs de 65.000 m<sup>3</sup>/h
- 1 tour de lavage acide de 10 m de haut et de 3,6 m de diamètre

- 1 tour de lavage oxydo-basique de 10 m et de 3.6 m de diamètre
- Réactifs pour la désodorisation :
- Réservoir d'hypochlorite de 40 m<sup>3</sup>
- Réservoir d'acide sulfurique de 5 m<sup>3</sup>
- Réservoir de soude de 40 m<sup>3</sup>
- Cuve de neutralisation.

--- Polymère  
--- Chaux

### 1 - EPAISSISSEMENT DES BOUES

Type gravitaire  
 Diamètre : 15 m  
 Surface unitaire : 177 m<sup>2</sup>  
 Hauteur cylindrique : 3.5 m

### 2 - EXTRACTION DES BOUES EPAISSIES

3 pompes volumétriques de 7 à 20 m<sup>3</sup>/h

### 3 - DIGESTION

2 digesteurs  
 Volume unitaire : 6 000 m<sup>3</sup>  
 2 échangeurs : 600 kW / digesteur  
 Longueur : 36 m  
 Φ int : 150 mm  
 Φ ext : 200 mm  
 1 chaudière : 600 kW  
 1 gazomètre : 2 000 m<sup>3</sup>  
 1 torchère : 600 Nm<sup>3</sup>/h

### 4 - EXTRACTION DES BOUES DIGEREES

4 pompes volumétriques de 112 m<sup>3</sup>/h

### 5 - STOCKAGE DES BOUES DIGEREES

Volume : 1 800 m<sup>3</sup>  
 Agitateurs : 3 unités

### 6 - ALIMENTATION DESHYDRATATION

3 pompes de 15 à 20 m<sup>3</sup>/h

### 7 - DESHYDRATATION

3 filtres à bande 900 kg MS /h  
 Largeur de bande : 2.5 m / machine  
 1 centrale polymère  
 1 bande transporteuse  
 1 pompe volumétrique

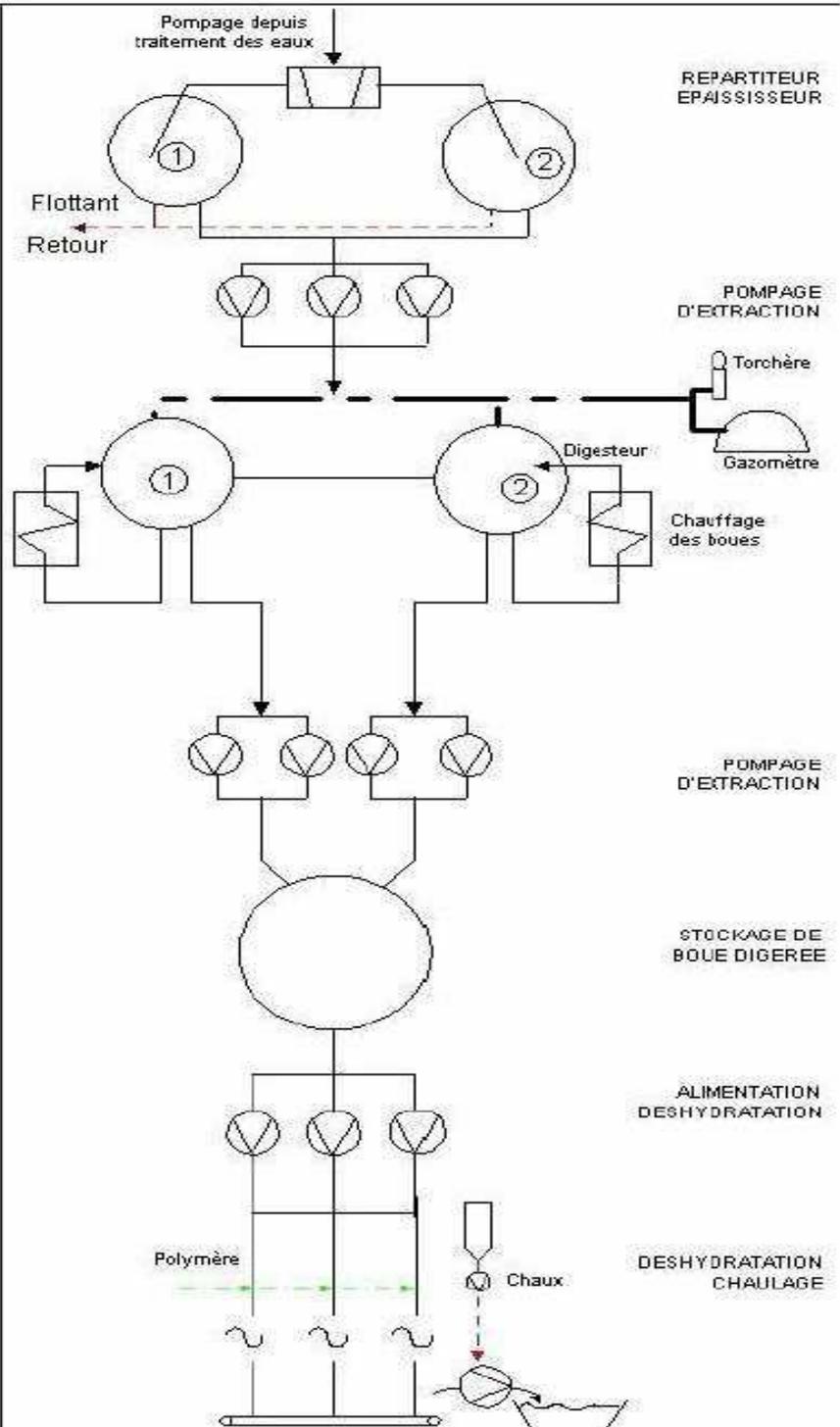


Fig.8: Schéma descriptif du traitement des boues de la station d'épuration de la ville de Marrakech.

### **8) qualité d'eau épurée a la sortie de la station.**

Dans le cas de la réutilisation d'eaux usées traitées, les premiers impératifs à respecter sont d'ordre sanitaire (protection des groupes ciblent contre une exposition potentielle aux germes et organismes pathogènes présents dans les eaux usées).

En fonction du type de réutilisation prévue (Golf, espaces verts,...), le niveau de traitement requis devra impérativement correspondre au niveau « A » de la classification de l'OMS (l'organisation mondial de santé) pour la qualité des eaux d'irrigation.

Les principaux impératifs sanitaires à remplir pour obtenir une eau de qualité « A » sont plus

Particulièrement :

<b>paramètres</b>	<b>Norme marocaine</b>
DBO <sub>5</sub>	120 mg/l
DCO	250 mg/l
MES	150 mg/l

**Tableau8 : tableau des normes marocaines pour l'arrosage.**

- Rendement épuratoire de la 1<sup>ère</sup> phase :

Paramètre	Abattement sur fraction décantables	Taux de matières décantables
DBO <sub>5</sub>	90 %	33 %
DCO	90 %	33 %
MES	90 %	33%

Tableau 9 : Rendement de la 1<sup>ère</sup> phase de traitement (D'après le schéma directeur de la RADEEMA. Mission A, Mars 2008)

- Rendement à la sortie du traitement biologique :

Paramètre	A l'entrée de la station (mg/l)	A la sortie du traitement primaire (mg/l)	A la sortie du traitement biologique (mg/l)
MES	1 766	450	10 à 35
DBO <sub>5</sub>	3 870	1 100	5 à 20
DCO	9 640	200	35 à 100
Coliformes fécaux	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>4</sup> à 10 <sup>6</sup> / 100ml
NTK	120	120	5
PT	22	22	20

Tableau 10: Rendement du traitement secondaire (D'après le schéma directeur de la RADEEMA. Mission B)

DBO5 : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande chimique en oxygène.

MES : Matières en suspension.

PT : Phosphore

NTk : l'azote total

- **Rendement du traitement tertiaire sans désinfection :**

<b>paramètre</b>	<b>Concentration à la sortie du secondaire</b>	<b>Concentration à la sortie du tertiaire</b>
DBO5	<15 mg/l	<10 mg/l
DCO	<100 mg/l	<95 mg/l
MES	<20 mg/l	<5 mg/l
NGL	<20 mg/l	<20 mg/l
Pt	<20 mg/l	<10 mg/l

**Tableau 11 : Rendement du traitement tertiaire (D'après RADEEMA. Mission B)**

Ces tableau au dessus montre le grand écart entre la sortie et l'entrées de la station, concernant la teneur trop élevé aux éléments polluantes a l'entrée de la station et la diminution de leur quantités à la sortie.

## **9) Les impacts liés à l'installation de la station d'épuration sur l'environnement de marrakech.**

### **❖ Impacts positifs sur :**

**Qualité de l'air :** Les odeurs, inacceptables, sont contrôlées dans le cadre du projet. Au niveau de la station de Marrakech, les gaz malodorants émanant du traitement anaérobie lors de la stabilisation des boues sera évacué et traité par des biofiltres.

Les ouvrages de prétraitement (dégrillage, dessablage-déshuilage,) les décanteurs primaires et les épaisseurs seront couverts. L'air sera extrait et traité par des biofiltres.

**Eaux souterraines :** La conception de la STEP a été faite de sorte que l'étanchéité de toutes les installations et les ouvrages, où les eaux polluées sont traitées et transportées, est assurée. Ainsi que, pour les rejets dont on constate que les normes des différents paramètres chimiques des eaux épurées sont bien diminuées par rapport à ceux des eaux brutes et qui ne présentent pas de grands effets défavorables pour les réserves naturels. De manière générale, le risque de contamination est faible. De plus l'eau qui sera traitée va être directement destinés à la réutilisation agricole et non pas pour la recharge de la nappe.

**Eaux de surface :** Le rejet émis selon les normes pris en référence des autres stations du même type de traitement « Boues activées », répond aux critères proposés et aux normes de rejet en vigueur qui ont été bien étudiés au préalable en fonction du milieu récepteur et qui n'auront aucuns impacts négatifs sur les réserves d'eau de surfaces.

**Milieu récepteur :** Par l'élimination des éléments nutritifs (azote et phosphore) et la réduction des germes pathogènes par un traitement complémentaire (Tertiaire) prévues dans le projet, le milieu récepteur reçoit des eaux épurées de qualité acceptable et qui n'ont aucun effet indésirable sur l'Oued Tensift.

### ❖ **Impacts négatifs sur :**

La plus part de ces impacts se rencontre en phase de chantier.

**Le paysage :** Le chantier transformera le paysage local par la présence de matériaux stockés, de tas de déblais et des clôtures en tôle qui entourent la zone des travaux. Ceci est susceptible de générer des nuisances principalement aux habitants des sites traversés et aux usagers de la route de Safi RN7.

**La qualité de l'air :** est matérialisé par l'augmentation des gaz d'échappements polluants et le dégagement de poussières. Bien que ces impacts représentent une nuisance pour les riverains, ils ne sont pas très importants car ils sont temporaires et limités.

**Coté sanitaire :** Les cas de maladies liées à la réutilisation des eaux ont toujours eu lieu à cause d'eaux non traitées ou de qualité douteuse.

Les analyses des composés effectuées des effluents traités (Kosmala, 1998 et ONAS de Tunisie) montrent que la qualité des eaux issues de la STEP ne fait pas état d'un niveau de risque vraiment préoccupant en l'état actuel des connaissances. Cependant, étant donné l'incertitude qui règne parfois au sujet des effets à long terme de certains de ces composés (toxicité par les métaux lourds), l'attention à leur sujet ne doit pas se relâcher.

Les impacts négatifs identifiés, bien qu'ils soient minimes, méritent une attention particulière.

### **B) réutilisation des eaux usées :**

Les eaux usées traitées par la station d'épuration de Marrakech sont totalement orientées vers l'irrigation des complexes golfs.

Malgré les éléments fertilisants que peut contenir les eaux usées épurées (tel que l'azote), l'agriculture de Marrakech n'en profite pas, à cause du prix de ces eaux que les agriculteurs ne peuvent supporter.

Le coût élevé, l'ignorance des effets secondaires à long terme, et d'autres facteurs ; la réutilisation des eaux usées épurées dans quelques domaines restent un choix défavorable.

## 1) Dans l'irrigation des complexes golifiques

### a) Les différents projets profitant de cette eau épurée.

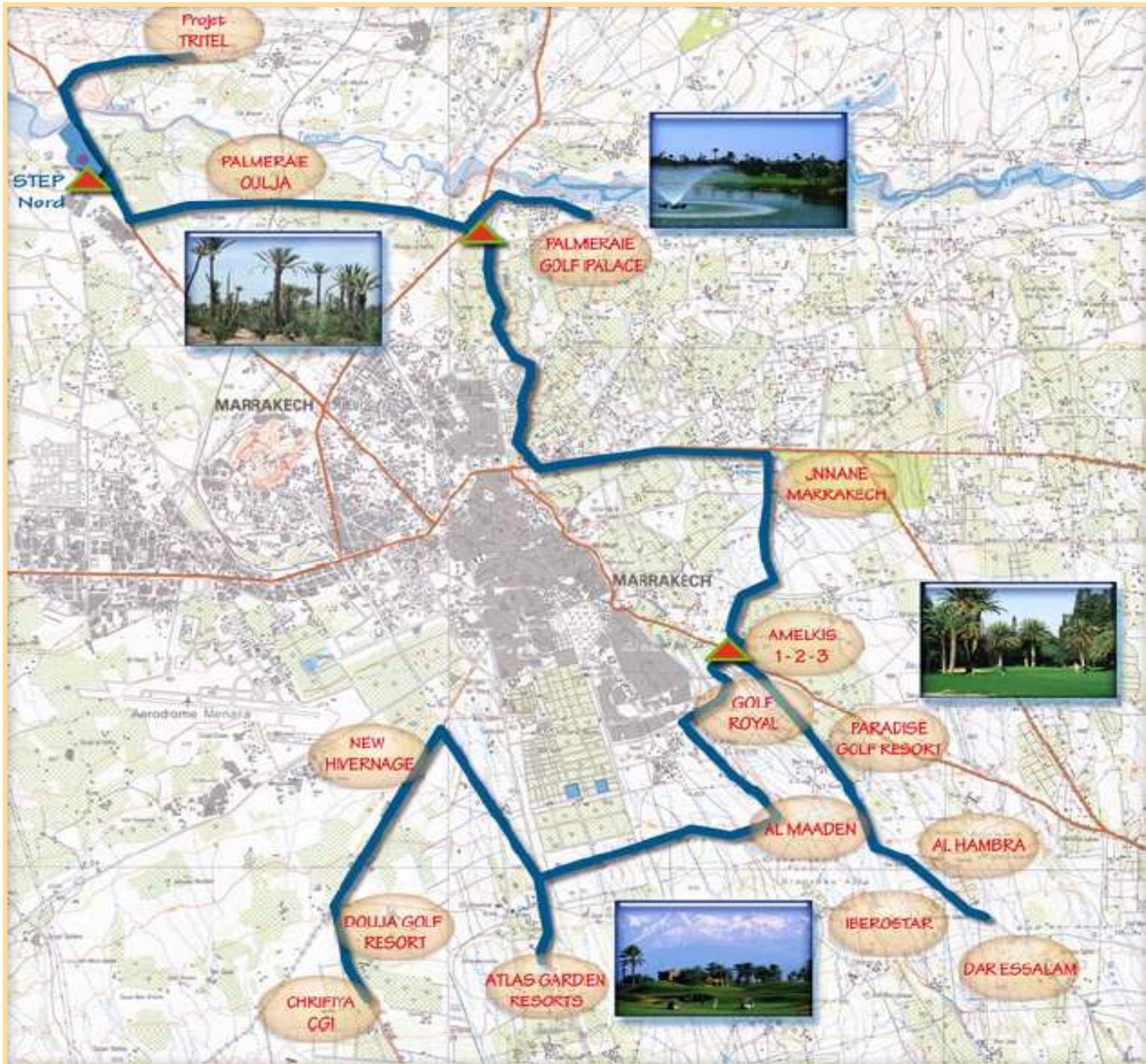
Projet	Etat	Superficie Totale	Localisation
Golf Royal	Existant	150 Ha	Arrondissement Ennakhil
Golf Amelkis	Existant	250 Ha	Arrondissement Ennakhil
Palmeraie Golf Palace	Existant	120Ha	Arrondissement Ennakhil
Atlas Golf Cherifya	En cours	80 Ha	Cherifya – Route de Tamslouht
Assoufid	En cours	222 Ha	Commun Saada
Atlas Golf et Ressort	En cours	282 Ha	Commune rurale de Tamslouht
Golf Ressort Palace	En cours	170 Ha	Arrondissement Ennakhil
Projet	Etat	Superficie Totale	Localisation
Latsis Group	Projet	140 Ha	Cherifya – Route de Tamslouht
Jardins de l'Atlas	Projet	147 Ha	Commune Tassoultant
Domaine Royal Palm	Projet	350 Ha	Commune rurale de Tamslouht
Tamslouht Ressort	Projet	240 Ha	Commune rurale de Tamslouht
Gulf Finance House	Projet	400 Ha	Commune rurale de Tamslouht
Amelkis III	Projet	200 Ha	Arrondissement Ennakhil
FADESA	Projet	258 Ha	Arrondissement Ennakhil
TRITEL	Projet	200 Ha	Oueled Bellaeguid

tableau.12 L'ensemble des complexes golifiques existants et ceux en cour en projet.

### b) Répartition géographique des projets golifiques

Au stade actuel la ville de Marrakech compte trois golfs occupant 400 Ha environ. Avec la promotion du programme touristique initié par sa majesté le roi Mohammed VI visant d'accueillir 10 millions de touristes à l'horizon 2010, quatre autres golfs sont en cours de réalisation dont trois sont situés au sud-ouest de la ville. Huit autres projets golifiques ont fait l'objet d'examen du dossier d'investissement par le centre régional d'investissement de Marrakech – Tensift – Al Haouz, la majorité de ces projets sont situés dans l'arrondissement

Ennakhil et sur la route de Tamslouht près du canal d'irrigation Rocade ayant comme capacité de transit  $12\text{m}^3/\text{s}$ .



Carte3 : répartition des complexes golfique dans la ville de Marrakech

**c) Les besoins en eau de ces projets.**

La ville de Marrakech compte à l'heure actuelle trois Golfs, les besoins annuels en eau pour ces trois parcours sont estimés de 2,5 à 3 millions de m<sup>3</sup>. L'irrigation de ces trois golfs est assurée en grande partie à partir des ressources souterraines.

Avec les quatre projets en cours de construction la demande d'eau pour irrigation passera à 7,5 millions de m<sup>3</sup> environ dont 2 millions de m<sup>3</sup> sont fournis à partir du canal Rocade.

Projet	Etat	Superficie	Besoin en eau	Besoin
		Totale	annuel	journalier
Golf Royal	Existant	150 Ha	1200000 m <sup>3</sup>	3288 m <sup>3</sup>
Golf Amelkis	Existant	250 Ha	800000 m <sup>3</sup>	2192 m <sup>3</sup>
Palmeraie Golf Palace	Existant	120Ha	800000 m <sup>3</sup>	2192 m <sup>3</sup>
<b>Total</b>				<b>2 800 000 m<sup>3</sup>/an</b>

Projet	Etat	Superficie	Besoin en eau	Besoin
		Totale	annuel	journalier
Atlas Golf Cherifya	En cours	80 Ha	800000 m <sup>3</sup>	2192 m <sup>3</sup>
Assoufid	En cours	222 Ha	1220000 m <sup>3</sup>	3342 m <sup>3</sup>
Atlas Golf et Ressort	En cours	282 Ha	1500000 m <sup>3</sup>	4110 m <sup>3</sup>
Golf Ressort Palace	En cours	170 Ha	1200000 m <sup>3</sup>	3288 m <sup>3</sup>
<b>Total</b>				<b>4 720 000 m<sup>3</sup>/an</b>

**Tableau13 : besoin en eau des complexe golifiques existantes/en cour de construction.**

Sur la base des données disponibles au CRI (centre régionale d'investissement) concernant le projet des golfs dont les dossiers d'investissement sont en cours d'étude, le besoin en eau pour irrigation des golfs est évalué comme suit :

Projet	Etat	Superficie Totale	Besoin en eau annuel	Besoin journalier
Latsis Group	Projet	140 Ha	1500000 m <sup>3</sup>	4110 m <sup>3</sup>
Jardins de l'Atlas	Projet	147 Ha	1650000 m <sup>3</sup>	4521 m <sup>3</sup>
Domaine Royal Palm	Projet	350 Ha	1500000 m <sup>3</sup>	4110 m <sup>3</sup>
Tamesloht Resort	Projet	240 Ha	1500000 m <sup>3</sup>	4110 m <sup>3</sup>
Gulf Finance House	Projet	400 Ha	1500000 m <sup>3</sup>	4110 m <sup>3</sup>
Amelkis III	Projet	200 Ha	1500000 m <sup>3</sup>	4110 m <sup>3</sup>
FADESA	Projet	258 Ha	1500000 m <sup>3</sup>	4110 m <sup>3</sup>
TRITEL	Projet	200 Ha	1500000 m <sup>3</sup>	4110 m <sup>3</sup>
<b>Total</b>				<b>12 150 000 m<sup>3</sup>/an</b>

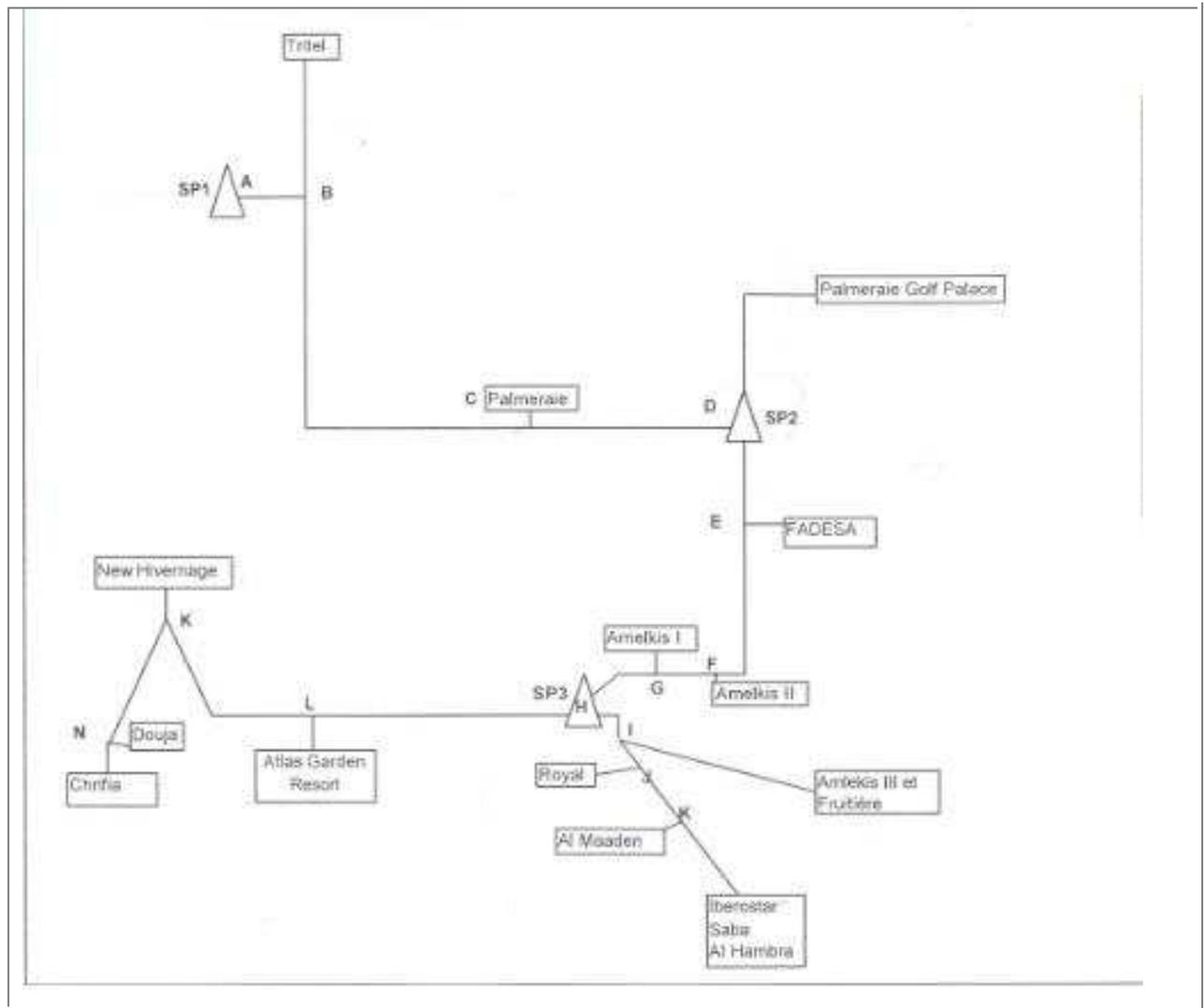
**Tableau14 : besoin en eau des complexe golfiques qui sont encor des projets.**

Le besoin total annuel en eau pour l'irrigation des golfs est estimé à environ 20 millions de m<sup>3</sup>, ce qui correspond à une demande journalière de 54 mille m<sup>3</sup>.

#### **d) Réseau de connexion.**

Le réseau de distribution sera placé sur 52 km. Pour la distribution des eaux il y aura 3 stations de pompage.

Le schéma suivant présente la forme et l'emplacement de chaque tronçon du réseau de distribution :



**Fig.9 : Débits de dimensionnement des différents tronçons du réseau**

## **2) Dans l'irrigation des terrains agricoles.**

Depuis plus de 70 ans, les eaux usées brutes de la ville de Marrakech sont déversées dans différents périmètres agricole pour l'irrigation des palmiers, dattiers et de diverses autres cultures.

Les principales zones de valorisation agricole des eaux usées urbaines brutes de la ville de Marrakech sont :

- Champs d'épandage d'El Azzouzia

- Champs d'épandage Azib Layadi
- Champs d'épandage du camp Ghul
- Palmeraie

L'irrigation par des eaux usées brutes est complètement à éviter à cause des menaces pour la santé, sauf en cas d'épuration ce qui va permettre aux agriculteurs de maintenir leurs activités dans de meilleures conditions sanitaires tant pour eux même que pour les consommateurs.

La majorité des terrains agricoles à Marrakech sont de type boréales ; cela veut dire que les agriculteurs dépendent essentiellement des pluies saisonnières pour irriguer leurs terrains ; alors et malgré la qualité des eaux usées épurées et la teneur en éléments fertilisants, les agriculteurs n'utilisent pas ces eaux à cause de leur coût élevé.

### **3) Réutilisation industrielle.**

Les unités industrielles implantées à Marrakech sont surtout dans le domaine agro-alimentaire, l'industrie du textile, du cuir et l'industrie parachimique. Il apparaît clairement que la réutilisation des eaux épurées n'est pas applicable aux types d'industries implantées à Marrakech compte tenu de leur type d'activité.

### **4) Réutilisation comme source en eau potable :**

Pour utiliser ses eaux comme source d'eau potable les types de traitement doivent être plus avancés afin d'éviter tout risque de contamination par les germes pathogènes ou d'autres éléments toxiques ; ainsi un cercle vicieux entre la consommation et la réutilisation de la même eau. Malgré ces traitements ces eaux usées épurées ne sont pas potables.

## **5) Réutilisation urbaine.**

Il comprend :

- Arrosage d'espaces verts (golf, parcs, terrains sportifs),
- Protection des incendies,
- Recyclage en immeuble,
- Lavage des rues,
- Aménagement paysager (cascade, fontaines,.....).

La réutilisation urbaine concerne pour la ville de Marrakech l'irrigation des parcours de golfs et espaces verts au sein de nombreux projets touristiques.

Cependant, la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation impose un traitement des effluents plus poussé que celui actuellement possible avec la construction de la première tranche de la station d'épuration.

## **C) la valorisation des boues :**

### **1) Valorisation agronomique :**

La valorisation en agriculture est la réutilisation agricole par épandage des boues liquides, après compostage ou après séchage thermique sous forme de granulés.

### **2) Épandage :**

Les boues peuvent être épandues sous forme liquide (après épaissement préliminaire), soit sous forme plus ou moins déshydratée à l'état pâteux ou solide. Ce sont les boues liquides qui permettent la meilleure valorisation agronomique, dans la mesure où l'on peut les épandre facilement avec des matériels bien connus du type citerne à vidange ou à lisier.

De plus, elles permettent d'apporter au sol simultanément de la matière organique, de l'azote assez rapidement assimilable, du phosphore et des oligoéléments. Toutefois, l'épandage liquide requiert des équipements de stockage importants et appropriés, ainsi que des terrains proches du lieu de production pour réduire les frais de transport.

Par opposition, les boues pâteuses (issues de filtres à bande presseuse ou de centrifugeuses) posent quelques problèmes pratiques tant pour le stockage que pour l'épandage proprement dit, mais elles permettent de réduire les coûts de transport. Les boues à l'état solide (lit de séchage, filtre-pressé) permettent un stockage en tas et sont épandues avec des épandeurs à fumier habituels. Les boues doivent être épandues selon la bonne pratique agricole, car les quantités de boues à apporter dépendent essentiellement des besoins du sol et des cultures.

### **D) valorisation énergétique :**

La valorisation énergétique consiste à récupérer de l'énergie des boues après leur incinération ou après la fermentation nommée aussi méthanisation des fractions organiques. Ainsi, l'incinération produit la chaleur des fumées qui peut être récupérée sous la forme de vapeur ou sous la forme d'électricité, la méthanisation va produire du biogaz en même temps que le composte.

#### **Utilisation du biogaz :**

Le biogaz généré dans cette étape est généralement utilisé :

En chaudière pour produire de l'énergie calorifique, car le pouvoir calorifique des boues est intéressant. Il constitue ainsi une énergie renouvelable de qualité et peut être récupéré et valorisé de plusieurs façons.

L'utilisation du biogaz offre le meilleur rendement si l'extraction est continue et constante. Cette condition est nécessaire car la production de biogaz au niveau des stations d'épuration est continue et le stockage du biogaz n'est pas économiquement avantageux. Il est préférable que le point d'utilisation du biogaz soit relativement proche de la station où il est produit.

L'utilisation la plus courante du biogaz est la production d'électricité. On utilise pour cela un moteur à combustion interne ou bien une turbine à gaz. Les moteurs à gaz peuvent être installés et déplacés rapidement et ont une haute flexibilité d'utilisation. Les turbines à gaz sont intéressantes pour la valorisation de la chaleur, elles permettent d'obtenir en plus de l'électricité de la chaleur utilisable pour la production de vapeur. Il est avantageux de ne pas utiliser que l'électricité mais aussi la chaleur que l'on peut récupérer au niveau du moteur ou de la turbine à gaz. Ceci permet d'augmenter de façon importante le rendement énergétique d'une unité de production électrique. Le transport d'eau chaude ou de vapeur sur de grande

distance n'est pas tout le temps rentable, il est bien souvent plus profitable de transporter le gaz jusqu'au point d'utilisation de la chaleur où le moteur ou la turbine est installé.

- **CONCLUSION :**

L'assainissement des eaux usées est devenu un impératif pour nos sociétés modernes. En effet, le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une production croissante de rejets polluants. Les ressources en eau ne sont pas inépuisables. Leur dégradation, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peut non seulement détériorer gravement l'environnement, mais aussi entraîner des risques de pénurie.

Le recyclage consiste à récupérer les eaux usées traitées en sortie de la station d'épuration et de les réutiliser pour d'autres applications qui n'exigent pas nécessairement une eau potable : arrosage, utilisations industrielles, irrigation, recharge de nappes souterraines... Le niveau de traitement est défini et les procédés sont choisis en fonction du type d'utilisation.

La station d'épuration de Marrakech adapte des systèmes d'épuration susceptible de produire des eaux épurées répondant aux normes marocaines. Actuellement les eaux épurées par la première phase sont rejetés dans le milieu naturel (oued Tensift), mais après un traitement biologique par les boues activées au traitement secondaire et une désinfection par les UV au traitement tertiaire. Les eaux seront prêtes à l'utilisation pour l'arrosage des terrains de golfs sans des risques, ni sur le réseau de conduction ni sur les utilisateurs.

Un tel projet rapportera de nombreux bénéfices à l'environnement :

- le fait de collecter les eaux usées brutes cela apaisera le milieu naturel récepteur, et évitera les mauvaises odeurs qui circulaient dans ces zones depuis des années ;
- La pollution des eaux diminuera ;
- Création d'une nouvelle ressource en eaux pérenne et renouvelable.

## **ANNEXES**

### **« Secrétariat d'état chargé de l'eau et de l'environnement Département de l'environnement »**

La secrétariat d'environnement est constituée à Marrakech en 2008 ; elle a pour rôle :

- La déconcentration de la direction centrale d'environnement à Rabat, et le renforcement des services extérieurs.
- Le suivi de l'état de l'environnement au niveau des différentes régions.
- La mobilisation et la responsabilisation contractuelle des acteurs locaux pour la réalisation de projets environnementaux contribuant au développement local.
- La mise à niveau environnementale des entreprises industrielles au niveau local.
- Le suivi d'une manière permanente de l'état de l'environnement.
- La gestion de l'information environnementale.
- Le développement des outils d'aide à la prise de décision.

## Liste des tableaux et des figures :

Tableau 1 : Températures maximales minimales et moyennes mensuelles en °C (1990-2006) (in RADEEMA, 2007). .....	12
Tableau 2: qualité des différents oueds de la plaine de Tensift Haouz.....	16
Tableau3: capacité de traitement de la station.....	20
Tableau4 : quantité des eaux a traitées entrantes à la station.....	22
Tableau5 : teneur des éléments polluants dans les eaux brutes. ....	22
Tableau 6: détaille de l’ouvrage du dégrilleur.....	24
Tableau7: caractéristiques des filtres. ....	44
Tableau8 : tableau des normes marocaines pour l’arrosage. ....	53
Tableau 9 : Rendement de la 1 <sup>ère</sup> phase de traitement (D’après le schéma directeur de la RADEEMA. Mission A, Mars 2008) .....	54
Tableau 10: Rendement du traitement secondaire (D’après le schéma directeur de la RADEEMA. Mission B).....	54
Tableau 11 : Rendement du traitement tertiaire (D’après RADEEMA. Mission B) .....	55
Tableau.12 L’ensemble des complexes golfiques existants et ceux en cour en projet. ....	58
Tableau13 : besoin en eau des complexe golfiques existantes/en cour de construction...	60
Tableau14 : besoin en eau des complexe golfiques qui sont encor des projets. ....	61
Fig.1: Répartition des stations d’eau de surface par niveau de qualité.....	10
Fig2 : Répartition des stations d’eau souterraines par niveau de qualité. ....	10
Figure.3: Localisation des oueds parcourant la plaine du Haouz et des stations hydrologiques (ABHT, 2006). ....	13
Figure 4 : Site de la station d’épuration (STEP) (D’après le schéma directeur de la RADEEMA. Mission A. Mars 2008) .....	19
Fig. 5: modèle de STEP avec les deux phases.....	39
Fig.6 : Éléments d'une station à boues activées. . ....	40
Fig. 7: Schéma descriptif du traitement des eaux de la station d’épuration de la ville de Marrakech. . ....	46

Fig.8: Schéma descriptif du traitement des boues de la station d'épuration de la ville de Marrakech. ....	52
Fig.9 : Débits de dimensionnement des différents tronçons du réseau. ....	62
Carte 1 : ressources en eau souterraines et de surface par bassin. ....	8
Carte2: position de la STEP par rapport à Marrakech. ....	18
Carte3 : répartition des complexes golfique dans la ville de Marrakech	
Photo1 : le dégrilleur. ....	23
Photo2 : les bassins de déssablage-dégréssage. ....	25
Photo3: Dessableur dégraisseur. ....	26
Photos4 : les bassin circulaire du décantation primaire.....	29
Photo5 : Epaisseur Degrémont - Bogotazo (Colombie, 1 500 000 eq/h) 2 unités de 29 m de diamètre. ....	33
Photo 6 : Digesteur degremont. ....	34
Photo 7: Gazomètre / gazomètre avec une unité de biodésulfurisation en aval.....	37

## **Bibliographie**

**Arabi bader : « Etude d'impact d'une station à système d'Épuration intensif sur l'environnement et potentialités de réutilisation des eaux épurées – Exemple de la station d'Épuration des eaux usées (Boues activées) de la ville de Marrakech » « thèse 2008 » :**

- Ressources en eaux souterraines.
- Les eaux entrantes a la station d'épuration.
- Schéma descriptif du traitement des boues de la station d'épuration de la ville de Marrakech.
- Schéma descriptif du traitement des eaux de la station d'épuration de la ville de Marrakech.
- Localisation des oueds parcourant la plaine du Haouz et des stations hydrologiques (ABHT).

❖ **L'ABHT: « Monographie de province de Marrakech » :**

- Les eaux superficielles.

**« Climat de Marrakech » :**

- Température.

❖ **« État de la qualité des ressources en eau au Maroc » :**

- qualité des eaux superficielles.
- qualité des eaux souterraines.

❖ **Mokhtar Bzioui: « Rapport National 2004 sur les ressources en eau au Maroc».**  
Novembre 2004

- Quantité des eaux au maroc.

❖ **ONEP juin 2008 : « protection de la qualité des eaux ».**

- Loi de Protection de la qualité de l'eau.

❖ **RADEMA : « note 1 STEP 2007 ».**

« Deuxième phase STEP ».

« Réutilisation des eaux usées dans l'irrigation des golfs ».

« Projet de Réutilisation - 24-10-2008 ».

« Variante C 3 4 Mémoire technique ».

« Projet Réutilisation - préféabilité et montage- Edition restreinte ».

- Les étapes de traitement des eaux usées.
- Les projets profitant des eaux usées épurées.

« **Projet de fin d'étude : la réutilisation des eaux usées dans l'irrigation des golfs 2010** »

- Les objectifs de la mise en place de la station.

« **Projet de fin d'étude : valorisation des boues de la STEP2009** ».

- Les étapes de traitement des boues /valorisation des boues de la station de marrakech.

❖ **Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement : « Ressource En Eau Au Maroc » :**

- La demande sectorielle en eau.