



## **Liste des abréviations**

ha : hectare

km<sup>2</sup> : Kilomètre carrée

m<sup>3</sup>/jour : mètre cube par jour

KWh/an : Kilowattheure par an

m<sup>3</sup> : mètre cube

DH : dirham

Eh : équivalent habitant

GES : gaz à effet de serre

BP: Bank Populaire

AWB: Attijari Wafa Bank

RADEEF: Régie Autonome Intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité de Fès (RADEEF)

CFE : Compagnie Fassie d'Electricité

m : mètre

m<sup>3</sup>/s : mètre cube par second

STEP : Station d'épuration

m<sup>3</sup>/an : mètre par an

ONE : office nationale d'électricité

cm : centimètre

max : maximum

g/L : gramme par litre

mg/l : milligramme par litre

kWh/T : kilowattheure par tonne



$\mu\text{m}$  : micro mètre

MO: matière organique

MES: matière en suspension

MN : matière nutritives

NPK : engrais minéraux Azote, Phosphate, Potassium

$\text{Mm}^3$  : milliard mètre cube

$\text{DBO}_5$  : demande biochimique en oxygène à 5jours

mm : millimètres

DBO : demande biologique en oxygène

DCO : demande chimique en oxygène

Eq/hab : Equivalent par habitant

MS : matière sèche

HP : haute pression

$\text{m}^2$  : mètre carré

h : heure

$\text{CO}_2$  : dioxyde de carbone

$\text{H}_2\text{S}$  : sulfure d'hydrogène

## Sommaire

<i>Remerciement .....</i>	3
<i>Résumé.....</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<i>Liste des abréviations .....</i>	4
<i>Listes des figures.....</i>	7
<i>Introduction .....</i>	8
<i>Chapitre I :.....</i>	10
<i>Présentation de la Régie Autonome Intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité de Fès : (RADEEF).....</i>	10
1) Présentation générale de la RADEEF .....	11
2) Organigramme de Direction .....	13
<i>Chapitre II :.....</i>	14
<i>Impact des rejets polluants de la ville de Fès sur oued Sebou.....</i>	14
1) Contexte général du bassin du sebou .....	15
2) Sources des rejets polluants : .....	21
3) Nature des rejets et leurs impacts sur oued Sebou.....	22
a) Pollution urbaine :.....	22
b) Pollution industrielle :.....	22
c) Pollution agricole :.....	22
d) Les impacts de la pollution de l'eau sur le bassin de Sebou .....	23
4) Procédés du traitement des rejets.....	23
<i>Chapitre III :.....</i>	26
<i>Etude du cas : Station d'Epuration des eaux usées de Fès .....</i>	26
1) Qu'est-ce qu'une station d'épuration. .....	27
2) Caractérisation de la Station d'épuration de Fès.....	28
a) Introduction .....	28
b) Site d'épuration .....	29
3) Processus d'épuration des eaux usées .....	31
a) Filière Eau .....	31
b) Filière boue.....	38
c) Filière biogaz.....	49
<i>Bibliographie .....</i>	56
<i>Conclusion .....</i>	55

## Liste des figures

Figure 1 : Carte géologique du bassin du Sebou d'après AGENCE DU BASSIN HYDRAULIQUE DU SEBOU « Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intègre des ressources en eau du bassin hydraulique de sebou » .....	16
Figure 2 : Etat de la qualité des eaux superficielles .....	17
Figure 3 : Topographie du bassin versant de l'oued Fès d'après Emmanuel REYNARD, Mohamed LASRI, Gabriela WERREN, Khalid OBDA, Mhamed AMYAY, Ali TAOUS « Carte des phénomènes d'inondation des bassins de Fès et Beni Mellal ».....	18
Figure 4 : Coupe géologique schématique du bassin versant de l'oued Fès, inspirée de Taltasse (1953). .....	19
Figure 5 : L'Oued Fès et ses affluents d'après Emmanuel REYNARD, Mohamed LASRI, Gabriela WERREN, Khalid OBDA, Mhamed AMYAY, Ali TAOUS « Carte des phénomènes d'inondation des bassins de Fès et Beni Mellal » .....	21
Figure 6 : Schéma de la station d'épuration "boues activées" d'après <a href="http://eau.seine-et-marne.fr/export/print/les-stations-d-epuration">http://eau.seine-et-marne.fr/export/print/les-stations-d-epuration</a> .....	24
Figure 7 : Schéma des filtres plantés de roseaux. d'après Université de Liège Département de Chimie Appliquée cours Les stations d'épurations : fonctionnement et valorisation des boues.....	24
Figure 8 : lagunage naturel. d'après <a href="http://eau.seine-et-marne.fr/export/print/les-stations-d-epuration">http://eau.seine-et-marne.fr/export/print/les-stations-d-epuration</a> .....	25
Figure 9 : STEP de Fès en perspective (Nord-est) d'après : <a href="http://www.raeef.ma">http://www.raeef.ma</a> .....	28
Figure 10 : Implantation de site de la station d'épuration (B) d'après Programme de dépollution de l'Oued Sebou Mohamed MEZIANI, RADEEF Nicolas FORNAGE, AFD .....	30
Figure 11 : Photo d'un dégrillage grossier de la STEP de Fès .....	32
Figure 12 : Photo d'un dégrillage fin de la STEP de Fès .....	32
Figure 13 : Photo de la station de relevage de la STEP de Fès .....	33
Figure 14 : Photo d'un dessableur/déshuileur de la STEP de Fès .....	34
Figure 15 : Photo des décanteurs primaires de la STEP de Fès .....	35
Figure 16 : Photos du bassin d'aération de la STEP de Fès .....	36
Figure 17 : Photo de la zone de dégazage de la STEP de Fès .....	37
Figure 18 : Photo d'un clarificateur de la STEP de Fès.....	37
Figure 19: photo d'un épaisseur de la STEP de Fès .....	39
Figure 20 : Photo du flottateur de la STEP de Fès .....	41
Figure 21 : Photo du bassin des boues non digérée de la STEP de Fès .....	42
Figure 22 : Photo d'un digesteur de la STEP de Fès.....	42
Figure 23 : Photo du bassin des boues digérée de la STEP de Fès .....	43
Figure 24 : photo des filtres à bande de la STEP de Fès .....	44
Figure 25 : photo d'une pompe d'injection du polymère et de pompage de boue de la STEP de Fès .....	44
Figure 26: Unités de préparation automatique de polymère et pompe gazeuse de la STEP de Fès.....	45
Figure 27 : Photo des silos de la chaux de la STEP de Fès .....	48
Figure 28 : Photo d'un Hall de stockage de la STEP de Fès .....	48
Figure 29 : Photo des conduites de récupération de biogaz de la STEP de Fès .....	50
Figure 30 : Photo d'un désulfure de biogaz de la STEP de Fès.....	51
Figure 31 : Photo des gazomètres de la STEP de Fès .....	52
Figure 32 : Photo d'une torchère de la STEP de Fès .....	53
Figure 33 : Photo d'unité de cogénération de la STEP de Fès.....	53

## Introduction

Ce travail entre dans le cadre de stage du Projet de fin d'étude pour l'obtention de Licence Sciences et Techniques Eau et Environnement à la Faculté des Sciences et techniques de Fès.

Le bassin versant du Sebou est le premier bassin versant au Maroc du point de vue apports d'eau évalués à 6,6 milliards de m<sup>3</sup> par an. Par ailleurs, ce bassin hydrographique est classé second en surface : 40.000 km<sup>2</sup> (après le bassin de la Moulouya). Il couvre 191.000 ha de terres agricoles.

Un volume annuel de 120 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées, sur les 300 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées déversées dans tout le réseau hydrographique marocain, est rejeté dans les divers affluents du Sebou (40 %).

La réalisation de la station d'épuration des eaux usées est prévue pour une nette amélioration de la qualité des eaux du Sebou. Sa capacité de traitement est estimée à un débit de 120.000 m<sup>3</sup>/jour.

Le pôle régional de Fès rejette dans oued Sebou un volume de 105 000 m<sup>3</sup>/jour d'eaux usées sans traitement préalable. Ce qui engendre la pollution du bassin hydraulique sur une longueur de 100 km, évaluée à 40%, entraînant ainsi une dégradation importante de la qualité des eaux et une détérioration des conditions sanitaires et hygiéniques de la population de Fès. Les pertes économiques engendrées par les différentes problématiques de pollutions de la ville de Fès sont ainsi évaluées par une étude à près de 1 milliard de DH.

Ce projet fait par ailleurs appel à un procédé d'épuration innovant (boues activées + digestion des boues et cogénération de l'énergie électrique à partir du biogaz) et dispose d'une capacité de traitement de 1,2 million équivalent habitant, soit un volume annuel d'eaux usées traitées de 40 millions de m<sup>3</sup>. Elle est installée à l'Est de la ville sur une superficie de 14 ha, en amont de la sortie empruntée par les eaux usées vers le milieu naturel. Cette station regroupe un ensemble de dispositifs constitués de réserves en béton armé, ainsi que de quelques bâtiments dédiés, entre autres, à l'administration et au laboratoire.

Cette station prévu de doter également d'une unité de cogénération d'électricité à partir du biogaz récupéré des digesteurs anaérobiques. Ce qui permettra de réduire de façon significative l'émission de gaz à effet de serre (GES) en captant près de 15.000 m<sup>3</sup>/j de méthane pour produire environ 22 millions KWh/an d'électricité, soit 50 à 70% des besoins de ladite station en énergie électrique.



Pour rappel, ce projet est d'un coût total de 1,081 milliard de DH, dont 781 millions de DH pour l'investissement et 300 millions de DH pour l'exploitation, sur une période de 10 ans.

Ce projet est financé notamment grâce au prêt d'un consortium de banques marocaines regroupant BP, AWB et BMCE Bank. À la concrétisation de ce projet un groupement international composé des sociétés Golden State Environnement (Chine), Waterleau (Belgique), Sotradema (Maroc), et Eusebios & Filhos et Alberto Martins (Portugal). Ce groupement dispose d'importantes références internationales et nationales dont la STEP de Marrakech.



## Chapitre I :

# Présentation de la Régie Autonome Intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité de Fès : (RADEEF)



### 1) Présentation générale de la RADEEF

La Régie Autonome intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité de la wilaya de Fès (RADEEF) est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle du Ministère de l'Intérieur.

La RADEEF a été créée par délibération du conseil municipal de la ville de Fès en date du 30 avril et 29 août 1969 en vertu du Dahir n° 1.59.315 du 23 Juin 1960 relatif à l'Organisation communale, et ce après l'expiration du contrat de concession dont bénéficiait la Compagnie Fassie d'Electricité (CFE) au titre de la distribution de l'énergie électrique.

Par arrêté du 25 Décembre 1969, le Ministre de l'Intérieur a approuvé la délibération du conseil communal de la ville de Fès en date du 29 Août 1969 concernant la création de la RADEEF, fixant la dotation initiale établissant son règlement intérieur ainsi que son cahier des charges.

En Janvier 1970, la RADEEF s'est substituée, d'une part à la « Compagnie Fassie d'Electricité » pour la gestion du réseau électrique, et d'autre part à la ville de Fès pour la gestion du réseau d'eau potable.

La dotation en capital de la Régie, à sa création, fut constituée par l'apport initial auquel se sont ajoutés la valeur des installations, du matériel et du stock remis par la ville ainsi que les fonds détenus pour le compte de celle-ci par l'ancien concessionnaire.

Par la suite, la RADEEF a été transformée en Régie Intercommunale suite à l'arrêté du Ministre de l'Intérieur n°3211 du 02-10-1985 portant autorisation de créer le nouveau syndicat des communes pour la gestion du Service de l'Eau potable dans 19 communes.

La Régie est donc chargée d'assurer, à l'intérieur de son périmètre d'action, le service public de distribution d'eau et d'électricité, elle est également chargée de l'exploitation des captages et adductions d'eau appartenant à la ville.

A compter du 1er Janvier 1996, la RADEEF a été chargée de la gestion du réseau d'assainissement liquide de la ville de Fès en vertu de l'arrêté du Ministre de l'Intérieur n° 2806-95 du 3 Juin 1996 approuvant les délibérations du conseil de la Communauté Urbaine de Fès et des conseils communaux

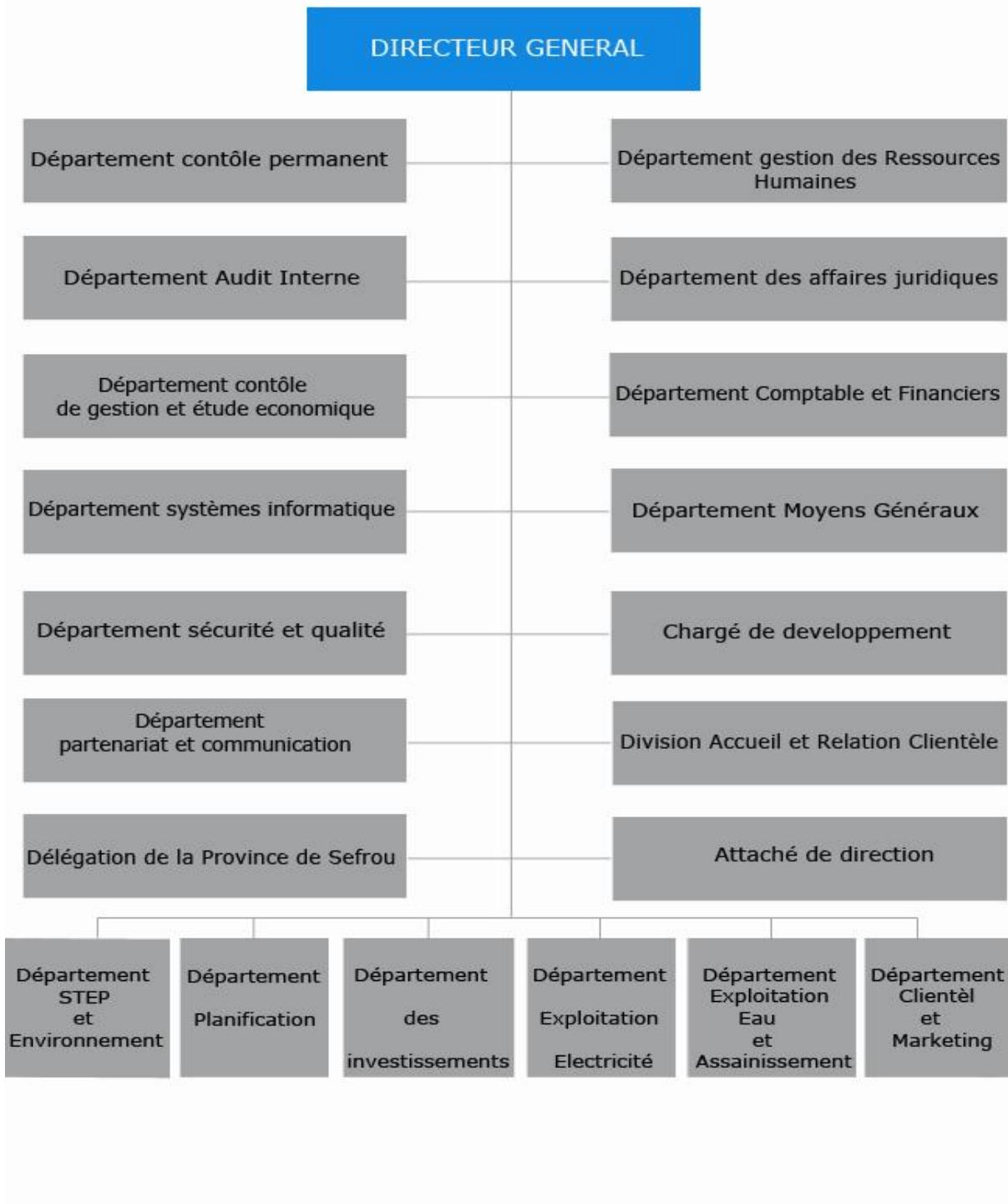


relevant de cette communauté, lesquelles délibérations ont chargé la RADEF de la gestion du réseau d'assainissement liquide de la ville de Fès.

Par ailleurs, la RADEF est assujettie au contrôle des finances de l'Etat en vertu du Dahir n° 1-03-195 du 11 Novembre 2003 portant promulgation de la loi N° 69-00 relative au contrôle financier de l'Etat sur les entreprises publiques et autres organismes.

Actuellement, la RADEF assure la distribution de l'eau et de l'électricité ainsi que la gestion du réseau d'assainissement liquide l'intérieur de la ville de Fès et de la commune Ain Chkef. Elle est en outre chargée de la distribution de l'eau potable dans les communes urbaines de Sefrou et Bhalil ainsi que dans les communes rurales suivantes : Bir Tam-Tam, Ras Tabouda, Sidi Harazem, Ain Timgnai, Ouled Tayeb, Douar Ait Taleb et Douar Ait El Kadi.

## 2) Organigramme de Direction



## Chapitre II :

# Impact des rejets polluants de la ville de Fès sur oued Sebou

## 1) Contexte général du bassin du sebou

### • CADRE PHYSIQUE ET GEOLOGIQUE DU BASSIN SEBOU :

Le bassin du Sebou, s'étend sur une superficie d'environ 40 000 km<sup>2</sup>, qui représente 6% de l'aire du territoire national. Il abrite une population de l'ordre de 6.2 millions d'habitants répartis sur :

- ✚ 17 Préfectures et Provinces
- ✚ 82 Commune Urbaines
- ✚ 287 Communes Rurales

Ce bassin qui comprend globalement 30% des ressources en eau de surface du Maroc, est drainé par l'oued Sebou qui prend naissance dans le Moyen Atlas et parcourt environ 500 km avant de rejoindre l'océan Atlantique près de Kenitra.

Situé au nord ouest du Maroc, le bassin du Sebou est marqué par un contexte géographique très diversifié :

Dans la partie amont du bassin, on trouve, au Nord, le massif du Rif s'élevant jusqu'à 2450 m, et au Sud la chaîne du Moyen Atlas,

Entre ces deux massifs, dans la région de Fès / Meknès, se situe la plaine du Saïs, et plus aval, on trouve les affluents rive droite et rive gauche du Moyen Sebou que sont les oueds Ouergha et Beht,

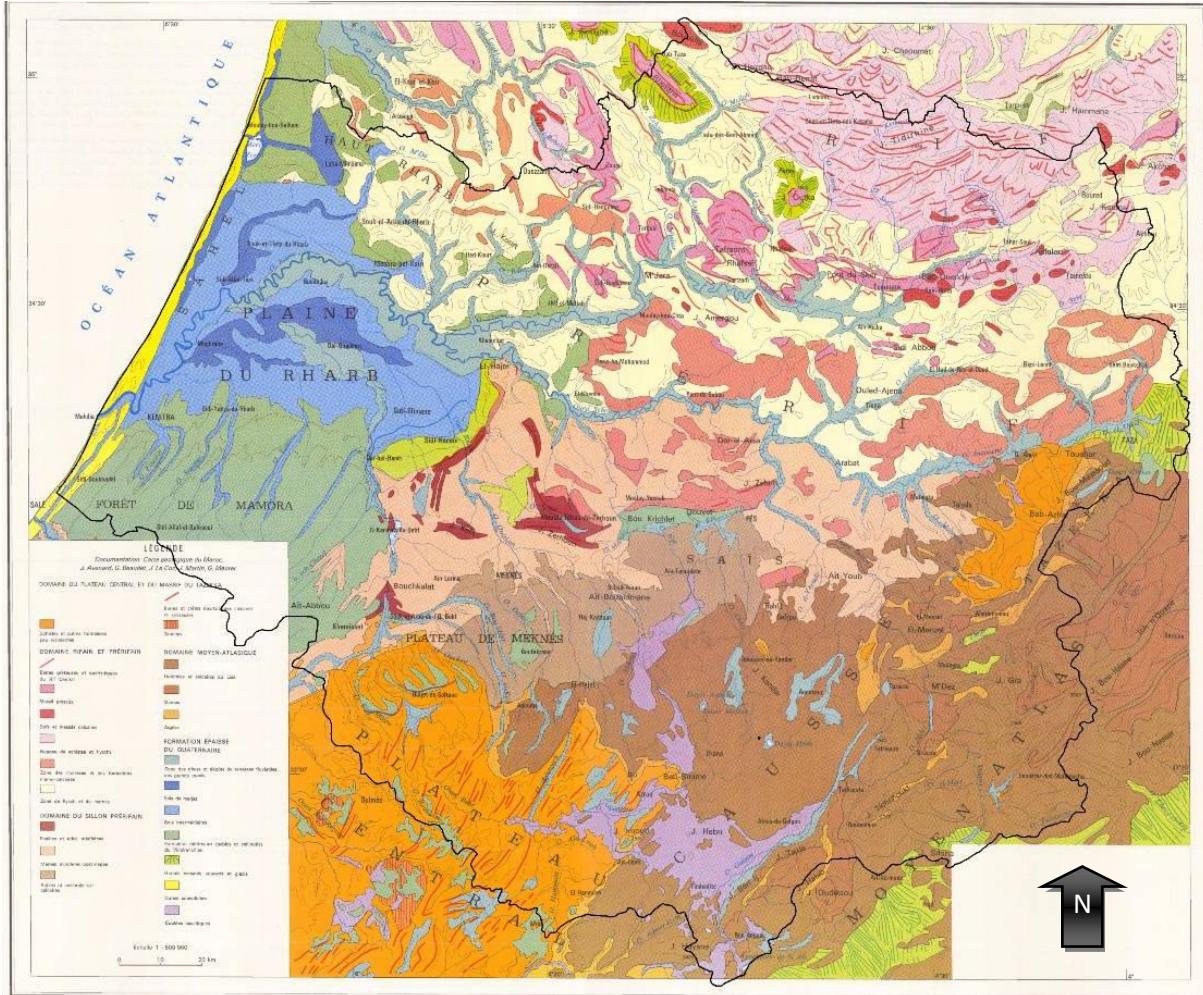
Dans la partie la plus avale, le bas Sebou est constitué d'une grande plaine alluviale, la plaine du Gharb, qui s'ouvre largement sur la côte Atlantique.

D'un point de vue géologique, les terrains du Rif sont constitués essentiellement de formations argilo-marneuses imperméables. Au niveau des hauts sommets de l'Ouergha, on rencontre des formations gréseuses.

Les bassins du Gharb, du Saiss et le couloir de Fès-Taza sont à remplissage essentiellement tertiaire et quaternaire perméable. Les deux dernières unités renferment également des formations calcaires du Lias.

Le Beht est constitué par des formations permo-triasiques et primaires imperméables.

Le Haut Sebou qui fait partie du domaine atlasique est constitué essentiellement par les calcaires jurassiques perméables.



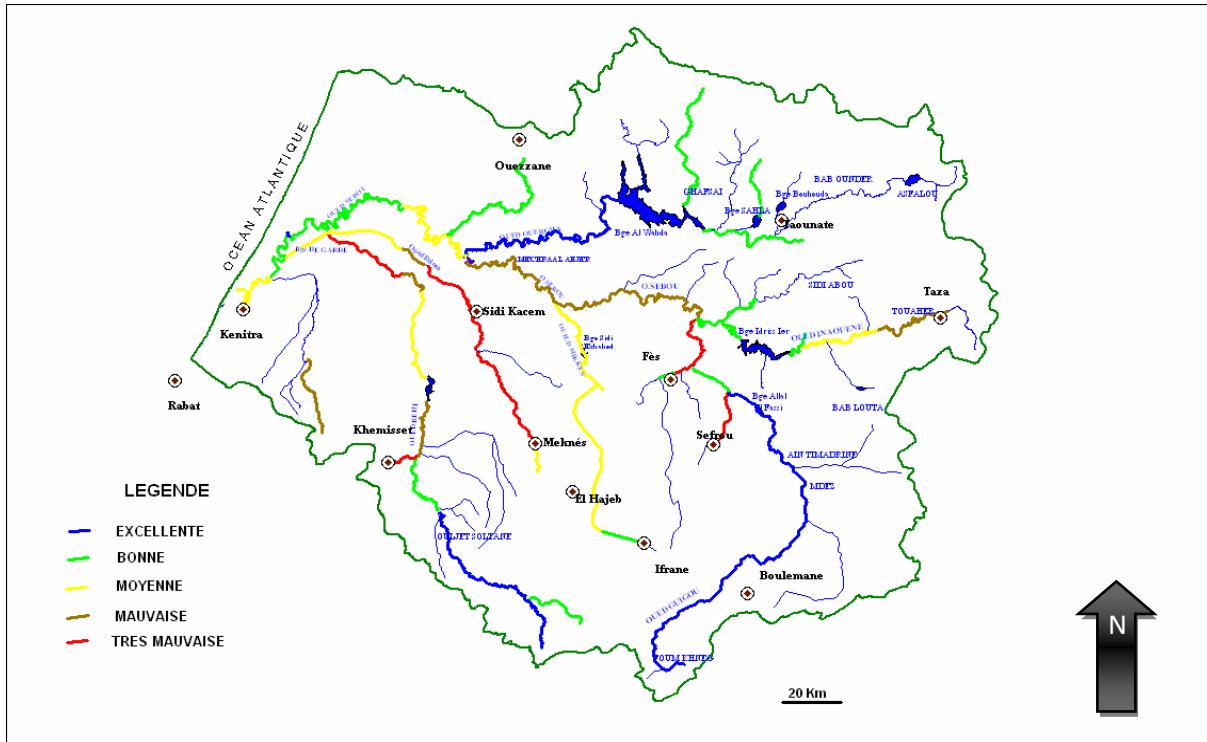
**Figure 1 : Carte géologique du bassin du Sebou d'après Agence du Bassin Hydraulique du Sebou « Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intégral des ressources en eau du bassin hydraulique de Sebou.**

#### • QUALITE DES RESSOURCES EN EAU : EAU DE SURFACE

La qualité de l'eau est globalement bonne sur le haut bassin du Sebou, sur l'oued Inaouène (sauf à l'aval des rejets de la ville de Taza), sur tout le bassin de l'oued Ouergha, sur le haut bassin de l'oued Beht, sur l'oued Beht en aval de sa confluence avec l'oued Rdom.

Elle est mauvaise à très mauvaise sur l'oued Sebou en aval des rejets de la ville de Fès, sur l'oued Beht en aval des rejets de la ville de Sidi Slimane, sur l'oued Rdom en aval des rejets des villes de Meknès et de

Sidi Kacem, ce qui rend difficile l'usage de l'eau pour l'alimentation humaine et animale mais aussi pour l'irrigation de certaines cultures (cultures maraîchères notamment).



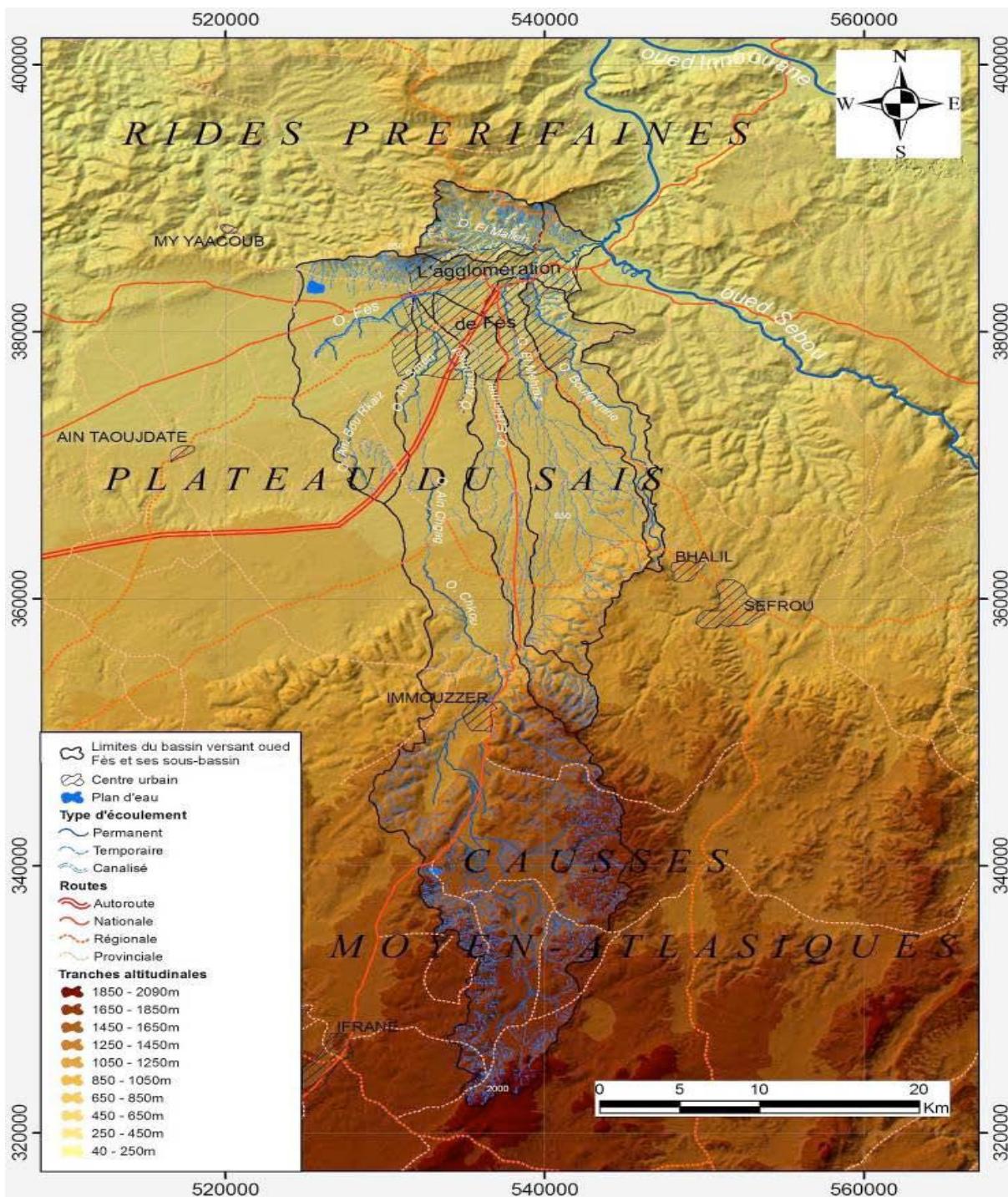
**Figure 2 : Etat de la qualité des eaux superficielles**

- **Bilan hydrique du bassin versant de Sebou**

Superficie  $\approx 40\ 000 \text{ km}^2$  ; Pluviométrie moyenne annuelle  $\approx 640 \text{ mm}$  ; Evapotranspiration (environ 70%)  $\rightarrow 0,64 \text{ m} \times 70\% = 0,44 \text{ m}$ , hauteur d'eau restant au sol :  $0,64 - 0,44 = 0,20$  ; le volume d'eau restant pour tout le bassin versant pour alimenter les rivières et les nappes souterraines :  $0,2 \text{ m} \times 40\ 000\ 000\ 000 \text{ m}^2 \approx 8\ 000\ 000\ 000 \text{ m}^3$ .

Débit moyen de Oued Sebou =  $137 \text{ m}^3/\text{s}$  ; soit environ  $4\ 300\ 000\ 000 \text{ m}^3$  (soit environ 54% du volume totale).

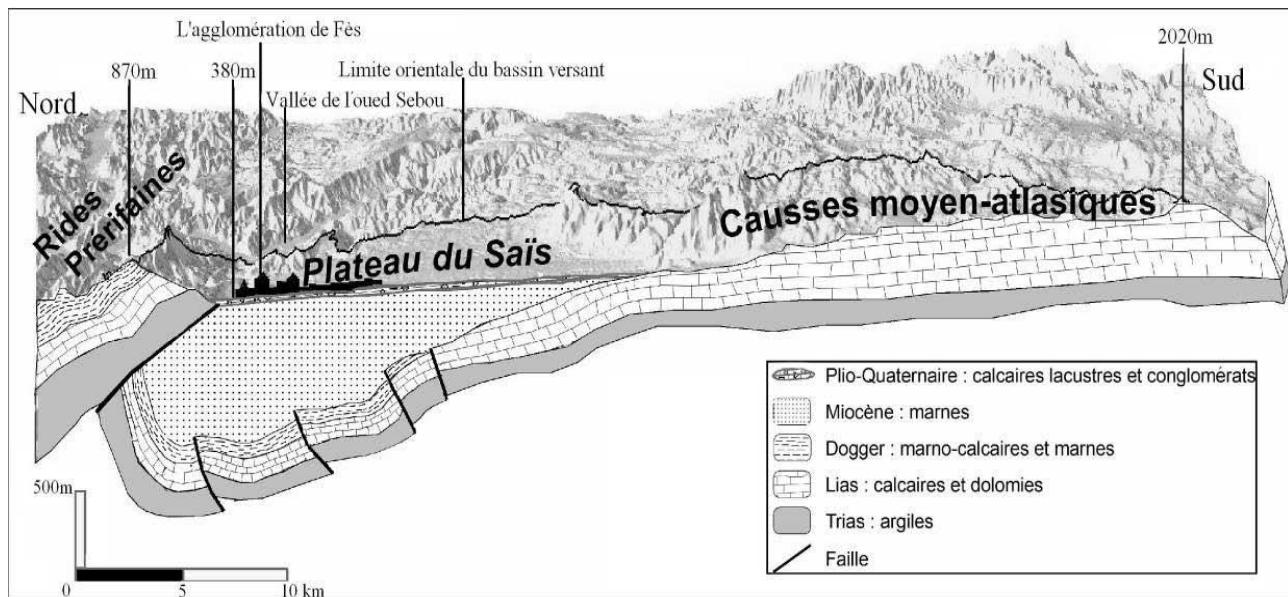
- *Bassin versant de l'oued Fès*



**Figure 3 : Topographie du bassin versant de l'oued Fès d'après Emmanuel REYNARD, Mohamed LASRI, Gabriela WERREN, Khalid OBDA, Mhamed AMYAY, Ali TAOUS « Carte des phénomènes d'inondation des bassins de Fès et Beni Mellal »**

Avec une superficie de 879 km<sup>2</sup>, le bassin versant de l'*oued* Fès se situe entre les parallèles 33°30' et 34°08'N et entre les méridiens 4°54' et 5°09'W. Il se compose de trois unités topographiques différentes (Fig.3.).

Le causse du Moyen Atlas au Sud correspond à la zone la plus élevée. Il prend l'allure de plateaux étagés du sud (causse d'Immouzzer : 2020 m) vers le nord (causse de Sefrou : 1400 m). Cette unité est dominée par les formations massives d'âge secondaire (calcaires et dolomies du Lias) reposant en discordance sur le substratum argileux du Trias (Fig.4. inspirée de Taltasse, 1953). Le plateau de Saïs représente la partie la moins élevée du bassin versant (400 à 700 m), avec une douce inclinaison (0.1 %) du sud vers le nord. Il s'agit d'une dépression de remplissage mio-plio-quaternaire surmontant les calcaires et dolomies du Lias et les formations complexes du Dogger (Fassi 1999). Le nord du bassin versant est limité par les Rides préfaines qui apparaissent comme une montagne moyennement élevée (Jbels Tghat et Zalagh : 900 m) présentant une superposition de formations liasiques (calcaires blanchâtres) reposant directement sur le substratum triasique (argiles) (Cherai 2009).



**Figure 4 : Coupe géologique schématique du bassin versant de l'*oued* Fès, inspirée de Taltasse (1953).**

Du point de vue hydrologique, le bassin versant de l'*oued* Fès (879,37 km<sup>2</sup>) est drainé par un réseau hydrographique relativement dense. Il est composé de plusieurs sous-bassins de tailles et morphologies différentes : *oued* Boufekrane (52,40 km<sup>2</sup>), *oued* El Mehraz (52,40 km<sup>2</sup>), *oued* El Himmer (80,74 km<sup>2</sup>), *oued* Chkou (428,08 km<sup>2</sup>) et *oued* El Malleh, à l'aval du bassin versant (34,03 km<sup>2</sup>). L'*oued* Fès représente le principal collecteur qui reçoit plusieurs affluents. Certains prennent naissance dans le causse

du Moyen Atlas (*oueds* Boufekrane, El Mehraz, El Himmer, Chkou) et ont un écoulement saisonnier à intermittent ; d'autres affluents, alimentés par les sources artésiennes du plateau de Saïs (*oueds* Ain Chkef, Ain Smen, Ain Chgag et Ain Bou Rkaiz), ont un écoulement permanent. Les rides préfaines contribuent aussi à l'alimentation de l'*oued* Fès (*oued* El Malleh et autres ravins).

### **Oued Fès**

L'*oued* Fès représente la principale artère du réseau hydrographique du bassin (Figure 5). Il a une direction SW-NE en traversant la ville de Fès et sa *médina* sur un tronçon de 24 km avant de rejoindre l'*oued* Sebou. Ce cours d'eau apparaît au niveau du domaine de Ras El Ma, où il est alimenté par des sources très importantes: Aïn Ras El Ma, Atrous, Bergama, Sennad, etc. qui lui garantissent un écoulement permanent, permanence soutenue par une nappe phréatique qui affleure d'ailleurs directement dans la vallée de l'*oued* Fès.

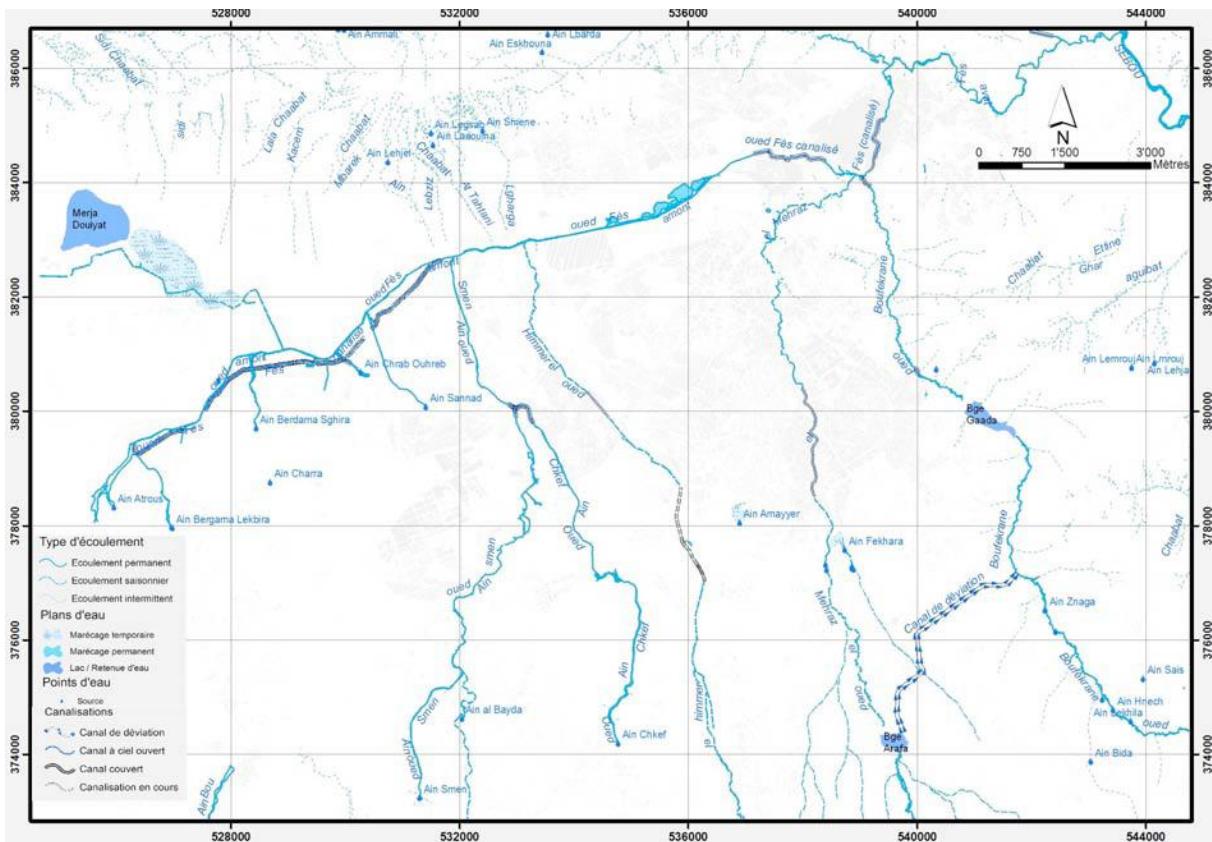
En fonction de ces caractéristiques hydro-géomorphologiques, on peut différencier deux domaines différents de l'espace fluvial de l'*oued* Fès :

**Oued Fès amont** : de sa source jusqu'au palais royal, sur un tronçon de 12 km. Sa vallée est caractérisée par une pente très douce, dans laquelle affleure la nappe phréatique qui donne des zones marécageuses (Merja). En plus des sources qui lui donnent naissance, l'*oued* Fès amont reçoit les eaux de plusieurs affluents.

Sa rive droite est alimentée en permanence par les eaux du bassin de l'*oued* Chkou, notamment les *oueds* Ain Chkef et Ain Smen. L'*oued* El Himmer rejoint également la rive droite de l'*oued* Fès amont ; bien qu'il soit le plus souvent sans débit, il joue un rôle important dans l'alimentation de l'*oued* Fès en période des pluies. La rive gauche, quand à elle, reçoit les torrents de Jbel Tghat.

**Oued Fès Aval** : à l'entrée de la *médina*, les *oueds* El Mehraz et Boufekrane rejoignent l'*oued* Fès et renforcent son débit en période de pluies. Au niveau de la *médina*, l'*oued* Fès draine un canal dont la capacité d'évacuation oscille entre 50 et 80 m<sup>3</sup>/s. Après avoir traversé la *médina*, l'*oued* Fès aval rejoint la vallée qu'il a façonnée, en laissant plusieurs terrasses étagées datant du Quaternaire récent pour déboucher à l'*oued* Sebou.

Il faut mentionner que l'*oued* Fès reçoit la majeure partie des eaux usées de l'agglomération de Fès. Le traitement de ces apports polluants n'est pas suffisant ; par conséquent, l'*oued* Fès est considéré comme étant le principal polluant de l'*oued* Sebou et cause d'impacts environnementaux très néfastes.



**Figure 5 : L'Oued Fès et ses affluents d'après Emmanuel REYNARD, Mohamed LASRI, Gabriela WERREN, Khalid OBDA, Mhamed AMYAY, Ali TAOUS « Carte des phénomènes d'inondation des bassins de Fès et Beni Mellal »**

## 2) Sources des rejets polluants :

Le bassin du Sebou est le bassin le plus pollué du pays. Parmi les villes qui posent le plus de problèmes de pollution de l'eau, se trouve la ville de Fès dont les rejets représentent 40% de l'impact total de l'ensemble des rejets au niveau du bassin du Sebou. Le traitement des eaux usées de cette ville constitue donc une priorité absolue compte tenu du rang occupé par ce bassin à l'échelle nationale.

La dégradation de la qualité de l'eau par les rejets d'eau usée domestique et industrielle est le résultat du grand retard constaté en matière d'assainissement et d'épuration des rejets.

La pollution industrielle générée au niveau de la ville de Fès représente ~65% de la pollution totale rejetée par la ville. Elle provient essentiellement des rejets des huileries (margins), des tanneries (chrome), dinanderies (Nickel), agroalimentaire,... etc.



Les rejets de ces unités industrielles se présentent sous différentes formes de pollution notamment: pollution organique biodégradable, difficilement biodégradable ou encore des métaux lourds.

### **3) Nature des rejets et leurs impacts sur oued Sebou.**

Les sources de pollution sont multiples et se résument comme suit:

#### **a) Pollution urbaine :**

La pollution urbaine est due à deux types de déchets :

- Les déchets liquides qui sont déversés dans le réseau hydrographique et particulièrement l'Oued Fès, sans traitement préalable ;
- les déchets solides qui sont généralement jetés en décharge aux bords de l'Oued ou directement dans le réseau hydrographique.

La pollution ainsi générée se caractérise par les matières organiques MO, les matières en suspension MES, les matières nutritives MN (azote et phosphore) et les micros organismes (bactéries, virus pathogènes).

#### **b) Pollution industrielle :**

Elle est générée par les industries agro-alimentaires et minières, les tanneries, les usines de fabrication des pâtes à papier, du papier et du carton etc. Les industries électriques, les raffineries, les papeteries, peuvent être aussi à l'origine de nombreuses nuisances non encore quantifiées. Les éléments accompagnant l'extraction d'éléments miniers constituent aussi une source de pollution. Ainsi, la pollution industrielle rejetée annuellement dans le bassin du Sebou et générée principalement par les agglomérations de Fès, Meknès et Kenitra est évaluée à 2 millions d'équivalents - habitants.

#### **c) Pollution agricole :**

Vue l'importance de la surface irriguée dans le bassin versant du Sebou (dont 100.000 ha dans le bas Sebou, le Gharb), de fortes doses d'engrais minéraux, azotés et phosphatés ou potassiques (NPK) sont utilisées, dont une partie est rejetée directement dans l'Oued ou infiltrée dans la nappe ; des concentrations élevées d'azote, de phosphore et de potasse entraînent le phénomène d'eutrophisation des eaux de surface et la pollution des eaux souterraines par les nitrates. Les pesticides constituent aussi une

source de pollution. Les facteurs solubilité, résistance des pesticides à la dégradation physique et biochimique, nature du sol et importance des apports d'eau sont déterminants dans ce type de pollution.

**d) Les impacts de la pollution de l'eau sur le bassin de Sebou**

**• Sur la production de l'eau potable**

Les stations de la production de l'eau potable de Kariat Ba Mohamed et Mkansa connaissent des perturbations de fonctionnement à cause de la pollution des eaux pendant la période oléicole qui se traduit par des arrêts;

**• Sur le développement économique**

Condamnation du projet d'aménagement agricole du Moyen-sebou et Inaouène aval (4200 ha) situé à l'aval immédiat de la ville de Fès jusqu'à réalisation de la STEP de Fès;

**• Sur la santé humaine**

Risques sanitaires provenant de la pollution de l'eau par les contaminants bactériologiques ou chimiques

**• Sur la gestion des ressources en eau**

Lâchers d'eau supplémentaires à partir des barrages pour résorber les problèmes de pollution aux dépens de la gestion prévisionnelle des ressources en eau (30Mm<sup>3</sup> en 2007).

**• Impact sur la faune et la Flore :**

L'impact de la dégradation sur les principales espèces animales patrimoniales dont notamment l'aloë, à palourde et 5 espèces d'oiseaux.

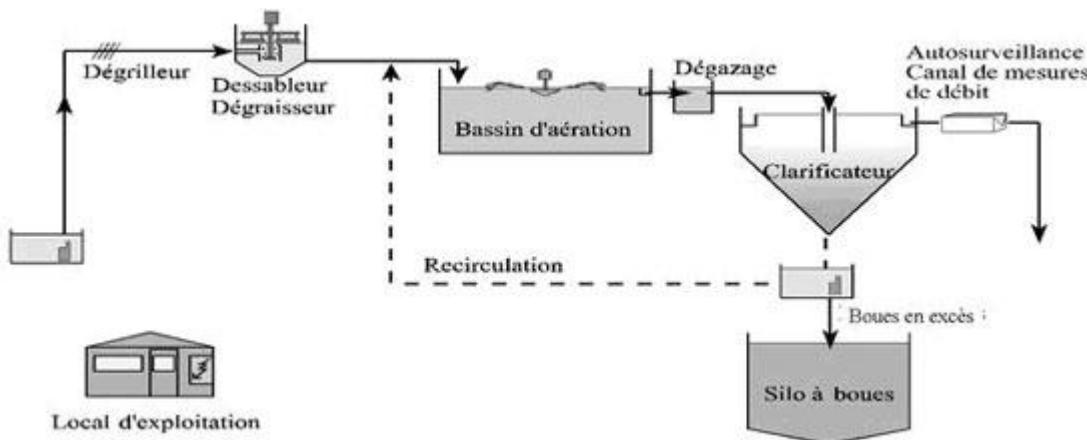
**4) Procédés du traitement des rejets.**

Il y a 3 principaux types de stations d'épurations :

**• Les boues activées**

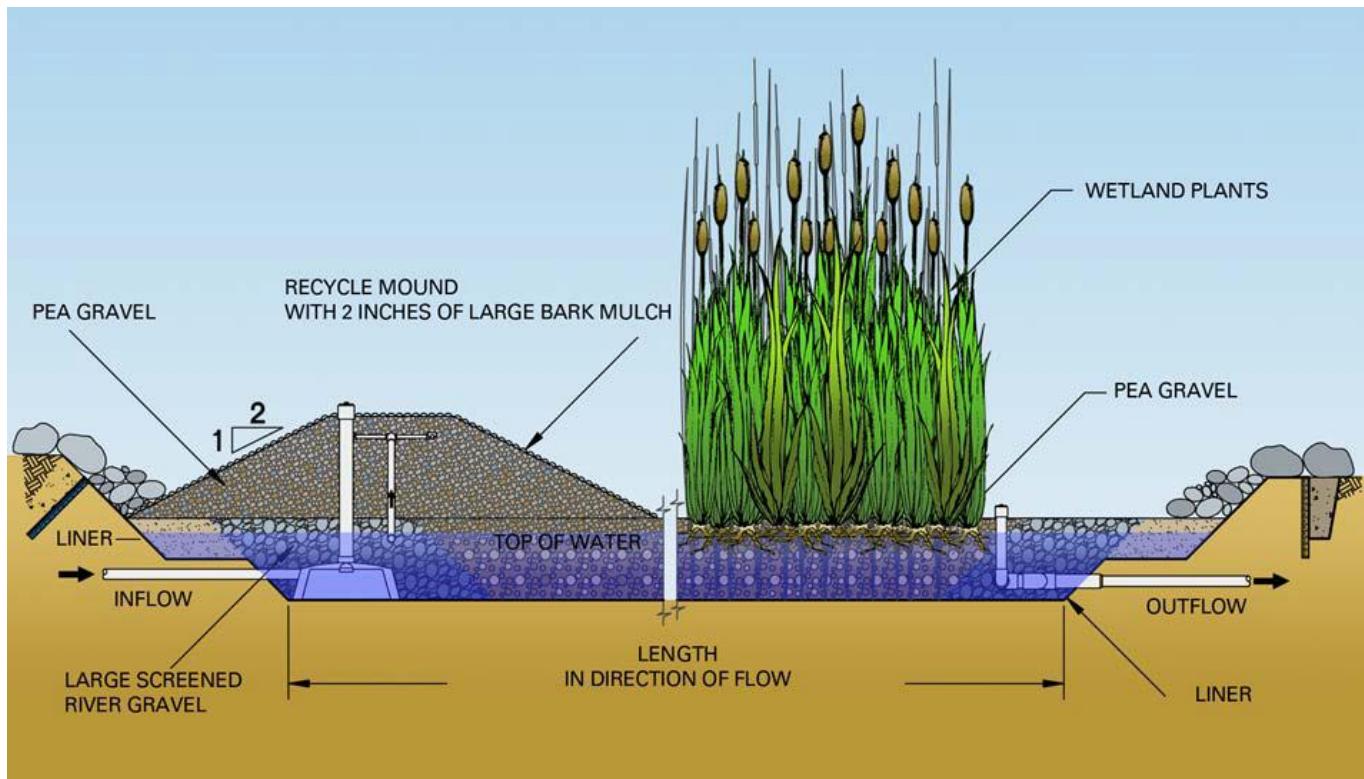
Les boues activées assurent le traitement biologique des eaux usées. Celle-ci consiste à favoriser le développement de bactéries épuratrices, les boues, dans un bassin brassé et aéré, alimenté en eau à épurer.

La technique des boues activées est appropriée pour des eaux usées domestiques d'agglomérations à partir d'environ 1000 habitants, jusqu'aux plus grandes villes.



**Figure 6 : Schéma de la station d'épuration "boues activées" d'après <http://eau.seine-et-marne.fr/export/print/les-stations-d-epuration>**

- **Les filtres plantés de roseaux**



**Figure 7 : Schéma des filtres plantés de roseaux d'après Université de Liège Département de Chimie Appliquée cours Les stations d'épurations : fonctionnement et valorisation des boues.**

Les filtres plantés de roseaux se sont développés dans les années 1990. Ils utilisent les capacités épuratrices d'un sol reconstitué à partir de matériaux comme les graviers, l'argile expansé et le sable. L'aération du massif filtrant, indispensable à un bon fonctionnement, est assurée grâce aux principes de l'alimentation par bâches et de l'alternance de phases d'alimentation et de repos.

L'originalité de ces filtres réside dans la présence de roseaux qui, grâce à leurs rhizomes, aèrent le massif.

filtrant et évitent aussi les colmatages.

Les filtres enterrés sont le système le plus utilisé dans les hameaux et petits villages jusqu'à 1000 habitants.

- **Le lagunage naturel**



**Figure 8 : lagunage naturel.**

Le lagunage naturel est un procédé d'épuration naturelle qui a pour principe d'utiliser la lumière, les algues et les bactéries comme agent épurateur des eaux polluées stockées dans des bassins artificiels pendant plus de 60 jours.

Les algues, grâce au phénomène de photosynthèse, apporte l'oxygène nécessaire à l'épuration par les bactéries. C'est la raison pour laquelle les bassins sont peu profonds (1,20 mètres). Le procédé permet d'éliminer les polluants, mais avec un rendement plus faible que les deux autres procédés (70 à 80 % au lieu de 90 %). Il favorise par contre le bon abattement de la pollution bactérienne. Ce procédé demande beaucoup de surface : une station de 1000 habitants par exemple demande plus d'1 hectare de lagune.

# **Chapitre III :**

## **Etude du cas : Station**

## **d'Epuration des eaux usées de**

## **Fès**

## 1) Qu'est-ce qu'une station d'épuration.

Une station d'épuration permet de traiter les eaux usées qu'elles soient d'origines industrielles ou domestiques qu'elles proviennent de activités quotidiennes de l'homme et les eaux pluviales avant le rejet dans le milieu naturel. Le but du traitement est de séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur.

Une station d'épuration est généralement installée à l'extrémité d'un réseau de collecte. Elle peut utiliser plusieurs principes, physiques et biologiques. Le plus souvent, le processus est biologique car il fait intervenir des bactéries capables de dégrader les matières organiques. La taille et le type des dispositifs dépendent du degré de pollution des eaux à traiter.

Une station d'épuration est constituée d'une succession de dispositifs, conçus pour extraire en différentes étapes les différents polluants contenus dans les eaux. La pollution retenue dans la station d'épuration est transformée sous forme de boues. La succession des dispositifs est calculée en fonction de la nature des eaux usées recueillies sur le réseau et des types de pollutions à traiter.

### **Que traite une station d'épuration ?**

Les eaux résiduaires : admises sur une station d'épuration comprennent généralement:

- Les eaux ménagères : provenant des cuisines et du lavage, contenant essentiellement des matières organiques (graissé, protéines,) et des produits chimiques (produits d'entretien, détergents,...)
- Les eaux-vannes : provenant des sanitaires et contenant des matières organiques biodégradables et des micro-organismes,
- Les eaux pluviales : lorsque le réseau d'assainissement est de type unitaire, qui véhiculent des matières végétales (feuilles, branches, ...) ou minérales (sables,...)
- Les eaux résiduaires industrielles : dont la nature est compatible avec le traitement assuré par la station d'épuration (c'est-à-dire notamment biodégradables et non toxiques).

## 2) Caractérisation de la Station d'épuration de Fès.



Figure 9 : STEP de Fès en perspective (Nord-est) d'après : <http://www.radeef.ma>

### a) Introduction

La région du bassin du Sebou est la plus peuplée du Maroc, le bassin versant du Sebou est aussi le plus pollué du pays. A ce jour, toutes les eaux usées brutes du bassin sont rejetées directement dans l'Oued Sebou sans aucun traitement.

Cette situation engendre des répercussions néfastes le long du bassin, sur plusieurs secteurs :

- ✚ **La santé (problème des maladies hydriques)**
- ✚ **L'irrigation (qualité de l'eau : hors classe sur plusieurs tronçons)**
- ✚ **La potabilisation de l'eau**
- ✚ **L'abreuvement des animaux**
- ✚ **Les conditions socio économiques des habitants**

Les pertes économiques annuelles liées à la pollution du Sebou, sont estimées à plus d'un milliard de centimes et la ville de Fès, à elle seule, participe avec ses rejets d'eaux usées domestiques et industrielles estimés à 38 millions de m<sup>3</sup>/an, à hauteur de 40% de cette pollution.

De ce fait, La Régie Autonome de distribution de l'Eau et de l'Electricité de Fès (RADEEF) a décidé de doter la ville de Fès d'une station d'épuration des eaux usées pour la dépollution du Sebou. Cette station est conçue pour 1,2 million Equivalent habitant, soit la pollution journalière correspondant à 1,2 million de personnes. Elle permettra de traiter un débit de l'ordre de 130.000 m<sup>3</sup>/j et une charge polluante de 72

tonnes/jour de DBO<sub>5</sub> à l'horizon 2015, avec un abattement considérable de la pollution générée par la ville de Fès (>85%).

Ce projet fait appel à un procédé d'épuration innovant « boues activées à moyenne charge », C'est-à-dire que l'on élève des bactéries (présentes naturellement dans les eaux usées) à grande échelle, dans des bassins aérés pour éliminer la pollution. L'oxygène insufflé dans les bassins d'aération permet à des micro-organismes de respirer, de se développer et de se reproduire en se nourrissant de la pollution organique, azotée et carbonée. Celle-ci y est donc transformée en matière vivante qui est ensuite séparée de l'eau dans des bassins appelés clarificateurs où l'eau « se repose ». A la sortie de la station, l'eau dépolluée peut rejoindre l'Oued Sebou, après avoir séjournée 8 à 12 heures dans la station d'épuration.

### b) Site d'épuration

Le site retenu par le comité de suivi et par la RADEEF pour l'exécution des travaux d'épuration de la première tranche et extension situé à l'extérieur de la ville de Fès à l'Est de la zone industrielle de Ain Nokbi .A l'aval de la station hydro-électrique de l'ONE ,il peut servir pour l'alimentation électrique de la future station d'épuration . C'est un projet intégré qui utilise l'eau usée brute pour produire de l'électricité à la station d'épuration qui elle a son tour restituera de l'eau épurée pour protéger l'oued sebou et les utilisateurs à l'aval

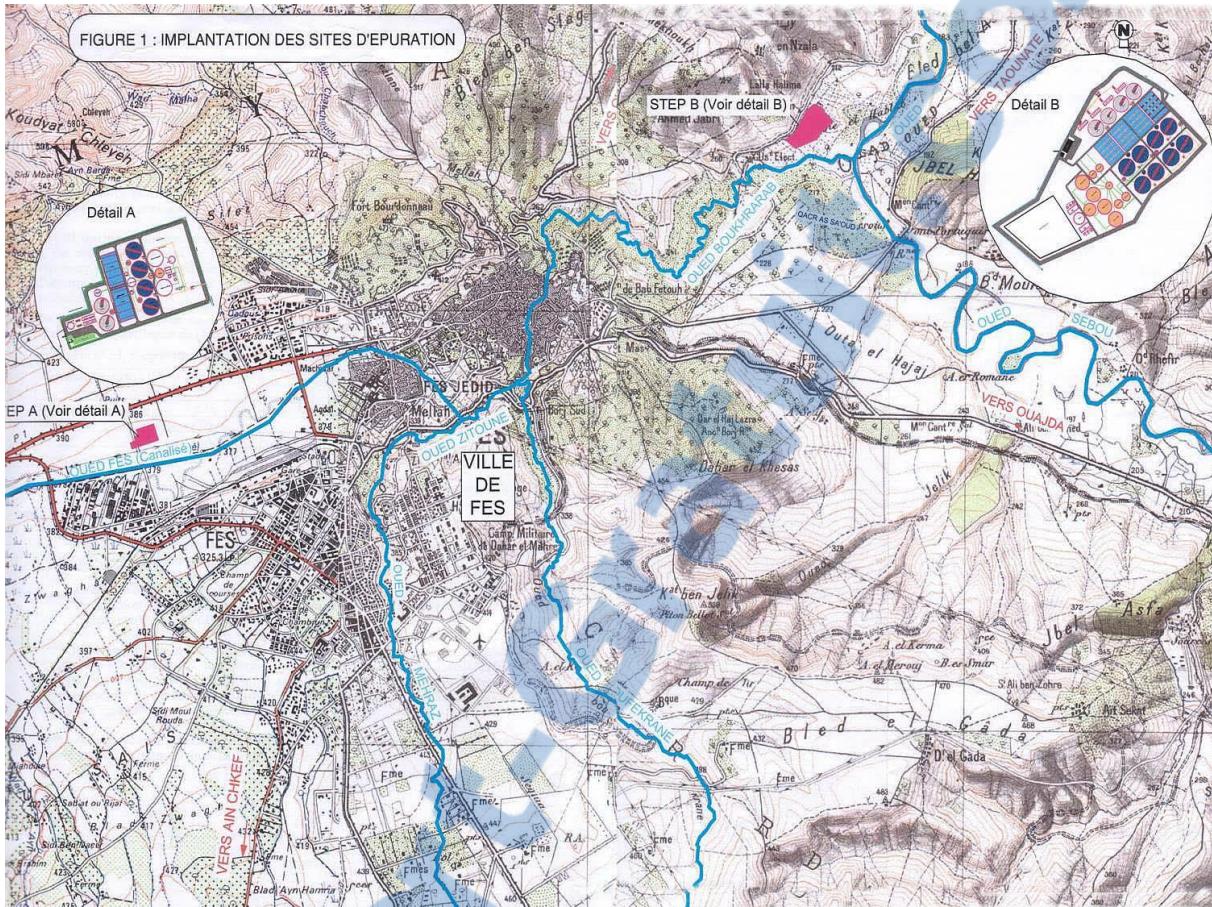
Outre cette possibilité d'intégration, le site est relativement plat avec une légère pente dirigée vers oued Fès et il présente une surface d'environ 40 ha.

Il se trouve à l'intérieur des terrains agricoles et donc loin des habitants. Le palais existant se trouve à environ 2 Km à vol d'oiseau du site. Une petite colline située entre le site et ce palais permet de cacher la vue de ce site à partir du palais, ce qui constitue également un point important.

La direction des vents dominants (Sud-Est) favorise encore le choix de ce site, à l'exception d'une petite contrainte liée à la nature foncière du terrain.

Ce pole drainera en 2015 environ 75% de la pollution générée par la ville de Fès qui englobera la partie ouest de la ville.

Notre étude sera focalisée uniquement sur le site de la première tranche (station en aval oued Fès) qui va traiter avant 2015 toute la pollution générée par la ville de Fès.

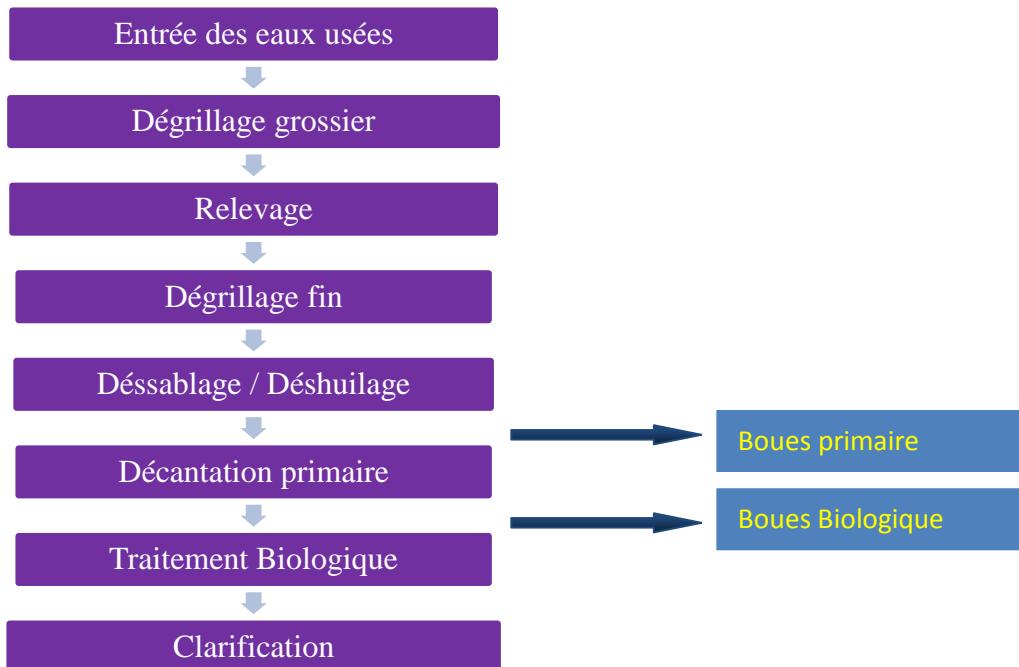


**Figure 10 : Implantation de site de la station d'épuration (B) d'après Programme de dépollution de l'Oued Sebou**  
**Mohamed MEZIANI, RADEEF Nicolas FORNAGE, AFD**

### 3) Processus d'épuration des eaux usées

Le processus d'épuration est composé de Trois filières :

#### a) Filière Eau



#### a.1) Les prétraitements

Ils comprennent classiquement les dégrilleurs, les dessableurs et les déshuileurs.

L'étape de prétraitement vise à éliminer les fractions les plus grossières contenues dans les effluents résiduaires.

##### i) Le dégrillage

Les déchets véhiculés par l'effluent sont éliminés dès leur arrivée dans la station grâce au dégrillage mécanique.

Le dégrillage est la première étape d'une filière de traitement, qui consiste à retenir tous les gros déchets tels que les morceaux de bois, les bouteilles en plastiques, les canettes... Pour ce faire, on met en place un système de grilles, dont l'espacement est d'environ 60 mm. Dès que les grilles sont encombrées par les déchets, un racleur monte le long des grilles et fait tomber ces déchets dans une benne qui une fois pleine va bien évidemment à la décharge.

Il existe deux types de dégrillage :

**Le dégrillage grossier :**



**Figure 11 : Photo d'un dégrillage grossier de la STEP de Fès**

Il assure la séparation des éléments grossiers en fonction de la maille ou de l'espacement entre les barreaux, afin de prévenir les risques de colmatage des équipements. Selon la taille de la collectivité, l'évacuation des refus peut être entièrement automatisée (ce qui est préférable) ou uniquement manuelle.

**Le dégrillage fin :**



**Figure 12 : Photo d'un dégrillage fin de la STEP de Fès**

Constitué de grilles encore moins espacées, va éliminer les déchets d'un volume supérieur à 1cm.

L'efficacité d'un dégrillage ou tamisage est essentiellement dépendant de l'espace interbarreaux, on distingue :

**Dégrillage grossier : l'espace interbarreaux est de 6 cm.**

**Dégrillage fin : l'espace interbarreaux est de 1 cm.**

**ii) Relevage :**



**Figure 13 : Photo de la station de relevage de la STEP de Fès**

La pompe de relevage est une machine qui sert à relever les eaux d'une certaine hauteur dans le cas où celles-ci se situent à un niveau inférieur par rapport au réseau d'égout. Elle est surtout employée dans le cadre de l'assainissement d'un territoire. En principe, la pompe de relevage peut relever plusieurs types de liquides mais, selon le cas, il se peut que la machine soit destinée à relever un liquide de nature particulière. La pompe de relevage d'eau peut entre autres être utilisée dans le cadre d'un relevage d'eaux claires, d'eaux noires, d'eaux de toilettes, d'eaux chargées, d'eaux fluviales, d'effluents industriels ou encore d'huiles. Les pompes de relevage se distinguent par rapport à ces types de liquides qu'elles peuvent refouler. On peut trouver par exemple des pompes de relevage spécialement dédiées à relever les eaux claires et les eaux pluviales, des pompes de relevage destinées à faire monter les eaux de la douche ou encore des pompes de relevage qui sont particulièrement conçues pour refouler les eaux usées des toilettes. On peut aussi distinguer des pompes de relevage destinées à relever les eaux usées chargées de boues ou encore des pompes de relevage destinées aux liquides industrielles.

### iii) Dessablage/déshuileage



**Figure 14 : Photo d'un dessableur/déshuileur de la STEP de Fès**

Le dessablage et le déshuilage-dégraissage consistent ensuite à faire passer l'eau dans des bassins où la réduction de vitesse d'écoulement fait se déposer les sables et flotter les graisses. L'injection des microbulles d'air permet d'accélérer la flottation des graisses. Les sables sont récupérés par pompage alors que les graisses sont raclées en surface.

On enlève ainsi de l'eau les éléments grossiers et les sables de dimension supérieure à 200 microns ainsi que 80 à 90 % des graisses et matières flottantes (soit 30 à 40 % des graisses totales).

- **Le dessablage**

L'opération de dessablage a pour fonction d'enlever les matières abrasives, sables et autres particules lourdes, qui pourraient endommager les équipements mécaniques de traitement des boues et embourber les canaux et les bassins. La séparation est obtenue par décantation dans une eau relativement calme. Il faut noter que les particules solides ont des vitesses de sédimentation d'autant plus lente que les particules sont plus fines. Les bassins sont donc longs et pas trop profonds. Le fond du bassin est raclé pour en extraire le 'sable'.

- **Le Déshuileage**

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide. Dans cette partie, seul le déshuilage par gravitation naturelle est abordé.

**Le dessablage et le déshuileage sont combinés et s'effectuent dans les mêmes bassins**

## a.2) La décantation primaire



**Figure 15 : Photo des décanteurs primaires de la STEP de Fès**

Elle consiste à éliminer environ 80% des matières en suspension (les matières solides).

Ces matières en suspension se déposent au fond du bassin et sont ensuite récupérées par raclage du fond du bassin et envoyées dans des épaisseurs. Pour augmenter la surface de décantation, on peut faire appel à un système dit de "décantation lamellaire" : des centaines d'alvéoles inclinées à 55°. Les matières issues de la décantation primaire constituent les boues primaires.

A ce stade, on a enlevé plus de 40% de la pollution dans l'effluent de départ.

### a.3) Traitement biologique (Bassin d'aération)



**Figure 16 : Photos du bassin d'aération de la STEP de Fès**

Les bassins d'aération sont les réacteurs biologiques dans lesquels s'effectue la transformation de la matière organique par les microorganismes aérobies. La pollution dissoute est transformée en gaz et biomasse.

Le traitement biologique des eaux usées dépend de l'activité biologique qui a pour fonction de réduire la quantité de matières organiques. Le procédé le plus commun est celui des boues activées. L'ajout de micro-organismes permet d'éliminer les polluants. Pour rendre ce procédé plus rapide, il faut créer des conditions de vie favorable pour les bactéries. Cela a pour but de réduire la demande biochimique en oxygène "DBO" et la demande chimique en oxygène "DCO".

#### **Principe : boue activée**

Dans une station d'épuration biologique, la pollution organique est dégradée par des micro-organismes. Pour ce faire, ils utilisent de l'oxygène apporté par des aérateurs. Pendant le processus d'épuration, les micro-organismes se développent sous forme de flocs bactériens. Ces flocs bactériens sont ensuite séparés de l'eau épurée par décantation ou par filtration membranaire.



#### a.4) Dégazage (La zone de dégazage)



**Figure 17 : Photo de la zone de dégazage de la STEP de Fès**

Le dégazage est une technique simple qui permet de libérer les gaz dissous dans l'eau. Ceux-ci sont responsables de corrosion (Oxygène et le gaz carbonique).

Placée à l'aval du bassin d'aération, le dégazeur facilite l'élimination des bulles d'air présente dans la liqueur en transit vers le clarificateur.

#### a.5) **La clarification (clarificateurs)**



**Figure 18 : Photo d'un clarificateur de la STEP de Fès**

Le clarificateur a une fonction de séparation de phase (boues / eau traitée) et une fonction d'épaississement afin de ramener la boue activée la plus concentrée dans le bassin d'aération.

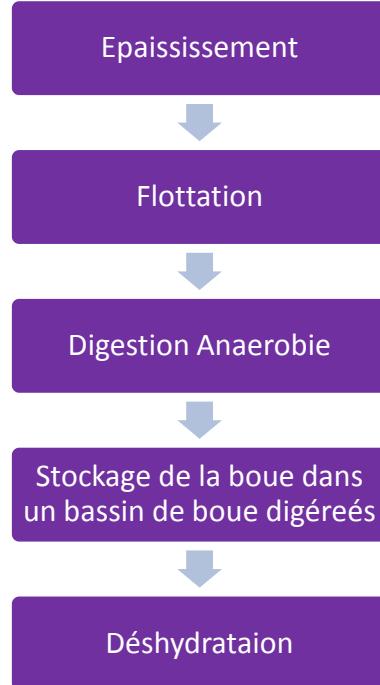
C'est la dernière étape de l'épuration de l'eau. Elle consiste à laisser reposer l'eau pendant 6 heures pour que les dernières impuretés tombent au fond de l'eau. Après cette étape, l'eau est enfin rejetée dans la nature. Mais, elle n'est pas encore tout à fait claire et elle n'est pas bonne à la consommation. Pour autant, elle est suffisamment propre pour être rejetée dans la nature sans danger pour les écosystèmes.

#### b) Filière boue

La production des boues de la filière Eau se situe au niveau de la décantation primaire et au niveau du traitement biologique. Les matières en suspension décantées dans le décanteur primaire constituent les boues primaires. Les micro-organismes développés au sein du bassin biologique constituent des boues biologiques. La quantité des boues est liée à la quantité de pollution éliminée.

La filière de traitement des boues retenue et décrite ci-dessous s'adapte à la qualité et à la quantité des boues produites.

- Les boues primaires, obtenues au niveau des décanteurs primaires, par séparation physique des matières en suspension décantables organiques et minérales. Elles présentent un taux de matière organique de 50 à 70%. Ces boues dites "fraîches" sont extrêmement fermentescibles.
- Les boues biologiques, issues du métabolisme de la pollution organique biodégradable au cours d'une épuration biologique à cultures libres (boues activées) ou fixées (lits bactériens, biofiltres). Le taux de matière organique est de l'ordre de 5 à 70%. Elles sont fermentescibles.



### b.1) Epaississement



**Figure 19: photo d'un épaisseur de la STEP de Fès**

L'épaississement, première étape du traitement de boues, permet réduire leur teneur en eau pour le bon fonctionnement des installations à l'aval. Le temps de séjour de la boue court afin de limiter les fermentations de 24 h, max : 48 h)

Il peut être statique (gravitaire) ou dynamique (table d'égouttage, flottation, centrifugation).

Plusieurs types d'épaississement sont à distinguer :

### **Epaississement statique gravitaire :**

Il est plutôt adapté aux boues minérales hydrophobes, hydrophiles minérales ou hydrophiles peu fermentescibles.

Il permet de concentrer, sous la seule action de la force de pesanteur, des boues en sortie des décanteurs primaires ou des clarificateurs et de les amener à une concentration de quelques dizaines de g/L en vue d'une digestion, d'une déshydratation ultérieure ou d'un stockage à des fins d'épandage. L'épaississeur statique est un ouvrage circulaire, en général en béton avec une pente du radier comprise entre 10 et 20 % (jusqu'à 25 % pour les boues de papeteries) et une hauteur cylindrique de 4 à 7 m.

### **L'épaississement dynamique (flottation, égouttage, centrifugation)**

#### **a. La flottation**

Cette technique est utilisée pour des boues biologiques d'aération prolongée ou de biofiltration (concentration de l'ordre de 2 à 8 g/l maxi), en général pour des installations de moyenne et grosse importance (>40 000 Eq/Hab). Elle présente plusieurs avantages (faible emprise au sol : 4 fois moins de place qu'un épaississement statique, meilleur rendement d'épaississement ~ 60 à 200 mg/l dans le surnageant, contrôle des odeurs car le milieu est aéré).

#### **b. L'égouttage**

Cette technique est en général utilisée pour des petites STEP et avec des boues biologiques d'aération prolongée (5 à 10 g/l). Elle permet une réduction du volume de boues de l'ordre de 6 à 7 (siccité de l'ordre de 5 - 8 %). Souvent, la grille d'égouttage est associée à une déshydratation sur filtre bande.

#### **c. La centrifugation**

Cette technique, comparable à la flottation, est en général utilisée pour des boues biologiques ou de traitements tertiaires physico-chimiques. Elle est en général utilisée pour des STEP moyennes (20 à 100 000 Eq.Hab) ou dans des STEP compactes. Ce procédé est onéreux en investissement et en exploitation mais assure une excellente maîtrise des nuisances olfactives. Elle est compacte, sans odeur, avec un degré d'épaississement important mais impose une consommation de polymères onéreuse.

En association avec des polymères liquides performants et pour des boues comprises entre 6 et 9 g/l, les performances des centrifugeuses permettent de produire des boues à des concentrations de l'ordre de 6 à 7 % et des centrats à 0.5 g/l.

#### **d. Comparatif**

En conclusion, le tableau ci-dessous compare les avantages et inconvénients de chacune des techniques présentées ci-dessus :

Procédé	Avantages	Inconvénients
Epaississeur statique	Simplicité & facilité d'exploitation Faible consommation énergétique Investissement réduit	Importante emprise au sol Performance médiocre pour boues biologiques Nuisances olfactives possibles
Flottateur	Simplicité & facilité d'exploitation Surface réduite & nuisances contrôlées	Faible adaptabilité Consommation élect. élevée
Table d'égouttage	Simplicité & facilité d'exploitation Compacité & nuisances contrôlables	Main d'œuvre, eaux de lavage Polymère indispensable
Centrifugeuse	Compacité & souplesse d'utilisation Nuisances contrôlées	Nuisances contrôlées Texture de boues médiocre Maintenance & entretien spécialisés, coût élevé Consommation élect. élevée

La technique utilisée dans la STEP de Fès est l'épaississement statique gravitaire.

## b.2) Flottation (Flottateurs)



**Figure 20 : Photo du flottateur de la STEP de Fès**

On injecte de très fines bulles d'air dans le fond de l'édifice qui vont entraîner une remonté des boues en surface que l'on racle avec une vis qui les évacue au centre par un système d'écrémage. Les boues concentrées sont acheminées dans le bassin des boues non digérés.

### b.3) Bassin des boues non digérés



Figure 21 : Photo du bassin des boues non digérés de la STEP de Fès

Le bassin des boues non digérés sert à stocker les boues qui sont subis un épaisseissement (épaisseurs) et une flottation (flottateurs) avant être pompées vers la digestion anaérobie ce bassin reçoit également les graisses et les huiles venant des prétraitements.

### b.4) La Digestion



Figure 22 : Photo d'un digesteur de la STEP de Fès

## **Définition**

La digestion anaérobiose des boues est un procédé plus que centenaire qui permet de réduire la masse (matières sèches) des boues à éliminer de l'ordre de 35 à 40 %. Il permet également de stabiliser la matière organique et donc de diminuer les nuisances olfactives tout en produisant une énergie valorisable, le biogaz.

## **Principe**

La digestion anaérobique des boues consiste en une dégradation biologique complète dans un environnement dépourvu d'oxygène libre. Le principe de son fonctionnement est assez simple.

Les boues fraîches fermentent en séjournant au sein d'un digesteur. Malaxées avec le gaz de digestion et chauffées, les boues abandonnent une partie de leur humidité. Sous l'effet des fermentations anaérobies qui se développent au sein de la masse de boues, certaines matières organiques sont dissociées en matières minérales et en gaz. La qualité de la digestion dépend essentiellement de trois facteurs : la température, le temps de séjour et le degré de stabilisation de la matière organique admise en digestion. La température doit être stable, les valeurs optimales étant voisines de 35°C (digestion mésophile) ou de 50 à 60°C (digestion thermophile).



**Figure 23 : Photo du bassin des boues digérée de la STEP de Fès**

### b.5) La déshydratation



Figure 24 : photo des filtres à bande de la STEP de Fès



Figure 25 : photo d'une pompe d'injection du polymère et de pompage de boue de la STEP de Fès



**Figure 26: Unités de préparation automatique de polymère et pompe gazeuse de la STEP de Fès**

La déshydratation constitue la deuxième étape de réduction du volume des boues. Elle s'opère sur des boues épaissies, stabilisées ou non, en vue d'une élimination plus ou moins poussée de leur humidité résiduelle, de manière à les rendre soit pelletable (siccité de 16 à 30%), soit solides (siccité supérieure à 30%). La déshydratation intervient après l'épaississement.

On distingue plusieurs techniques de déshydratation :

#### a. Centrifugation

Il convient de souligner que la centrifugation est le procédé le plus compact. Cette technique est recommandée pour des installations avec des débits de boues épaissies supérieurs à  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ . Depuis quelques années, des fabricants proposent des modèles combinés (épaississement/déshydratation) dits "haute performance".

Pour ces équipements, la boue à déshydrater est admise avec des concentrations de l'ordre de 7 à 12 g/l et permet des siccités de l'ordre de 18 à 27 %. Le centrat est de l'ordre de 1 g/l, le taux de polymère varie entre 7 et 12 g/kg MS et la consommation électrique est de 200 kWh/T MS.

#### b. Filtration

La filtration peut être réalisée par différents procédés (filtre à bandes & filtre à plateaux). Il convient en outre, pour mémoire, de mentionner le filtre sous vide, le filtre à disque et la presse à vis, procédés aujourd'hui peu utilisés.

## **1. Filtre à bandes :**

Filtres à bandes sont classés en basse, moyenne et haute pression selon la pression appliquée, variant de 1,5 à 5 bars. La boue préalablement conditionnée, après passage dans une zone d'égouttage pour évacuer la plupart des eaux interstitielles, est prise en sandwich entre deux toiles filtrantes qui circulent à une vitesse comprise entre 1 et 10 m/min entre plusieurs rouleaux dont la disposition et la taille décroissante font croître progressivement la pression des pressages qui assure la siccité finale du gâteau.

Les toiles sont nettoyées en continu à l'eau claire sous une pression de 7 à 8 bars.

La filtration à bandes s'opère comme suivant :

- 1- flocculation de la boue (flocculation avec le polymère, stockage, répartiteur)**
- 2- égouttage gravitaire (maille de 600 µm)**
- 3- pré-pressage (2<sup>nde</sup> bande filtrante à maille de 450 µm)**
- 4- pressage (déshydratation progressive & cisaillement)**
- 5- raclage et déversement**
- 6- guidage automatique**
- 7- nettoyage en continu des toiles**

## **2. Filtres presses :**

Cette technique est la plus efficace des techniques de filtration et elle permet d'obtenir des gâteaux avec une siccité de l'ordre de 30 à 45 %. On distingue 2 types de processus :

- le filtre à plateaux conventionnel
- le filtre à plateaux-membranes (avec une membrane gonflée sous pression avec de l'eau ou à l'air, un gain de siccité de l'ordre de 5% peut être obtenu par rapport au filtre à plateaux conventionnel mais avec un surcoût d'exploitation de l'ordre de 30 %)

Le procédé fonctionne sur le principe cyclique suivant :

- fermeture du filtre
- ouverture de la vanne d'alimentation
- mise en route pompes HP
- arrêt de la filtration (manuelle ou automatique sur minuterie ou sur débit final de filtrat : 10 à 12 l/m<sup>2</sup>/h)
- ouverture de purge du boudin central
- fermeture vanne de purge
- ouverture du filtre
- débâtissage (manuel ou automatique)

### **3. Lit de séchage**

Il s'agit d'une technique très ancienne développée dès le 19ème siècle. L'épandage des boues sur une couche drainante permet, dans une première étape, le ressuyage de l'eau interstitielle. Dans une seconde étape, l'évaporation permet d'atteindre des siccités élevées, mais la performance dépend bien entendu des conditions climatiques et météorologiques

#### **c- Comparatif**

Technique	Avantages	Inconvénients
<b>Centrifugeuses</b>	Fonctionnement continu, Automatisation facile, Equipement compact, Contrôle des nuisances par capotage intégral	Maintenance & entretien spécialisés, texture médiocre des boues, Nuisances sonores (nécessité isolation phonique), Consommation élect. élevée
<b>Filtres à bandes</b>	Fonctionnement continu, Equipement capotable, Simplicité & facilité d'exploitation, coût d'investissement modéré	Siccité réduite, Consommation élevée d'eaux de lavage, Surveillance nécessaire
<b>Filtres presses</b>	Siccité élevée, Bonne texture des boues, Automatisation facile	Fonctionnement discontinu, Equipement lourd, Consommation de réactifs, Surveillance nécessaire, coût d'investissement élevé
<b>Lits de séchage</b>	Siccité élevée, Facilités d'exploitation, Absence de conditionnement, Coût d'investissement faible	Sensibilité aux variations climatiques, Coût d'exploitation élevé Surface nécessaire importante

**La technique utilisée à la STEP de Fès est les filtres à bande**

#### **b.6) Chaulage :**

Un chaulage des boues sera réalisé pour éviter que les boues déjà stabilisées par la digestion ne fermentent pas pendant leur stockage.

Le but pour lequel les boues à la STEP de Fès sont conditionnées à la chaux : pour les stabilisé et porter leurs concentration à 30% pour être accepter à la décharge de Fès.



**Figure 27 : Photo des silos de la chaux de la STEP de Fès**

### b.7) Stockage :



**Figure 28 : Photo d'un Hall de stockage de la STEP de Fès**

Le stockage des boues déshydratées assure un lien souple entre la fin du traitement des boues et l'acheminement de celles-ci vers la décharge publique (sachant que des réunions et séances de travail ont été effectuées avec des Associations des Utilisateurs d'Eau (AUE) au niveau de moyen Sebou en vu d'une utilisation de cette boue au niveau de leurs terres cultivantes). Ce stockage est assuré sur une aire équipée d'un réseau de reprise des lixiviats et la capacité de stockage sur site est fixée à 3 mois.

### c) Filière biogaz

Le biogaz est une énergie très utilisée dans les pays en voie de développement.

La méthode consiste à transformer la matière organique, en méthane par fermentation en anaérobiose. Le gaz produit est stocké dans un gazomètre et utilisé selon la demande. Ce gaz est utilisé directement pour la cuisson ou transformé en énergie mécanique ou en électricité par le biais d'un moteur thermique conventionnel.

Le biogaz est un mélange composé essentiellement de méthane (typiquement 50 à 70 %) et de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), avec des quantités variables de vapeur d'eau, et de sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ). On peut trouver d'autres composés provenant de contaminations, en particulier dans les biogaz de décharges.

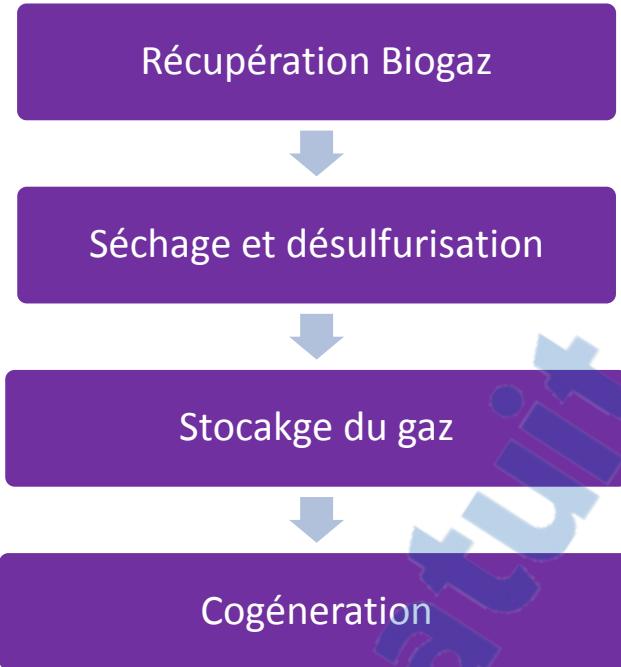
Le procédé biologique se déroule dans des réacteurs (digesteurs), dans des bassins ou lagunes en l'absence d'air : le processus est la digestion anaérobiose.

Les matières organiques fermentent grâce à des ensembles de bactéries en trois étapes : hydrolyse, acidogenèse et méthanogenèse.

La digestion anaérobiose se déroule à différentes températures (de env. 10 à 55°C) avec toutefois deux optimums :

- **la fermentation mésophile à 35°C,**
- **la fermentation thermophile à 55°C.**

On parle de fermentation psychrophile pour les températures inférieures à env. 20°C.



### c.1) Récupération de biogaz



**Figure 29 : Photo des conduites de récupération de biogaz de la STEP de Fès**

Le circuit des boues débute au niveau des décanteurs primaires et secondaires où les boues fraîches sont soutirées pour être dirigées vers des digesteurs. La partie inférieure du fond conique des digesteurs est utilisée comme puits d'épaisseur. La température intérieure est maintenue entre 30 et 53 °C de façon à permettre une double fermentation (phases de la méthanisation). On obtient ainsi en 30 jours 95 litres / kg de matière détruite. Le gaz est recueilli dans un gazomètre après passage sur des blocs épurateurs-désacidificateurs (Séchage/Désulfurisation).

Il est utilisé en partie pour les besoins des chaudières pour le chauffage de digesteurs et pour le chauffage des locaux de la station d'épuration.

### c.2) Séchage :

Le biogaz à la sortie du digesteur est saturé en eau, donc, déshumidifier le biogaz est nécessaire pour protéger et prolonger la durée de vie des installations.

Le séchage de biogaz est assuré par un sécheur ou une station de séchage par refroidissement du biogaz et évacuation des condensats. Cette station fonctionne sur des principes simples : refroidissement du biogaz, séparation des gouttes et réchauffement du biogaz pour l'éloigner de son point de rosée.

### c.3) Désulfurisation



Figure 30 : Photo d'un désulfure de biogaz de la STEP de Fès

La fermentation génère un biogaz qui contient beaucoup de soufre et d'eau. Au dessus du liquide, c'est de l'acide sulfhydrique ( $H_2S$ ) qui est essentiellement produit dans le digesteur. C'est un acide très toxique qui est à l'origine de nuisances olfactives, même en petite quantité. Lorsque l'on brûle de l'acide sulfhydrique  $H_2S$  dans un moteur, cela produit du dioxyde de soufre  $SO_2$ , lequel en présence d'eau, forme de l'acide sulfureux  $H_2SO_3$  et de l'acide sulfurique  $H_2SO_4$ . Ceci provoque la corrosion dans les tuyauteries, sur les armatures et bien sûr dans les moteurs. Ainsi, il est absolument nécessaire de purifier le biogaz.

Les procédés actuellement les plus utilisés sont les procédés de désulfuration biologique ainsi que l'absorption avec des oxydes de fer

- **Désulfurisation biologique**

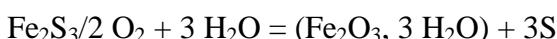
Pour procéder à la désulfurisation biologique il faut ajouter 3 à 8% d'air (par rapport à la production quotidienne de biogaz) pour que le soufre se dépose. Les thiobactéries oxydent l'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ) grâce à l'oxygène de l'air en soufre élémentaire. L'activité de ces bactéries dépend seulement de la concentration en oxygène. Le soufre élémentaire se retrouve ensuite dans le liquide (le digestat), et non plus le gaz. Ce procédé est peu coûteux et peut avoir une efficacité de 95%.

### • Absorption par les oxydes de fer

Pour désulfurer le biogaz, il est possible d'utiliser des boues provenant d'installations d'assainissement où elles sont des déchets et contiennent beaucoup de fer. Il faut alors injecter ces boues au procédé ce qui provoque la création de la liaison de l' $H_2S$  à l'atome de fer suivant la réaction suivante :



Cependant ce procédé présente un inconvénient. Un phénomène de régénération peut se produire, ce qui présente un danger d'auto-chauffage :



Bien que ce procédé soit onéreux; il est particulièrement intéressant pour la purification de gaz dont les concentrations en  $H_2S$  sont élevées. Après que le gaz soit purifié, il est impératif de le sécher. Pour rendre l'eau liquide, il est possible de simplement refroidir le gaz.

**Le procédé utilisé à la STEP de Fès est la Désulfurisation biologique.**

### c.4) Le stockage du gaz



**Figure 31 : Photo des gazomètres de la STEP de Fès**

Le stockage du gaz s'effectue :

- soit dans un gazomètre à cloche, composé d'une structure en béton et d'une cloche à virole qui monte ou descend en fonction de la quantité de gaz ;
- soit dans un gazomètre à membrane souple.

Une torchère est capable du brûler tout le biogaz en cas d'excès ou de défaut, la torchère possède son propre système de gestion et de régulation.



**Figure 32 : Photo d'une torchère de la STEP de Fès**

### c.5) Cogénération



**Figure 33 : Photo d'unité de cogénération de la STEP de Fès**

La cogénération est la production de chaleur et d'électricité à partir du biogaz.

Le module de cogénération est constitué d'un moteur qui entraîne un alternateur – générateur de courant électrique.

Un groupe de cogénération possède un rendement électrique de 35%.

La récupération de la chaleur permet d'atteindre un rendement global de 85% si toute la chaleur produite est utilisée.

Deux types de moteur de cogénération biogaz peuvent être utilisés :

Moteur à gaz : ne fonctionne qu'au biogaz, coût d'investissement et d'entretien élevé

Moteur dual fuel : - l'injection d'une petite quantité de fioul (10% de l'énergie consommée), est utilisée pour enflammer le mélange air/biogaz. Ce type de moteur est coûteux à l'investissement mais engendre des frais d'achat et de stockage de fioul, le rendement électrique est meilleur que pour un moteur à gaz surtout pour les petites puissances

### **Principe :**

La cogénération consiste à produire en même temps et dans la même installation de l'énergie thermique (chaleur) et de l'énergie mécanique.

L'énergie thermique est utilisée pour le chauffage et la production d'eau chaude à l'aide d'un échangeur.

L'énergie mécanique est transformée en énergie électrique grâce à l'alternateur. Elle est ensuite consommée par l'installation.

L'énergie utilisée pour faire fonctionner des installations de cogénération peut être le gaz naturel, le fioul ou toute forme locale (biomasse, géothermie) ou liée à la valorisation des déchets (incinération des ordures ménagères...). Cette source d'énergie fait fonctionner une turbine ou un moteur.

## Conclusion

Ce projet nous a permis de découvrir le fonctionnement de la station d'épuration de Fès ainsi que les ouvrages qui les composent afin de mieux maîtriser le procédé choisi pour cette nouvelle station (procédé à boues activées + digestion des boues et cogénération de l'énergie électrique à partir du biogaz).

L'objectif de ce projet était de réaliser un rapport dans lequel on explique Le processus d'épuration qui est composé de Trois filières : Filière Eau, Filière Boue, Filière Biogaz.

Durant ce stage on a d'une part effectué le programme d'entretien et de maintenance des équipements on se basant sur des documents techniques de chaque équipement fournies par les sociétés qui ont fabriqué ce équipement et en réalisant des visites de supervision de chaque équipements sur le chantier afin de savoir sa localisation exacte au niveau des ouvrage qui composent la STEP et faire une comparaison entre les données fournies par des documents techniques de chaque équipements et celles qui sont illustrés sur l'équipements installés dans l'ouvrage .

Les résultats obtenus de la comparaison des différents programme d'entretien et de maintenance des équipements de la station d'épuration de Fès ont aboutit que la réalisation du programme d'entretien et de maintenance de chaque équipements assure un bon fonctionnement de ce dernier et assure une longue durée de vie ce qui implique un bon fonctionnement de la station d'épuration.

## Bibliographie

- **ABHS, Septembre 2011** « Etude d'Actualisation du Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau du Bassin Hydraulique de Sebou ».
- **BELKHIRI Juin 2007 Directeur de l'ABHS** « Gestion Intégré des Ressources en Eau Protection de la ressource » - **Bassin de Sebou Revue HTE N° 137**.
- « Traitement de surface : Epuration des eaux » : **Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse**.
- **FNDAE** « Station d'Epuration. Disposition constructive pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation » **Ministère d'agriculture et du développement rural, Bureau des infrastructures rurales : 19, avenue du maire 75732 Paris cedex 15**.
- **WWF : World Wildlife Fund** « Comment traiter les eaux usées ».
- **Meziani Mohamed, Mars 2006** « Programme de dépollution de l'Oued Sebou » **RADEEF**.
- **Emmanuel Adler, Aconsult, Avril 2005** « Eléments sur l'épuration des eaux des Monts d'or » **69290 St Genis les Ollières**.
- **Khadija Boukili** « le risque potentiel de dysfonctionnement de la future station d'épuration de la ville de Fès » **Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master spécialisé en Gestion des Risques Naturels (GRN)**.
- **Eléments sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement, Emmanuel ADLER**
- **Carte des phénomènes d'inondation des bassins de Fès et Beni Mellal Rapport rédigé dans le cadre du projet « Gestion du risque d'inondation dans deux bassins versants marocains : Fès et Beni Mellal », financé par la Direction du Développement et de la Coopération suisse**
- **Les documents fournis par la RADEEF**.

### Sites web :

[www.radeef.ma](http://www.radeef.ma)

[www.fndae.fr](http://www.fndae.fr)

[www.ecothane.com](http://www.ecothane.com)

[fr.wikipedia.org](http://fr.wikipedia.org)

[www.emse.fr](http://www.emse.fr)



[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

[www.méthanisation.info.fr](http://www.methanisation.info.fr)

<http://www.leconomiste.com/article/895404-f-s-la-m-ga-station-d-puration-livr-e-en-ao-t>

<http://www.lematin.ma/journal/-/173960.html>

[http://www.cdmmorocco.ma/download/activit/Act81\\_Presentation-3-Projet-MDP-STEP-de-Fes.pdf](http://www.cdmmorocco.ma/download/activit/Act81_Presentation-3-Projet-MDP-STEP-de-Fes.pdf)

