



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Traitement des eaux usées de la ville de Fès

Présenté par :

BOUCHKARA Zakariae

Encadré par :

Mr. GAGA Younes (RADEEF)

Pr. ZAITAN Hicham (FST Fès)

Soutenu le 5 juillet 2022 devant le jury composé de :

ZAITAN Hicham

IHSSANE Bouchaib

SAFFAJ Taoufiq

Stage effectué à La RADEEF

Année Universitaire 2021/2022

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES – SAISS

□ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

□ Ligne Directe : 212 (0)5 35 61 16 86 – Standard : 212 (0)5 35 60 82 14 Site web :

<http://www.fst-usmba.ac.ma>

Remerciement

Ce travail n'aurait pas pu être achevé sans l'intervention de plusieurs personnes que j'aimerais remercier.

En premier lieu, je tiens à remercier l'ensemble du personnel du La Régie Autonome intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité.

Ensuite, j'adresse mes sincères remerciements à mon Encadrant de recherche, Monsieur **Youness GAGA** et Mme **Amal HOUFI**, de m'avoir offert l'opportunité de faire ce stage au sein de son équipe.

Je tiens aussi à remercier chaleureusement les techniciens du Laboratoire de LA RADEEF et surtout ma responsable de laboratoire Mme Houda AQABSI pour leur disponibilité et leur convivialité.

Je voudrais, aussi, exprimer ma reconnaissance à Mon encadrant le Professeur **Hicham ZAITAN** qui s'est montré toujours disponible pour m'aider dans la rédaction de mon mémoire et l'alimentation de ma réflexion. Je tiens encore à remercier les membres de jury le Professeur **Bouchaib IHSSANE** et le Professeur **Taoufiq SAFFAJ** d'avoir accepté de juger ce travail.

Mes remerciements aussi à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Sommaire

Introduction	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA REGIE AUTONOME INTERCOMMUNALE DE DISTRIBUTION D'EAU ET D'ÉLECTRICITE DE FES	2
1) Présentation de la RADEEF :	3
2) Station d'épuration des eaux usées de Fès :	3
3) Pollution des ressources en eaux de bassin de Sebou :	4
CHAPITRE II :ÉTAPES DE TRAITEMENT DES EAUX USEES	6
1) Principe général du fonctionnement de la STEP :	7
2) Différentes étapes de traitement :	8
2.1) Prétraitement :	8
2.2) Epaissement des boues primaires :	9
2.3) Traitement biologique :	10
2.4) Décantation dans 8 clarificateurs :	11
2.5) Aero -flottation des boues seconaires :	11
2.6) Digestions anaérobies des boues :	12
2.7) Désulfuration de biogaz :	12
2.8) Séchage :	13
2.9) Stockage de biogaz :	13
2.10) Déshydratation par filtre a bande des boues digérées :	14
2.11) Stockage des boues stabilisé :	14
2.12) Unité de cogénération : production de l'électricité et la chaleur :	15
CHAPITRE III : ANALYSE ET CONTROLE DE QUALITE DE L'EAU USEE	16
1) Titre l'alcalimétrique complet TAC :	17
2) Matière en suspension :	17
3) Demande chimique en d'oxygène DCO :	18
4) Demande biologique en oxygène DBO ₅ :	19
5) Métaux lourds :	20
6.1) Phosphate :	20
6.2) Azote :	20
6.3) Chrome :	20
6.4) Nickel :	21
6.5) Cuivre :	21
6) Normes du STEP de Fès :	22

7) Résultats des analyses :.....	23
Conclusion.....	25
Référence bibliographique.....	26

Liste des figures

FIGURE 1:LÉGENDE DES DIFFERENTS OUVRAGES DE LA STEPH FES.....	4
FIGURE 2:SCHEMA DE LA STEP DE FES.....	7
FIGURE 3:PHOTO D'UN DEGRILLAGE GROSSIER DE LA STEP DE FES	8
FIGURE 4: PHOTO DU DESSABLEUR/DESHUILEUR STEP DE FES.....	9
FIGURE 5:PHOTO D'UN EPAISSISSEUR DE STEP DE FES	10
FIGURE 6:PHOTOS DU BASSIN D' AERATION DE LA STEP DE FES	10
FIGURE 7:PHOTO DU CLARIFICATEUR DE LA STEP DE FES	11
FIGURE 8:PHOTO D'UN EPAISSISSEUR (BOUE SECONDAIRE) DE STEP DE FES	11
FIGURE 9:DIGESTEUR ANAEROBIE DES BOUES DE STEP DE FES	12
FIGURE 10:PHOTO DU DESULFURE DE BIOGAZ DE LA STEP DE FES.....	12
FIGURE 11:UNITE DE SECHAGE A LA STEP DE FES.....	13
FIGURE 12:GAZOMETRE DE LA STEP DE FES.....	13
FIGURE 13:FILTRE A BANDE DE LA STEP DE FES.....	14
FIGURE 14:HALL DE STOCKAGE A LA STEP DE FES	14
FIGURE 15:UNITE DE CO GENERATEUR A LA STEP DE FES	15
FIGURE 16:FILTRATION SOUS VIDE.....	17
FIGURE 17:UN SPÉCTROPHOTOMETRE	19
FIGURE 18:UN THERMOSTAT HAUTE TEMPERATURE	19
FIGURE 19:L'APPAREIL DE MÉSURE DE LA DBO.....	20
FIGURE 20:MULTIMÉTRE	20

Liste des tableaux

TABLEAU 1:DÉFINITION DU DOMAINE DE TRAITEMENT GARANTI.....	22
TABLEAU 2:RÉSULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX USÉES	23
TABLEAU 3:RÉSULTATS DES MÉTAUX LOURDS	23

Liste d'abréviations

NS : numéro de semaine

KWH/an: Kilowatt-hour par an

STEP : Station d'épuration e traitement des eaux potables

MES : Matière en suspension

NPK : Engrais minéraux Azote, Phosphate, Potassium

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène à 5jours

DBO : Demande biologique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

CO₂ : Dioxyde de carbone

H₂S : Sulfure d'hydrogène

PH : Potentiel d'hydrogène

LCK314 : Test en cuve DCO 15-150 mg/L O₂

LCK514 : Test en cuve DCO 100-2 000 mg/l O₂

EB : Eau brute

ET : Eau traité

Introduction

Le traitement des eaux résiduaires urbaines représente la moitié des activités de traitement de l'eau dans le monde. Avec l'évolution démographique, le développement économique et l'intensification de l'urbanisme et la révolution industrielle et les activités agricoles, le volume des eaux résiduaires ne cesse de croître, et aussi l'apparition de nouveaux produits chimiques non biodégradables rend, difficile ; voire impossible toute épuration naturelle.

Épurer des eaux usées de plus en plus polluées représente également un défi technologique et économique dont l'objectif commun est de préserver la biodiversité et de protéger les ressources en eau, tout en garantissant le confort des riverains.

Les eaux usées présentent un risque sanitaire direct par la présence d'organismes pathogènes, comme des bactéries (choléra, salmonella), des virus (virus de l'hépatite, entérovirus, poliovirus) et des parasites (protozoaires tels Giardia et Cryptosporidium).

Pour le confort des riverains, un traitement physique et biologique est nécessaire pour éliminer la pollution des eaux usées avant d'être rejetée vers l'Oued Sebou.

Dans le cadre de projet de fin d'étude, un stage de deux mois a été effectué au sein de la STEP relevant la Régie Autonome intercommunale de Distribution d'eau et d'électricité de la wilaya de Fès.

L'objectif de ce travail est de caractériser les eaux usées de la région de Fès et de les traiter par les procédés adaptés.

Le rapport comporte trois parties :

La première partie concerne la présentation de la Régie Autonome Intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité de Fès

La deuxième partie sur les différentes étapes de traitement des eaux usées de la région de Fès.

Les analyses et les résultats de l'eau brute et l'eau traitée, seront traités en dernière partie. et une conclusion générale rassemble les principaux résultats de cette étude.

Chapitre I :

**Présentation de la Régie Autonome
Intercommunale de Distribution d'Eau et
d'Électricité de Fès**

1) Présentation 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.

Actuellement, la RADEEF 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 Séfrou et Bhalil ainsi que dans les communes rurales suivantes : Bir Tam-Tam, Ras Ta bouda , Sidi Harazem , Ain Timngai, Oulad Tayeb, Douar Ait Taleb et Douar Ait El Kadi.

2) Station d'épuration des eaux usées de Fès :

- Superficie : 14 ha.
- Coût total : 98 millions d'euros.
- Objectif : atténuer la pollution du bassin hydraulique.
- Spécificités de la STEP Fès : mise en place d'une unité de cogénération d'électricité à partir du biogaz récupéré des digesteurs anaérobiques.
- Impact : réduction de l'émission de gaz à effet de serre (GES) de 15.000 m³/j de méthane pour produire environ 22 millions de kWh/an d'électricité soit 50 à 70% des besoins de la STEP en énergie électrique(figure1).

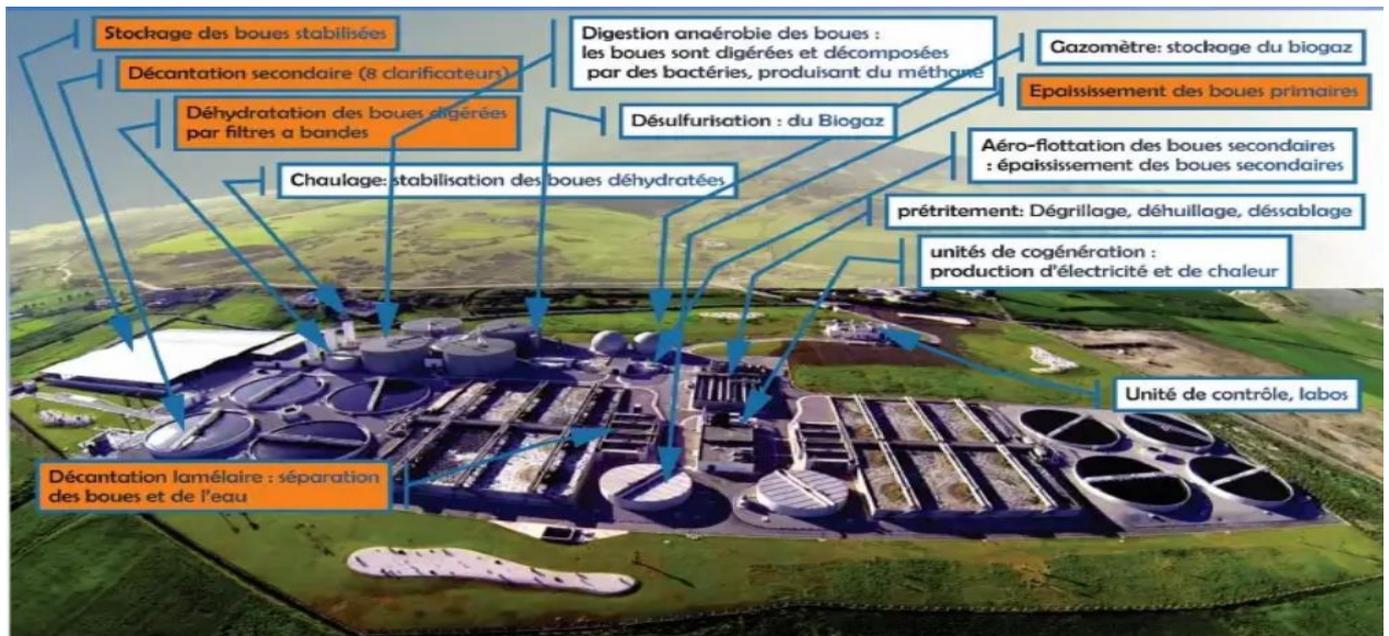


Figure 1: Légende des différents ouvrages de la Steph Fès

3) Pollution des ressources en eaux de bassin de Sebou :

❖ Sources de pollution

Le bassin du Sebou est situé en tête de l'ensemble des bassins du Maroc en termes de pollution organique d'origine industrielle et domestique et de pollution toxique.

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

➤ Pollution d'origine domestique :

Les villes du bassin rejettent un volume annuel d'eau usée estimé à plus de 100 millions de m³, dont 86% sont déversés dans les cours d'eaux. La charge totale de la pollution organique est estimée à 63647 T de DBO₅ par an (soit 3 Millions d'équivalents habitants). Ces rejets représentent 25% du total national. Fès est la ville qui pose le plus de problèmes de pollution, ses rejets représentent 40% de l'impact total au niveau du bassin du Sebou.

➤ Pollution d'origine industrielle:

Pour la pollution industrielle, le bassin du Sebou est caractérisé par une activité dynamique et localisée principalement au niveau des centres urbains majeurs (Fès, Meknès et Kénitra). L'activité industrielle génère près de 20 millions d'équivalents-habitants de pollution organique.

Les principales branches industrielles polluantes sont : l'agro-alimentaire (huileries, sucreries, laiteries, conserveries, production de vin...), les papeteries, les tanneries, et la production d'alcool éthylique.

La majorité des secteurs présentent des émissions relativement constantes au cours de l'année, tandis que les rejets se concentrent principalement sur les mois de Décembre – Février, période de récolte des olives pour les huileries, Janvier – Juin pour le sucre de canne, et mai – Juillet pour les campagnes d'arrachage de la betterave à sucre.

➤ Pollution d'origine agricole :

Disposant d'une importante superficie agricole utile, le bassin du Sebou est parmi les régions agricoles les plus importantes du pays. Il connaît ainsi une intensification agricole par le recours à l'irrigation et à l'utilisation des engrais et des produits phytosanitaires. Il en résulte l'infiltration dans les eaux souterraines des produits agrochimiques. Les charges polluantes sont constituées essentiellement des nitrates et des phosphates.

Généralement les rejets se concentrent principalement sur les mois de Décembre – Février, période de récolte des olives pour les huileries, Janvier – Juin pour le sucre de canne, et mai – Juillet pour les campagnes d'arrachage de la betterave à sucre.

Chapitre II :
Étapes de traitement des eaux usées

Parmi les principes étapes de traitement des eaux usées, tous citent (figure 2) :

- 1) Prétraitement : dégrillage, déshuilage, dessablage.
- 2) Epaissement des boues primaires.
- 3) Traitement secondaire ou biologique : absorption de la pollution organique par micro-organisme.
- 4) Décantation secondaire dans 8 clarificateurs.
- 5) Aero-flottation des boues : épaissement des boues secondaires.
- 6) Digestion anaérobie des boues : les boues sont digérées et décomposées par des bactéries, produit de méthane.
- 7) Désulfuration du biogaz.
- 8) Séchage.
- 9) Stockage du biogaz.
- 10) Déshydratation par filtres à bandes des boues digérées.
- 11) Stockage des boues stabilisées.
- 12) Unités de cogénération : production d'électricité et de chaleur.



Figure 2: schéma de la STEP de Fès

1) Principe général du fonctionnement de la STEP :

Le procédé d'épuration des eaux usées adopté par la station est un procédé innovant intitulé boues actives à moyen charge c'est à dire que l'on élève des bactéries (présent 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 clarificateur ou l'eau se décante à la sortie de la station, l'eau dépolluée peut rejoindre l'oued Sebou, après avoir séjourné 8 à 12 heures dans la station d'épuration.

Le processus d'épuration est composé de trois filières :

- ✓ Filière eau : dégrillage, dessablage-déshuilage, décantation primaire, aération, décantation secondaire.
- ✓ Filière boues : épaissement des boues primaires, flotteurs des boues secondaires, digestion, déshydratation.
- ✓ Filière gaz : Unité de cogénération de l'électricité à partir du biogaz.

2) Différentes étapes de traitement :

2.1) Prétraitement :

Le prétraitement des eaux usées est nécessaire pour retirer la matière facilement collectable des eaux usées brutes afin d'éliminer Les matières ordinaires qui sont filtrées lors du traitement primaire comportent des huiles, des graisses, du sable, des graviers, des pierres et toutes d'autres matières solides.

Les matières solides sont collectées pour ensuite prendre un circuit de retraitement (décharge).

L'ensemble de ces matières doivent être retirés lors du prétraitement pour éviter d'endommager les différents équipements (pompes, station...) lors des étapes suivantes du processus de traitement.

- Dégrillage :

à l'arrivée, l'eau usée en provenance des égouts passe entre les barreaux métalliques d'une grille qui retiennent les déchets volumineux et l'effluent est relevé jusqu'au niveau de l'usine à l'aide de vis d'Archimède ou de pompe.



Figure 3: Photo d'un dégrillage grossier de la STEP de Fès

- Déshuilage/dessablage :

Ce sont deux étapes on même bassins l'eau s'écoule dans les bassins à faible vitesse pour la décantation de sable qui récupérée par pompage, et la graisse sont raclé en la surface par l'injection des microbulles d'aire (figure 4).

- Dessablage :

Les sables et graviers susceptibles d'endommager les installations en aval (ensablement de conduites, des bassins, usure des pompes et autres organes métalliques...) se déposent au fond de bassins conçus à cet effet. Ils sont récupérés de différentes façons : raclage vers une fosse de collecte, pompe suceuse...

- Déshuilage :

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, dans cette partie, seul le déshuilage par gravitation naturelle abordé, et pour accélérer ce phénomène, l'eau est soufflée, aérée, pour émulsionner les graisses.



Figure 4: photo du dessableur/déshuileur STEP de Fès

2.2) Épaississement des boues primaires : absorption de la pollution organique par microorganisme

Il s'agit de la première étape de traitement des boues, qui s'opère en général avant le mélange des boues issues des différentes étapes d'épuration des eaux usées. L'épaississement consiste à laisser s'écouler les boues par gravitation à travers un silo placé au-dessus d'une table d'égouttage ou d'une toile semi-perméable.



Figure 5:photo d'un épaisseur de STEP de Fès

2.3) Traitement biologique :

Le traitement biologique des eaux usées est effectué grâce à une série de processus importants qui ont en commun l'utilisation de microorganismes (parmi lesquels signalons les bactéries) pour effectuer l'élimination des composants solubles dans l'eau. Ces processus mettent à profit la capacité des microorganismes à assimiler la matière organique et les nutriments (azote et phosphore) dissous dans l'eau usée pour leur propre croissance. Lorsqu'ils se reproduisent, ils s'agrègent entre eux et forment des floccules macroscopiques avec suffisamment de masse critique pour se décarter en un temps raisonnable (figure6).



Figure 6:photos du bassin d'aération de la STEP de Fès

2.4) Décantation dans 8 clarificateurs :

La clarification des effluents est une étape essentielle dans le procédé biologique d'épuration.

L'efficacité de la séparation de la liqueur mixte, en boues concentrées et en eau traitée, a une influence directe sur les conditions de fonctionnement du système et sur le rendement d'épuration. Le rôle de la décantation est donc d'assurer une meilleure séparation de la biomasse de l'eau traitée (figure 7).



Figure 7: photo du clarificateur de la STEP de Fès

2.5) Aero -flottation des boues secondaires : épaissement des boues secondaires

La flottation, basée sur l'injection de gaz dans les boues, ce qui sépare les phases liquides et solides par différence de densité. Le flotteur à air dissous est un appareil de traitement des eaux usées qui permet la séparation des matières en suspension.

Les boues préalablement conditionnées avec du polymère sont admis dans le flotteur via une cheminée centrale assurant le mélange avec de l'eau pressurisée. Les boues flottées s'agglomèrent à la surface du flotteur jusqu'à former une couche épaisse, les particules qui sont ensuite écrémées par un racleur de surface, puis retirées des eaux à traiter



Figure 8: photo d'un épaisseur (boue secondaire) de STEP de Fès

2.6) Digestions anaérobies des boues : les boues sont digérées et décomposées par micros

La digestion anaérobie est une séquence de processus par lesquels les microorganismes décomposent les matériaux biodégradables en l'absence d'oxygène. Les opérations de digestion anaérobie se font dans différents réservoirs fermés appelées digesteurs.

Le digesteur (figure 9) est généralement constitué d'une cuve fermée, étanche à l'air et de préférence isolée thermiquement de l'extérieur dans laquelle les microorganismes se côtoient pour dégrader chimiquement et biologiquement les boues (épaissies+ flottées), de les stabiliser en diminuant leur pouvoir fermentescible et de produire du biogaz.



Figure 9: digesteur anaérobie des boues de STEP de Fès

2.7) Désulfuration de biogaz :

Le biogaz ainsi produit contient du soufre et de l'eau sous forme d'acide sulfurique, H_2S en plus du méthane et du gaz carbonique. Il faut faire une désulfuration pour éviter les corrosions dans les tuyauteries, les armatures et les moteurs des différents équipements.



Figure 10: photo du désulfure de biogaz de la STEP de Fès

2.8) Séchage :

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

Le séchage est assuré par un sécheur ou une station de séchage (figure 11) 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.



Figure 11: unité de séchage à la STEP de Fès

2.9) Stockage de biogaz :

Le biogaz est stocké dans des gazomètres à membrane souple (figure 12) constituée par une double membrane avec une capacité de 3000 m³ sous pression contrôlée.



Figure 12: gazomètre de la STEP de Fès

2.10) Déshydratation par filtre a bande des boues digérées :

Après la fermentation dans les digesteurs, Les boues digérées sont envoyées vers la déshydratation. Cette opération est effectuée sur des filtres à bandes (figure13). Ces FAB sont alimentés par des pompes situées dans un local à côté du stockeur.



Figure 13:Filtre à bande de la STEP de Fès

2.11) Stockage des boues stabilisé :

Au niveau de la station il y a un HALL DE STOCKAGE, pour stocker la boue traitée avant la boue il arrive à la décharge publique mais depuis 3ans n'accepte pas la boue car leur siccité na pas convenable a les machines et sa créé des problèmes. Cette Hall la capacité de stockage sur site est fixée à 3 mois.



Figure 14:hall de stockage a la STEP de Fès

2.12) Unité de cogénération : production de l'électricité et la chaleur :

La cogénération consiste en la production de chaleur et de l'électricité à partir du biogaz. Le module de cogénération est constitué d'un moteur qui entraîne un alternateur – générateur du courant électrique. Dans le cas de la station d'épuration, la cogénération génère une capacité de production de 2 MW d'énergie électrique. Elle contribue ainsi à la couverture de plus 50 % des besoins d'énergie électrique de la station et à la réduction des émissions des gaz à effet de serre de 100 000 tonnes CO₂/an. Ceci constitue l'un des aspects distinctifs de la station d'épuration de Fès.



Figure 15: unité de Co générateur a la STEP de Fès

Chapitre III :
Analyse et contrôle de qualité de l'eau usée

1) Titre l'alcalimétrique complet TAC :

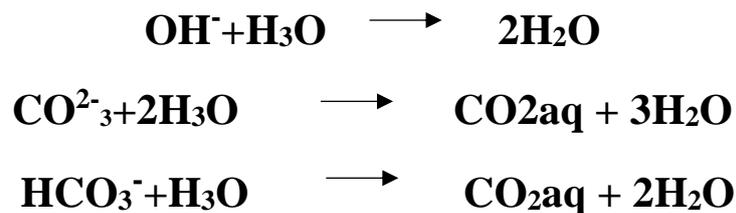
➤ Principe :

Le titre alcalimétrique complet ou TAC, correspond à la neutralisation par un acide fort des ions hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates.

Le TAC permet donc de connaître :

- La totalité des hydroxydes.
- La totalité des carbonates.
- La totalité des bicarbonates.

Les réactions mises en jeu sont :



NB. $\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$

❖ Mode opératoire :

On prend un échantillon et on détermine leur pH à 4. L'échantillon est titré par un acide fort (H_2SO_4) de concentration (0,1), et on mesure leur pH et à l'aide d'un multimètre.

2) Matière en suspension MES :

Les matières en suspension sont des particules très fines en suspension dans l'eau. On les trouve sous forme naturelle dans les fleuves et rivières et elles troublent l'eau.

❖ Mode opératoire :

➤ Méthode par filtration :

Peser un papier filtre sans cendres soit P1. Mettre le dispositif de filtration en marche. Homogénéiser l'échantillon et prendre (500 ml pour l'eau traité, 100ml pour l'eau décanté et brute) et les verser sur le papier filtre. Rincer le flacon ayant contenu l'échantillon par quelques gouttes d'eau distillées. Après la filtration, mettre le papier filtre dans une étuve réglée à 105 °C



Figure 16: filtration sous vide

jusqu'à l'évaporation totale de l'eau. Refroidir dans un dessiccateur, puis peser le une deuxième fois.

3) Demande chimique en d'oxygène DCO :

La dégradation des matières organiques déversées dans les cours d'eau entraîne une consommation de l'oxygène dissout dans l'eau. Ce paramètre donne une estimation de la quantité de polluants présents dans les eaux usées. En effet, les eaux usées dont la DCO est élevée peuvent provoquer des problèmes de diminution de la concentration d'oxygène dans des cours d'eau. La valeur de la DCO peut également servir d'indicateur pour les dilutions nécessaires lors de la mesure de la demande biochimique en oxygène.

➤ Principe :

La demande chimique en oxygène (DCO) est une mesure de toutes les matières organiques (ou presque) contenues dans les eaux naturelles ou usées, qu'elles soient biodégradables ou non. L'oxydation est effectuée dans des conditions énergiques, par voie chimique. Elle se fait sous l'action d'un oxydant puissant (le bichromate de potassium), en milieu d'acide fort (H_2SO_4) et sous reflux pendant 2 heures. Dans ces conditions, la plupart des matières organiques sont oxydées en CO_2 et H_2O à 90 ou 100 %, sauf les hydrocarbures aliphatiques stables qui nécessitent la présence d'un catalyseur (Ag_2SO_4), les hydrocarbures aromatiques et la pyridine résistent à cette oxydation tout comme l'acide acétique, bien que ce dernier soit biodégradable La DCO constitue donc un paramètre important: c'est un test rapide, très utile pour la surveillance des eaux usées et rejets industriels (surtout ceux à caractère toxique qui se prêtent mal aux mesures de la DBO). La DCO fournit une estimation de la DBO_5 , ce qui permet de choisir le volume de dilution à utiliser pour la détermination de la DBO.

➤ Mode opératoire :

- On filtre l'échantillon de telle sorte à réduire : Dans un bécher on filtre 5ml de l'eau traitée. On prend 2ml de l'eau traitée et 2ml de l'eau filtrée pour réaliser le test de LCK314 On prend 2ml de l'eau brute et 2ml de l'eau décantée pour réaliser le LCK514 c'est deux réactions exothermiques
- Dans un thermostat haute température (figure 18), on laisse notre échantillon à $T=170^\circ C$ pendant une heure et on retire l'échantillon, laissé refroidir à température ambiante.
- Après cette étape, on passe les échantillons dans un spectrophotomètre (figure 17).



Figure 18: un thermostat haute température



Figure 17: un spectrophotomètre UV

4) Demande biologique en oxygène DBO₅ :

L'oxydation des composés biodégradables par les micro-organismes entraîne une consommation d'oxygène.

Le milieu exerce donc une certaine demande biochimique d'oxygène. La mesure de cette DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables et donc, dans une certaine mesure, sa quantité ou son degré de pollution. La dégradation complète des matières organiques peut être relativement longue (plusieurs semaines). D'autre part, l'oxydation des dérivés ammoniacaux et des nitrites (ou nitrification) absorbe également de l'oxygène. Pour ces deux raisons, on mesure la DBO en 5 jours, ou DBO₅, c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommée pendant cinq jours pour l'oxydation partielle des matières organiques biodégradables sous l'action des micro-organismes.

5.1) Méthode par respirométrie :

Au fur et à mesure que l'oxygène est consommé, la pression en oxygène dans la phase gazeuse diminue. Cette diminution est enregistrée par un manomètre différentiel. La différence de pression lue directement est proportionnelle à la DBO. La simplicité de l'appareillage et l'obtention directe de la courbe de DBO ont fait d'elle une méthode de choix pour le contrôle des stations d'épuration.

➤ Mode opératoire :

On prend un volume pour les trois types des eaux et on mesure le pH et la conductivité à l'aide d'un multimètre (figure 20).

Mettre le support en caoutchouc dans le col de la bouteille (figure 19) et ajouter quelques pastilles de NaOH, et une masse d'inhibiteur. Placer le bouchon sans le serrer trop fort. -Mettre l'agitateur en marche pendant une heure. -Serrer le bouchon très fort et ajuster le niveau de mercure dans les capillaires, Les bouteille dépose dans un Armoire thermostatique et en attend 5jours pour voir le résultat.



Figure 20:multimètre



Figure 19:l'Appareil de mesure de la DBO

5) Métaux lourds :

Tous les tests des métaux lourds sont des tests rapides, des tubes contient des solutions spécifiques et en lire les résultats à l'aide d'un spectrophotomètre.

6.1) Phosphate :

➤ Mode opératoire :

- On prend 0,4ml d'eau brut et 0,4 de l'eau décantée.
- Injecté avec la solution dans le tube.
- Met les tubes dans un thermostat haute température pendant une heure.

6.2) Azote :

➤ Mode opératoire :

- 0,2 ml e l'eau décanté et 0,2 de l'eau brute
- On ajoute un catalyseur
- Injecté notre échantillant avec la solution
- Mettre la solution dans un thermostat haute température.

6.3) Chrome :

➤ Mode opératoire :

- 2ml de l'eau brute
- Ajouté le catalyseur.
- Injecté notre mélange dans le tube qui contient la solution.

6.4) Nickel :

➤ Mode opératoire :

- 2ml de l'eau brute.
- 0,2 ml catalyseur.
- Injecté le mélange dans la solution.

6.5) Cuivre :

➤ Mode opératoire :

- 2ml de l'eau brut.
- 0,2 ml catalyseur.
- Injecté le mélange dans la solution.

6) Normes du STEP de Fès :

Les normes marocaines pour les analyses de l'eau brute :

Paramètre		Domaine de traitement garanti
Q moyenne journalier entré		$33\% \leq Q \leq 100\%$ du débit journalier nominal (179000m ³ /j)
DCO	Concentration	$33\% \leq C \leq 150\%$ de la concentration nominal (826,3mg/l)
	Charge	$33\% \leq C \leq 100\%$ de la charge nominale (148000kg/j)
	Augmentation brusque de charge	Augmentation $\leq 100\%$ par rapport a la charge moyenne des 5j précédents
DBO ₅	Concentration	$33\% \leq C \leq 150\%$ de la concentration nominal (376,30mg/l)
	Charge	$33\% \leq C \leq 100\%$ de la charge nominale (67400kg/j)
	Augmentation brusque de charge	Augmentation $\leq 100\%$ par rapport a la charge moyenne des 5j précédents
MES	Concentration	$33\% \leq C \leq 150\%$ de la concentration nominal (563,9mg/l)
	Charge	$33\% \leq C \leq 100\%$ de la charge nominale (101000kg/j)
	Augmentation brusque de charge	Augmentation $\leq 100\%$ par rapport à la charge moyenne des 5j précédents
Mesure sur Échantille a Décanté (2h)	Concentration DCO	Concentration moyenne de DCO ≤ 720 mg/l
	Rapport DCO/DBO ₅	$R \leq 2,7$
	Non-conformité	$C_{moy} \leq 750$ mg/l et $R \leq 2,7$
pH		$5,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$
Température		$T \leq 25^\circ\text{C}$
Métaux lourds	Zn +Pb +Cd +Cr +Cu +Hg +Ni	≤ 10 mg/l
	Chacun Zn, Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni	≤ 2 mg/l
	Mercure Hg	$\leq 0,2$ mg/l
Phénols		≤ 5 mg/l
Hydrocarbures		≤ 30 mg/l

Tableau 1: Définition du domaine de traitement garanti

7) Résultats des analyses :

Les résultats des analyses physico-chimique et bactériologiques des eaux usées de la ville de Fès pendant la période allant de 27 avril à 20 juin, sont récapitulés dans les tableaux 2 et 3.

NS	EB				ET			
	pH (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	MES (mg/l)	pH (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	MES (mg/l)
1	7,7	880	480	533	7,5	103	35	22
2	7,8	950	500	581	7,2	108	40	23
3	7,9	713	460	341	7,2	107	45	26
4	7,7	1069	600	623	7,9	117	60	25
5	7,8	899	560	544	8,0	135	70	46
6	7,8	1153	700	586	7,8	106	70	34
7	7,8	1153	760	633	7,6	115	65	35
8	7,7	1201		772	7,1	130		43

Tableau 2: Résultats des analyses physico-chimique des eaux usées

	Cr(mg/l)	Cu(mg/l)	Ni(mg/l)
1	0,118	2,87	2,26
2	0,11	3,36	2,35
3	0,119	2,35	1,61
4	0,123	3,57	2,52
5	0,123	3,4	2,2
6	0,214	3,37	2,47
7	0,127	3,75	2,94
8	0,118	3,93	2,93

Tableau 3: Résultats des métaux lourds

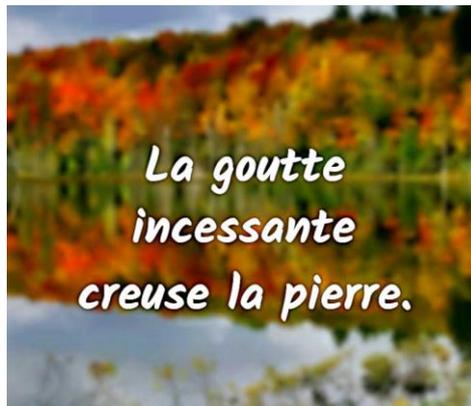
Les résultats montrent que les valeurs des analyses des eaux traités sont conformé avec la norme marocaine.

En effet, ces résultats montrent clairement que le procédé des boues activés utilisée dans la STEP et efficace dans le traitement des eaux usées de la ville de Fès.

Conclusion

En réalité, l'eau est un élément de base pour la plupart des industries. Après avoir l'utilisée, la plus grande partie de cette eau est jetée à l'environnement. Comme elle est toujours chargée en matière chimique, elle devient une source de pollution grave pour le milieu qui la reçoit. Donc l'amélioration de la qualité des eaux usées issue de l'industrie présente un enjeu environnemental, mais aussi économique.

Les résultats trouvés sont des résultats conforme parce qu'on à une grande différence entre les valeurs de l'eau brut et l'eau traité, et ça à cause de l'efficacité de traitement et l'influence d'absorption de la pollution organique par micro-organisme dans les bassins biologique.



Référence bibliographique

<https://www.abhsebou.ma/presentation-du-bassin>

<https://siredd.environnement.gov.ma/fes-meknes/TableauDeBord/thematique>

<https://www.radeef.ma>

<http://www.environnement.gov.ma/fr/78-cat1/1012-valeurs-limites-des-rejets>