

Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Traitement des eaux usées par boues activées à la STEP

Présenté par :

◆ **BENAYAD Abdelbaki**

Encadré par :

- ◆ **Mr RAHOU Abderrahmane**
- ◆ **Mr CHAKROUNI Abdellatif**
- ◆ **Pr KANDRI RODI Youssef**

Soutenu Le 7 Juin 2018 devant le jury composé de:

- **Pr Kandri Rodi Youssef**
- **Pr Misbahi Khalid**
- **Pr Bouayad Abdelouahed**

Stage effectué à STEP du grand NADOR

Année Universitaire 2017 / 2018

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قَالَ رَبِّ اجْعَلْ لِي صِدْقًا وَسِيرًا
وَإِحْلَافًا عِندَ ذُرِّيَّتِي
وَاقْرَأْ

“Les batailles de la vie ne sont pas gagnées par les plus forts, ni par les plus rapides, mes par ceux qui n’abandonnent jamais.”

DEDICACES

A mes très chers parents

« Aucun acte ou expression ne

Pourra exprimer mes sentiments

Envers vous »

A mes chères sœurs :

Badiaa Zahrae, Fatiha, Hasnae, Hajar et Janat

A mon cher professeur :

Karrouh Assia

A toute ma famille,

A tous mes amis,

A tous ceux qui m'aiment,

A tous ceux que j'aime

Je dédie ce travail, à titre de

reconnaissance.

BENAYAD Abdelbaki

REMERCIEMENT

Avant d'entamer ce rapport, je tiens tout d'abord à remercier tous les gens responsables à la **''Station d'épuration des eaux usées du grand Nador''**, qui ont accepté de m'accueillir, ainsi que Mr RAHHOU Abderrahmane et CHAKROUNI Abdellatif, mes tuteurs entreprise, pour m'avoir suivi, encadré tout au long du stage et pour ses conseils fructueux qu'ils n'ont cessés de me prodiguer durant toute la durée du stage.

J'ai l'immense plaisir d'exprimer ma profonde gratitude à l'égard de mon encadrant de l'FST, Monsieur KANDRI RODI Youssef, pour qui j'éprouve une véritable admiration en tant que personne très sérieux qu'enseignant chevronné, je suis reconnaissant pour lui d'avoir bien voulu encadrer ce stage, pour tout le temps qu'il m'a consacré, pour ses conseils pertinents et ses directives précieuses. J'espère avoir été à la hauteur de sa confiance.

Mes sincères remerciements vont également aux membres du jury de soutenance pour avoir bien voulu m'honorer en acceptant d'évaluer ce travail, et ce malgré un emploi de temps chargé et de nombreuses responsabilités.

Je remercie aussi mes chers enseignants de la filière Génie Chimique et tout l'ensemble du corps professoral pour leurs efforts en vue d'assurer une formation de haut niveau pour l'ensemble des étudiants, ainsi mes amis KARROUH Assia, BENHIDI Achraf, EL-MASTOURI Mohamed et BENABDELOUAHID Hamid pour leur soutien et encouragement durant toute ma période de stage.

Finalement, je remercie toutes les personnes qui ont contribué par leur soutien matériel et/ou affectif, de loin ou de près à la réalisation de ce projet de fin d'études.

Liste d'abréviation

STEP : station d'épuration des eaux usées

DBO5 : demande biochimique en oxygène pendant cinq jours

MES : matière en suspension

MVS : matière en suspension volatile

NTK : azote Kjeldahl

PT : phosphore totale

UV : rayonnement ultraviolets

Dég : dégrilleur

Auto : automatique

RBS : réacteur biologique séquentiel

C_m : charge massique

C_v : charge volumique

Q : débit d'eaux à traiter

V_b : volume des boues

A_t : âge total des boues

ES : entrée de la station

SC : sortie du clarificateur

SS : sortie de la station

ED : eau distillée

Liste des Illustrations

Tableau 1:Classification des procédés par boues activées	4
Tableau 2: Les débits et charges polluants pour la situation 2009 et future 2018.....	10
Tableau 3: qualité du rejet et rendements objectif	10
Tableau 4: Caractéristiques des eaux usées Marocaine	22
Tableau 5:volumes d'échantillon incubé	27
Figure 1:Schéma général du procédé de traitement des eaux usées	3
Figure 2:voies de transformation de l'azote	7
Figure 3:schéma synoptique de la STEP	10
Figure 4: Dégrilleur auto et refus de dégrillage.....	11
Figure 5: bassins de dessablage/déshuilage	12
Figure 6:Réacteur à graisses	13
Figure 7: réacteur biologique	14
Figure 8:Clarificateur	15
Figure 9:Micros tamis (vue à l'intérieur)	16
Figure 10:Réacteur UV.....	16
Figure 11:filtres rotatifs.....	17
Figure 12: centrifugeuses pour déshydratation	18
Figure 13: filière de traitement des odeurs de la gauche à droite: Tour de lavage acide, basique, citernes de stockage de javel, acide sulfurique et soude.....	20
Figure 14: pH-mètre, Oximètre, Conductivimètre et pompe à vide avec fiole à vide pour filtration...	22
Figure 15:étuve séchoir et incubateur pour DBO	23
Figure 16:Balance de précision et dessiccateur	23
Figure 17: minéralisateur et spectrophotomètre UV-Visible.....	23
Figure 18:incubateur pour milieu de culture et Haute d'aspiration contenant un four moufle.....	24
Figure 19: échantillons pour analyses	24

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : Théorie de la boue activée.....	2
I. Paramètres de fonctionnement d'un réacteur biologique.....	3
II. Dépollution.....	5
Chapitre II : STEP du grand NADOR.....	9
I. Description générale de la STEP de Nador.....	10
A. Filière d'eau.....	11
1.Prétraitement.....	11
2.Traitement secondaire.....	13
3.Traitement tertiaire.....	15
B. Filière Boues.....	16
1.Epaississement Mécanique.....	17
2.Déshydratation Centrifugeuse.....	17
3.Chaulage et évacuation des boues.....	18
C. Filière Air.....	18
1.Ventilation et extraction de l'air vicié.....	18
2.Désodorisation par lavage chimique.....	19
CHAPITRE III: Paramètre d'exploitation et de surveillance de la STEP :.....	21
1.Échantillonnage.....	24
2.Surveillance de la qualité des eaux usées.....	25
CONCLUSION.....	31

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, ou encore l'extension et l'intensification de l'urbanisme, le volume des eaux résiduaires ne cesse de croître. Conjugué à une exigence renforcée en matière de respect de l'environnement à travers la réglementation et le confort de vie, le **traitement des eaux usées** représente un véritable défi environnemental pour les collectivités. [1]

Epurier 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. [1]

Pour **accompagner les collectivités locales** dans leur développement, des filières de traitement plus ou moins complexes sont conçues, en fonction de la qualité des effluents à dépolluer et de la sensibilité du milieu récepteur. [1]

Dans le cadre de projet de fin d'étude en chimie, un stage de deux mois a été effectué au sein de la STEP du grand Nador régie par l'ONEE- branche eau. Ce stage est un premier contact avec le milieu professionnel et une occasion pour évaluer nos prérequis dans le domaine en relation avec l'activité de l'entreprise.

L'objectif de ce rapport est de présenter un aperçu général sur le procédé dite 'boues activées' ainsi que le processus de traitement des eaux usées de la ville de Nador.

Le document est reparti en trois chapitres,

Le premier chapitre; Théorie de la boue activée.

Le deuxième chapitre; STEP du grand NADOR.

Le troisième chapitre; Paramètres d'exploitation et de surveillance de la STEP. Et une conclusion finale.

CHAPITRE I :

Théorie de la boue activée

La date de naissance du procédé est probablement le vendredi 3 avril 1914, quand deux chercheurs anglais, Edward Ardern et William Lockett, présentent à la Société de chimie industrielle de Londres un compte rendu de leurs travaux intitulés « Expériences sur l'oxydation des eaux d'égout sans intervention de filtres. [1]

Plusieurs étapes de traitement sont généralement nécessaires pour épurer les eaux résiduaires : [1]

- ✚ Le prétraitement
- ✚ Le traitement primaire
- ✚ Le traitement secondaire
- ✚ Le traitement tertiaire
- ✚ La désodorisation
- ✚ Le traitement des boues

Les stations par boues activées comportent différents ouvrages et étapes qui sont illustrés sur le schéma suivant : [1]

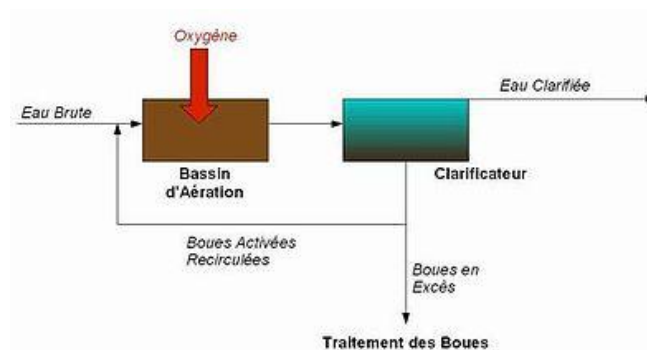


Figure 1:Schéma général du procédé de traitement des eaux usées

I. Paramètres de fonctionnement d'un réacteur biologique [1]

✓ Charge massique

La charge massique représente la masse de nourriture entrant quotidiennement dans le réacteur par rapport à la masse de boue présente dans ce réacteur. Elle s'exprime habituellement en $\text{kg DBO5} \cdot \text{kg}^{-1}\text{MV} \cdot \text{j}^{-1}$.

$$C_m = \frac{Q \times [DBO5]}{V_b \times [MVS]} \quad [2]$$

C_m : charge massique (**DBO5** · kg⁻¹MV · j⁻¹)

Q : Débits des eaux à traité (m³/j)

V_b : volume des boues (m³)

[DBO5] : concentration massique de DBO5 (kgDBO5/m³)

[MVS] : concentration massique de la matière en suspension volatile (kgMVS/m³)

Il est fréquent d'utiliser une autre notion de charge : la charge volumique. On appelle charge volumique C_v , la masse de nourriture entrant journallement par unité de volume de réacteur.

$$C_v = \frac{\text{kg DBO5 reçue}}{\text{Volume du bassin d'aération}}$$

Il est courant de classer les différents procédés par boues activées suivant la valeur de la charge massique ou volumique à laquelle ils fonctionnent.

Tableau 1: Classification des procédés par boues activées

Type	Charge massique [kgDBO5/kg MV.J]	Charge volumique [kg DBO5/m ³ .J]	Temps de séjour moyen(h)
Très forte charge	>1,5	>3	1,0
Forte charge	0,5 à 1,5	1,5 à 3	2 – 4
Moyenne charge	0,25 à 0,6	0,7 à 1,5	4 – 6
Faible charge	0,1 à 0,25	0,3 à 0,7	8 – 10
Très faible charge	<0,1	<0,3	>20

✓ Âge des boues

L'âge de boue total A_t est le rapport entre la masse de boues présentes dans le réacteur et la masse journalière de boues produites par la station.

$$\text{Age}(\text{jours}) = \frac{V_T \times [MES]_R}{Q_{be} \times [MES]_{be}}$$

V_T : volume total (m³)

[MES]_R : concentration massique de boues dans le réacteur (kg/l).

Q_{be} : Débits de boues en excès (m^3/j).

$[MES]_{be}$: concentration massique de boues en excès (kg/m^3).

L'âge des boues est donc inversement proportionnel à la charge massique. Cette notion d'âge de boues est particulièrement importante car elle traduit l'état physiologique des micro-organismes.

✓ **Décantabilité des boues**

Le bon fonctionnement d'une station de boues activées repose sur celui du bassin d'aération, mais également sur celui du **clarificateur**. Pour que ce dernier puisse séparer efficacement la biomasse de l'eau traitée, cette biomasse doit être correctement floculée.

✓ **Aération**

L'apport d'oxygène dans une eau se fait par contact intime entre l'air dispersé sous forme de bulles au sein du liquide et l'eau. À l'interface des deux fluides, la couche limite se sature en oxygène dès sa formation, en même temps que s'amorce la diffusion des gaz vers les couches d'eau, les plus éloignées.

II. Dépollution

Le traitement biologique s'effectue en deux lignes de traitement, identique, avec un fonctionnement en parallèle.

Chaque ligne de traitement est constituée de deux réacteurs biologiques de biomasse dispersée, en opérant sous le régime de faible charge ou se déroule l'élimination de la matière carbonée, de l'azote (nitrification / dénitrification) et du phosphore.

Les réacteurs biologiques opèrent avec des charges massiques inférieures à $0,09 \text{ kgDBO}_5/\text{kg MES}\cdot\text{j}$, pour une concentration en MES de $4,5 \text{ kg/m}^3$ et un âge de boues d'environ 15 jours.

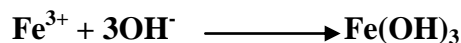
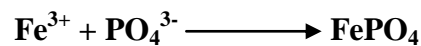
✓ Déphosphoration

L'effluent à traiter et les boues recirculées entrent directement dans le bassin d'anaérobie de chaque réacteur, ce qui permet de favoriser le développement des bactéries déphosphatantes et simultanément de prévenir le développement des bactéries filamenteuses.

Les bassins anaérobies dimensionnés pour un temps de contact minimal de 1,4 heure, sont formés par trois cellules, en série, chacune d'elle équipée d'un agitateur relevable.

Une déphosphatation complémentaire physico-chimique se réalise dans les réacteurs (précipitation simultanée), par injection de sels de fer (FeCl_3) à l'entrée des bassins d'anaérobie ou dans les ouvrages de dégazage.

La réaction de la précipitation du phosphate et de l'hydroxyde ferrique :



✓ Élimination de l'azote

La dernière cellule anaérobie de chaque réacteur communique avec la première des deux cellules anoxiques, en série, qui constituent chacun des bassins anoxiques, ou se réalise le procédé de dénitrification de l'effluent nitrifié dans les bassins d'aération.

La dernière cellule anoxique de chaque réacteur communique avec le bassin d'aération, ou est assurée l'élimination de la matière carbonée, non consommée aux procédés antérieurs, et la nitrification des composés azotés.

La recirculation interne de nitrates s'effectue, dans chaque réacteur, à partir de la fin du bassin d'aération vers la première cellule anoxique, par l'intermédiaire d'un groupe électropompe immergé axial, de vitesse variable, commandé en fonction du potentiel redox mesuré dans la seconde cellule anoxique ($100 \text{ mV} < E^0 < 200 \text{ mV}$).

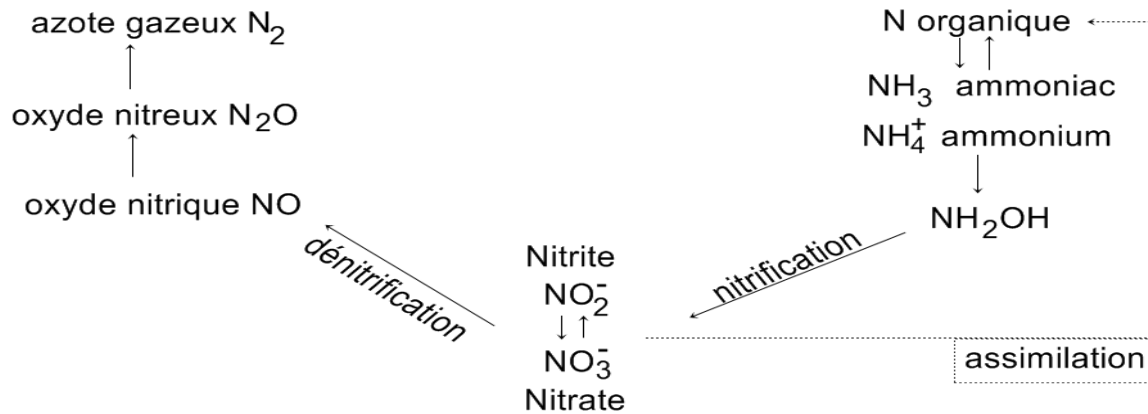
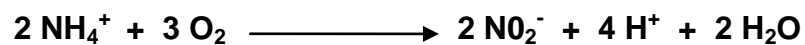


Figure 2:voies de transformation de l'azote

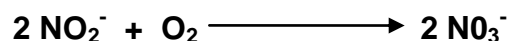
✓ la nitrification [1]

La nitrification est un procédé biologique réalisé par des micro-organismes autotrophes spécialisés en deux étapes :

- oxydation de NH_4^+ en nitrites NO_2^- ; c'est l'œuvre essentiellement des bactéries du type *Nitrosomonas* selon la réaction :



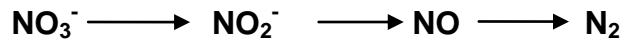
- oxydation de NO_2^- en nitrates NO_3^- ; les bactéries responsables de cette deuxième réaction appartiennent principalement au genre *Nitrobacter*



✓ la dénitrification [1]

La dénitrification est le processus par lequel certaines bactéries réduisent les nitrates en azote gazeux. La dénitrification biologique est une partie intégrante de l'élimination biologique de l'azote, associée à l'étape de nitrification, en vue de respecter la norme de rejet en azote total. En fait deux modes de réduction des nitrates peuvent intervenir dans les systèmes biologiques; la voie assimilative et la voie dissimilative, cette dernière peut être réalisée par des bactéries autotrophes ou hétérotrophes.

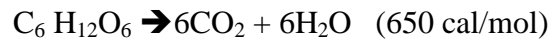
Le mode le plus couramment mis en œuvre est la voie dissimilative avec **utilisation de bactéries hétérotrophes**. La réduction des nitrates se produit à travers différentes réactions, que l'on peut schématiser ainsi :



✓ **l'élimination de carbone**

Il faut utiliser la voie aérobie pour l'élimination du carbone car l'oxygène est associé aux réactions de dégradation et elles s'instaurent spontanément dans les eaux suffisamment aérées, le carbone organique se retrouve sous forme de CO_2 et de biomasse.

Le processus de dégradation de la matière carbonée est plus rapide en aérobie et la bactérie est plus active que les organismes plus évolués. Il s'ensuit que la vitesse de reproduction s'accroît en fonction de la concentration en matières nutritives du milieu. Sous de bonnes conditions de température et d'oxygénation, on peut observer une division cellulaire en 15 à 30 minutes. D'une façon générale, il est possible de schématiser la dégradation du glucose par exemple :



CHAPITRE II :

STEP du grand NADOR

I. Description générale de la STEP de Nador

Les effluents à traiter proviennent des villes de NADOR, Axe Zghanghane-Jaadar-Ihddaden-bouizarzaren, Taouima, Beni Ansar et Selouane.

La population raccordée, les débits et charges polluants pour l'année 2009 jusqu'à l'an horizon 2018 sont les suivants :

Tableau 2: Les débits et charges polluants pour la situation 2009 et future 2018

Horizon	2009	2018
Population (EH)	71.600	115.000
Volume d'eaux usées journalier de temps sec (m³/j)	14.100	20.600
Débit moyen de temps sec (m³/h)	588	860
Débit de pointe de temps sec (m³/h)	992	1460
Débit maximum de temps de pluie (m³/h)	1175	1720
Charge en DBO5 (kg/j)	4300	6900
Charge en DCO (kg/j)	10.700	17.000
Charge en MES (kg/j)	6500	10.200
Charge en NTK (kg/j)	990	1445
Charge en PT (kg/j)	285	412

Tableau 3: qualité du rejet et rendements objectif

Paramètre	Concentration maximale	Rendement minimum	Conformité
DBO5	30	80	Echantillon moyen journalier 24 h
DCO	125	75	
MES	35	90	
NKT	10	70	Moyenne annuelle
Pt	1	80	
Coliformes fécaux	Abattement de 4 unités log		Echantillon moyen journalier
Streptocoques fécaux	Abattement de 4 unités log		
(entérocoques)			



Figure 3:schéma synoptique de la STEP

Légende :

1	poste de transformation	2	ouvrage de prétraitement des eaux usées
3	station de relevage et répartiteur de débit	4	ouvrage de désodorisation
5	ouvrage des sur presseurs	6	Réacteurs biologique
7	Clarificateurs	8	station de pompage des boues
9	ouvrage de désinfection des eaux épurées par UV	10	bâtiment d'exploitations
11	ouvrage de traitement des boues		

A. Filière d'eau

1. Prétraitement

a. *Dégrillage fin (tamisage)*

Les effluents bruts sont soumis à une étape de dégrillage fin, qui s'effectue dans deux canaux identiques, chacun d'eux équipé d'un tamis de tambour rotatif ROTAMA Ro1 avec une maille de 6 mm et une capacité unitaire de 931 m³/h.

Cet équipement combine les fonctions de dégrillage fin avec les fonctions de compactage et lavage des refus et du respectif transport.

Les refus de dégrillage compactés avec une siccité de 60%, sont déchargés dans des bennes de 15m³ vers la décharge de Nador.



Figure 4: Degrilleur auto et refus de dégrillage

b. *Dessablage/déshuilage*

Cette étape est assurée par deux ouvrages combinés, de fonctionnement parallèle, de section rectangulaire, aérés dimensionnés pour le débit maximal affluent à l'an horizon.

Les dessableurs / déshuileurs sont équipés d'un pont racleur, va-et-vient, ou sont fixés les racleurs de surface, pour déshuilage et dégraissage, et les groupes électropompes immergés, pour l'extraction et pompage des sables vers le classificateur.



Figure 5: bassins de dessablage/déshuilage

Chaque ouvrage est séparé en deux zones : une zone de tranquillisation et une zone aérée.

L'insufflation de l'air pour la flottation des graisses s'effectue, à chaque ouvrage, par l'intermédiaire de diffuseurs de membrane, installés longitudinalement, dans la zone aérée.

Les sables lavés et égouttés dans le classificateur tombent dans une benne de 15 m³.

Les graisses sont conduites gravitairement vers un bassin d'homogénéisation, d'où elles sont relevées vers le réacteur biologique.

L'effluent du classificateur à sable est conduit vers l'entrée des dessableurs / déshuileurs.

Les graisses extraites de dessableurs / déshuileurs subissent un **traitement aérobie**.

Le traitement des graisses s'effectue dans un réacteur biologique, sans recirculation des boues, ou les graisses – lipides – constituent un substrat à dégrader par une biomasse adaptée, constituée de bactéries spécifiques, qui réalisent l'hydrolyse des lipides et l'oxydation des acides gras résultants.

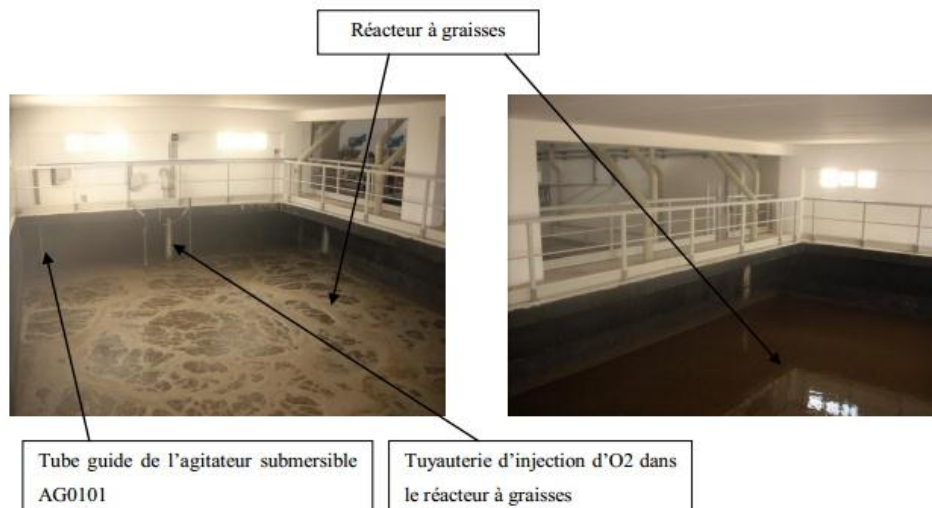


Figure 6: Réacteur à graisses

Un mélange contenant les nutriments, l'azote et le phosphore, est injecté selon les proportions requises par le procédé biologique.

Le pH du milieu devra être surveillé afin d'éviter son abaissement, ce qui pourrait bloquer l'activité biologique.

Le réacteur est fermé et lié au système de désodorisation.

L'effluent du réacteur est conduit gravitairement vers la sortie des dessableurs / déshuileurs.

Les effluents prétraités sont élevés vers le répartiteur de débit des deux lignes de traitement biologique.

2. Traitement secondaire

a. Réacteur biologique

Le traitement biologique s'effectue en deux lignes parallèles de traitement. L'effluent à traiter est réparti par chaque ligne de traitement dans l'ouvrage de répartition.

Chaque ligne de traitement est constituée par deux réacteurs biologiques de biomasse dispersée (boues activées) opérant en régime de faible charge avec nitrification/dénitrification et stabilisation des boues.



Figure 7: réacteur biologique

L'alimentation aux réacteurs de chaque ligne se réalise à travers un répartiteur de débits prévu en aval de station de pompage. Les boues de recirculation sont directement élevées vers le répartiteur de débits situé en amont des réacteurs biologiques. Le taux de recirculation est fixé en fonction de la concentration de biomasse souhaitable dans les réacteurs et de la concentration des boues en recirculation.

L'effluent à traiter et les boues en recirculation entrent d'abord dans la zone anaérobie de chaque réacteur ce qui favorisent le développement des bactéries déphosphatantes, ensuite passent à la zone anoxique où se réalise le procédé de dénitrification de l'effluent nitrifié dans les bassins aérobie du réacteur.

La zone anoxique est équipée d'un agitateur immergé pour éviter la décantation des boues. La dernière cellule anoxique de chaque réacteur communique avec la zone aérobie du bassin d'aération, où est assurée l'élimination de la matière carbonée, non consommée dans le procédé antérieur, et la nitrification des composés azotés.

Les nitrates formés dans le procédé de nitrification sont recerclés (recirculation interne de nitrates) de la fin du bassin d'aération vers la 1^{ère} cellule anoxique, par l'intermédiaire d'un groupe électropompe submersible axial, de vitesse variable.

b. Clarification

L'étape de clarification se réalise sur deux ouvrages circulaires avec un diamètre de 44,5 m et une hauteur cylindrique utile de 3,6 m.

La vitesse ascensionnelle retenue pour le débit maximal est de 0,6 m/h, ce qui assure une concentration moyenne de MES, à l'effluent clarifié, égale ou inférieure à 20 mg/l.

Chaque clarificateur est équipé d'un pont racleur à suction des boues et dispose de goulotte de reprise des eaux clarifiées, facilement accessible pour le contrôle et nettoyage.

L'arase de l'ouvrage est accessible par une échelle sécurisée afin de pouvoir accéder au pont.

Les flottants des clarificateurs sont collectés et renvoyés au traitement, conjointement avec les boues



Figure 8:Clarificateur

3. Traitement tertiaire

a. Filtration

A la sortie de la clarification, les effluents subissent un microtamisage, dimensionné pour le débit de pointe (1720 m³/h), qui permet un affinage de la qualité de l'effluent décanté, en ce qui concerne la matière en suspension (MES).



Figure 9:Micros tamis (vue à l'intérieur)

b. Désinfection

La désinfection finale de l'eau filtrée est assurée par deux réacteurs UV, montés en parallèle et dimensionnés sur le débit de pointe.

Les réacteurs UV assurent un degré de désinfection exprimé par des valeurs de coliformes fécaux dans le rejet égaux ou inférieurs à 100NMP/100ml, selon une moyenne géométrique de 30 jours consécutifs d'échantillonnage.



Figure 10:Réacteur UV

B. Filière Boues

L'accroissement régulier du volume des boues générées par le traitement des eaux, lié à la fois au développement démographique et à l'extension urbaine représente des contraintes de plus en plus fortes pour les municipalités. [1]

Le traitement des boues d'épuration est une désormais, une nécessité, pour en réduire le volume et les transformer en un produit valorisable. [1]

Pour soutenir les collectivités dans leurs obligations de **gestion des boues** et des sous produits d'épuration, qu'elles doivent être recyclées, éliminées ou valorisées , nous proposons

diverses **solutions techniques** qui mettent en œuvre des procédés propriétaires ou sous licence pour [1] :

1. Epaissement Mécanique

L'épaissement est la première étape, souvent incontournable, de la réduction de volumes des boues extraites de la filière eau. Il permet d'optimiser les étapes suivantes de conditionnement, de stabilisation et de déshydratation en réduisant les tailles des ouvrages et les coûts d'exploitation. Les procédés utilisés sont l'épaissement par décantation gravitaire (épaissement statique) et l'épaissement dynamique (concentration mettant en œuvre des énergies dynamiques).



Figure 11: filtres rotatifs

2. Déshydratation Centrifugeuse

Les boues ont une résistance à la filtration et un facteur de compressibilité encore trop élevé afin d'assurer une séparation optimale de l'eau et de la matière. C'est pourquoi, il faut préalablement « casser » la cohésion colloïdale de la boue et augmenter artificiellement la taille des particules. Le principe de fonctionnement est le suivant : les boues sorties du floculateur sont mélangées à un polymère à l'entrée de dispositif de déshydratation.

La préparation de la solution des polymères s'effectue dans une unité automatique

Le surnageant de l'épaissement est déchargé vers le circuit d'égoutture. Les égouttures d'épaissement et de la déshydratation se drainent vers un bassin d'homogénéisation, situé sous la salle du local des bennes des boues. Le bassin d'homogénéisation, avec un volume total de 674 m^3 , est équipé de deux agitateurs immergés, qui empêcheront la déposition de la

matière solide, et de deux groupes électropompe immergés, de débit unitaire égale à 142 m³/h, qui élèvent les égouttures vers l'ouvrage d'entrée.



Figure 12: centrifugeuses pour déshydratation

3. Chaulage et évacuation des boues

Les boues déshydratées sont évacuées par une pompe gaveuse vers des bennes, avec une capacité maximale de 10 m³/h.

Un chaulage est prévu au niveau de la trémie de la pompe gaveuse, afin d'atteindre une siccité de 25% et afin d'obtenir une meilleure hygiénisation de celle-ci (réduction des nuisances olfactive).

C. Filière Air

1. Ventilation et extraction de l'air vicié

De façon à limiter et à contrôler l'émission d'odeurs dans la STEP, on prévoit la ventilation, extraction et traitement de l'air viciée dans les suivants locaux et ouvrages de traitement :

- ✓ **Traitement préliminaire** (ouvrage d'entrée et réacteur biologique à graisse)
- ✓ **Traitement des boues** (Salle d'épaississement mécanique et déshydratation des boues, Salle de stockage des boues (bennes) et Citerne (toutes eaux).

En tenant compte de la localisation des zones à désodoriser, on prévoit deux réseaux d'extraction, une pour la zone de l'ouvrage de l'entrée et une autre pour la zone de traitement et stockage des boues.

L'air vicié, extrait de chacune de ces zones, est traité dans une unité de désodorisation par voie chimique, en deux étapes.

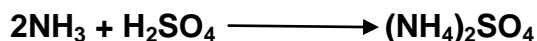
2. Désodorisation par lavage chimique

Du à la nature des produits traités, une station d'épuration est, naturellement, une source d'odeurs. Ces odeurs ont leurs origines dans les gaz ou vapeur émanées de certains produits contenus dans les eaux usées, ou provenant des transformations effectuées au long du traitement.

L'unité de traitement d'air est constituée de deux tours de lavage, disposées en série, une de lavage acide (H₂SO₄) et une autre de lavage basique et oxydante (NaOH + NaOCl), de flux air/solution de lavage en contre courant.

- La première tour –tour de lavage acide- fonctionne avec des valeurs de pH entre 3 et 4, obtenues à partir de l'injection d'acide sulfurique et élimine les composés azotés (ammoniacque et amines).

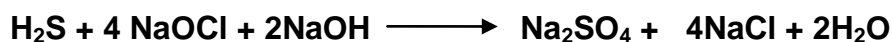
Les principales réactions qui apparaissent – neutralisation d'ammoniacque et metilamines par l'acide sulfurique – sont les suivantes :



- La deuxième tour – tour basique et oxydante – élimine, en ambiance basique et dans la présence de chlore, tous les composés de soufre (H₂S, RSH...). Fonctionne à pH = 11, au moyen de l'addition d'hydroxyde de soude (NaOH) et d'hypochlorite de soude (NaOCl), et élimine fondamentalement le sulfure d'hydrogène (H₂S) et les mercaptans (RSH).

Les principales réactions qui se produisent sont :

- ❖ Neutralisation du sulfure d'hydrogène et du metilmercaptan par l'hypochlorite de soude :



- ❖ Neutralisation des acides organiques et de l'acide sulfurique formé par l'hydroxyde de soude (soude caustique) :

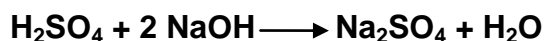
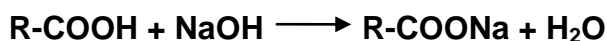




Figure 13: filière de traitement des odeurs de la gauche à droite: Tour de lavage acide, basique, citernes de stockage de javel, acide sulfurique et soude.

CHAPITRE III:

Paramètre d'exploitation et de surveillance de la STEP

Dans ce chapitre sont exposées les différentes techniques et protocoles d'analyses utilisées pour répondre aux objectifs fixés. Une analyse chimique la plus large possible a été menée relative à : L'azote total, les nitrates, l'azote ammoniacal, le phosphore total, la demande chimique en oxygène, la demande biochimique en oxygène..., afin de donner une carte d'identité ou une idée plus ou moins sur les eaux traitées.

Tableau 4: Caractéristiques des eaux usées Marocaine

Paramètres	Eaux concentrées	Domaine habituel	Eaux diluées
DCO totale(mg O ₂ /L) ⁽¹⁾	≥ 0001	500 – 800	≤ 005
DBO5 totale (mg O ₂ /L) ⁽¹⁾	≥004	200 – 400	≤002
MES (mg/L) ⁽²⁾	≥005	250 - 500	≤052
NTK (mg N/L) ⁽³⁾	≥08	40 – 80	≤04
P _T (mg P/L)	≥61	août-16	≤ 8
Coliformes Totaux (nb/100 ml)	≥01 ⁸	10 ⁷ - 10 ⁸	≤01 ⁷

(1) : dont 60 à 70 % sous forme dissoute.
(2) : dont 70 % de matières organiques et 30 % de matières minérales.
(3) : dont 40 à 60 % sous forme d'N-NH₄.

Les matériels de laboratoire :

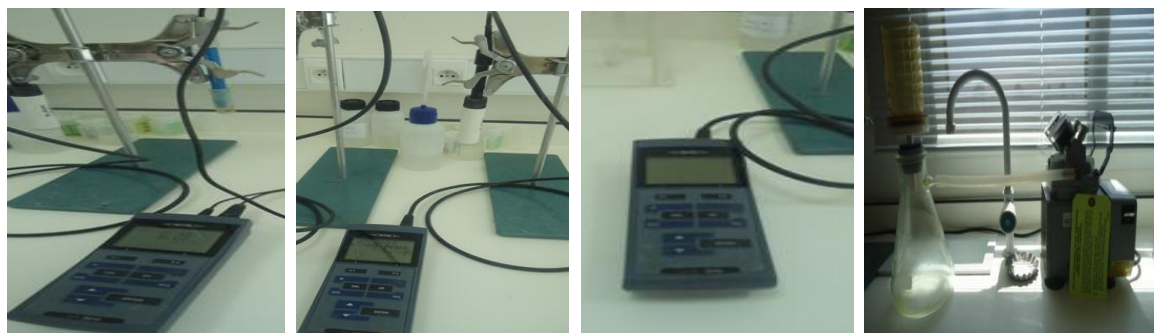


Figure 14: pH-mètre, Oximètre, Conductivimètre et pompe à vide avec fiole à vide pour filtration



Figure 15: étuve séchoir et incubateur pour DBO



Figure 16: Balance de précision et dessiccateur



Figure 17: minéralisateur et spectrophotomètre UV-Visible



Figure 18:incubateur pour milieu de culture et Haute d'aspiration contenant un four moufle

1. Échantillonnage

Les prélèvements des échantillons sont faits grâce à des préleveurs automatiques à l'entrée et à la sortie de la station.

Les échantillonneurs automatiques sont programmés pour collecter un volume donné d'échantillon en fonction du débit. Après 24 heures, le volume total d'échantillon est bien homogénéisé avant de ramener le volume nécessaire pour effectuer l'analyse au laboratoire.

Au niveau des réacteurs biologiques, les échantillons sont prélevés d'une façon ponctuelle.



Figure 19: échantillons pour analyses

2. Surveillance de la qualité des eaux usées

a) La température:

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc [3].

Mode opératoire :

La température est mesurée à l'aide d'une sonde de température avec pH-mètre ou autre appareil.

b) Le potentiel d'hydrogène (pH):

La mesure électrique, quoique délicate, peut seule donner une valeur exacte car elle est indépendante du potentiel d'oxydoréduction, de la couleur du milieu, ou de la turbidité et des matières colloïdales [3].

Mode opératoire :

Le pH est également mesuré, in situ, à l'aide d'un pH -mètre portatif de type WTW pH-330.

c) Conductivité:

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. Cette mesure permet d'évaluer le degré de minéralisation d'une eau. La conductivité est l'inverse de la résistivité électrique et dépend de la température. L'unité de conductivité est $\mu\text{S}/\text{cm}$,

Mode opératoire :

La conductivité est mesurée, in situ, à l'aide d'un conductimètre de type WTW cond-340 i.

d) Oxygène dissous:

La concentration en oxygène dans une eau usée dépend de plusieurs facteurs particulièrement la température. Il provient soit des échanges air-eau, soit de la photosynthèse des végétaux autotrophes et consommé lors de la respiration des animaux et végétaux présents dans l'eau ou de la décomposition de la matière organique par les microorganismes.

Mode opératoire :

L'oxygène dissous de l'eau a été mesuré, in situ, à l'aide d'un oxy-mètre portatif de type WTW Oxy-330.

e) Matières en suspension:

Les matières en suspension sont déterminées selon la technique de filtration.

Leurs effets sur les caractéristiques physicochimiques de l'eau sont très néfastes et se traduisent par la modification de la turbidité des eaux et la réduction de la pénétration de la lumière mettant en péril la photosynthèse et par la suite entravent la réoxygénation des milieux aquatiques. Elles s'expriment en mg/l.

Mode opératoire :

Avant de filtrer les échantillons, il faut d'abord préparer les filtres.

Préparation des filtres :mettez le filtre dans l'appareil de filtration, à condition que la partie lisse soit en bas ,rincez avec de l'ED, puis filtrer l'échantillon sécher les filtres à l'étuve pendant 2h à 103-105°C, laisser refroidir dans le dessiccateur, peser le filtre en notant la valeur P₁. Après une préparation de filtre, mettre-le dans l'appareil de filtration, filtrer l'échantillon après avoir l'homogénéiser, retirer soigneusement le filtre et le sécher à l'étuve pendant 2h à 103-105°C; laisser refroidir dans le dessiccateur, peser le filtre en notant la valeur P₂.

$$MES (mg/l) = ((P_2 - P_1) \times 10^6) / V_E$$

Avec : P₁ = poids initial du filtre (g)

P₂ = poids final de filtre (g)

V_E = volume d'échantillon (ml)

Après une détermination des MES, entrer les filtres dans le four à moufle pendant 15min à 555°C; laisser les filtres refroidir jusqu'au 200°C, insérer les dans le dessiccateur et finalement peser les filtres en notant P₃.

$$MVS (mg/l) = ((P_2 - P_3) \times 10^6) / V_E$$

Avec: P2 = poids du filtre + échantillon après séchage à l'étuve (g)

P3 = poids du filtre + échantillon après calcination (g)

V_E = volume d'échantillon filtré (ml)

f) La demande biochimique en oxygène (DBO5) :

Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie.

La demande biochimique en oxygène (DBO5) est définie comme la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, c'est-à-dire après incubation durant 5 jours, à 20°C et dans l'obscurité, par certaines matières présentes dans l'eau, principalement pour assurer leur dégradation par voie biologique. La mesure de la quantité d'oxygène consommée est suivie dans une solutionensemencée ou non [3].

Tableau 5: volumes d'échantillon incubé

<i>Volume d'échantillon (ml)</i>	<i>Intervalle de DBO5</i>	<i>Facteur</i>
432	0 - 40	1
365	0 - 80	2
250	0 - 200	5
164	0 - 400	10
97	0 - 800	20
43.5	0 - 2000	50
22.7	0 - 4000	100

$$DBO5 = S \times F$$

Où: DBO5 : Demande Biochimique en oxygène en mg/L

S : valeur lue dans le système OxiTop en mg/L

F : facteur correspondant au volume d'échantillon utilisé

g) La demande chimique en oxygène (DCO):

La DCO correspond à la quantité d'oxygène (en milligramme) qui a été consommée par voie chimique pour oxyder l'ensemble des matières oxydables présentes dans un échantillon d'eau de 1 litre.

Mode opératoire :

Agiter le tube à essai, pour homogénéiser le mélange près à l'emploi, qui tend à former un précipité, pipeter 2 ml de l'échantillon dans la tube à essai, dans le cas de la gamme 25 à 1500 mg / L, agiter vigoureusement le flacon, pour assurer un mélange complet. Le tube devient brulant, mettre le tube dans le Thermoréacteur, à 148 ° C pendant 2 heures, laissez refroidir

pendant environ 10 minutes, puis agiter légèrement, laissez refroidir à température ambiante, mesurer l'échantillon dans le spectrophotomètre, le tube doit être propre.

DCO (mg / l) = valeur lue par le photomètre x facteur de dilution utilisé

h) Les matières phosphatées :

Le phosphore présent dans l'eau sous plusieurs formes : phosphates, polyphosphates, phosphore organique... ; les apports les plus importants proviennent des déjections humaines et animales, et surtout des produits de lavage. Agent d'eutrophisation gênant dans le milieu naturel [4].

Mode opératoire :

Pipeter 1ml d'échantillon dans le tube à essai; ajouter une dose du réactif P-1K, à l'aide du capuchon doseur, et agiter vigoureusement jusqu'à dissolution total du réactif; placer le tube dans Thermoréacteur, à 120 ° C pendant 30 minutes; laissez refroidir à température ambiante;

Ajouter 5 gouttes du réactif P-2K et agiter; Ajouter une dose du réactif P-3K, à l'aide du capuchon doseur bleu fournie dans le kit, et agiter vigoureusement jusqu'à dissolution total du réactif; Laisser reposer 5minutes (temps de réaction);

- Mesurer l'échantillon dans le photomètre.

PT (mg / l) = valeur lue par le photomètre x facteur de dilution utilisé

i) Les matières azotées :

L'azote présent dans l'eau peut être organique ou minéral. Le plus souvent, l'azote organique ne se trouve qu'à faibles concentrations dans l'eau. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrates, nitrites), il constitue la majeure partie de l'azote total [5].

$N \text{ total} = N (\text{NH}_4^+) + N (\text{organique}) + N (\text{NO}_2^-) + N (\text{NO}_3^-)$

"Azote Kjeldahl

"Azote oxydé"

Mode opératoire : l'analyse est assurée par des kits de 'Merck'

- analyse d'azote totale

Dans le tube d'haute gamme (10-150mg/L), introduire 1ml d'échantillon et 9 ml d'ED, pour le tube de basse gamme (0.5-15 mg/L), introduire 10ml d'échantillon.

Ajouter une micro-cuiller du réactif N-1K, et mélanger jusqu'à dissolution complète du produit; Ajouter 6 gouttes du réactif N-2K, boucher hermétiquement le tube, et mélanger. Placer le tube dans le thermoréacteur, à 120 ° C pendant 1 heure, laisser refroidir pendant 10 minutes, refroidir à température ambiante, pipeter 1 ml du surnageant de l'échantillon digéré dans le tube à essai, et ne pas agiter le tube, ajouter 1 ml du réactif N-3K et mélanger jusqu'à dissolution totale, laisser reposer le tube brulant pendant 10 minutes (temps de réaction).

Lire le résultat dans le photomètre.

$NT \text{ (mg / l)} = \text{valeur lue par le photomètre} \times \text{facteur de dilution utilisé}$

- analyse d'azote ammoniacal

Introduire 1 ml d'échantillon filtré dans un tube à essai, dans le cas de la gamme de 0,20 à 8,0 mg / L, ou 0.1 ml de l'échantillon filtré dans le cas de la gamme 4 – 80 mg / L;

- Ajouter une dose du réactif NH₄-1K, à l'aide du capuchon doseur fournie, et agiter vigoureusement jusqu'à dissolution total du réactif; Laisser reposer 15 minutes (temps de réaction) ;

- Mesurer l'échantillon dans le photomètre.

$NH_4\text{-N (mg / l)} = \text{valeur lue par le photomètre} \times \text{facteur de dilution utilisé}$

- analyse de nitrate

- Pipeter 5 ml d'acide NO₃-2K dans un tube à essai, ajoutez 1,5 ml d'échantillon et 1 µcuillère du réactif NO₃-1K, puis boucher le tube hermétiquement et agiter, laissez reposer le tube pendant 15 minutes;

- Mesurer l'échantillon dans le photomètre ;

$NO_3\text{-N (mg / l)} = \text{valeur lue par le photomètre} \times \text{facteur de dilution utilisé}$

j) Paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique de deux types de bactéries ; Coliformes fécaux et streptocoques fécaux connus comme témoins de pollution fécales.

Les coliformes fécaux sont des coliformes thermo-tolérants (= capables de se développer à 44 °C): sont donc des indicateurs d'une pollution fécale, Parmi les coliformes fécaux « Escherichia coli » est le meilleur indicateur d'une contamination fécale (= abondante dans les fèces humains)

Les Streptocoques fécaux : autre bactérie indicatrice d'une contamination fécale

La méthode de dénombrement par ensemencement en milieu de culture (Bouillon nutritive), consiste à rechercher, identifier et dénombrer les streptocoques fécaux il s'agit d'ensemencer une prise d'essai de l'échantillon (1ml) dans une série de 5 tubes de bouillon glucosé a l'azoture et d'incuber ensuite ces tubes pendant 48heures à 37°C. (L'azide de sodium permet d'inhiber la croissance des micro-organismes à Gram- et favorise les streptocoques fécaux).

CONCLUSION

Le projet d'assainissement du grand Nador a donné une nouvelle vie à la lagune de Mar-chica.

La STEP du Grand Nador a démontré des performances extraordinaires mais elle a nécessité un investissement de 270 000 000 ,00 DH pour une capacité nominal de traitement de 20600 mètres cubes par jours.

Traiter l'ensemble des eaux usées Marocaines avec les mêmes performances nécessitera un budget pharaonique qui dépasse largement les capacités d'un pays du tiers monde tel que le Maroc.

L'enjeu du Maroc sera donc dans la conception de station d'épuration avec des rendements satisfaisants et un cout d'investissement et d'exploitation raisonnables, en combinant plusieurs procédés afin d'aboutir à un modèle compatible avec le contexte socio-économique marocain.

Ainsi, j'ai effectué mon stage au sein de l'ONEP. Lors de ce stage de six semaines, j'ai pu mettre en pratique des connaissances théoriques qui étaient acquises durant ma formation, de plus, je me suis confronté aux difficultés réelles du monde du travail.

Après mon intégration dans l'équipe, j'ai eu l'occasion de réaliser plusieurs tâches qui ont constitué une mission de stage globale.

Je pense que cette expérience m'a offert une bonne formulation car il m'a permis d'élargir le champ des connaissances les enrichir par d'autres connaissances techniques et pratiques qu'on ne retrouve pas dans le milieu universitaire.

Bibliographie

[1] : Dégermont Gilbert, Suez, cultures libres (boues activées). 2015

[2] :Tosun-BAYRA KATAR, Ayse, industrie des procédés. 2011

[3] : Jean Rodier, Bernard LEGUBE, Nicole MERLET, L'analyse de l'eau. DUNOD. 2009

[4] :Boutoux, Elimination de l'azote et du phosphore dans un lagunage a haut rendement. Revue des sciences de l'eau. pp47. 1993

[5] : CHOUBERT, ANALYSE ET OPTIMISATION DE L'AZOTE PAR LES BOUES ACTIVEES A BASSE TEMPERATURE. 2002

RESUME

Le projet d'assainissement du grand Nador consiste à faire un traitement par boue activée des effluents du Grand Nador, ce traitement est un mode d'épuration par culture libre qui permet de dégrader la matière organique en suspension et dissoute

L'eau utilisée, dans les habitations doit être nettoyé avant d'être rejeté dans la nature. Les eaux usées provenant des habitations sont collectées dans le réseau, transportées vers des stations de pompage puis à la STEP.

Le prétraitement débute grâce au dégrillage, l'eau brute est débarrassés des éléments les plus volumineux, cette première étape consiste à retenir au travers des grilles, les éléments supérieur à 6mm.

Puis vient le dessablage les eaux usées sont débarrassés des sables qu'il contient, le sable tombe au fond du bassin par simple gravité via un barbotage de l'air. Au même temps le dégraissage a eu lieu, l'injection de l'air dans le bassin consiste à faire remonter les graisses à la surface, ils sont alors récupérés et éliminez dans une chaîne de traitement biologique des graisses.

Ensuite, le traitement biologique qui repose sur l'activité bactérien qui se nourrir de la matière organique encore présente dans l'eau, les eaux prévenant du traitement biologique vont être ensuite drainées vers un décanteur secondaire ou clarificateur, les particules solides les plus lourdes tombent au fond du bassin.

Un traitement tertiaire supplémentaire a lieu comme la désinfection par rayonnement UV, pour se débarrasser de la pollution microbienne.

L'eau épurée est alors prête à être rejeter dans le milieu naturel.

ABSTRACT

Morocco is experiencing a significant growth of its wastewater treatment facilities we take as an example the construction of several modern WTP activated as the WTP of Greater Nador, Marrakech, Fez and the Mediouna, but these new technologies is still dominated by experts and foreign specialists.

This work aims to be a beginning for sharing expertise and knowledge with students and interested people who do not have professional experience in the field. This thesis specifically addresses the WTP of Greater Nador, which is a biological treatment plant in four rectangular reactors, each divided into three cells with diffused aeration-type fine bubble, distributed in two rows treatment with joint recirculation designed for a population equivalent of 115,000 PE (60 g BOD).

The system also features biological nitrogen removal (nitrification / denitrification) in an anoxic zone in each reactor, and biological removal of phosphorus in an anaerobic zone in each reactor, the latter being assisted by chemical precipitation of phosphorous through ferric chloride injection.

The pretreatment comprises screening and grit removal / degreasing, showing that the fat extracted is processed within the own station through a biological reactor, activated in the standard rows of wastewater treatment sludge. All remaining waste will be deposited in the local landfill.

There is also the tertiary treatment and disinfection composed micro-straining UV radiation, a line of treatment with mechanical excess sludge thickening and dewatering by centrifugation and liming, and air treatment air (odor) of buildings (pretreatment and sludge treatment) chemical washing.

Keywords: activated sludge, biological nitrogen removal, biological removal of phosphorus, UV radiation

