

Université Mohamed khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil et d'Hydraulique
Référence :2017 / 2018

جامعة محمد خيضر- بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية و الري
المرجع 2018 /2017



Mémoire de Master
Spécialité :Hydraulique
Option : Hydraulique Urbaine
Thème :

**Performance épuratoire de la STEP de Sidi Khouiled
à Ouargla**

Etudiant:

.AZZOUNE Khalil

Encadreurs:

. Dr.REZEG Assia

Promotion: Juin 2018

DÉDICACE

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL :

**CETTE QU' M' A DONNÉE LA VIE, QUI M' A BERCÉE
ET A VEILLÉE DES NUITS, MA TRÈS CHER NUITS,
RÉUSSIR, MA TRÈS CHER MÈRE**

**CELUI QUI A CONSACRE SA VIE, ET QUI N' A
JAMAIS SUEY DIRE NON POUR SUBVENIR À MES
BESOINS, MON TRÈS CHER PÈRE.**

**MES QUATRE CHERS ZINA WAHIBA BOUTHINA
ABARAEM**

**MES TRÈS CHERS FRÈRES RAFIK AYMEN
ABDNOUR**

**TOUS MES AMIS QUE J' AI CONNUS ET QU' UNE
SIMPLE DÉDICACE NE PEUT CONTENIR MAIS
LEURS NOMS RESTENT GRAVÉS DANS MON CŒUR.**

**TOUS MES ENSEIGNANTS MES AU COURS DE
ANNÉES D'ÉTUDE.**

Remerciements

Au terme de ce mémoire, je remercie Dieu nous a donné la force pour mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à remercier tous les enseignants du département d'hydraulique qui ont participé à mon formation au cours de toutes nos années d'étude, et particulièrement à mu encadreur

« Dr . Rezeg Assia » pour ses conseils et ses consultation à mon projet.

Je tiens à exprimer mon remerciement les plus sincères aux membres du jury qui ont accepté de juger notre travail .

Sans oublier de remercier intensivement tous mes amis de m'avoir soutenu et supporté tout au long de ce cheminement

Résumé :

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité des eaux usées brutes et épurées dans la station d'épuration Sidi Khouiled dans la région d'Ouargla. Le principe d'épuration dans cette station se base sur un traitement biologique extensif de lagunage aéré.

Le pouvoir épuratoire de la STEP s'annonce plus performant à l'élimination de la matière organique mesurée en termes de DBO₅ comparativement à l'élimination de la matière organique mesurée en termes de DCO. Les pourcentages d'abattement ont variés entre 72.22 % à 96.05% dans le cas de la DBO₅ et entre 67.45% à 84.6% pour la DCO. La moyenne des concentrations résiduelles de la matière organique exprimé en DBO₅ (28.42mgO₂/l) obtenue après traitement obéit à la norme de rejet (35 mgO₂/l).

La densité plus ou moins élevée d'algues notamment dans la lagune de finition aurait une répercussion directe sur l'abattement relativement limitée des matières en suspension (rendement moyen : 45.23 %).

ملخص :

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم نوعية المياه العادمة الخام والنقية في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في سيدي خويلد في منطقة ورقلة . ويستند مبدأ تنقية في هذه المحطة على العلاج البيولوجي واسعة من البحيرات الهوائية. من المتوقع أن تكون الطاقة النظيفة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي أكثر كفاءة في إزالة المادة العضوية المقاسة من حيث DBO₅ مقارنة بإزالة المادة العضوية المقاسة من حيث DCO تراوحت نسب التخفيض من 72.22% إلى 96.05% لـ DBO₅ وبين 67.45% إلى 84.6% لـ DCO . إن متوسط تركيزات المادة العضوية المتبقية في DBO₅ (28.42mgO₂/l) بعد المعالجة يطبع معيار التفريغ (35mgO₂/l) .

إن الكثافة العالية أو الدنيا للطحالب ، خاصة في البحيرة ، سيكون لها تأثير مباشر على التخفيف المحدود نسبياً للمواد الصلبة العالقة (متوسط العائد: 45.23 %)

Liste des figures

Liste des figures	Titre	Page
Figure 1	Synoptique d'une station d'épuration comportant un lit bactérien	12
Figure 2	Synoptique d'une station d'épuration comportant un disque biologique	12
Figure 3	Schéma "classique" d'une station de traitement des eaux usées par boues activées	13
Figure 4	Cycles biologiques d'une lagune	14
Figure 5	Schéma de la station d'épuration de Sidi Khouiled	20
Figure 6	Dégrillage de la station d'épuration de Sidi Khouiled	23
Figure 7	Dessablage	24
Figure 8	Classificateur de sable	24
Figure 9	Lagune aéré	26
Figure 10	Bassin de finition	26
Figure 11	Les lits de séchage	29
Figure 12	pH- mètre	30
Figure 13	Oxymètre	31
Figure 14	Conductimètre	32
Figure 15	Les différents appareils de détermination des matières en suspension (MES)	33
Figure 16	Appareils et réactifs pour la détermination de la DCO	34

Liste des figures

Figure 17	Appareils de mesure de la DBO5	36
Figure 18	Débits en m ³ /j à l'entrée de la STEP de Sidi Khouiled	37
Figure 19	Variations des moyennes mensuelles de la température de l'eau usée brute et épurée	38
Figure 20	Moyennes mensuelles du pH pendant la période d'étude	39
Figure 21	Variations des moyennes mensuelles de la conductivité	40
Figure 22	Evolution des O ₂ dissous (mg/l) dans les eaux usées brutes et épurées	41
Figure 23	Variations des moyennes mensuelles des MES dans les eaux brutes et épurées	42
Figure 24	Variations des moyennes mensuelles de la DCO à l'entrée et à la sortie la STEP	43
Figure 25	Evolution de la DBO5 dans les eaux usées brutes et épurées	45
Figure 26	Variations des moyennes mensuelles de nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP	46
Figure 27	Variations des moyennes mensuelles de nitrites à l'entrée et à la sortie de la STEP	47
Figure 28	Evolution des PO ₄ ⁻³ dans les eaux usées brutes et épurées	48

Liste des tableaux

Liste des tableaux	Titre	Page
Tableau 1	Normes de rejets internationales.	7
Tableau 2	Normes algérienne de rejet des eaux usées.	8
Tableau 3	Charges hydrauliques et paramètres de pollution pour le dimensionnement de la STEP	21
Tableau 4	Caractéristiques du poste de relevage	22
Tableau 5	Caractéristiques géométriques de dégrilleur automatique	23
Tableau 6	Caractéristiques géométriques du dessableur	25
Tableau 7	Caractéristiques des lagunes aérées	27
Tableau 8	Lagune de finition	28
Tableau 9	Volume d'échantillon d'après la DCO	35
Tableau 10	Normes de rejet des eaux usées en Algérie (JORA, 2006)	37
Tableau 11	Moyennes mensuelles des MES dans les eaux brutes et épurées	42
Tableau 12	Variations des moyennes mensuelles de la DCO dans l'eau usée brute et épurée	44
Tableau 13	Variations des moyennes mensuelles de la DBO5 dans l'eau usée brute et épurée	45

SOMMAIRE

Introduction générale	1
chapitre I : LES EAUX USEES ET LEUR EPURATION	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Définition et origines des eaux usées.....	2
I.3 Caractéristiques des eaux usées	3
I.3.1 Oxygène dissous.....	3
I.3.2 Potentiel hydrogène (pH)	3
I.3.3 Conductivité.....	4
I.3.4 Turbidité.....	4
I.3.5 Température.....	4
I.3.6 Les matières particulaires.....	4
I.3.7 Demande chimique en oxygène (DCO)	5
I.3.8 Demande biologique en oxygène (DBO5)	5
I.3.9 Carbone organique total (COT)	5
I.3.10 Les matières azotées	6
I.3.11 Les matières phosphorées	6
I.3.12 Les microorganismes	7
I.4 Normes de rejet	7
I.5 Epuration des eaux usées	9
I. 5.1 Les prétraitements.....	9
1. Dégrillage.....	9
2. Dessablage.....	10
3. Déshuilage et dégraissage.....	10
I. 5.2 Traitement primaire.....	10
I. 5.3 Traitement secondaire	11
I. 5.3.1 Traitement intensif	11
1. Lit bactérien	11
2. Disques biologiques	12
3. Boues activées.....	13
I. 5.3.2 Traitement extensif	14
1. Lagunage naturel.....	15
2. Lagunage aéré	15

SOMMAIRE

I. 5.4 Clarification.....	15
I. 5.5 Traitement des boues	16
I. 5.6 Traitement tertiaire.....	16
I. 5.6.1 Elimination de l'azote.....	17
I. 5.6.2 Elimination du phosphore.....	17
I. 5.6.3 Désinfection.....	17
I.6 Conclusion.....	18
CHPITRE II : DESCRIPTION DE LA STEP SIDI KHOULED	
II.1 Introduction.	19
II. 2 Présentation de la STEP Sidi Khouiled.....	19
II.3 Etapes de traitement dans la STEP Sidi khouiled.....	22
II.3.1 Prétraitement	22
1) Dégrilleur	22
2) Dessablage.....	23
II.3.2 Traitement secondaire	25
II.3.3 Lits de séchage.....	28
II.4 Conclusion	29
CHAPITRE III : SUIVI DE L'EPURATION DES EAUX	
III.1 Introduction.....	30
III.2 Méthodes d'analyses des eaux brutes et épurées.....	30
1) Mesure du PH.....	30
2) Détermination de l'O ₂ dissous.....	31
3) Détermination de la conductivité électrique	31
4) Matières en suspension (M.E.S).....	32
5) Demande chimique en oxygène (D.C.O).....	34
6) Demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	35
7) Nitrates et Nitrites	36
8) Orthophosphates. PO ₄ ⁻³	36
III.3 Evolution des paramètres de pollution des eaux brutes et épurées	37
III.3.1 débit	37
III.3.2 La température	38
III.3.3 Potentiel hydrogène (pH)	39

SOMMAIRE

III.3.4 La conductivité	40
III.3.4 L'oxygène dissous(O ₂).....	41
III.3.5 Matières en suspension (MES)	41
III.3.6 Demande chimique en oxygène (DCO)	43
III. 3.7 Demande biologique en oxygène (DBO5).....	44
III.3.8 Nitrates et nitrites	46
II.3.9 Orthophosphates PO ₄	47
III.4 Conclusion	48
CONCLUSION GENERALRE	50
<i>Références Bibliographique</i>	51

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

Devant les besoins en eau douce qui ne cessent de croître et vu l'impossibilité de se contenter seulement des ressources naturelles conventionnelles, la recherche de moyens d'épuration adéquats et la réutilisation des effluents d'eaux usées traitées est devenue une option attrayante et une alternative incontournable afin de mobiliser de plus importants volumes d'eau et satisfaire ainsi la demande de plus en plus croissante, particulièrement, dans les pays arides et semi arides.

Par ailleurs, les composants des eaux usées (agents pathogènes, sels, métaux, composés organiques toxiques,.....) présentent des risques pour l'environnement et peuvent nuire à la santé publique (**OMS, 2013**). Le traitement de ces rejets s'avère indispensable afin de lutter contre leurs effets nocifs. Différentes techniques de traitement sont utilisées qu'elles soient biologiques (lagunage naturel ou aéré, boues activées ou lits bactériens), physico chimiques (la coagulation-floculation, la précipitation ou l'oxydation) ou membranaires (l'osmose inverse, la nano filtration ou l'électrodialyse) (**Degrémont, 2005**).

D'après un rapport publié par l'Office National d'Assainissement (**ONA**) en 2017, l'Algérie compte 137 stations d'épuration qui produisent un volume de 15 millions de mètres cubes d'eaux usées épurées. Toutefois ce volume reste très réduit par rapport aux grandes quantités d'eaux usées produites et qui sont toujours déversées dans les différents milieux naturels (**Dafri, 2008**).

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène. Dans la région d'Ouargla, l'épuration des effluents générés par la commune de Sidi Khouiled s'effectue à partir d'une station d'épuration de lagunage aéré.

Ce travail évalue les performances épuratoires de la technique du lagunage aéré appliquée à la station d'épuration de Sidi Khouiled. Pour ce faire, nous avons étudié les paramètres globaux de la pollution des eaux brutes et épurées de la station.

L'étude se présente en trois chapitres dont le premier expose essentiellement les caractéristiques des eaux usées et passe en revue les divers procédés d'épuration biologique. Le deuxième chapitre donne une brève description de la station d'épuration de Sidi Khouiled. Le dernier chapitre est consacré à la présentation des méthodes analytiques d'une part et à la discussion des paramètres qui contrôlent la pollution des eaux usées d'autre part.

CHAPITRE I :

LES EAUX USEES ET LEUR EPURATION

I.1 Introduction

Les eaux usées sont considérées comme polluées et doivent être traitées. Ces eaux comportent généralement un mélange de matières polluantes, dispersées ou dissoutes.

Une station d'épuration permet de traiter les eaux usées de différentes origines. Son objectif est de collecter et traiter les eaux avant leur rejet dans le milieu naturel ce qui permettra de protéger l'environnement. L'épuration consiste à retirer les déchets, les huiles et les matières sableuses qui chargent les eaux usées, ainsi que de dégrader les différents polluants d'origine naturelle ou synthétique.

Ce chapitre présente les caractéristiques de la pollution d'une eau usée comme il donne l'ensemble de techniques usuelles adoptées dans une station d'épuration.

I.2 Définition et origines des eaux usées

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est définie comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines.

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine...ect.) et les eaux vannes (urines et matières fécales) (**Ladjel, 2006 ; Baumontet al.,2004**).

Par ailleurs, les eaux de pluie ne sont pas exemptes de pollution : au contact de l'air, elles se chargent d'impuretés comme les fumées industrielles et les résidus de pesticides. En ruisselant, les eaux pluviales se chargent également des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus, métaux lourds...) (**Desjardins, 1997**).

D'autre part, tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales. Ces eaux sont d'une grande variété et peuvent être toxiques pour la vie aquatique, ou pour l'homme. Les eaux résiduaires sont celles qui ont

CHAPITRE I : LES EAUX USEES ET LEUR EPURATION

été utilisées dans des circuits de réfrigération, qui ont servi à nettoyer ou laver des appareils, des machines, des installations, des matières premières ou des produits d'une usine, elles peuvent contenir des substances chimiques utilisées au cours des fabrications. Les liquides résiduels sont des liquides résultant des fabrications ; c'est le cas des solutions de produits chimiques, des solutions de sous-produits, ou le cas des liquides acides provenant de la vidange des cuves de décapage des métaux (**Edline, 1979**).

L'origine agricole des eaux usées découlent des effluents en provenance des terres cultivées après lessivages et ruissellement. Ces eaux sont riches en éléments fertilisants (azote et phosphore) et en polluants organiques (pesticides). Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage de terres perméables. Ces composés minéraux favorisent la prolifération des algues (phénomène d'eutrophisation) qui en abaissant la teneur en oxygène des eaux courantes, compromettent la vie des poissons et des animaux aquatiques.
- Apport des pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants et d'insecticides
- En région viticole, apport de sulfates de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection des vignes (**Richard, 1996**).

I.3 Caractéristiques des eaux usées

I.3.1 Oxygène dissous

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau ne dépasse rarement 10 mg/l. Elle est fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l (**Ladjel, 2006**).

I.3.2 Potentiel hydrogène (pH)

Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. Les eaux usées domestiques sont généralement neutres ou basiques, de (6 à 9), donc elle n'influe pas sur le pH de milieu récepteur mais les affluents industriels constituent un facteur très important dans la modification de la valeur de pH (**Rodier, 1996**).

I.3.3 Conductivité

Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (**Rejsek, 2002**).

I.3.4 Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organiques ou minérale (**Rejsek, 2005**).

I.3.5 Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, en effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Elle agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau (**Rodier et al., 1996**).

I.3.6 Les matières particulaires

Lapollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10 μ m, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). Ces matières en suspension représentent l'un des paramètres globaux de pollution les plus facilement perceptibles mais l'un des plus difficilement mesurables en continu.

Cette pollution particulaire et de nature organique (fragments d'aliments ou résidus de digestion) ou de nature minérale (sable ou argile). Son rejet dans le milieu naturel réduit la limpidité de ce milieu, limitant la vie des organismes photosynthétique et entraînant des dépôts qui peuvent perturber la vie benthique et créer un engorgement du cours d'eau.

La pollution particulaire est appréciée par la détermination de la concentration en MES de l'eau. Il existe deux grands types de mesure de détermination des MES (**Grosclaude, 1999**):

CHAPITRE I : LES EAUX USEES ET LEUR EPURATION

- La méthode gravimétrique résultant d'une séparation physique des MES de l'eau par filtration ou centrifugation ;
- Les méthodes optiques qui mesurent l'absorption ou la réfraction d'un rayonnement lumineux. Cette détermination est réalisée par turbidimétrie.

I.3.7 Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène, ou DCO est l'un des paramètres de la qualité d'une eau. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toute la matière organique contenue dans une eau. Cette valeur est obtenue en faisant réagir des échantillons d'eau avec un oxydant puissant (le bichromate de potassium) et s'exprime en milligramme d'oxygène par litre d'eau (**Rodier, 2005**).

I.3.8 Demande biologique en oxygène (DBO5)

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentes dans les eaux usées par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées (**Xanthoulis, 1993**).

I.3.9 Carbone organique total (COT)

Certaines matières organiques échappent à ces mesures ; dans ce cas, le dosage du COT est mieux adapté. Il est indépendant de l'état d'oxydation de la matière organique et ne mesure pas les éléments inorganiques tels que l'azote et l'hydrogène qui peuvent être pris en compte par la DCO et la DBO.

La détermination porte sur les composés organiques fixés ou volatils, naturels ou synthétiques, présents dans les eaux résiduaires (celluloses, sucres, huiles, etc.). Suivant que l'eau a été préalablement filtrée ou non, on obtiendra le carbone dissous (DCO) ou le carbone organique total (COT). (**Tarmoul, 2007**).

CHAPITRE I : LES EAUX USEES ET LEUR EPURATION

I.3.10 Les matières azotées

Ce sont des matières organiques et minérales contenant des atomes d'azote. A l'entrée des stations d'épuration l'azote est présent sous forme réduite : sous forme organique (N org.), et sous forme d'ions ammonium (N-NH₄). Les formes oxydées de l'azote (NO₃⁻ et NO₂⁻) pourront apparaître, au cours du traitement biologique aérobie, au niveau de la station d'épuration (**Degrémont, 1978 ;Rejsek, 2002**).

Les nuisances de cette pollution azotée sont nombreuses et variées. Les rejets d'azote ammoniacal dans le milieu récepteur s'accompagnent d'une consommation de l'oxygène dissous due au processus de nitrification (4,3mg O₂/ mg de N-NH₄ nitrifié). Si le pH du milieu récepteur est élevé, l'ion ammonium se transforme en gaz ammoniac dissous (NH₃), très toxique pour les poissons, comme l'est également l'ion nitrite (NO₂⁻). L'azote ammoniacal et l'azote nitrique contribuent à l'eutrophisation du milieu récepteur.

Les formes ammoniacales (NH₄⁺), nitreuse et nitrique (NO₃⁻) sont déterminées par des analyses spécifiques, soit par des méthodes colorimétriques, soit par des méthodes chromatographie ionique ou en flux. L'azote organique ne peut être déterminé de manière isolée mais le sera avec l'azote ammoniacal sous la forme de l'azote Kjeldahl (NK).

A partir de ces dosages, on déterminera l'azote global NGL (**Rejsek, 2002**):

$$NGL = NK + N\text{-}NO_2^- + N\text{-}NO_3^-$$

Cette valeur prend en compte la totalité des formes azotée dissoutes ramenées à leur teneur en azote.

I.3.11 Les matières phosphorées

Ce sont des matières organiques et minérales possédant des atomes de phosphore. Elles ont deux origines principales, à peu près équivalentes : le métabolisme humain et les détergents.

Le rejet de phosphore dans le milieu récepteur est une cause essentielle de son eutrophisation.

Le phosphore est dosé sous forme d'ions orthophosphate par des méthodes colorimétrique. La minéralisation préalable de l'échantillon permet de transformer l'ensemble des formes du phosphore en orthophosphates (**Rodier, 2005**).

CHAPITRE I : LES EAUX USEES ET LEUR EPURATION

I.3.12 Les microorganismes

Ils proviennent essentiellement des matières fécales. *Escherichia coli* représente, au plan quantitatif, le principal germe de cette catégorie et les entérocoques occupent la deuxième place. Cependant, ces bactéries commensales du tube digestif peuvent être accompagnées de microorganismes pathogènes.

La présence de ces microorganismes dans les eaux usées et les boues résiduelles nécessite des règles sanitaires lors de leur traitement de leur élimination. En particulier, lorsque le rejet se fait à proximité d'une zone conchylicole, d'une zone de baignade ou d'une prise d'eau potable, il est nécessaire d'effectuer une désinfection (Rejsek, 2002).

I.4 Normes de rejet

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi (CSHPF, 1995). Le tableau 1 représente les normes pour les eaux usées internationales selon l'organisation mondiale tandis que le tableau 2 regroupe les normes algériennes

Tableau 1. Normes de rejets internationales

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6,5-8,5
DBO5	<30 mg/l
DCO	<90 mg/l
MES	<20 mg/l
NH+4	<0,5 mg/l
NO2	1 mg/l
NO3	<1 mg/l
P2O5	<2 mg/l
Température T	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

CHAPITRE I : LES EAUX USEES ET LEUR EPURATION

Tableau 2. Normes algérienne de rejet des eaux usées (JORA, 2006)

PARAMETRES	VALEURS LIMITES	UNITES
Température	30	C°
pH	5,5 à 8,5	-
MES	30	mg /l
DBO5	40	mg/l
DCO	120	mg/l
Azote kjeldahl	40	mg/l
Phosphates	02	mg/l
Phosphore total	10	mg/l
Cyanures	0,1	mg/l
Aluminium	05	mg/l
Cadmium	0.2	mg/l
Fer	05	mg/l
Manganèse	01	mg/l
Mercure total	0.001	mg/l
Nickel total	05	mg/l
Plomb total	01	mg/l
Cuivre total	03	mg/l
Zinc total	05	mg/l
Huiles et Grasses	20	mg/l
Hydrocarbures totaux	20	mg /l
Indice phénols	0,3	mg/l
Fluor et composés	15	mg/l
Etain total	02	mg/l
Composés organiques	05	mg/l
Chrome total	0,5	mg/l
(*)Chrome III+	03	mg/l
(*)Chrome VI+	0.1	mg/l
(*)Solvants organiques	20	mg/l
(*)Chlore actif	1,0	mg/l
(*)PCB	0,001	mg/l
(*)Détergents	2	mg/l
(*)Tensioactifs anioniques	10	mg/l

I.5 Epuration des eaux usées

Une station d'épuration comprend obligatoirement deux filières de traitement, la filière eau et la filière boue. Les résidus générés de cette dernière, sont traités et déshydratés avant leur évacuation.

Dans la filière eau, l'eau est débarrassée de différents polluants avant son rejet dans le milieu naturel. Cette filière comprend généralement (Gaid, 1984 ; Joseph *et al.*, 2002):

- Un prétraitement.
- Un traitement primaire.
- Un traitement secondaire.
- La clarification (décantation secondaire)
- Un traitement tertiaire et il 'agit d'un traitement complémentaire ou « affinage » dans le but, soit d'une réutilisation à des fins industrielles ou agricoles, soit de la protection du milieu récepteur pour des usages spécifiques.

I. 5.1 Les prétraitements

Les prétraitements constituent l'ensemble des opérations physique et mécanique: dégrillage, dessablage et dégraissage-déshuilage. Ils dépendent de la nature et des caractéristiques des rejets industriels et de la ligne d'épuration prévue en aval (Chelle et Dellale,2005)

1. Dégrillage

Il permet de filtrer les objets ou les détritres les plus grossiers véhiculés par les eaux usées. Son principe consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontal. Le choix d'espacement des barreaux de la grille est défini par la taille et la nature des déchets acceptés par la STEP. Plus communément, l'espacement des barreaux est de 2,0 à 2,50 cm pour un dégrilleur mécanique et 3 à 4 cm pour un dégrilleur manuel (Joseph et Rakha,2002).

La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s. Les déchets récupérés sont compactés afin de réduire leur volume puis stockés dans une benne avant d'être envoyés vers une filière de traitement adapté.

2. Dessablage

Les matières minérales grossières en suspension tels que les sables et les graviers, dont la vitesse de chute est inférieure à 0,3 m/s, susceptibles d'endommager les installations en aval, vont se déposer au fond d'un dessableur par décantation. **(Joseph et Rakha, 2002)**

3. Déshuilage et dégraissage

Le déshuilage est une extraction liquide-liquide tandis que le dégraissage est une extraction solide-liquide. On peut considérer que le déshuilage dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de nature très diverses (huiles, hydrocarbures, graisses...). Elles peuvent former une émulsion stable entretenue par le brassage de l'eau ou constituer une phase indépendante non émulsionnée.

Le déshuilage complet nécessite en fait un traitement en deux stades:

- Pré-déshuilage, s'effectue par opération physique gravitaire sans adjonction de réactifs. Il se réalise par flottation naturelle des vésicules huileuses émulsionnées. Il est accompli dans différents types d'appareils: déshuileurs longitudinaux conventionnels, à plaques parallèles et circulaires raclés.
- Déshuilage final, il s'agit d'une flottation par air dissous où les bulles d'air augmentent la vitesse de remontée des particules grasses et des huiles lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées **(Camille et Virgine, 2005)**

I. 5.2 Traitement primaire

Le processus principal du traitement primaire est la décantation qui est réalisée par les forces de gravitation. La décantation s'effectue dans des ouvrages qui peuvent être rectangulaire et circulaire. La vitesse lente de l'eau permet le dépôt de matières en suspension constituant ainsi les boues primaires fraîches **(Desjardins, 1990)**.

La décantation est un procédé utilisé pratiquement dans toutes les usines de traitement des eaux et elle a pour but **(Ouali, 2001)** :

- de retenir une fraction importante de la pollution organique ;
- d'alléger la charge de traitement biologique ultérieur ;

- de réduire les risques de colmatage des systèmes de traitement biologique par culture fixée (lit bactériens, disque biologique,...).

I. 5 3 Traitement secondaire

I. 5. 3.1 Traitement intensif

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. Trois grands types de procédés sont utilisés :

- les lits bactériens et disques biologiques
- les boues activées
- les techniques de bio-filtration ou filtration biologique accélérée

1. Lit bactérien

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs (figure 1).

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux (**Satin et Selmi, 1999**).

CHAPITRE I : LES EAUX USEES ET LEUR EPURATION

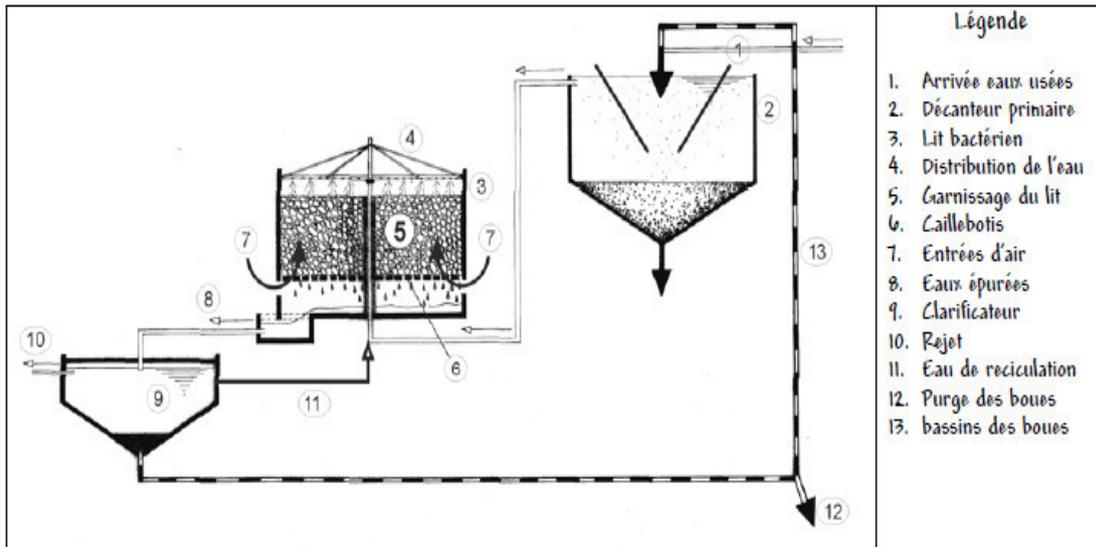


Figure 1 : Synoptique d'une station d'épuration comportant un lit bactérien

2. Disques biologiques

Une autre technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants. Les micro-organismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi-immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée.

Il convient, sur ce type d'installation, de s'assurer :

- de la fiabilité mécanique de l'armature (entraînement à démarrage progressif, bonne fixation du support sur l'axe),
- du dimensionnement de la surface des disques (celui-ci doit être réalisé avec des marges de sécurité importantes)

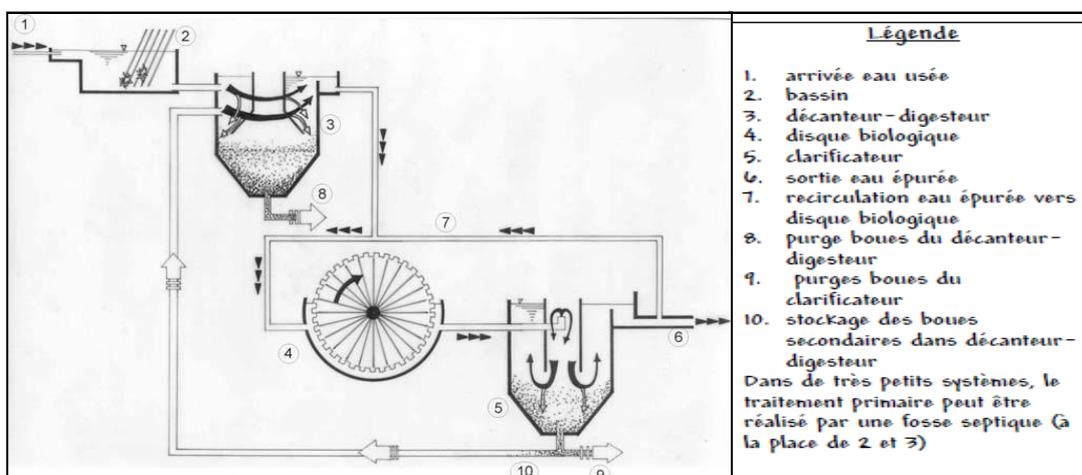


Figure 2 : Synoptique d'une station d'épuration comportant un disque biologique

CHAPITRE I : LES EAUX USEES ET LEUR EPURATION

3. Boues activées

Le procédé à boues activées repose sur la constatation suivante: une eau d'égout aérée permet le développement rapide d'une flore bactérienne capable de dégrader des matières organiques polluantes.

Ce procédé consiste donc en un réacteur biologique aérobie où les micro-organismes flottent librement dans un liquide aéré, sous forme de petit amas appelés Bioflocs(Edeline,1992).

Les bactéries sont dispersées sous forme de boues activées dans un bassin brassé et aéré. Le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des floccs bactériens et de l'aération peut se faire naturellement à partir de l'oxygène de l'air ou de l'oxygène injecté dans le mélange permettant de fournir aux bactéries leurs besoins respiratoires (bactéries)

La séparation des deux phases liquide et solide se fait dans un décanteur secondaire. Les boues sont recyclées dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices. L'excédent est extrait du système et évacué vers le traitement des boues. Le développement des amas biologiques renouvelé par une circulation continue en présence d'oxygène.

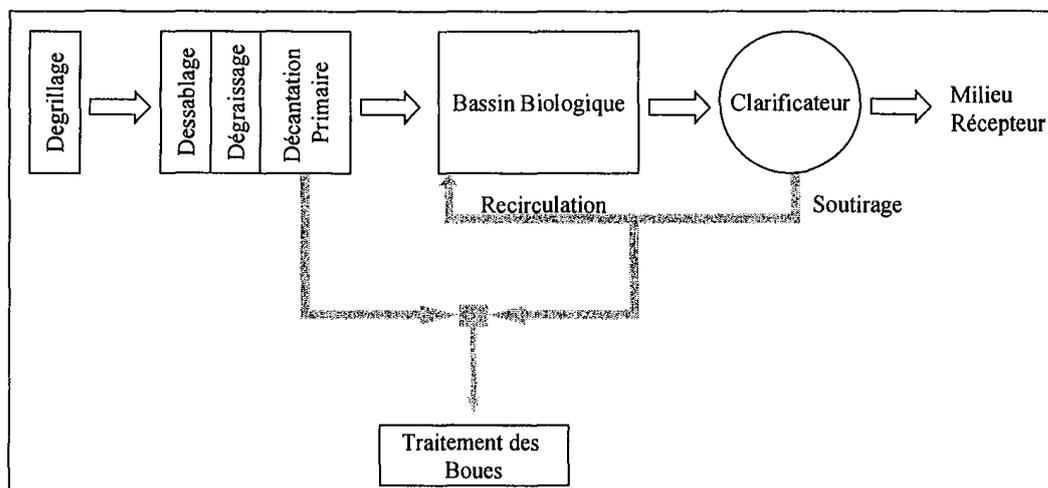


Figure 3 : Schéma "classique" d'une station de traitement des eaux usées par boues activées

Le dimensionnement du réacteur biologique doit répondre aux contraintes suivantes :

- Disposer d'un temps de séjour suffisant pour assurer la dépollution,
- Disposer d'une concentration en micro-organismes suffisante pour assurer la dépollution,
- Disposer de

CHAPITRE I : LES EAUX USEES ET LEUR EPURATION

micro-organismes relativement jeunes car ils décantent plus facilement dans le processus de clarification,- Disposer d'assez d'oxygène pour permettre la croissance des micro-organismes.

Il est utile de retenir que les dimensions du réacteur, le taux de recyclage des boues, la réduction de boues et les équipements d'aération dépendent fortement de la concentration en charge polluante à l'entrée, il est donc utopique de chercher à dimensionner une station d'épuration par boues activées sans avoir caractérisé le système de collecte des eaux usées et sans avoir identifié les sources potentielles et réelles de dilution des eaux usées.

I. 5. 3.2 Traitement extensif

Ce procédé consiste à concevoir une dépression ou une excavation naturelle ou artificielle où s'écoulent les eaux usées brutes. C'est un procédé de stabilisation ou d'oxydation très intéressant du point de vue des performances pour l'élimination des matières organiques (80 à 90 % DBO₅) (Gomella et Geurree, 1983).

Le lagunage nécessite une superficie et un temps de séjour importants. La nature de la famille microbienne qui se développe dans l'étang de stabilisation est fonction de deux paramètres importants : l'oxygène dissous et l'intensité de la lumière qui pénètre dans le bassin (Degrèmont, 1989).

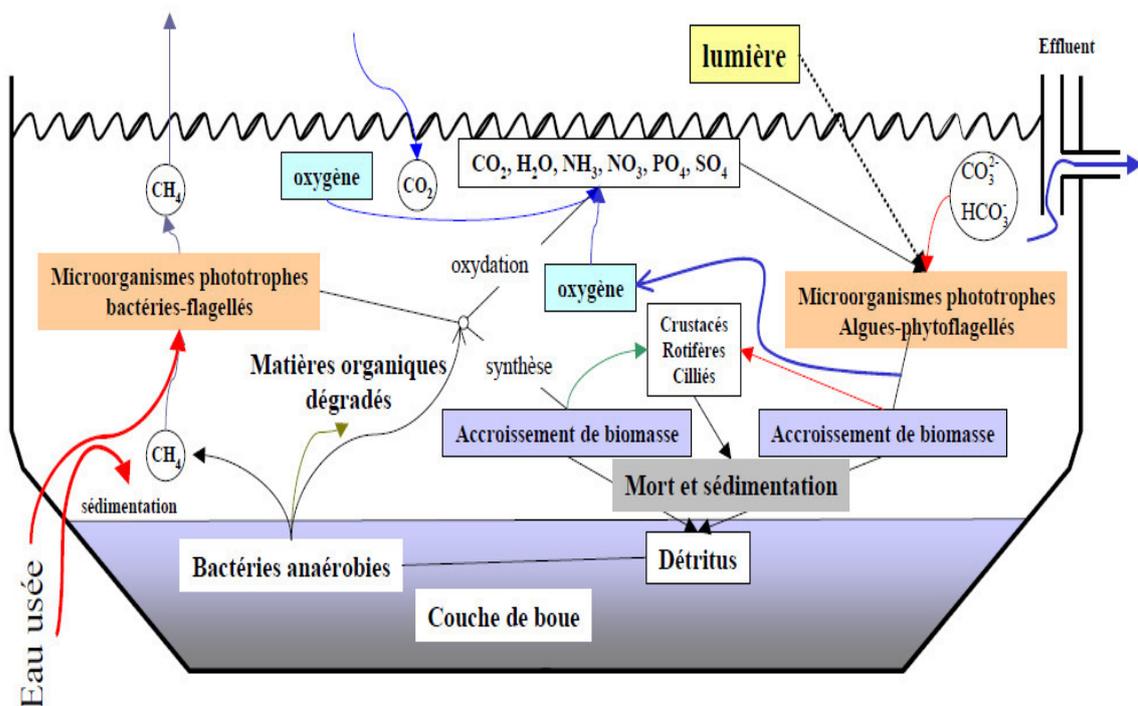


Figure 4 : Cycles biologiques d'une lagune

CHAPITRE I : LES EAUX USEES ET LEUR EPURATION

1. Lagunage naturel

C'est le procédé le plus proche des conditions naturelles. Procédé simple qui a été développé dès le début du 20^{ème} siècle.

C'est un procédé d'épuration extensif, consistant à faire séjourner les eaux usées dans un bassin ou plusieurs bassins successifs, de grandes tailles et peu profonds.

La profondeur d'eau doit être supérieure à 0,8 m pour éviter la poussée des macrophytes (Joncs et roseaux) et ne doit pas dépasser 1,2 à 1,5 m. Le procédé peut éliminer plus de 80 à 90% de la DBO₅ mais il demande des superficies importantes (plusieurs hectares) et temps de séjour très long (environ 3 à 60 jours).

2. Lagunage aéré

Dans ce procédé l'aération des lagunes (bassin de stabilisation) est forcée. Elle se fait par des aérateurs de surface (turbine flottantes ou fixes) mécanique ou à diffuseur. Cette aération permet d'abrèger le temps de séjour (entre 5 et 15 jours) (Meot et Alamy, 1990). En utilisant ce type de lagunage on réduit le temps de séjours des eaux usées et on peut accroître la profondeur de la lagune (entre 1 et 4 m) et aussi on peut homogénéiser le contenu des bassins pour éviter les dépôts.

Malgré que la concentration en bactéries est plus importante que le lagunage naturel, le rendement de l'épuration peut être 80% puis que le temps de se jours est court donc ces bactéries ne prennent pas de longues durées pour dégrader le maximum de la matière polluante.

I. 5.4 Clarification

A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs. Les matières en suspension se déposent au fond du bassin : c'est le début de la filière de traitement des boues d'épuration. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel.

I. 5. 5 Traitement des boues

Les boues constituant le résidu principal des stations d'épuration. Le traitement des boues représente 30% de l'investissement dans la construction d'une station d'épuration. Le traitement des boues selon **Belaid(2013)**,a pour objectifs de :

1. Réduire la fraction organique afin de diminuer leur pouvoir fermentescible et les risques de contamination (stabilisation) : Les boues primaires et secondaires sont très riches en matières organiques et en germes pathogènes. Ces dernières doivent être stabilisées. Il existe différentes technique pour diminuer ces paramètres, les principales sont :

- la stabilisation aérobie consiste à mettre les boues dans des bassins d'aération dits bassins de stabilisation aérobie.
- la stabilisation ou la digestion anaérobie : dégradation de la matière organique par fermentation.
- La stabilisation chimique qui consiste en l'incorporation de chaux Ca(OH)_2 dans les boues fraîches.

2. Diminuer leur volume total afin de réduire leur coût d'évacuation: Les boues fraîches sortant des bassins de décantation primaires et secondaires sont constituées d'eau entre 90 et 95%. Après un premier épaissement (le plus souvent une décantation), on pratique une déshydratation. Les lits de séchages sont des procédés très utilisés. Les boues sont déposées sur du sable qui lui-même repose sur des graviers, on a donc un lit drainant. Le facteur climatique est prépondérant.

I. 5. 6 Traitement tertiaire

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes pathogènes, qui nécessitent la mise en œuvre de traitements tertiaires (**Franck, 2002**). Il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires (**Ouali, 2001**).

I. 5. 6.1 Elimination de l'azote

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification – dénitrification. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des procédés physiques et physico-chimiques complémentaires permettent l'élimination de l'azote par : électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "strippage" de l'ammoniaque, mais ces traitement ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût (**Franck, 2002**).

I. 5. 6.2 Elimination du phosphore

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues (**Prescott et al., 2007**).

I. 5 .6.3 Désinfection

Ce traitement a pour objectif principal d'améliorer la qualité bactériologique de l'effluent afin de protéger les zones sensibles (zone de baignade, zone conchylicole). L'éventail des techniques de désinfection est assez large.

- **Le chlore** : est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec les micro-organismes (**Baumont et al., 2005**). Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont : le chlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium ($NaClO$) appelé communément "eau de Javel", l'hypochlorite de calcium ($Ca(ClO)_2$), le chlore de chaux ($CaCl_2, OCl_2$) et le chlorite de sodium ($NaClO_2$) (**Ouali, 2001**).

- **L'ozone (O_3)** : est un oxydant puissant, la désinfection par l' O_3 est utilisée aux États-Unis, en Afrique du Sud et au Moyen Orient essentiellement. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus (**Lazarova, 2003**). Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité (**Cauchi, 1996**).

- **Les rayons ultraviolets** : qui consistent à utiliser des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage,

CHAPITRE I : LES EAUX USEES ET LEUR EPURATION

ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées (**Baumontet al., 2005**).

▪ **La filtration** : est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane, cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension (**CSHPF, 1995**). L'élimination des virus, des bactéries et des protozoaires est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée (**Faby et Brissaudf, 1997**).

• **Lagunes de finition** : le lagunage naturel "tertiaire" assure l'exposition des microorganismes pathogènes au rayonnement solaire. Ce rayonnement provoque une destruction des germes d'autant plus efficace que le temps de séjour des eaux traitées dans la lagune est élevé. Cependant, l'efficacité de ce traitement s'amointrit lorsque l'exposition aux rayons du soleil se réduit (**Corsin et Le Strat, 2007**).

I.6 Conclusion

Au vu de la synthèse présentée au cours de ce chapitre, les eaux usées présentent des matières polluantes qui peuvent influencer sur la santé et l'environnement. Lapollution particulaire limite la vie des organismes photosynthétiques et elle entraîne des dépôts et l'envasement du cours d'eau. La matière organique diminue la teneur en oxygène dissous et conduit à une modification et parfois à une disparition de la faune existante. Les nuisances de la pollution azotée et phosphorée sont nombreuses et variées comme l'eutrophisation du milieu récepteur.

Une station d'épuration peut comporter plusieurs étapes. La première étape est constituée par les prétraitements et la décantation. L'étape secondaire associe l'épuration biologique et la clarification. Enfin, lorsqu'il ya une nécessité un étage tertiaire est ajouté. Tout ces procédés produisent des déchets (boues) qui grâce à la chaîne de traitement des boues seront utilisés ou rejetés.

CHAPITRE II:

DESCRIPTION DE LA STEP SIDI KHOULED

II.1 Introduction

Les eaux usées de l'agglomération de Sidi Khouiled s'acheminent dans un réseau d'assainissement unitaire pour atteindre la station d'épuration à lagunage aéré qui permet de traiter les eaux avant leur rejet final vers sebkhet Oum R'Neb.

Le rôle d'une station d'épuration des eaux est l'élimination de la pollution jusqu'à un niveau définie par la réglementation en vigueur pour assurer que le rejet des eaux traitées n'affecte pas le milieu récepteur et selon cette réglementation, les procédés de traitement sont mis en œuvre selon plusieurs niveaux de traitements.

II. 2 Présentation de la STEP Sidi Khouiled

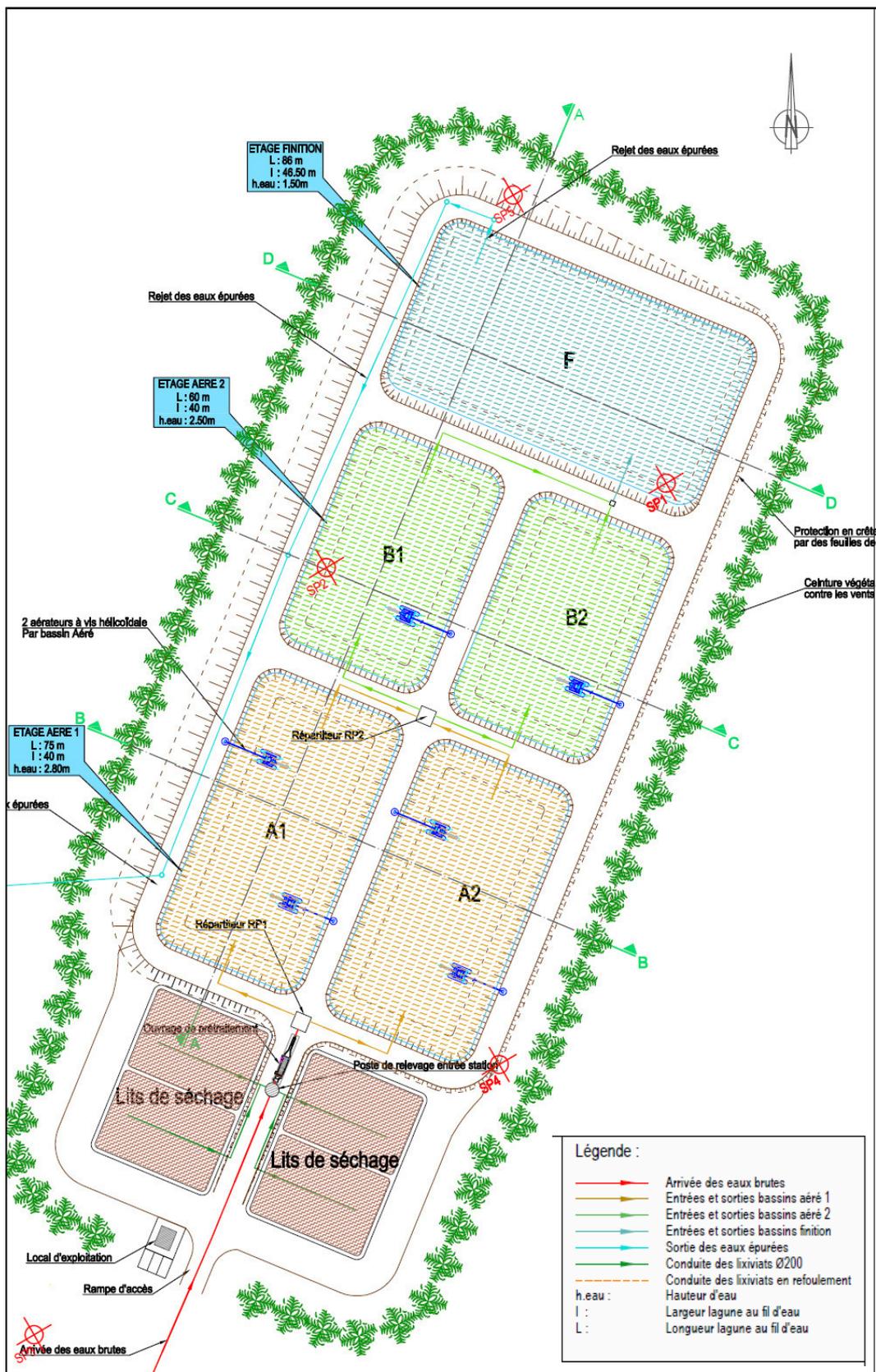
La station d'épuration de Sidi Khouiled, mise en service en 01/12/2008, a été réalisée par la société allemande Dywidag pour le compte de l'ONA.

L'épuration des effluents générés par la commune de Sidi Khouiled s'effectue à partir d'une station d'épuration de type lagunage aéré. Le site d'implantion de la station est situé au nord-est de la ville de Sidi Khouiled à proximité du point de rejet ancien du réseau d'eaux usées.

La solution retenue pour le traitement des effluents est l'épuration par lagunage aéré. Les eaux traitées seront renvoyées dans collecteur de transfert vers Oum R'Neb (figure 5). La station de Sidi Khouiled est conçue de la manière suivante:

- prétraitements,
- un premier étage de traitement par lagunage aéré,
- un second étage de traitement par lagunage aéré,
- un troisième étage de traitement par lagunage de finition,
- lits de séchage des boues.

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE LA STEP SIDI KHOULED



CHAPITRE II : DESCRIPTION DE LA STEP SIDI KHOULED

Les principaux objectifs par l'épuration des eaux de l'agglomération de Sidi Khouiled sont:

- supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées,
- protéger le milieu récepteur,
- garder la possibilité de réutiliser pour l'irrigation les effluents épurés.

La station d'épuration est dimensionnée pour assurer le traitement des effluents jusqu'à l'horizon 2030. Le tableau 3 montre les charges hydrauliques et polluantes prises en considération pour le dimensionnement de la STEP.

Tableau 3. Charges hydrauliques et paramètres de pollution pour le dimensionnement de la STEP

Horizon		2005	2015	2030
Population raccordée				
Population total	EH	3969	5415	7165
Débit total d'eaux usées				
débit d'eaux usées	m ³ /j	441	677	995
débit d'eaux parasites	m ³ /j	66	67	99
débit total	m ³ /j	507	744	1094
Flux de pollution				
Flux DBO5 domestique	Kg /j	127	195	287
Concentration DBO5	mg/l	250	262	262
Flux DCO domestique	Kg /j	254	390	573
Concentration DCO	mg/l	501	524	524
Flux MES domestique	Kg /j	190	292	430
Concentration MES	mg/l	376	393	393

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE LA STEP SIDI KHOULED

Un piquage sur le collecteur récent de transfert des eaux brutes vers Oum R'Neb permettra d'alimenter la station d'épuration via un poste de relevage. Ce dernier comprend les équipements suivants :

- 2 pompes de refoulement de type immergé dont 1 en secours (débit unitaire 140 m³/h ; HMT de 10 m)
- Fonctionnement régulé par 1 capteur de mesure de niveau

Tableau 4. Caractéristiques du poste de relevage

Nombre de pompes	2
Groupe électrogène	50KVA

II.3 Etapes de traitement dans la STEP Sidi khouiled

La station de lagunage aéré est conçue pour traiter les effluents urbains de l'agglomération de Sidi Khouiled jusqu'à l'horizon 2030. Elle est constituée des éléments suivants : le relevage et prétraitement des effluents bruts (dégrillage et dessablage), le premier étage de lagunage aéré, le deuxième étage de lagunage aéré, les lagunes de finition et le traitement des boues par lits de séchage.

II.3.1 Prétraitement

A partir du poste de relevage, les eaux brutes débouchent dans un canal regroupant le dégrillage et le dessablage. Le dégrillage permet de protéger les équipements électromécaniques, et de ne pas gêner le fonctionnement des étapes qui suivent du traitement.

1) Dégrilleur

Le système comprend un dégrilleur automatique (espaces inter barreaux de 25 mm) associé à une grille manuelle (espaces inter barreaux de 40 mm) de sécurité en cas de by-pass. Les refus du dégrilleur sont acheminés au moyen d'une vis de convoyage vers une benne à déchets. Cette vis assure également un compactage des refus et permet ainsi de réduire le volume des déchets.

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE LA STEP SIDI KHOULED

Tableau 5. Caractéristiques géométriques de dégrilleur automatique

	Unité	Valeur
Vitesse maximale de passage	m/s	0,6
Espace libre entre les barreaux	mm	25
Epaisseur des barreaux	mm	10
Angle d'inclinaison	°	90
Largeur d'une grille	m	0,5
Nombre de dégrilleur	/	1

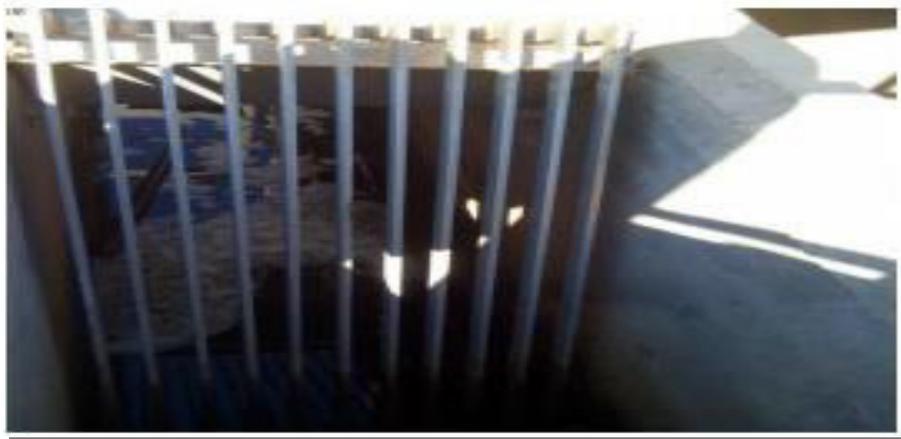


Figure 6 : Dégrillage de la station d'épuration de Sidi Khouiled

2) Dessablage

Le dessablage permet la décantation des résidus les plus denses (sable). L'élimination du sable évite l'ensablement des bassins. Le dessablage est réalisé à partir d'un bassin dans lequel se produit une décantation des sables. Les sables décantent et sont concentrés en fond d'ouvrage au niveau d'une fosse à sable. Une pompe assure l'extraction des sables vers un classificateur qui permet l'égouttage des sables avant stockage dans une benne (figure 8).

Les ouvrages de dessablage sont de type statique ; ils sont dimensionnés sur la base des critères suivants :

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE LA STEP SIDI KHOULED

- Vitesse d'entraînement des particules 0,30 m/s
- Vitesse de sédimentation 60 m/h

La vitesse d'entraînement des particules permet de définir la section transversale utile des dessableurs. La vitesse de sédimentation permet de calculer la section horizontale humide.



Figure 7 : Dessablage



Figure 8 : Classificateur de sable

Un canal Venturi sera placé à la sortie des ouvrages de prétraitement en vue de mesurer le débit d'entrée.

Les critères de dimensionnement et les caractéristiques géométriques des dessableurs sont présentés dans le tableau ci-dessous

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE LA STEP SIDI KHOULED

Tableau 6. Caractéristiques géométriques du dessableur

	Unité	Valeur
Vitesse d'entraînement des particules	m/s	0, 3
Vitesse de passage	m/h	60
Type de dessableur	Canal statique	
Nombre des canaux	U	1
Largeur du canal	m	0,5
Longueur du canal	m	4,6

II.3.2 Traitement secondaire

A la suite de ces prétraitements, la filière est poursuivie de deux étages d'aération et d'un étage de finition

En lagunage aéré, la majorité de l'oxygène utilisée par la biomasse épuratrice pour dégrader la pollution organique est apporté artificiellement grâce au fonctionnement d'aérateurs. Ces aérateurs jouent aussi un rôle de brassage de la masse d'eau afin de permettre la diffusion de l'oxygène dans l'ensemble du volume de la lagune.

Dans la station d'épuration de Sidi Khouiled, les aérateurs sont de type aérateur de surface à insufflation d'air, posés sur des dispositifs de flottaison et reliés à la berge par un bras fixé sur celle-ci par l'intermédiaire d'un plot en béton.

Des répartiteurs sont disposés en tête de station en aval des ouvrages de prétraitement et en sortie de l'étage aéré n°1, ils permettent de répartir les eaux usées vers les deux lagunes de l'étage aéré n°1 et vers les deux lagunes de l'étage aéré n°2 (cf. figure 5). Cette répartition est assurée par deux seuils déversant identiques, de 1,50 m de largeur, munis de batardeaux pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque hors service. Le répartiteur est muni d'une chicane permettant de stabiliser l'écoulement à l'approche des seuils assurant ainsi un fonctionnement correct en déversoir. A l'aval de chaque seuil, la collecte et l'acheminement des eaux vers la lagune correspondante sont assurés par une conduite de diamètre 300 mm.

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE LA STEP SIDI KHOULED

A l'entrée de chaque lagune, un ouvrage, utilisé comme support au débouché des conduites d'alimentation dans la tranche d'eau voulue, est prévu pour l'arrivée des effluents. Cet ouvrage est constitué par une conduite protégée par un masque en béton implanté dans le talus interne des lagunes. Une pente de 0.005 m/m a été donnée à cette conduite pour qu'elle puisse se vider pendant la mise hors service de la lagune.

A la sortie de chaque lagune, la restitution des eaux s'opère par déversement par-dessus un seuil déversant de 3 m de largeur permettant de garder un niveau constant dans la lagune. Une cloison siphonide installée en face du seuil évite que les flottants ne partent avec les eaux. Les eaux épurées seront évacuées gravitairement vers la conduite de transfert des eaux usées existantes.



Figure 9: Lagune aérée



Figure 10: Bassin de finition

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE LA STEP SIDI KHOULED

Les tableaux 7 et 8 présentent les caractéristiques des deux étages d'aération ainsi que l'étage de finition.

Tableau 7: Caractéristiques des lagunes aérées

Lagune d'aération		
Volume total	11000	m^3
Surface à mi-hauteur total	4117	m^2
Etage aéré 1		
Surface 1	2357	m^2
Volume étage 1	6600	m^3
Nombre de bassins	2	U
Volume par bassin	3300	m^3
Surface par bassin	1179	m^2
Hauteur d'eaux	2,8	m
Nombre d'aérateurs par bassin	2	U
Puissance unitaire d'un aérateur	5,5	KW
Puissance total par bassin	22	KW
Etage aéré 1		
Surface 1	1760	m^2
Volume étage 1	4400	m^3
Nombre de bassins	2	U
Volume par bassin	2200	m^3

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE LA STEP SIDI KHOULED

Surface par bassin	880	m ²
Hauteur d'eaux	2,5	m
Nombre d'aérateurs par bassin	1	U
Puissance unitaire d'un aérateur	5,5	KW
Puissance total par étage	11	KW

Tableau 8:Lagune de finition

Lagune finition		
Profondeur	1,5	m
Volume total	3282	m ³
Surface total	2188	m ²
Nombre de bassin	1	U
Volume par lagune	3282	m ³

II.3.3 Lits de séchage

La déshydratation sur lits de séchage est une technique de déshydratation naturelle, nécessitant des surfaces relativement importantes mais compatibles avec le site retenu.

Le système consiste à sécher les boues à l'air libre sur des lits constitués d'une couche de sable lavé surmontant une couche de granulométrie plus importante, incluant le réseau de drainage.

Dans la STEP de Sidi Khouiled, le séchage s'effectue au moins dans quatre (04) lits dont la hauteur de remplissage est de 0.5 m et la surface par lit est de 525m². Le transport des boues du fond des lagunes vers les lits de séchage est réalisé par des conduites flexibles.

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE LA STEP SIDI KHOULED

Les boues exposées à l'air libre subissent une double déshydratation par drainage et évaporation. Les eaux drainées sont récupérées à l'aide de drains PVC de diamètre nominal 200 mm posés en fond de lits et sont renvoyées en tête de station vers le poste de refoulement.



Figure 11: Les lits de séchage

II.4 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté une synthèse qui a permis de décrire la STEP Sidi Khouiled.

La filière de traitement des eaux comprend les étapes de prétraitement (dégrillage et dessablage), le traitement biologique comprend deux étages d'aération et d'un étage de finition. Par ailleurs, le traitement des boues est effectué par quatre lits de séchage.

CHAPITRE III:

SUIVI DE L'EPURATION DES EAUX

III.1 Introduction

Au cours de ce chapitre, nous présentons les méthodes analytiques permettant d'évaluer la qualité des eaux usées brutes et épurées dans la station d'épuration de Sidi Khouiled.

Les paramètres analysés ont portés essentiellement sur le pH, la conductivité, l'oxygène dissous(O₂), les MES, la DCO, la DBO₅, les orthophosphates, les nitrates et les nitrites.

Pour évaluer les performances épuratoires de la station Sidi Khouiled, les paramètres contrôlant la pollution des eaux ont été suivis à l'entrée et à la sortie de la station pendant six mois d'études en allant d'octobre 2017 à mars 2018. Nous présentons et discutons dans ce chapitre les résultats de l'évolution des moyennes mensuelles des paramètres globaux de la pollution des eaux usées de la station de Sidi Khouiled.

III.2 Méthodes d'analyses des eaux brutes et épurées

1) Mesure du pH.

Le but d'analyse de ce paramètre est la détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau. L'appareillage utilisé consiste en un pH mètre (figure 12), des solutions étalon 4, 7 et 9 ainsi qu'une pissette d'eau déminéralisée. Le mode opératoire est comme suit :

- Vérifier le calibrage de l'appareil.
- Plonger l'électrode dans la solution à analyser.
- Lire le pH à température stable
- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserver l'électrode toujours dans une solution électrolyte.



Figure 12: pH- mètre

2) Détermination de l'O₂ dissous

La concentration réelle en oxygène dépend en outre de la température, de la pression de l'air, de la consommation d'oxygène due à des processus microbiologiques de décomposition ou une production d'oxygène, par exemple, par les algues. Actuellement, la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différentes normes. La mesure de ce paramètre est réalisée dans la station à l'aide d'un oxymètre Oxi 340 i (figure 13).



Figure 13: Oxymètre

3) Détermination de la conductivité électrique

Plus une solution contient de sel plus sa conductivité est élevée. L'unité de la conductivité est en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou mS/cm . Sa mesure s'effectue par la méthode électrochimique de résistance à l'aide d'un conductimètre Cond 340 i (figure 14). Le mode épuratoire est le suivant:

- Vérifier le calibrage de l'appareil
- Plonger l'électrode dans la solution à analyser.
- Lire la conductimètre et la température après stabilisation de celle-ci.
- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserver l'électrode toujours dans de l'eau déminéralisée.



Figure 14 : Conductimètre

4) Matières en suspension (M.E.S)

Pour déterminer la teneur de matières en suspensions, l'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée.

→ Appareils de mesure:

- Balance de précision électronique (KERN. ABT).
- Filtre.
- Etuve (MEMMERT. UNB).
- Dessiccateur.
- Pompe à vide

→ Préparation des filtres par l'eau distillée :

- Laver le filtre par l'eau distillée.
- Mettre le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Peser

→ Filtration de l'échantillon:

- Placer le filtre (la partie lisse en bas) sur le support de filtration.
- Agiter le flacon d'échantillon.
- Verser un volume de 100 ml d'échantillon dans l'éprouvette graduée.
- Filtré l'échantillon.

CHAPITRE III : SUIVI DE L'EPURATION DES EAUX

- Rincer les parois internes de l'éprouvette graduée avec l'eau distillée
- Retirer avec précaution le papier filtre à l'aide de pinces.
- Mettre le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Peser le filtre.

→Le calcul de la teneur en MES est donné par l'expression suivante :

$$\text{MES} = 1000(M1-M0)/V$$

Avec :

- MES : La teneur en MES en (mg/l)
- M1 : La masse en (mg) de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 150°C
- M0 : La masse en (mg) de la capsule vide
- V : Volume de la prise d'essai en (ml)



a)Unité de filtration avec pompe à vide



b) Balance



c) Etuve

Figure 15: Les différents appareils de détermination des matières en suspension (MES)

CHAPITRE III : SUIVI DE L'EPURATION DES EAUX

5) Demande chimique en oxygène (D.C.O)

Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acidifié par acide sulfurique (H_2SO_4), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) et de sulfate de mercure ($HgSO_4$).

→ Appareils de mesure et réactifs

- Pipette jaugée à 2 ml.
- Spectrophotomètre (DR 2800).
- Réacteur DCO à 150°C (HACH. LANGE).
- Réactifs DCO (LCK 314) gamme (15 à 150 mg/l) pour les faibles concentrations.
- Réactifs DCO (LCK 114) gamme (150 à 1000 mg/l) pour les fortes concentrations

→ Etape de dosage

- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO
- Agiter et placer le tube fermé dans le réacteur DCO et chauffer deux heures à 148°C.
- Laisser refroidir à température ambiante.
- Mesurer directement la concentration de la DCO en mg/l. par spectrophotomètre DR 2800.



Réactifs DCO

spectrophotomètre (DR2800)

Réacteur DCO

Figure 16: Appareils et réactifs pour la détermination de la DCO

CHAPITRE III : SUIVI DE L'EPURATION DES EAUX

6) Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Le principe de la méthode consiste à mesurer l'évolution de l'air à l'intérieur d'un flacon contenant l'échantillon. Cette évolution est directement liée à la diminution de la concentration en oxygène de l'atmosphère d'incubation

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostatée est mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacés en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée avec l' Oxi Top.

→ Appareils de mesure:

- Réfrigérateur conservant une température de 20°C
- Un agitateur magnétique.
- Bouteilles brune de 510 ml.
- Oxi Top
- Pastilles hydroxyde de sodium (pour absorber le CO₂ dégager par les microorganismes).

→ Etape de dosage

- La détermination de la DCO est primordiale pour connaître les volumes à analyser pour la DBO₅. La prise d'essai dépend de la charge de l'échantillon qui varie selon une eau brute ou épurée (Tableau 9).

Tableau 9. Volume d'échantillon d'après la DCO

La charge	DCO (mg/l)	Prise d'essai (ml)	Facteur
Très faible	0-40	432	1
Faible	0-80	365	2
Moyenne	0-200	250	5
Plus que moyenne	0-400	164	10
Un peu chargée	0-800	97	20
Chargée	0-2000	43.5	50
Très chargée	0-4000	22.7	100

CHAPITRE III : SUIVI DE L'EPURATION DES EAUX

- Introduit la barre aimantée (agitateur) et les 2 pastilles d'hydroxyde de sodium
- Visser la tête de mesure sur les bouteilles.
- Appuyer simultanément sur les touches (S+M) durant 3 secondes jusqu'à apparition du message (00).
- Mettre au réfrigérant à 20°C pendant cinq jours.
- Lire au bout de cinq jours la valeur affichée et appliquer le coefficient pour la valeur réelle.

→ Expression des résultats :

$$\text{DBO5 (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur}$$



Figure 17: Appareils de mesure de la DBO5

7) Nitrates et Nitrites

Ils sont dosés par colorimétrie, à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR/2800, nécessitant des réactifs de chaque élément, LCK 339 nitrates, (NO_3^-) et LCK 342 nitrites (NO_2^-).

8) Orthophosphates. PO_4^{-3}

Les orthophosphates sont mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre DR 2800 avec les réactifs LCK 348 spécifiques au PO_4^{-3}

III.3 Evolution des paramètres de pollution des eaux brutes et épurées

Au cours de cette étape de l'étude, nous présentons les résultats des analyses durant notre période d'étude fixée à six mois depuis le mois d'octobre 2017 jusqu'au mois de mars 2018.

Vu la non disponibilité de données dans quelques mois pour certains paramètres, les graphiques sont présentés sous forme d'histogramme.

Notons qu'après traitement, les paramètres des eaux épurées sont comparés aux normes de la station qui se rapportent aux normes algériennes:

Tableau 10 : Normes de rejet des eaux usées en Algérie (JORA, 2006)

Paramètres	pH	DBO ₅	DCO	MES	T°C
Normes	6,5-8,5	35-40 mgO ₂ /l	120-130 mgO ₂ /l	35 -40 mg/l	30 °C

III.3.1 Débit

Le débit est un paramètre très important et il permet de quantifier les eaux usées entrantes à la station d'épuration. La figure suivante représente la variation des débits moyens mensuels entrants pendant une période fixée à cinq mois (octobre 2017 jusqu'au février 2018).

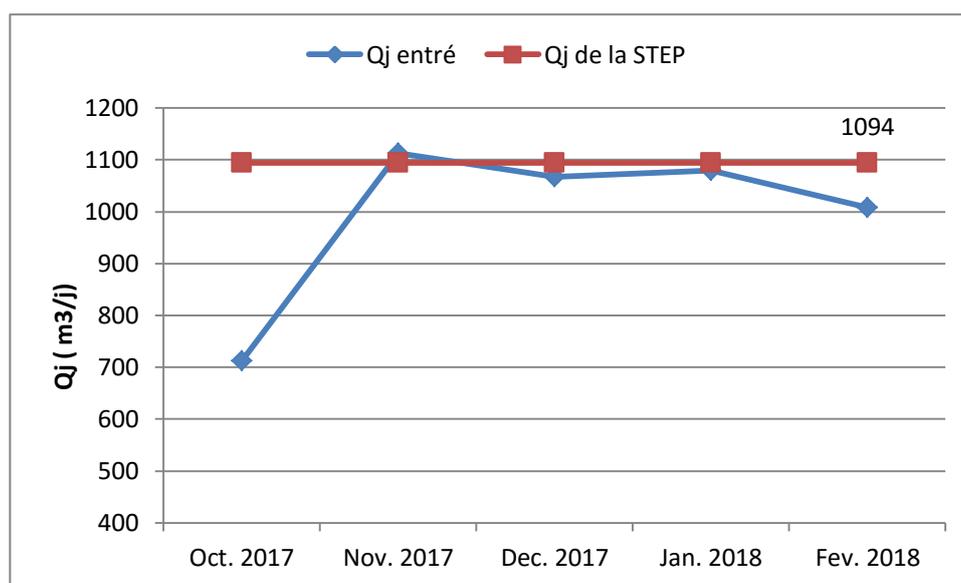


Figure 18 : Débits en m³/j à l'entrée de la STEP de Sidi Khouiled

CHAPITRE III : SUIVI DE L'EPURATION DES EAUX

Nous constatons que les débits à l'entrée de la station sont sensiblement proches du débit nominal de la station à l'exception du mois d'octobre où le débit minimum est enregistré (717m³/j). En cas d'importants débits, la totalité des installations sont exploitées. Afin d'éviter la surcharge de la station une partie de forts débits est évacuée à l'aide d'un déversoir d'orage placé avant le poste de relevage

III.3.2 La température

La température influe fortement sur la cinétique des processus biologiques, puisqu'elle traduit la plus ou moins grande agitation des molécules (**Edeline, 1997**). A titre d'exemple, une diminution de la température de l'eau entraîne une augmentation de sa viscosité ce qui explique les difficultés de décantation des floes de boues (**Desjardins, 1990**).

La figure suivante représente les variations des moyennes mensuelles de la température de l'eau usée brute et traitée pendant toute la période d'étude.

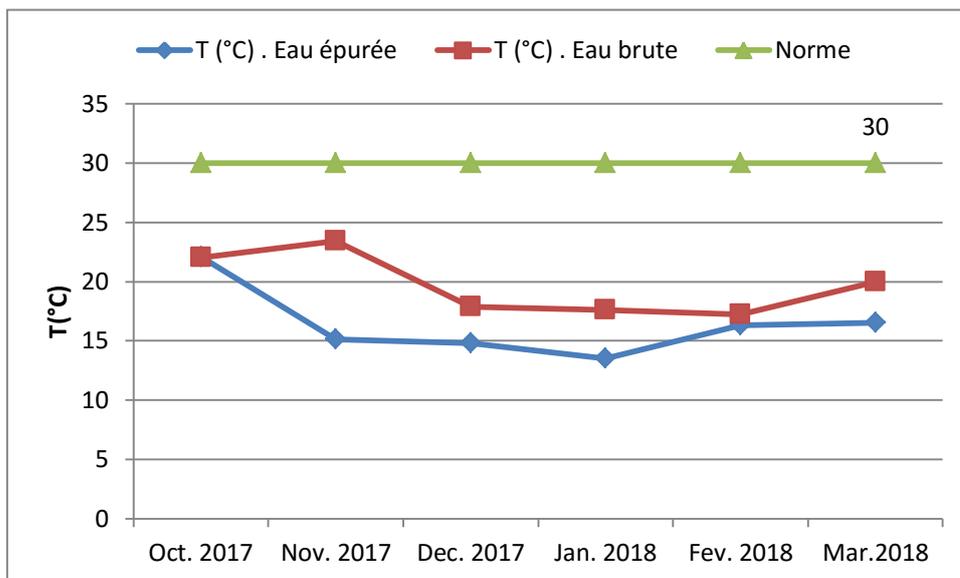


Figure 19: Variations des moyennes mensuelles de la température de l'eau usée brute et épurée

Dans un premier temps, nous remarquons que les valeurs moyennes mensuelles des températures sont toujours inférieures à la norme de rejet d'eaux usées (30°C) et ceci est en faveur du processus biologique de traitement des eaux usées.

CHAPITRE III : SUIVI DE L'EPURATION DES EAUX

Dans un second temps, les variations des moyennes mensuelles de la température de l'eau usée brute sont toujours supérieures à celles de l'eau épurée. Cette différence de température peut être expliquée par l'aération naturelle et le temps de séjours au niveau des ouvrages de la station.

III.3.3 Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre indispensable pour la vitalité de la masse bactérienne dans le bassin biologique qui pour une bonne dégradation des matières polluantes doit être proche de la neutralité (6,5 à 8,5) (ONA, 2006).

Pour avoir une idée sur le pH des eaux brutes et traitées pendant la période de notre étude, nous avons suivi la variation moyenne mensuelle du pH (figure 20)

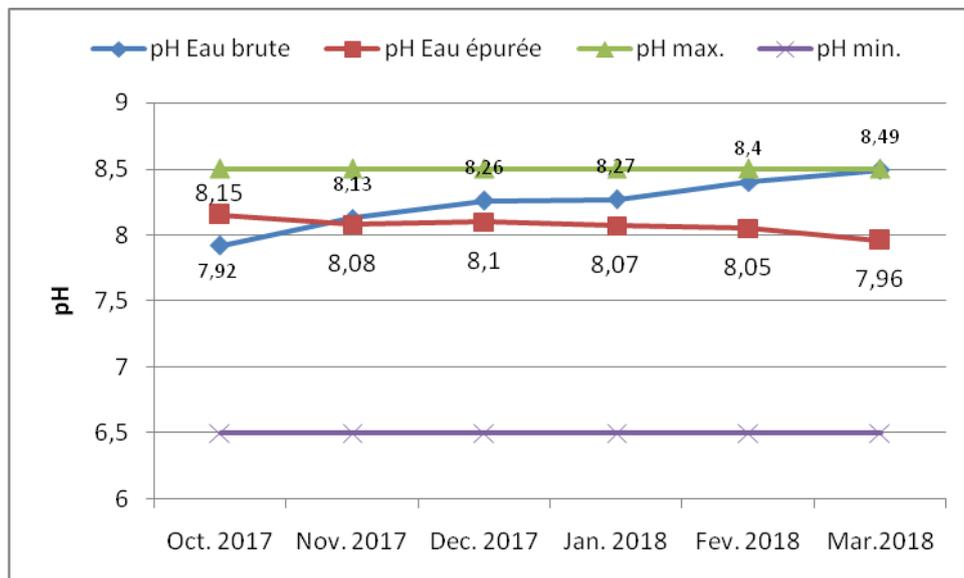


Figure 20: Moyennes mensuelles du pH pendant la période d'étude

Nous remarquons que le pH de l'eau brute et épurée varie en sens inverse. La courbe du pH de l'eau brute est croissante est variée de 7.92 à 8.49 alors que la courbe de pH de l'eau épurée accuse une diminution progressive et varie entre 8.15 à 7.96. Notons que les valeurs de pH des eaux usées de la station de Sidi Khouiled sont relativement élevées et sont proches au cours du mois février et mois de mars à la limite supérieure admissible (8.5).

III.3.4 La conductivité

La conductivité électrique est un paramètre important pour le contrôle de la qualité des eaux usées, elle traduit le degré de minéralisation globale d'une eau, et nous renseigne sur le taux de salinité (N'diayeet *al.*, 2011).

La figure suivante représente la variation de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

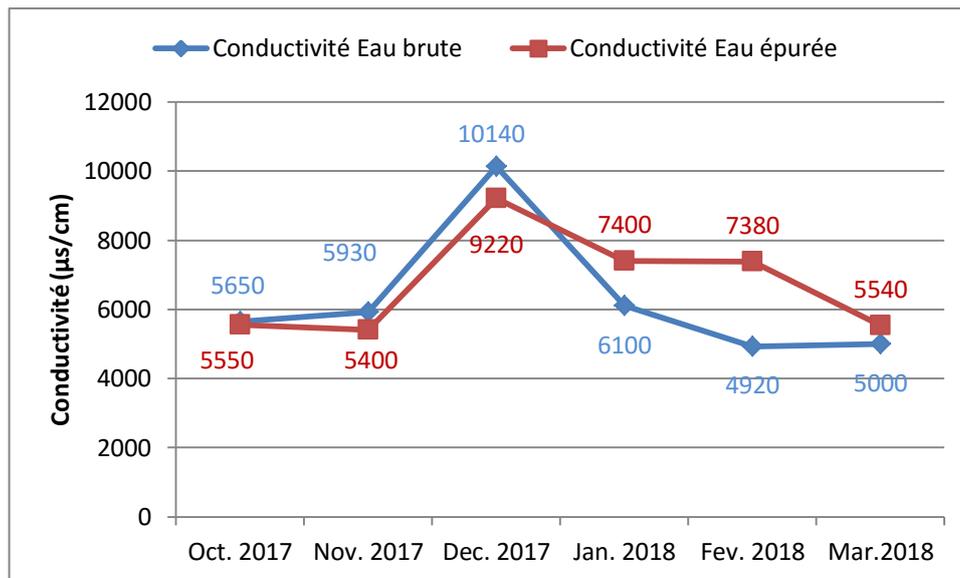


Figure 21 : Variations des moyennes mensuelles de la conductivité

Au cours de l'étude, les valeurs de la conductivité électrique (CE) des eaux usées brutes oscillent entre 5000 et 10140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ soit une moyenne de 6290 $\mu\text{S}/\text{cm}$ attestant d'une forte minéralisation de ces eaux. Les valeurs de la conductivité des eaux usées traitées oscillent entre 5400 et 9220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ soit une moyenne de 6748,33 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les valeurs trouvées ont pour origine la forte salinité de l'eau potable de la zone d'étude et il est probable que l'augmentation de la conductivité des eaux est également liée à des processus comme le lessivage des minéraux du sol. De plus, l'augmentation de la conductivité dans les eaux épurées serait liée au phénomène d'évaporation des eaux usées des lagunes à cause d'élévation des températures saisonnières.

III.3.4 L'oxygène dissous(O₂)

Les variations de la teneur en oxygène peuvent être fonction de la présence d'algues, de matières organiques, d'organismes et de germes aérobies et aussi de la solubilité de l'oxygène dépendant de la température et de même de la pression atmosphérique(Rodier, 2009 ; WHO, 1987). La figure 22 montre l'évolution de l'oxygène dissous dans la STEP de Sidi Khouiled

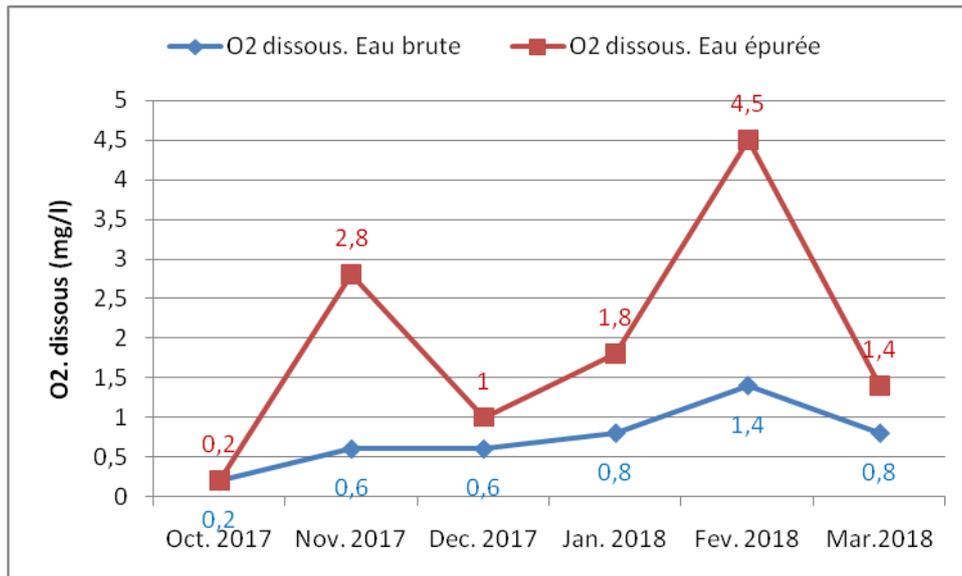


Figure 22: Evolution des de l'oxygène O₂ dissous (mg/l) dans les eaux usées brutes et épurées

Nous remarquons que les eaux usées brutes sont caractérisées par des valeurs plus faibles en oxygène dissous (0.2 à 1.4 mg/l) comparativement aux eaux usées épurées (0.2 à 4.5 mg/l). L'augmentation de l'oxygène dissous dans ces dernières indique le bon fonctionnement des aérateurs dans les bassins biologiques où les eaux peuvent s'enrichir de l'oxygène pendant leur passage. Ainsi les bactéries épuratrices trouvent un milieu bien aéré et favorable pour leur croissance ce qui conduit à une bonne épuration biologique des eaux usées.

III.3.5 Matières en suspension (MES)

La pollution particulaire peut être de nature organique ou de nature minérale (sable ou argile). Son rejet dans le milieu naturel réduit la limpidité de ce milieu, limitant la vie des organismes photosynthétique et entraînant des dépôts et créer un engorgement du cours d'eau.

CHAPITRE III : SUIVI DE L'EPURATION DES EAUX

La figure 23 et le tableau 11 illustrent les variations des concentrations des moyennes mensuelles des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP de Sidi Khouiled.

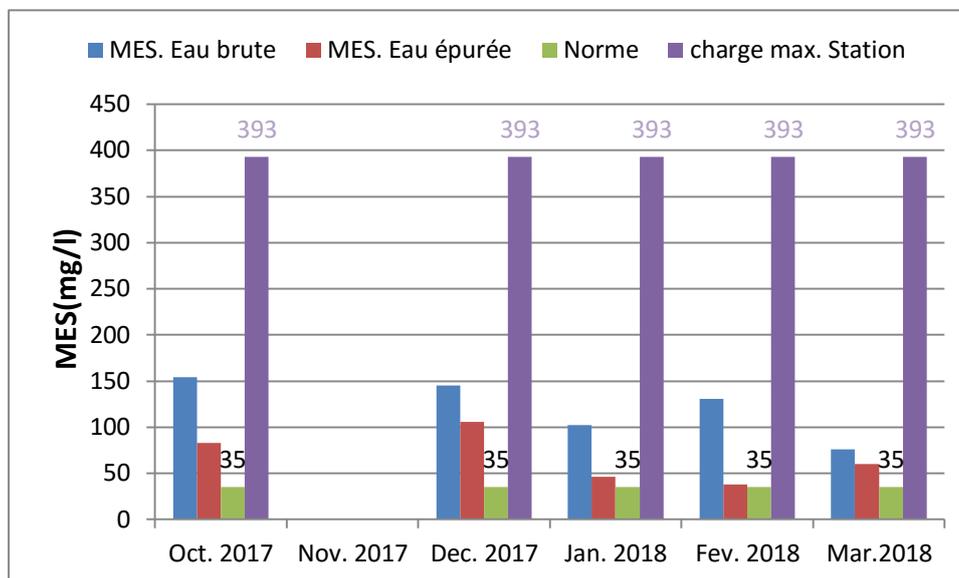


Figure 23: Variations des moyennes mensuelles des MES dans les eaux brutes et épurées

Tableau 11 : Moyennes mensuelles des MES dans les eaux brutes et épurées

Mois	Charges moyennes mensuelles des MES dans l'eau usée brute (mg/l).	Charges moyennes mensuelles des MES dans l'eau usée traitée (mg/l).	Rendements d'élimination des MES pendant chaque mois (%).
Octobre	154	83,00	46,10
Décembre	145,00	106,00	38,23
Janvier	102,00	46,00	54,90
Février	131,00	38,00	70,99
Mars	76,00	60,00	21,05
Moyenne	121,6	66,6	45,23

CHAPITRE III : SUIVI DE L'EPURATION DES EAUX

La quantité des matières en suspension à l'entrée varie entre 76 mg/l (mois mars) à 154 mg/l (mois d'octobre) avec une moyenne de 121.6 mg/l. La concentration à la sortie varie entre 38 mg/l (mois février) à 106mg/l (mois décembre)avec une moyenne de 66,6mg/l. Cette dernière est bien supérieure à la norme de rejet (35 mg/l).

Les rendements présentés sur le tableau 11 se montrent relativement disparates avec un pourcentage d'abattement moyen de 45.23%. Cette valeur indique une moyenne performance dans le processus de décantation des MES au niveau de la station de Sidi Khouiled.

III.3.6 Demande chimique en oxygène (DCO)

L'un des paramètres globaux de la pollution des eaux est la demande chimique en oxygène(DCO) qui est une indication sur la quantité des substances organiques chimiquement oxydables présentes dans l'eau.

La figure 24 et le tableau 12 illustrent les variations des concentrations des moyennes mensuelles de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP de Sidi Khouiled.

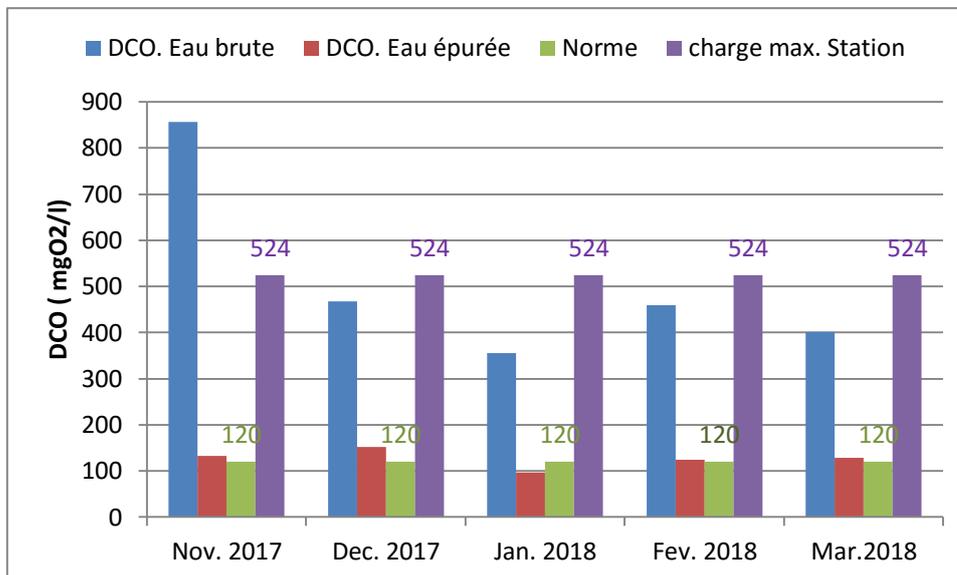


Figure 24: Variations des moyennes mensuelles de la DCO à l'entrée et à la sortie la STEP

Nous constatons que les teneurs de la DCO de l'eau brute sont très variables et oscillent entre 857mgO₂/l et 355,00mgO₂/l avec une moyenne de 507,8mgO₂/l indiquant ainsi une concentration assez élevée en charge polluante exprimée en DCO dans les eaux résiduaires.

CHAPITRE III : SUIVI DE L'EPURATION DES EAUX

Concernant l'effluent traité, les valeurs enregistrées de la DCO sont largement inférieures à celles de l'eau brute. Elles varient entre 96,80mgO₂/l au mois janvier et 152 mgO₂/l au mois de décembre avec une moyenne de 126,96mgO₂/l.

Le pourcentage d'abattement de la DCO représenté sur le tableau 12 indique un rendement variant entre 67,45% à 84,60% et la moyenne est de 74,99% ceci prouve la réduction relativement importante de la matière organique biodégradable ou non biodégradable contenue dans les bassins d'aération.

Tableau 12 : Variations des moyennes mensuelles de DCO la dans l'eau usée brute et épurée

Mois	Charges moyennes mensuelles de DCO dans l'eau usée brute (mgO ₂ /l).	Charges moyennes mensuelles de DCO dans l'eau usée traitée (mgO ₂ /l).	Rendements d'élimination de la DCO pendant chaque mois (%).
Novembre	857	132,00	84,60
Décembre	467,00	152,00	67,45
Janvier	355,00	96,80	72,32
Février	459,00	125,00	72,77
Mars	401,00	129,00	67,83
Moyenne	507,8	126,96	74,99

III. 3.7 Demande biologique en oxygène (DBO₅)

Le suivi des teneurs en DBO₅ des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP, nous a permis de dresser le tableau 13 et de tracer les graphiques illustrés sur la figure 25.

On peut observer que les concentrations de la DBO₅ varient d'un mois à un autre ; les valeurs importantes (380 mgO₂/L ; 270mgO₂/l) indiquent l'importance de la quantité organique dans les eaux usées brutes.

Cette matière organique est dégradée d'une façon importante à la sortie de station. Le rendement épuratoire varie de 72,22% pendant le mois octobre et atteint une valeur maximale de 96,05% au mois de novembre.

CHAPITRE III : SUIVI DE L'EPURATION DES EAUX

Le pourcentage d'abattement moyen (84.36%) de DBO5 atteste la forte diminution de la charge polluante biodégradable et prouve le bon rendement épuratoire de STEP de Sidi Khouiled.

Signalons qu'à l'exception du mois de février, les concentrations résiduelles à la sortie de la station obéissent à la norme de rejet (35 mgO₂/l).

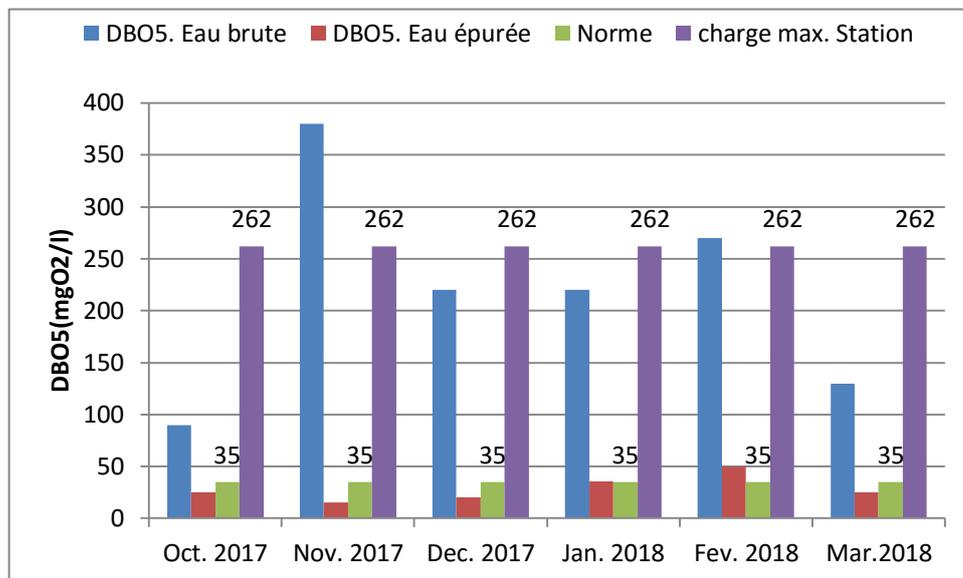


Figure 25 : Evolution de la DBO5 dans les eaux usées brutes et épurées

Tableau 13 : Variations des moyennes mensuelles de la DBO5 dans l'eau usée brute et épurée

Mois	Charges moyennes mensuelles de DBO5 dans l'eau usée brute (mgO ₂ /l).	Charges moyennes mensuelles de DBO5 dans l'eau usée traitée (mgO ₂ /l).	Rendements d'élimination de la DBO5 pendant chaque mois (%).
Octobre	90	25,00	72,22
Novembre	380	15,00	96,05
Décembre	220,00	20,00	90,09
Janvier	220,00	35,50	83,86
Février	270,00	50,00	81,15
Mars	130,00	25,00	80,77
Moyenne	181,66	28,42	84,36

III.3.8 Nitrates et nitrites

L'azote présent dans les eaux résiduaires urbaines provient essentiellement de l'urine, il est sous forme d'urée et d'acide urique. Lors du transport des effluents jusqu'à la station d'épuration, des réactions d'ammonification ont lieu, transformant cet azote organique en ammonium (NH_4^+), forme particulièrement nuisible pour les ressources d'eau de surface.

Le processus de nitrification est relatif à l'oxydation de l'azote ammoniacal (NH_4^+) en nitrates (NO_3^-), et les nitrites résultent de la 1^{ère} étape de ce processus (étape de nitritation). L'oxydation de l'azote ammoniacal en azote nitreux (NO_2^-) s'effectue par des bactéries présentes dans l'eau.

Les figures 26 et 27 montrent les variations des moyennes mensuelles des nitrates et nitrites décelées au cours de notre période d'étude.

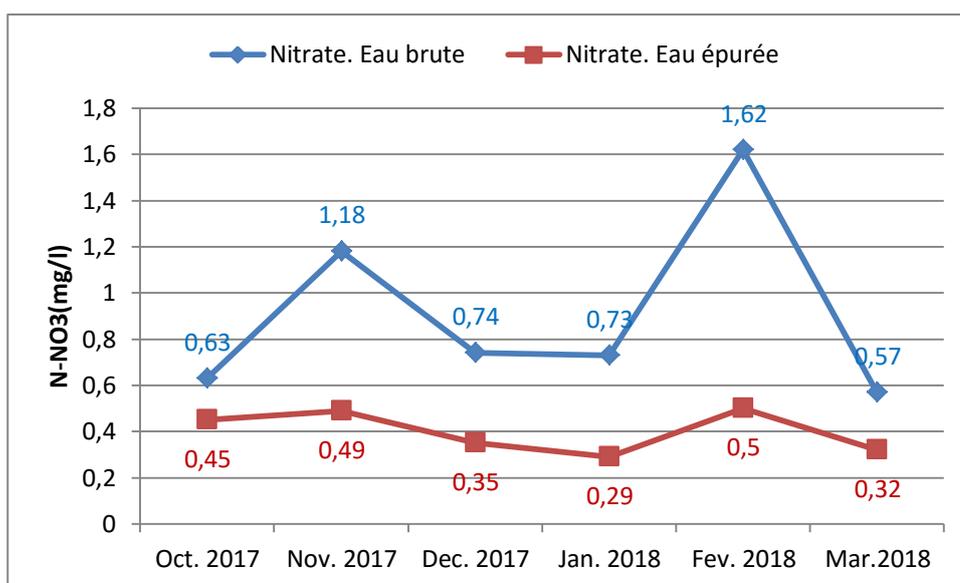


Figure 26: Variations des moyennes mensuelles de nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP

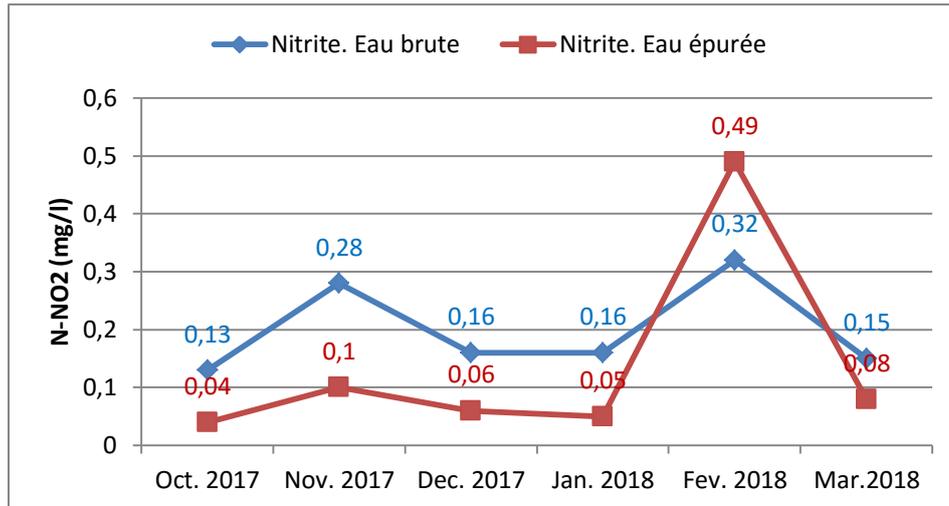


Figure 27: Variations des moyennes mensuelles de nitrites à l'entrée et à la sortie de la STEP

Dans les eaux brutes, les concentrations en ions nitrates et nitrites sont faibles et varient de 0.57 à 1.62 mg/l pour les nitrates et 0.13 à 0.32 mg/l pour les nitrites. Ces valeurs sont conformes à la composition moyenne des eaux usées dont les valeurs des nitrates et nitrite sont normalement voisines de 0 (**Rejsek, 2002**). Nous remarquons également que les valeurs des nitrates à l'entrée de la station sont plus importantes. Les nitrites est un élément peu stable sauf en cas d'insuffisance d'oxydant où on note son accumulation).

La diminution des nitrates à la sortie de la station est due au processus de dénitrification qui consiste en une réduction des nitrates en azote gazeux par des bactéries hétérotrophes du genre *Pseudomonas* en l'absence d'oxygène dissous.

II.3.9 Orthophosphates PO_4^{-3}

Le phosphore contenu dans les eaux résiduaires à dominante urbaines provient pour l'essentiel des rejets métaboliques. Les autres apports de phosphore proviennent des détergents. Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues: il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les réservoirs, les grosses canalisations et les eaux des lacs, où il contribue à l'eutrophisation (**Rodier et al., 2005**).

Les résultats enregistrés dans la figure 28 représentent les teneurs des ions orthophosphates dans les eaux brutes et épurées.

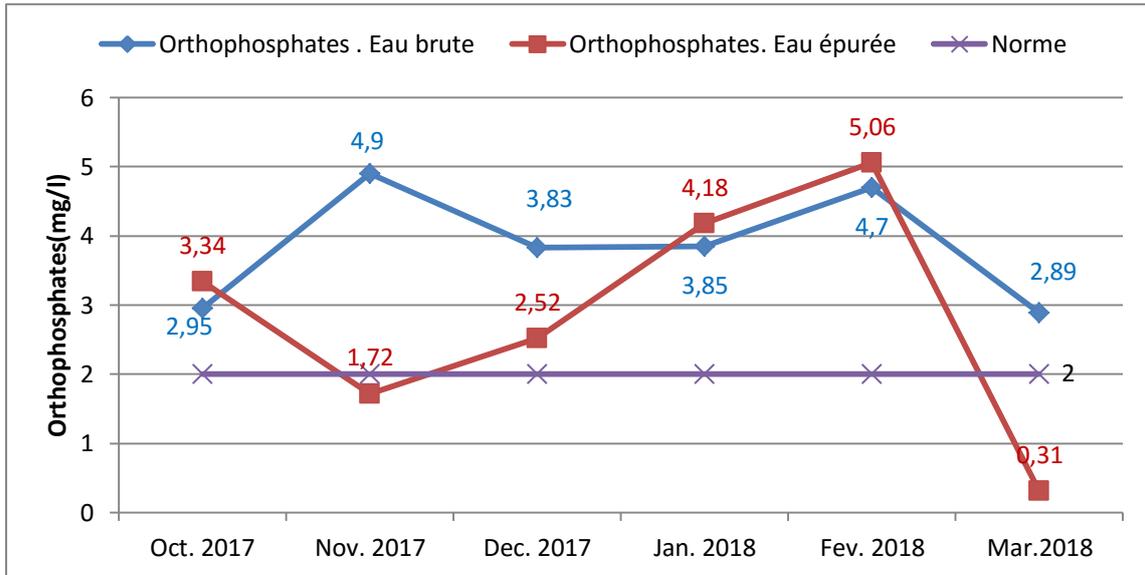


Figure 28: Evolution des PO_4^{-3} dans les eaux usées brutes et épurées

Les concentrations oscillent entre 2,89 mg/l et 4,90 mg/l pour l'eau brute avec une moyenne de 3,85mg/l et pour l'eau épurée de 0,31 mg/l et 5,06 mg/l avec une moyenne de 2,01mg/l Le rendement épuratoire en phosphore des systèmes de traitement aérobie s'avèrent encore moins efficaces.

III.4 Conclusion

Au vu des résultats présentés dans ce chapitre, nous pouvons conclure qu'au niveau de la STEP de Sidi Khouiled, les rendements d'élimination sont en fonction de la nature des charges polluantes. Les rendements moyens respectifs varient en fonction de la nature de polluants dans le sens croissant de la manière suivante: $DBO_5 = 84,36\%$, $DCO = 74,99\%$ $MES = 45,23\%$.

Notons que les pourcentages d'abattement des MES se sont montrés relativement disparates d'un mois à l'autre avec un pourcentage d'abattement moyen de 45.23%. Les concentrations résiduelles en ce polluant est bien supérieure à la norme de rejet (35 mg/l) malgré que les concentrations en termes de MES à l'entrée de la station sont inférieures à la charge maximale prise en compte par la station (393 mg/l). Ainsi, la station de Sidi Khouiled à lagunage aéré s'avère de moyenne performance vis-à-vis de l'élimination des matières en suspension des eaux usées.

CHAPITRE III : SUIVI DE L'EPURATION DES EAUX

Dans les eaux brutes, les concentrations en ions nitrates et nitrites sont faibles et ceci est conforme d'après la bibliographie à la composition moyenne des eaux usées. Par ailleurs, la diminution des nitrates à la sortie de la station est due au processus de dénitrification qui consiste en une réduction des nitrates en azote gazeux.

CONCLUSION GENERALE

Ce travail a été consacré au suivi de la qualité des eaux usées brutes et épurées de la STEP Sidi Khouiled à lagunage aéré dans la région de Ouargla.

Le premier chapitre a consisté en un état de connaissances sur les eaux usées et les procédés de leur traitement. Comme elle est une priorité environnementale, l'épuration des eaux usées protège également la santé et évite les maladies contagieuses.

La station d'épuration de Sidi Khouiled à Ouargla a été mise en service en décembre 2008. Elle vise à traiter un effluent d'eaux usées de 7165E.H et d'un débit de 1094 m³/j. L'épuration est assurée par quatre bassins aérés dont deux fonctionnent en 1^{er} étage, et les deux autres en 2^{ème} étage ; un troisième étage est formé par un seul bassin de finition. Les eaux usées circulent successivement dans l'ensemble des bassins dans lesquels différents organismes interviennent afin d'éliminer la charge polluante.

Dans le but d'évaluer le rendement de la station d'épuration de Sidi Khouiled, nous avons étudié les paramètres globaux de la pollution des eaux brutes et épurées de la station. Les résultats obtenus nous ont permis de parvenir à une synthèse qui permettra d'évaluer le traitement dans la STEP.

Le rendement épuratoire évolue selon le type de la charge polluante. Les pourcentages d'abattement varient en fonction de la nature de polluants de la sorte : DBO₅ > DCO > MES, dont les rendements moyens respectifs sont de 84.36%, 74.99% 45.23 %.

Le pouvoir épuratoire de la STEP s'annonce plus performant à l'élimination de la matière organique mesurée en termes de DBO₅ comparativement à l'élimination de la matière organique mesurée en termes de DCO. Les pourcentages d'abattement ont variés entre 72.22 % à 96.05% dans le cas de la DBO₅ et entre 67.45% à 84.6% pour la DCO. La moyenne des concentrations résiduelles de la matière organique exprimé en DBO₅ (28.42mgO₂/l) obtenue après traitement obéit à la norme de rejet (35 mgO₂/l).

Dans le cas de notre étude, l'épuration par lagunage aéré s'avère de moyenne performance vis vis-à-vis de l'élimination des matières en suspension des eaux usées (rendement moyen de 45%). La densité plus ou moins élevée d'algues au niveau de lagune de finition aurait une répercussion directe sur la teneur des matières en suspension

La diminution des nitrates à la sortie de la station est due au processus de dénitrification qui consiste en une réduction des nitrates en azote gazeux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAUMONT S., CAMARD J-P., LEFRANC A., FRANCONI A. (2004)**. Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, pp 220.
- BAUMONT S., CAMARD J-P., LEFRANC A., FRANCONI A. (2005)**. Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France
- CAMILLE B., VIRGINE L. (2005)**. Traitement des eaux usées (1). Université libre de Bruxelles.
- CAUCHI B. (1996)**. La réutilisation des eaux usées après épuration Techniques, Sciences et Méthodes
- CHELLE F., DELLALE M. (2005)**. Festival des sciences de la ville. Séminaire. France.
- CORSIN P., STRAT P., GLS. (2007)**. Réutilisation des eaux usées, Les effluents des stations d'épuration : comment les rendre aptes à une seconde vie. L'eau, l'industrie, les nuisances 299, pp38-39
- CSHPF. (1995)**. Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Déchets. Edition de Boeck, pp 317 à 477
- DAFRI A. (2008)**. Biodégradation des crésols par le microbiote des eaux usées de la ville de Constantine. Mémoire de Magister N°308 ; en microbiologie appliquée, Université Mentouri Constantine, Faculté des sciences de la nature et de la vie, 60p
- DEGREMONT. (1978)**. Mémento technique de l'eau : 8ème édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 1200p
- DEGREMONT. (1989)**. Mémento technique de l'eau usée, tome I, édition cinquantenaire : Lavoisier, Paris (France).
- DEGREMONT. (2005)**. Mémento technique de l'eau : tome II, dixième édition Lavoisier. Paris (France)
- DESJARDINS R. (1997)**. Le traitement des eaux. 2ème édition. Ed. Ecole polytechnique de Montréal, Canada. 303p.
- DESJARDINS R. (1990)**. Le traitement des eaux, 2^{ème} éditions revues. Edition de l'Ecole polytechnique de Montréal (Canada).
- EDELIN F. (1979)**. L'épuration biologique des eaux résiduaires. Ed. CEBEDOC, Paris, 306p
- EDELIN F. (1992)**. L'épuration physico-chimique des eaux, édition TEC & DOC, Paris, 184p.
- EDELIN F. (1997)**. L'épuration biologique des eaux : Théorie et technologies des réacteurs, Ed. Cebedoc, Lièges, Belgique.
- FABY J.A., BRISSAUD F. (1997)**. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, pp76
- GAID A. (1984)**- Epuration biologique des eaux usées urbaines. Tome I, édition OPU, Alger, 261p.
- GOMELLA C., GEURREE H. (1983)**. Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales, Tome 2, Edition : Ayrolles, Paris (France).
- GROSCLAUDE G. (1999)**. L'eau usage et polluant, Tome II. 4eme Edition : INRA paris.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- HADJOU BELAID Z.(2013).** Contribution à l'étude des dysfonctionnements relevés dans une station d'épuration, étude du cas : STEP d'Ain El Houtz, Mémoire de master en hydraulique, Université Abou-BakrBelkaid de Tlemcen.
- JORA. (2006).** Journal Officiel De La République Algérienne N°26 De 23 Avril 2006.
- JOSEPH P.,RAKHA P. (2002).**Laurent DEPLAT, Jacques MALRIEU, Jean-Marc BERLAND FNDAE N°22 Bis, Fiche 4 : Autosurveillance In : Station d'épuration : Disposition constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation
- LADJEL F. (2006).** Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes, p80.
- LAZAROVA V. (2003) .** L'intérêt de la réutilisation des eaux usées : analyses d'exemples mondiaux. Techniques, Sciences et Méthodes 9, pp 64-85.
- MEOT B., ALAMY Z. (1990).** Les eaux usées urbaines, réglementation des rejets urbains, traitement de finition par géoépuration. France.
- N'DIAYE., KANKOU., DIASSE S., BAIDY L., (2011).** Contribution de l'analyse en composantes principales à l'évaluation de la couleur des effluents de la ville de Nouakchott. Larhyss Journal.p146.
- OMS. (2013).** Directives OMS pour l'utilisation Sans Risque Des Eaux Usées, des excréta et des eaux ménagères. Aspects Environnementaux
- OUALI M.S. (2001).** Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux usées, Edition : OPU, Ben Aknoun, Alger (Algérie).
- PRESCOTT L. M., HARLEY J. P., KLEIN D. A.,(2007).** Microbiologie. De Boek&Larcier, Bruxelles: 805–825.
- REJSEK F. (2002).** Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. France.
- RICHARD C. (1996).** Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Ed. Scientifiques et médicale Elsevier. Paris.
- RODIER J. (2005).** Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduares, Eau de mer. 8^{ième} Edition : Dunod, Paris(France)
- RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., (2009).** Analyse de l'eau, 9e Ed. DUNOD, Paris, France. 1579 p.
- SATIN M., SELMI B.(1999).** Guide technique de l'assainissement, 2^{ième} édition du Moniteur, Paris(France)
- TAMRABET L. (2007).** Traitement et réutilisation des eaux usées dans les pays du MENA: Cas de l'Algérie. Rapport réalisé pour le compte de la FAO (Office Régional du FAO au Proche Orient, Caire, Egypte).
- XANTHOULIS D. (1993).** Valorisation agronomique des eaux usées des industries agroalimentaires
- WORLD HEALTH ORAGNIZATION (WHO). (1987).** Factors affecting treatment in ponds In Wastewater Stabilization pond: Principles of Planning and Practice. FMRO Technical.