

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Echahid Hamma Lakhdar – El Oued**



**Faculté de technologie**

**Département d'hydraulique**

**Et Génie Civil**

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

En vu de l'obtention du Diplôme master (LMD) Professionnel en hydraulique  
**OPTION** : de conception et diagnostic de système A.E.P et assainissement

### **THEME :**

***SUIVI DES PERFORMANCES DE FONCTIONNEMENT D'UNE STATION  
D'EPURATION (CAS STEP 01)***



**Dirigé par :**

**Mr :OUAKOUAK Abdelkader**

**Présenté par :**

**GHEDEIR AMAR Hacem**

**ABID Salim**

**Soutenu devant un jury composé de:**

Mme. BOUCHEMAL Fattoum

Mlle. MEZIANI Assia

***Année Universitaire :2015/2016***

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## Remerciements

Tout d'abord je tiens à exprimer mes vifs remerciements à ma promoteur « M<sup>r</sup> ouakouak abdelkader » de m'avoir orienté et pour ces conseils judicieux, ses riches enseignements et sa constante disponibilité dans le but de mener à bien ce projet de fin d'études.

- ◆ Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur de juger ce travail, je les remercie vivement.

Mes remerciement vont également à :

- ◆ Mes très chers parents .
- ◆ Toute ma famille.
- ◆ Tous mes frères et sœurs.
- ◆ Tout ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans ma formation.
- ◆ Tous mes amis de l'université .

Ghedeir amar Hacem

**Résumé :**

Dans ce travail nous nous sommes intéressés au suivi des performances épuratoires d'un système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage aéré dans le contexte d'un climat aride à savoir la région d'EL OUED.

Lors de cette étude qui s'est étalée sur une période de six ans, d'excellents taux d'épuration ont été obtenus.

La qualité des eaux épurées est presque conforme aux normes algériennes de rejet des eaux usées (pour la majorité des paramètres), mais elle n'est pas conforme aux normes des eaux destinées à l'irrigation .

Il ressort que ce système peut être utilisé comme une alternative écologique et économique pour l'épuration des eaux usées dans la région d'E OUED.

**Mots clés:** les eaux usées, épuration, lagunage aéré, eaux destinées à l'irrigation , la région d'EL OUED

**المخلص:**

في هذا العمل اهتمنا بمتابعة نجاعة معالجة مياه الصرف الحضريّة بواسطة نظام أحواض التهوية في حالة طقس جاف كمنطقة الوادي.

في هذه الدراسة التي أجريت على مدى فترة ستة أعوام حصلنا على نتائج جيدة للتصفية.

نوعية المياه المعالجة تتماشى تقريبا مع المعايير الجزائرية لتفريغ المياه المستعملة (غالبية المقاييس ) لكنها لا تتماشى مع المعايير للمياه المخصصة للسقي.

يتبين أن هذا النظام يمكن أن يستخدم كبديل صديق للبيئة و اقتصادي لمعالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة الوادي.

الكلمات المفتاحية : المياه المستعملة , تصفية , أحواض التهوية , المياه المخصصة للسقي ,منطقة الوادي

**Summary:**

In this work we are interested in monitoring treatment performance of a treatment of urban wastewater aerated lagoon system in the context of an arid region namely climate EL OUED.

In this study which spanned a period of six years , excellent treatment rates were obtained.

The quality of treated water is almost consistent with Algerian standards for wastewater discharge ( for the majority of settings ), but it does not conform to standards of water for irrigation.

It appears that this system can be used as an ecological and economical alternative for wastewater treatment in the region of EL OUED .

**Keywords:** wastewater, sewage , aerated lagoons , water for irrigation, the region of El Oued

## Liste d'abréviations

**DBO5** : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (mg/l).

**DCO** : demande biochimique en oxygène (mg/l).

**pH** : Potentiel hydrogène.

**MES** : Matière en suspension (mg/l).

**MVS** : Matière volatiles en suspension (mg/l).

**MO** : Matière organique (mg/l).

**STEP** : Station d'épuration.

**ONA** : office national de l'assainissement.

**FAO**: Food and Agriculture Organization of the United Nations .

**OMS**: Organisation Mondiale de la santé.

**Q max**: débit maximal.

**UNESCO**: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

**EPDM**: ethylene propylene diene monomer .

**PMMA**: para-Methoxymethamphetamine.

**SAR**: Sodium Adsorption Ratio.

**EE**: Eau épurée.

**EB**: Eau brute.

## Liste des figures

**Figure II.1 :** exemple de transfert de matière et d'énergie dans un écosystème lacustre.

**Figure II.2 :** Exemple d'impact de l'introduction d'un polluant dans un lac.

**Figure II.3 :** Rivière en eutrophie.

**Figure III.1:**schéma général de lagunage

**Figure III.2:** schéma de lagune facultative.

**Figure III. 3:** schéma de lagunes microphytes.

**Figure III. 4:** schéma de lagunes macrophytes.

**Figure III. 5:** schéma de lagunes composites (mixte).

**Figure IV.1:** Schéma directeur du réseau d'assainissement en Souf (ONA, 2015).

**Figure IV.2:** Image générale de la station d'épuration (KOUININE).

**Figure IV.3:** photo Dessaleur (station Kouinine).

**Figure IV.4:** photo de Lagune aérée (station Kouinine).

**Figure V.1 :**Spectrophotomètre.

**Figure V.2 :** Thermo réacteur (CR 2200).

**Figure V.3:**Réfrigérateur conservant.

**Figure V.4 :** Etuve chauffée.

**Figure V.5 :** Dessiccateur.

**Figure V.6:** Balance électrique (TP-303).

**Figure V.7 :** Ensemble de filtration.

**Figure V.8 :** Oxy-mètre(INOLABO-OXI 730 WTW).

**Figure V.9 :** Conductimètre (Terminal 740).

**Figure V.10 :** pH mètre (pH 510).

**Figure VI.1.** Courbe de la variation mensuelle de la température moyenne (2015).

**Figure VI.2.** Variation mensuelle de pH (année 2015).

**Figure VI.3.** Courbe de la variation mensuelle de l'oxygène dissous (2015).

**Figure VI.4.** Courbe de la variation mensuelle de la DCO (année 2015).

**Figure VI.5.** Variation mensuelle de la DBO<sub>5</sub> (année 2015).

**Figure VI.6.** Variation mensuelle de MES (année 2015).

**Figure VI.7.** Courbe de la variation mensuelle de rapport DCO/DBO<sub>5</sub> (année 2015).

**Figure VI.8.** Variation mensuelle de la conductivité (2015).

**Figure VI.9.** Variation mensuelle de la turbidité (2015).

**Figure VI.10.** Variation saisonnière de la DBO<sub>5</sub> (2010-2015).

**Figure VI.11.** Variation saisonnière de la DCO (2010-2015).

**Figure VI.12.** Variation saisonnière de MES (2010-2015).

**Figure VI.13.** Variation annuelle de la DBO<sub>5</sub> (2010-2015).

**Figure VI.14.** Variation annuelle de la DCO (2010-2015).

**Figure VI.15.** Variation annuelle de MES (2010-2015).

## Liste des tableaux

**Tableau I.1** : Composants majeurs typique des eaux usées urbain(*DJEDDI, 2007*).

**Tableau III.1** : Les remèdes possibles pour des cas de dysfonctionnement du lagunage naturel.

**Tableau .VI.1:** méthode de conservation des échantillons.

**Tableau VI.2.** : les normes de rejets des eaux usées urbaines.

**Tableau VI.3:** les normes des eaux destinées à l'irrigation.

**Tableau.VI.4** : Variation mensuelle de la température (année 2015).

**Tableau.VI.5:** Variation mensuelle du pH des eaux usées (année 2015).

**Tableau.VI.6:** Variation mensuelle de l'Oxygène dissous des eaux usées (année 2015).

**Tableau.VI.7:** Variation mensuelle de la DCO (année 2015).

**Tableau.VI.8:** Variation mensuelle de paramètre de DBO<sub>5</sub> (année 2015).

**Tableau.VI.9:** Variation mensuelle de MES (année 2015).

**Tableau.VI.10:** Variation mensuelle de rapport DCO/ DBO<sub>5</sub> (année 2015).

**Tableau VI.11:**Variation mensuelle de la conductivité (année 2015).

**Tableau VI.12:**variation mensuelle de la turbidité (année 2015).

**Tableau VI.13:** matrice de corrélation de différents paramètres pour les eaux à l'entrée de la station (année 2015).

**Tableau VI.14** : matrice de corrélation de différents paramètres pour les eaux à la sortie de la station (année 2015).

**Tableau VI.15** :Variation saisonnière de la DBO<sub>5</sub> (2010-2015).

**Tableau VI.16** :Variation saisonnière de la DCO(2010-2015).

**Tableau VI.17** : la variation saisonnière de MES (2010-2015).

**Tableau VI.18** :variation annuelle de la DBO<sub>5</sub>(2010-2015).

**Tableau VI.19** :la variation annuelle de la DCO(2010-2015).

**Tableau VI.20** : la variation annuelle de MES (2010-2015).

**Tableau VI.21** : Grille de la qualité (IPO).

**Tableau VI.22** :résultats du calcul de l'IPO et de CR.



## Sommaire:

Introduction générale.....	1
<b>CHAPITRE I : Les eaux usées : origine et caractéristiques</b>	
<b>I.1. Introduction.....</b>	<b>3</b>
<b>I.2. L'origine des eaux usées .....</b>	<b>3</b>
I.2.1. Les eaux industrielles .....	3
I.2.2. Les eaux agricoles .....	3
I.2.3. Les eaux pluviales .....	3
I.2.4. Les eaux usées domestiques.....	4
<b>I.3. Composition des eaux usées .....</b>	<b>4</b>
I.3.1. Eléments microbiologiques .....	5
I.3.1.1. Les bactéries .....	5
I.3.1.2. Les virus .....	5
I.3.1.3. Les protozoaires :.....	5
I.3.1.4. Les helminthes .....	5
I.3.2. Matières en suspension et matière organique .....	6
I.3.3. Substances nutritifs.....	6
I.3.3.1. L'azote (N).....	6
I.3.3.2. Le phosphore (P).....	7
I.3.3.3. Le potassium (K <sup>+</sup> ).....	7
I.3.4. Eléments traces.....	7
I.3.5. Salinité.....	8
<b>I.4. Caractéristiques physiques de l'eau usée .....</b>	<b>8</b>
a) Couleur.....	8
b) Odeur .....	8
c) Température .....	8
d) Matières solides .....	8
<b>I.5. Conclusion .....</b>	<b>8</b>
<b>CHAPITRE II : La pollution des eaux: Types, origine et risques</b>	
<b>II.1. Introduction .....</b>	<b>9</b>
<b>II.2. Définition de la pollution.....</b>	<b>9</b>
<b>II.3. Les différentes sources de la pollution .....</b>	<b>10</b>

II.3.1. La pollution chimique.....	10
II.3.2. Les décharges sauvages.....	11
II.3.3. La pollution domestique.....	11
II.3.4. La pollution agricole.....	11
II.3.5. La pollution accidentelle .....	12
<b>II.4. Nature de la pollution .....</b>	<b>12</b>
<b>II.5. Degré de la pollution .....</b>	<b>13</b>
II.5.1. Influence de la pollution sur la vie aquatique.....	13
II.5.2. Phénomène de l'eutrophisation .....	15
<b>II.6. Risques de la pollution par les eaux usées .....</b>	<b>17</b>
II.6.1. Risque sur l'environnement .....	17
II.6.2. Risque sur la santé humaine .....	18
<b>II.7. Conclusion .....</b>	<b>18</b>
<b>CHAPITRE III : Le lagunage aéré</b>	
<b>III.1. Introduction.....</b>	<b>19</b>
<b>III.2. Histoire de lagunage .....</b>	<b>19</b>
<b>III.3. Définition de lagunage aéré .....</b>	<b>19</b>
<b>III.4. Principe de fonctionnement .....</b>	<b>20</b>
III.4.1.le lagunage aéré strictement aérobie .....	20
III.4.2.le lagunage aéré aérobie/anaérobie facultatif.....	20
<b>III.5. Les facteurs intervenants dans l'épuration par lagunage aéré.....</b>	<b>21</b>
III.5.1. Les facteurs physico-chimique.....	21
III.5.1. 1. La géométrie et la conception .....	21
III.5.1. 2. Le temps de séjour .....	21
III.5.1. 3. PH.....	21
III.5.1. 4.Oxygène dissous .....	22
III.5.1. 5. Les matières organiques .....	22
III.5.2. Les facteurs climatiques .....	22
III.5.2.1. La température .....	22
III.5.2.2. Le vent .....	23
III.5.2.3. L'éclairement .....	23
III.5.2.4. Evaporation.....	23
III.5.3. Les facteurs biologiques.....	24

III.5.3. 1. Le phytoplancton .....	24
III.5.3. 2. Zooplancton .....	24
III.5.3. 3. Les bactéries .....	24
III.5.4. Les sédiments .....	25
<b>III.6. Classification des lagunes .....</b>	<b>25</b>
III.6.1. Classification en fonction de l'environnement biologique .....	25
III.6.1.1. Lagune aérobie .....	25
III.6.1.2. Lagune anaérobie .....	26
III.6.1.3. lagune facultative .....	26
III.6.1.4. lagune de maturation .....	26
III.6.2. Classification selon les types de végétation .....	26
III.6.2.1. Lagune à microphytes .....	27
III.6.2.2. Lagunes à macrophytes .....	27
III.6.2.3. Lagunes composites (mixte) .....	28
<b>III.7. Dysfonctionnement du lagunage aéré .....</b>	<b>28</b>
III.7.1. Détection des dysfonctionnements et conséquences .....	28
III.7.2. Causes de dysfonctionnement .....	29
III.7.2.1. Taux de charge .....	29
III.7.2.2. Nature des effluents .....	29
III.7.2.3. facteurs saisonniers.....	29
III.7.2.4. Conception.....	29
III.7.3. Remèdes pour des cas de dysfonctionnement .....	30
<b>III.8. Avantages et performances du lagunage aéré .....</b>	<b>31</b>
<b>III.9. Inconvénients du lagunage aéré.....</b>	<b>31</b>
<b>III.10. Contraintes d'exploitation.....</b>	<b>32</b>
<b>III.11. Conclusion .....</b>	<b>32</b>
<b>CHAPITRE IV : Présentation de la station de Kouinine</b>	
<b>IV.1. Introduction .....</b>	<b>33</b>
<b>IV.2. Présentation de la station .....</b>	<b>33</b>
<b>IV.3. Principe de fonctionnement de la STEP .....</b>	<b>35</b>
IV.3.1. Prétraitement de l'eau usée .....	36

IV.3.1.1. Dégrillage.....	36
IV.3.1.2. Dessablage .....	36
IV.3.1.3. Mesure du niveau d'eau et échantillonneur .....	37
IV.3.2. Partie biologique du traitement d'eau usée .....	37
IV.3.2.1. Lagunes aérées-première étape (A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> et A <sub>3</sub> ).....	37
IV.3.2.2. Lagunes aérées-deuxième étape (B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> et B <sub>3</sub> ).....	38
IV.3.2.3. Lagunes de finition (F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> et F <sub>3</sub> ).....	38
IV.3.3. Décharge des boues .....	39
IV.3.3.1. Lits de séchage des boues .....	39
<b>IV.4. Dimension des ouvrages .....</b>	<b>39</b>
IV.4.1. Prétraitement .....	39
IV.4.2. Lagunes d'aération (premier étage) A <sub>1</sub> ,A <sub>2</sub> ,A <sub>3</sub> .....	41
IV.4.3. Lagunes d'aération (Deuxième étage) B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> .....	42
IV.4.4. Lagunes de finition F <sub>1</sub> ,F <sub>2</sub> , F <sub>3</sub> .....	43
IV.4.5. Racleur des boues de lagune.....	43
IV.4.6. Lits de séchage des boues .....	43
<b>IV.5. Les données d'entrée de base et paramètres de l'eau brute.....</b>	<b>44</b>
<b>IV.6. Conclusion .....</b>	<b>45</b>
<b>CHAPITRE V : Procédure expérimentale</b>	
<b>V.1.Introduction .....</b>	<b>46</b>
<b>V.2. But principal .....</b>	<b>46</b>
<b>V.3.Prélèvement et échantillonnage .....</b>	<b>46</b>
<b>V.4. Matériels et méthodes d'analyses.....</b>	<b>47</b>
V.4.1. Paramètres étudiés .....	47
V.4.2. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO).....	47
V.4.3. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	48
V.4. 4. Déterminationdes matières en suspension (MES).....	50
V.4. 5. Déterminationdel'oxygène dissous.....	52
V.4. 6. Déterminationde conductivité électrique.....	53
V.4.7. Détermination du pH et de la Température.....	54
V.4.8. le logiciel SPSS Statistics version 20.....	55
<b>V.5. Conclusion.....</b>	<b>55</b>

## **CHAPITRE VI : Etude de fonctionnement de la station de Kouinine**

<b>IV.1.Introduction.....</b>	<b>56</b>
<b>VI.2.Prélèvement et conservation des échantillons.....</b>	<b>56</b>
<b>VI.3.Paramètres à analyser.....</b>	<b>58</b>
<b>VI.4.Les normes relatives aux eaux usées.....</b>	<b>58</b>
<b>VI.5. Résultats de l'étude de la variation spatiotemporelle.....</b>	<b>60</b>
VI.5.1. Variation mensuelle de la température.....	60
VI.5.2. Variation mensuelle du pH.....	61
VI.5.3. Variation mensuelle de l'oxygène dissous.....	62
VI.5.4. Variation de la DCO.....	63
VI.5.5. Variation mensuelle de la DBO <sub>5</sub> .....	64
VI.5.6. Variation de MES .....	66
VI.5.7. Variation mensuelle de l'indice de biodégradabilité DCO/DBO <sub>5</sub> .....	66
VI.5.8. Variation mensuelle de la conductivité.....	68
VI.5.9. Variation mensuelle de la turbidité.....	69
VI.5.10. Etude de la corrélation.....	70
VI.5.11. Variation saisonnière de la DBO <sub>5</sub> (2010-2015).....	72
VI.5.12. Variation saisonnière de paramètre DCO (2010-2015).....	73
VI.5.13. Variation saisonnière de MES (2010-2015).....	74
VI.5.14. Variation annuelle de la DBO <sub>5</sub> (2010-2015).....	75
VI.5.15. Variation annuelle de la DCO (2010-2015).....	75
VI.5.16. Variation annuelle de MES (2010-2015) .....	76
<b>VI.6. Indice de la pollution organique (IPO) et indice de la contamination (Cr).....</b>	<b>77</b>
<b>VI.7. Recommandations .....</b>	<b>79</b>
<b>VI.8. Conclusion.....</b>	<b>80</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>81</b>

### **Introduction générale:**

Le nombre des stations d'épuration des eaux usées en Algérie atteindra 272 unités à la fin du quinquennat 2015-2019 contre plus de 166 actuellement, afin de garantir un meilleur cadre de vie aux citoyens( **ONA, 2015**).

En effet, avec l'expansion des villes, l'industrialisation et l'évolution des modes de consommation, en sus, d'un climat de plus en plus aride que connaît le pays, les eaux potables s'épuisent plus rapidement, augmentant le volume des eaux usées chaque année.

Actuellement, les eaux usées ne sont épurées qu'à 40 % et rejetées, le plus souvent (le reste), sans traitements et de façon directe en milieu naturel.

Face à la pénurie d'eau, due essentiellement à la baisse régulière du volume des précipitations depuis ces dernières décennies, et dans un souci de préservation des ressources d'eau encore saines et de protection de l'environnement et de la santé publique, l'Algérie adopte alors, un programme riche en matière d'épuration des eaux usées par la mise en service de plusieurs stations d'épuration.

Grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques, ces stations ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de résidus appelés boues, valorisable en agriculture et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, qui trouve quant-à-elle, une réutilisation dans l'irrigation, l'industrie et les usages municipaux.

Pour lutter contre la pollution des eaux naturelles, éviter les maladies d'origine hydrique et protéger le milieu récepteur on a recours à des solutions fiables telles que : la construction des stations d'épuration qui englobe les analyses et les contrôles périodiques des eaux des rejets depuis les années 80. L'Algérie a engagé un programme de réalisation des stations.

En vue d'étudier l'efficacité des stations d'épuration par le lagunage aéré concernant l'abattement de la charge polluante et le bon fonctionnement des ouvrages d'épuration, on a choisi de travailler, dans ce projet de fin d'étude, sur la station d'épuration de KOUININE, nous nous sommes intéressés à faire une étude sur l'exploitation et suivi de fonctionnement d'un procédé de traitement des eaux sanitaires; qui est un procédé par lagunage aéré.

Notre étude est présentée en deux parties comme suit :

Première partie

- Les eaux usées.
- La pollution: types, origine et risques sur l'environnement.



- Le lagunage aéré.

Deuxième partie

- Présentation de la station.
- Procédure expérimentale.
- Etude du fonctionnement de la station de KOUININE.



# Chapitre **I**

*Les eaux usées :  
origine et  
caractéristiques*

**I.1. Introduction:**

L'eau usée est l'eau qui a été utilisée dans les activités domestiques agricoles et industrielles chargée en substances toxiques et qui doit être traitée avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'ils ne causent pas de pollution de ces autres sources.

Dans ce chapitre nous allons donner un aperçu sur l'origine des eaux usées et leurs composition, et puis nous donnerons les paramètres physiques de ces eaux.

**I.2. L'origine des eaux usées :**

Suivant l'origine des substances polluantes on distingue entre quatre catégories d'eaux usées:

**I.2.1. Les eaux industrielles :**

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques ou des hydrocarbures.

**I.2.2. Les eaux agricoles :**

L'agriculture est une source de pollution des eaux car elle apporte les engrais et les pesticides (BOUMEDIENE, 2013).

**I.2.3. Les eaux pluviales :**

Le rôle des eaux pluviales est également important dans les transferts de pollution. Les eaux de ruissellement peuvent être polluées par lessivage des sols, des surfaces imperméabilisées. Les eaux pluviales peuvent contenir de ce fait des métaux lourds et des toxiques : plomb, zinc, hydrocarbures,...etc. (Achouri, 2003).

**I.2.4. Les eaux usées domestiques :**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques,... etc. et en eaux 'vannes' sont les rejets des

toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux(BOUMEDIENE, 2013).

### I.3. Composition des eaux usées :

La composition des eaux usées, est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique,...etc.). Le tableau suivant présente les différents composants typique des ces eaux :

**Tableau I.1:** Composants majeurs typique des eaux usées urbain(DJEDDI, 2007).

Constituants	Concentration (mg/l)		
	Fort	Moyen	Faible
Solides totaux	1200	700	350
Solides dissous (TDS)	850	500	250
Solides suspendus	350	200	100
Azote (en N)	85	40	20
Phosphore (en P)	20	10	6
Chlore1	100	50	30
Alcalinité (en CaCO <sub>3</sub> )	200	100	50
Graisses	150	100	50
DBO <sub>5</sub>	300	200	100

La composition des eaux résiduaires urbaines brutes dépend :

- Essentiellement de l'activité humaine (eaux ménagères et eaux vannes).
- De la composition des eaux d'alimentation en eau potable et, accessoirement, de la constitution des canalisations d'eau, pour les composés chimique.
- De la nature et de la quantité des effluents industriels éventuellement rejetés dans le réseau urbain.

Les eaux usées urbaines contiennent des matières solides, des substances dissoutes et des micro-organismes. Ces derniers sont la cause des principales restrictions imposées à la réutilisation des eaux usées et elles peuvent être classées en:

### **I.3.1. Eléments microbiologiques :**

Les eaux usées contiennent tous les microbiologiques excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes: les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes.

#### **I.3.1.1. Les bactéries:**

Les bactéries sont des cellules vivantes microscopiques. Elles se multiplient dans les eaux usées et les boues résiduaires. L'exposition à celles-ci provient surtout de l'inhalation des aérosols qu'elles utilisent comme vecteurs leur transport ou encore, de la contamination du système gastro-intestinal par le contact des mains à la bouche. Les bactéries Gram négatives et leurs sous-produits comme les endotoxines peuvent causer de l'irritation des muqueuses ainsi que des problèmes gastro-intestinaux et respiratoires(DJEDDI, 2007 ).

#### **I.3.1.2. Les virus :**

Certains virus se multiplient dans le système digestif humain ou animal et sont excrétés dans les matières fécales lors d'une infection. Ils ne se reproduisent pas une fois à l'extérieur du corps. On peut retrouver plus de 150 types de virus dans les eaux usées. L'hépatite A est une maladie causée par un virus .

#### **I. 3.1.3. Les protozoaires :**

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, **Giardia lamblia**. Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires (Faby ,1997).

#### **I.3.1.4. Les helminthes :**

Une grande variété de ces vers parasites et leurs œufs peuvent se retrouver dans les eaux usées et dans les boues sanitaires. Ils peuvent être la cause de vers intestinaux chez les humains exposés (DJEDDI, 2007 ).

### **I.3.2. Matières en suspension et matière organique:**

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des micro-organismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les

MES. Les particules en suspension, plus lourdes que l'eau, sont éliminées par décantation, c'est une étape simple dans la réduction de la charge organique des eaux usées et de la teneur en germes pathogènes. Toutefois, un traitement beaucoup plus poussé est généralement requis pour faire face aux risques sanitaires.

Une présence excessive de matières en suspension peut entraîner des difficultés de transport et de distribution des effluents ainsi que le bouchage des systèmes d'irrigation.

La présence de matière organique dans les eaux usées ne constitue pas, sauf cas très particulier, un obstacle à la réutilisation de ces eaux. Bien au contraire, elle contribue à la fertilité des sols. Cependant, l'expérience montre que le maintien organique dans les eaux usées gêne considérablement l'efficacité des traitements destinés à éliminer les germes pathogènes. Enfin, les concentrations significatives en matière organique peuvent aussi entraîner des odeurs désagréables, notamment s'il arrive que les eaux stagnent à la surface du sol (Faby, 1999).

### **I.3.3. Substances nutritifs:**

Les activités humaines l'ont accéléré dans le nombreux lacs en augmentant la quantité d'éléments nutritifs qui leur parviennent.

Parmi ces éléments présents dans l'eau, deux sont très importants parce qu'ils sont indispensables à la synthèse des micro-organismes dans le milieu aquatique. Il s'agit de l'azote N et du phosphore P assimilés généralement par les plantes sous forme de nitrates  $\text{NO}_3^-$  et de phosphates  $\text{PO}_4^{3-}$ .

#### **I.3.3.1. L'azote (N) :**

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène ( $\text{O}_2$ ) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous ( $\text{NH}_3$ ), en équilibre avec l'ion ammoniac ( $\text{NH}_4$ ) (Martin, 1979).

La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes:

- N organique à  $\text{NH}_4^+$  : ammonification
- $\text{NH}_4^+$  à  $\text{NO}_2^-$  : nitritation par Nitrosomonas
- $\text{NO}_2^-$  à  $\text{NO}_3^-$  : nitratisation par Nitrobacter (Chellé et al. 2005).

### I.3.3.2. Le phosphore (P) :

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l. Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement (FAO, 2003). Mais s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation; cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes. On ne rencontre pas en général de problèmes liés à un excès de phosphore (Asano, 1998).

### I.3.3.3. Le potassium (K<sup>+</sup>) :

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l (12 à 36 mg/l de K<sub>2</sub>O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins (Faby, 1997). Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes (DJEDDI, 2007 )

### I.3.4. Eléments traces :

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présent à l'état de traces.

Leur origine est multiple : ils proviennent «des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseaux unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels» (Cauchi, 1996).

### I.3.5. Salinité :

La salinité désigne la quantité de sels dissous dans un liquide, notamment l'eau qui est un puissant solvant pour de nombreux minéraux. Nous ne faut pas confondre la salinité avec la dureté de l'eau qui est relative à son dosage en calcium et magnésium. Ces derniers officiellement mesurée à partir de la conductivité électrique. La salinité n'est plus présentée comme un rapport de masse. Elle s'exprime sans unité, comme le pH, mais on trouve encore des salinités exprimées en ‰, en g/kg ou en PSU (pratiques salinité unité).

**I.4. Caractéristiques physiques de l'eau usée:**

- a) Couleur :** Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement. (REJESK, 2002). La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Elle est grisâtre qui devient noirâtre avec le temps (RODIER et Al, 2005).
- b) Odeur :** désagréable, nauséabonde ( $H_2S$ ), ces deux caractéristiques peuvent être changées par l'apport de rejets industriels.
- c) Température :** élevée par rapport à la température des eaux de consommation.
- d) Matières solides :** composées de matière dissoute (sucre, sels) matière colloïdale (turbidité), matière en suspension (papier), matière flottante (graisse).

**I.5. Conclusion :**

Les eaux usées de différentes compositions et de diverses origines constituent un problème pour la nature lors du rejet sans subir de traitements au préalable. Afin de montrer l'intérêt de leur épuration, nous avons présenté dans ce chapitre les origines et caractéristiques des eaux usées afin de trouver la méthode la moins coûteuse et celle qui présente une basse nuisance auditive et olfactive, ce qui est le cas des méthodes quasineutres tel que le lagunage.

# Chapitre **II**

*La pollution des eaux:  
types, origine et risques*

### II.1. Introduction:

L'eau est une substance unique parce qu'elle se renouvelle et se nettoie naturellement en permettant au polluants de s'infiltrer (par le processus de sédimentation) ou de se détruire, en diluant les polluants au point qu'ils aient des concentrations qui ne sont pas nuisibles. Cependant, ce processus naturel prend du temps et devient très difficile lorsqu'il y a une quantité importante de polluants qui sont ajoutés à l'eau. Les gens utilisent de plus en plus des matières qui polluent ces eaux.

Riche en milieux aquatiques, l'Algérie est parmi les pays d'Afrique les plus menacés par le fléau de la pollution de ses eaux, bien peu de cas de maladies à transport hydrique sont enregistrés en Algérie durant dernières années (Ministère de la Santé, 2010-2014), la pollution des eaux continue de poser un problème sérieux pour l'homme et son environnement.

### II.2. Définition de la pollution:

La pollution est définie comme «une dégradation du milieu naturel par des substances chimiques, des déchets industriels ». On peut aussi la présenter ainsi :

**« Modification physico-chimique ou biologique d'un écosystème par l'introduction d'un élément extérieur qui crée des nuisances voir un danger pour le monde du vivant. »**

( René Moletta,2011).

La pollution est la conséquence de l'introduction de matières, en quantité suffisamment importante pour perturber son fonctionnement habituel à court, moyen, ou long terme. La plus part du temps elle est due à l'activité de l'homme mais pas toujours.

Pour cerner correctement la notion de pollution par un effluent, il faut intégrer plusieurs facteurs qui caractérisent l'eau usée et le site où elle est rejetée :

- La nature des produits incriminés.
- Leurs concentrations (leurs quantités) dans l'eau usée.
- La durée pendant laquelle elle est rejetée.

- La sensibilité du milieu récepteur, c'est à dire, de l'écosystème qui recevra ces produits.

A quantité égale tous les produits n'ont pas le même impact polluant. Il peut être plus ou moins important en fonction de leur nature. Ceux qui ont un impact important à faible concentration sont dits «toxiques » parce que, présents en faible quantité, ils vont modifier de manière importante et dans un sens négatif, l'équilibre de l'écosystème. Cela peut être le cas de métaux lourds, de cyanures, d'arsenic ou des molécules qui sont utilisées pour les traitements phytosanitaires( *René Moletta,2011*).

L'introduction d'un polluant dans un écosystème peut modifier l'équilibre d'une communauté microbienne et permettre le développement de bactéries pathogènes qui peuvent être à l'origine de maladies chez l'homme, les animaux ou les plantes...

Lorsqu'une eau usée est récupérée dans un réseau de tuyau par exemple, elles sont disponibles pour être traitées en un point précis. C'est ce que l'on appelle la pollution *localisée*.

Par contre quand des produits chimiques sont répartis dans les champs (comme les engrais, ou des produits phytosanitaires), seulement une partie de ce qui a été répandu sera absorbés par les plantes ou transformés par les micro-organismes du sol.

Les restes qui ne seront pas consommés peuvent être «polluants » car ils seront emportés par les pluies et vont modifier l'équilibre de l'écosystème naturel en d'autres endroits.

L'homme ne peut à posteriori rien faire pour éliminer cette pollution, parce qu'elle est répartie sur de grandes surfaces (ou dans de grands volumes d'eau). On la qualifie de pollution *diffusé*.

### **II.3. Les différentes sources de la pollution:**

#### **II.3.1. La pollution chimique:**

La pollution chimique peut être accidentelle ou diffuse. Les eaux usées industrielles contiennent également de l'azote, notamment les eaux rejetées par les fabricants d'engrais ou d'explosifs, les industries de traitements des métaux et les industries agro-alimentaires. Les industries rejettent ces pollutions qui entraînent une détérioration de l'environnement. Une présence insuffisante de stations d'épuration( *René Moletta,2011*).

---

### II.3.2. Les décharges sauvages:

Les décharges sauvages (huile de vidange, batteries...) et tout ce que l'on jette dans la nature sans vraiment y prêter attention, représentent une source de pollution qui fait parfois beaucoup de dégâts....

### II.3.3. La pollution domestique:

Provient des utilisations quotidiennes de l'eau à la maison, l'eau des toilettes comme l'eau des lavages environ 150 litres par jour et par habitant, est une source de pollution :

- organique (graisses)
- chimique (poudres à laver, détergents...)

La pollution domestique est représentée par les eaux usées domestiques, l'eau de pluie (qui lave les rues), les commerces. Elle est responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau, ainsi que du développement de l'eutrophisation( *René Moletta,2011*).

### II.3.4. La pollution agricole:

**a. Les matières organiques** Les déjections animales, issues de l'élevage, contiennent des matières organiques, matières azotées et phosphore pouvant poser des problèmes de pollution des eaux superficielles et souterraines dans les zones d'élevage intensif.

Les rejets de bactéries dans l'environnement sont limités par les pratiques agricoles qui consistent à stocker le lisier dans des fosses.

Lorsque les conditions d'épandage sont respectées, ces rejets sont bien absorbés par l'environnement. Toutefois, certains peuvent perdurer des semaines, voire des mois dans l'environnement et en zone d'élevage intensif. Le risque de détecter des microorganismes pathogènes dans les rivières peut alors être important.

**b. Les engrais chimiques** (nitrates et phosphates) altèrent la qualité des nappes souterraines qu'ils atteignent par infiltration des eaux.

**c. Les pesticides d'origine agricole** les plus souvent quantifiés sont les herbicides. Bien que moins fréquente que celle des herbicides, une présence significative d'insecticides et de

fongicides utilisés en traitement de grandes cultures est mise en évidence dans l'eau des rivières.

*d. Les herbicides et les insecticides* s'accumulent dans les sols et les nappes phréatiques.

### **II.3.5. La pollution accidentelle:**

- entreposer des produits chimiques solubles.
- déverser des produits polluants lors d'accidents de la circulation maritime.
- disperser des gaz ou des liquides toxiques par les usines.
- les incendies.

### **II.4. Nature de la pollution:**

Diverses formes de pollution affectent les ressources en eau. La pollution « thermique » est la conséquence du déversement dans le milieu aquatique « fleuves, eau littorales) de quantités considérables d'eau utilisées pour le refroidissement, surtout lors de la production d'énergie électrique par les centrales thermiques ou nucléaires. L'élévation excessive de la température de l'eau fluviale, surtout en période d'étiage, peut modifier l'équilibre biologique des eaux au regard des espèces piscicoles et faciliter le développement d'amibes libres, pathogènes pour les baigneurs(*FESTY et TRICARD, 1989*).

Il est très difficile de changer complètement les effets de la pollution de l'eau. Les processus naturels qui nettoient l'eau peuvent prendre des années, des décennies ou même des siècles. Les processus technologiques coûteux nécessitent des années avant d'enlever complètement tous les polluants nuisibles dans l'eau. Il y a 2 aspects, lors de contamination, qui est important de traiter. Premièrement, la source de la pollution de l'eau doit être enlevée pour que la contamination supplémentaire ne se produise pas.

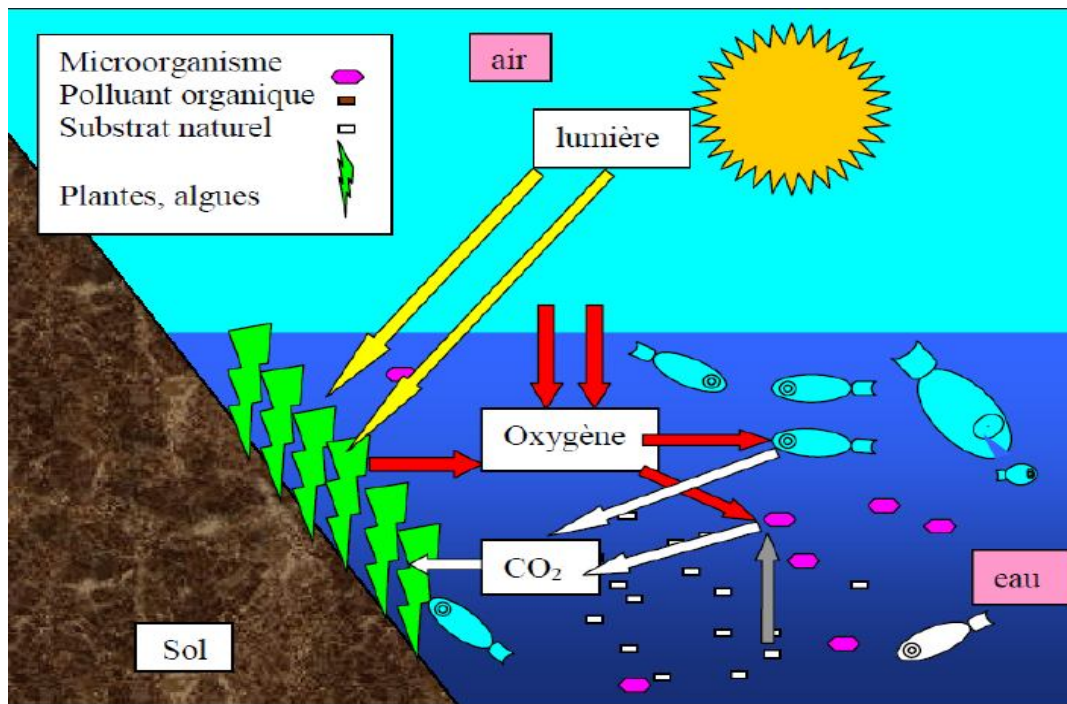
Nombre de micropolluants parviennent dans les eaux par le biais des effluents de stations d'épuration. Ils constituent alors une charge permanente dans l'environnement et risquent (lorsque l'effluent n'est pas suffisamment dilué) de porter atteinte aux organismes aquatiques et dès lors à tout l'écosystème. Pour réduire l'apport de micropolluants, des mesures s'imposent à différents niveaux, mais seule une optimisation ciblée des stations d'épuration permettra de réduire sensiblement l'apport d'une vaste palette de substances.

**II.5. Degré de la pollution:****II.5.1. Influence de la pollution sur la vie aquatique:**

- L'oxygène diffuse à travers l'interface air-eau pour se dissoudre dans l'eau.
- Les végétaux aquatiques, les algues, récupèrent le gaz carbonique, les sels minéraux de l'eau, utilisent la lumière pour la photosynthèse et rejettent de l'oxygène dans l'eau.
- Les poissons consomment l'oxygène qu'il y a dans l'eau et mangent les plantes, les algues, les insectes, et les gros poissons ... mangent les petits poissons.
- Les micro-organismes (des bactéries, par exemple) utilisent la matière organique et minérale et l'oxygène présent dans l'eau pour se développer et se multiplier.

Comme cette matière organique est présente en faible quantité, ils ne se multiplient que très lentement et donc, ne consomment que peu d'oxygène ... ce qui en laissera au poisson pour respirer.

- La lumière qui traverse le volume d'eau va servir aux algues, aux plantes aquatiques pour produire de l'oxygène qui servira lui aussi, aux poissons, aux bactéries... Et tout cela vit dans un certain équilibre et tout s'arrange tranquillement, et tout va pour le mieux dans le meilleur des mondes...



**Figure II.1** : exemple de transfert de matière et d'énergie dans un écosystème lacustre ( René Moletta,2011).

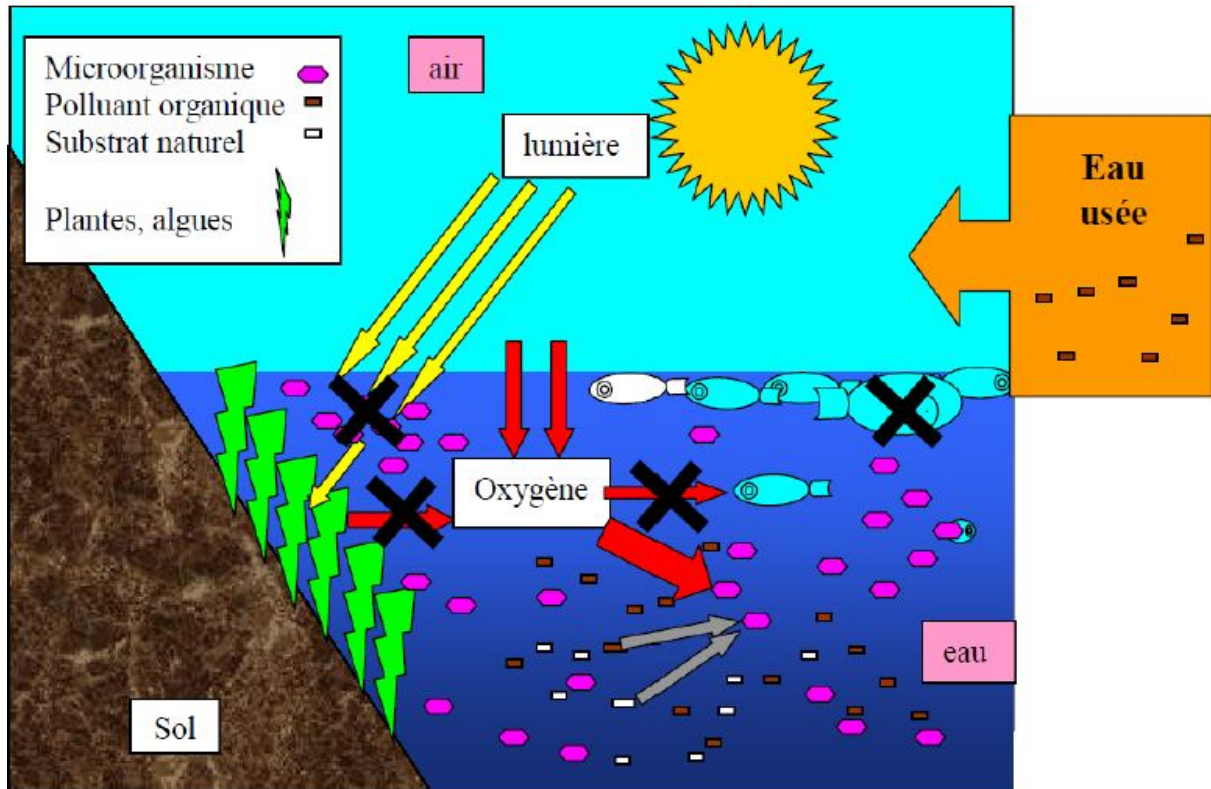
Le problème va arriver quand on va introduire, en quantité significative, de la matière organique ou minérale, dans ce lac. Elle va entraîner une modification des caractéristiques de cet équilibre même si elle est d'origine naturelle. Cette matière est polluante car elle devient un nouveau substrat pour les microorganismes qui vont la consommer très rapidement .

En même temps, ils vont, consommer plus d'oxygène (qui est dissous dans l'eau). Ils peuvent consommer tellement d'oxygène qu'il n'y en aura plus assez pour les poissons. Ils vont mourir par asphyxie.

La prolifération des micro-organismes va rendre l'eau plus opaque et va empêcher la lumière d'atteindre les algues et diminuer ainsi la production d'oxygène dans l'eau ce qui va amplifier l'asphyxie des poissons. Alors quel sont les principaux facteurs introduits qui peuvent modifier l'équilibre d'un écosystème ?

- Les matières organiques ou minérales, d'origines naturelles ou non.
- Des produits dit «toxiques » car de petites concentrations ont de grands impacts,
- Des particules ou des colorants qui vont empêcher la lumière d'atteindre les algues,

- Une température élevée ou très basse qui va détruire les être vivants qui ne sont pas adaptés.
- L'introduction d'un organisme prédateur peut générer un nouvel écosystème (poisson vorace par exemple, ou une algue qui s'installe à la place de toutes les autres).



**Figure II.2 :** Exemple d'impact de l'introduction d'un polluant dans un lac ( **René Moletta,2011**).

L'effet de ces pollutions conduit à la modification, voir plus souvent, à une réduction importante de la bio-diversité.

Un produit naturel, composé de matière facilement consommable par les microorganismes (comme le sucre par exemple) peut donc devenir un polluant si elle est rejetée en grande quantité dans le milieu naturel.

### **II.5.2. Phénomène de l'eutrophisation:**

L'eutrophisation est un processus naturel et très lent, par lequel les plans d'eau reçoivent une grande quantité d'éléments nutritifs (notamment du phosphore et de l'azote), ce qui stimule la croissance des algues et des plantes aquatiques. Ce processus, se déroule normalement sur une

période allant de plusieurs milliers à quelques dizaines de milliers d'années. Cependant, les activités humaines l'ont accéléré dans de nombreux lacs en augmentant la quantité d'éléments nutritifs qui leur parviennent, provoquant des changements dans l'équilibre de ces écosystèmes aquatiques.

Au delà de la conséquence sur les concentrations en oxygène dans l'eau, la pollution organique a pour effet majeur d'eutrophiser les milieux aquatiques, c'est-à-dire de les enrichir en nutriments (azote, phosphore). Ces conditions favorisent le développement surabondant de certaines espèces d'algues, modifiant complètement le fonctionnement de l'écosystème. On parle de dystrophisation. Ces déséquilibres provoquent une diminution de la biodiversité et entraînent un risque de production de toxines par certaines algues.

L'eutrophisation des eaux entraîne le développement surabondant de certaines algues.



**Figure II.3 :** Rivière en eutrophie (**ANDRE H**, 2002.).

Le phénomène d'eutrophisation se manifeste par une augmentation de la biomasse phytoplanctonique dans la colonne d'eau qui, en se décomposant peut entraîner une désoxygénation des eaux. Parmi cette biomasse algale se développent des algues phytoplanctoniques, en majorité non siliceuses, donc certaines émettent des toxines qui peuvent être dangereuses pour la faune marine (poissons, coquillages,...) et pour les consommateurs.

**II.6. Risques de la pollution par les eaux usées:**

La pollution de l'eau est altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique et l'environnement. Elle peut concerner les eaux superficielles ou souterraines, aussi il est risqué sur la santé publique.

**II.6.1. Risque sur l'environnement:**

- ✓ Diminution de la teneur en oxygène dissous.
- ✓ Présence de produits toxiques.
- ✓ Prolifération d'algues.
- ✓ Modification physique du milieu récepteur.
- ✓ Présence de bactéries ou virus dangereux.

**A- Effets sur le sol:**

Ces impacts sont d'importance particulière pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité chimique et physique, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes prévus au niveau du sol sont :

- La salinisation,
- L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol,
- L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques,
- L'accumulation de nutriments (FAO, 2003).

**B- Effets sur les eaux souterraines:**

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible par l'infiltration des ces dernière. (FAO, 2003).

**C- Effet sur les eaux superficielles:**

Les rejets directs des eaux non épurées posent des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, de qualité de l'eau destinée à la production d'eau potable (norme d'un maximum de 50 mg/l pour l'azote) et de contamination microbiologique des zones de conchyliculture. (Baumont et al. 2004).

**II.6.2. Risque sur la santé humaine:**

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), et des éléments toxiques. Ils sont dangereux pour la santé humaine.

L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : des dizaines, voire des centaines de millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement et l'élaboration de normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue par un risque pour la santé.

**II.7. Conclusion:**

Comme conclusion, La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse pour les différents domaines. Les polluants des eaux peuvent être d'origine naturelle ou anthropique, et provoquent la contamination des eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines. La pollution par les eaux usées présente des effets négatifs sur l'environnement et sur la santé humaine.

# *Chapitre* **III**

## *Le lagunage aéré*

### III.1. Introduction:

Le lagunage est une technique naturelle d'épuration des eaux fondée sur la déseutrophisation. Le principe est de recréer des milieux ou des bassins « tampons » dans lesquels les eaux usées ou polluées vont transiter, avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Les phénomènes d'auto-épuration des eaux (service écosystémique) se font ainsi dans ces bassins, de petite ou grande surface, préservant le reste du milieu naturel (lac, rivière) des conséquences néfastes des pollutions et des effets négatifs de certains phénomènes d'auto-épuration (la dégradation de la matière organique par les micro-organismes aérobies entraîne une chute du taux d'oxygène dissous pouvant asphyxier la macrofaune et la microflore aquatique).

### III.2. Histoire de lagunage:

Il y a des siècles que des bassins sont employés pour accumuler et traiter les déchets d'origine animale ou domestique. Ces bassins où on laissait faire la nature, ont été utilisés par les romains. Dès **1901**, la ville de **San Antonio au Texas** aménagea un lac artificiel de 275 hectares destiné à l'épuration des eaux usées. Dans les années **1920**, le lagunage se développa largement de par le monde, notamment aux **États-Unis**, au **Canada**, en **Australie**, en **Suède** et en **France**, où il était déjà utilisé depuis des siècles, mais son optimisation et la mesure scientifique de ses performances ne datent que du début du **XX<sup>e</sup>** siècle, avec par exemple les études du professeur **Albert Calmette à Lille**. En **1960**, en **Californie**, la première lagune à haut rendement fut construite; elle mettait en jeu la culture intensive d'algues.

En **France**, la première utilisation du lagunage naturel a été réalisée au **Grau du roi** en **1965**. Cette technique est restée marginale jusqu'en **1976**, date à laquelle le ministère de la santé lui accordé une reconnaissance officielle. En **Algérie**, les premières installations ne datent que d'une quinzaine d'années et restent encore peu exploitées.

Aujourd'hui, on trouve des bassins d'épuration écologique dans plus de 50 pays du monde et leur nombre augmente tous les jours.

### III.3. Définition de lagunage aéré:

Un lagunage aéré, un étang aéré ou un bassin aéré est un traitement de l'eau artificiel à travers une aération forcée pour favoriser l'oxydation biologique des eaux usées (B.Méot et Z. Alamy, 1990).

### III.4. Principe de fonctionnement:

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène. Dans l'étage d'aération, les eaux usées sont dégradées par des micro-organismes qui consomment et assimilent les nutriments. Le principe de base est le même que celui des boues activées avec une densité de bactéries faible et l'absence de recirculation. L'oxygénation est assurée par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. La consommation électrique de chacun de ces deux procédés est similaire à celle d'une boue activée. Dans l'étage de décantation, assuré principalement par une ou deux simples lagunes, les matières en suspensions (amas de micro-organismes et de particules piégées) s'agglomèrent lentement sous forme de boues. Ces dernières doivent être régulièrement extraites. Le curage est facilité en présence de deux bassins qu'il est possible de by-passer séparément. La floculation des boues est peu prononcée (lagune de décantation à surdimensionné).

Le lagunage aéré se différencie des boues activées par l'absence de maintien d'une concentration fixée de micro-organismes (pas de recirculation). Cela conduit à prévoir des temps de séjour plus longs, plus favorables à une bonne adaptation du système aux variations de qualité de l'effluent à traiter. Ce procédé a un bon comportement vis-à-vis des effluents dilués ou si les débits ne sont pas bien écrêtés (Achouri, 2003).

Il existe deux formes de lagunage aéré :

**III.4.1. le lagunage aéré strictement aérobie** : il faut une aération suffisante pour maintenir le bassin en aérobiose et l'ensemble des particules en suspension

**III.4.2. le lagunage aéré aérobie/anaérobie facultatif** : il y a formation de dépôt qui évolue en milieu anaérobie. Le premier cas est très peu utilisé car il est grand consommateur d'énergie. La seconde solution est rencontrée plus fréquemment : elle s'apparente au lagunage naturel par l'épuration des eaux usées par échange eau/sédiment.

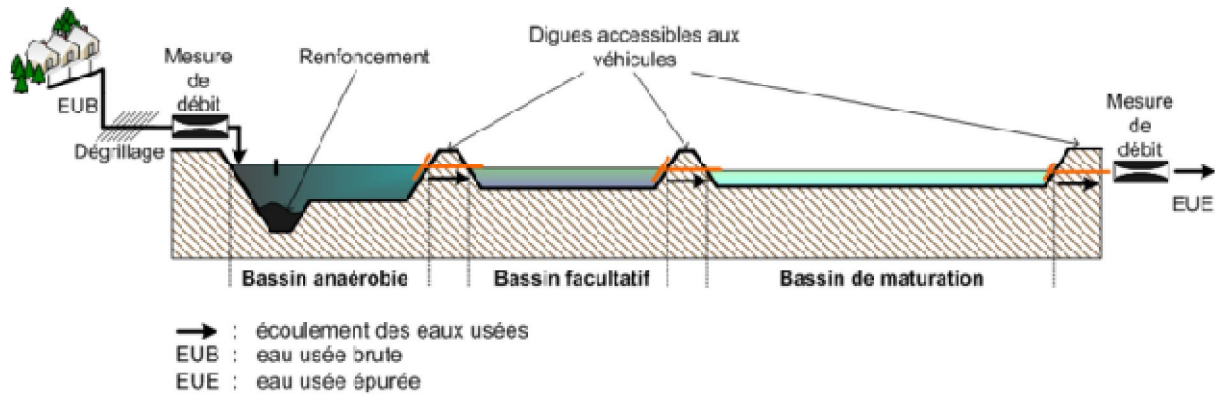


Figure III.1:schéma général de lagunage.

### III.5. Les facteurs intervenants dans l'épuration par lagunage aéré:

L'épuration dans ces bassins de lagunage aéré dépend de plusieurs facteurs que sont d'ordre, physico-chimique, climatique et biologique.

#### III.5.1. Les facteurs physico-chimique:

##### III.5.1. 1. La géométrie et la conception:

La forme des bassins doit être hydrodynamique pour faciliter la circulation des effluents et éviter aussi les zones mortes. La profondeur agit directement sur la pénétration de la lumière qui favorise la photosynthèse. Le volume des bassins permet avec les débits de fixer un temps de séjour optimum dépendant de la charge admise et de la dépollution souhaitée (*Dahou et Brek, 2013*).

##### III.5.1. 2. Le temps de séjour:

Le temps de séjour désigne le temps nécessaire que doivent séjourner les eaux usées dans chaque bassin pour permettre leur épuration. Il varie en fonction des conditions climatiques et donc indirectement affecte les rendements attendus. Les fortes évapotranspirations rencontrées pendant les saisons chaudes peuvent augmenter considérablement le temps de séjour et, par voie de conséquence, le rendement. Le gel d'une tranche d'eau supérieure en hiver, au contraire, réduit le temps de séjour (*Perera et Baudot, 1991*).

##### III.5.1. 3. PH :

Le pH est un facteur très important qui conditionne le pouvoir épuratoire. Le pH le plus favorable à la vie aquatique se situe entre 6,5 et 8,5. Tout abaissement ou toute élévation excessive de pH entraînera des modifications de l'équilibre ionique. L'activité

photosynthétique entraîne des fortes variations de pH, celui-ci peut monter jusqu'à 9.8 de jour en été, du fait de la consommation de CO<sub>2</sub> par les algues, l'activité anaérobie vient équilibrer cette alcalinité au moyen des acides volatiles entraînent une chute de pH suivit de l'inhibition de la production de CH<sub>4</sub> et l'échappement de produits odorants (*Achouri, 2003*).

#### **III.5.1. 4.Oxygène dissous:**

Le taux d'oxygène dissous dans l'eau est un facteur très important pour une bonne épuration des effluents pour éviter certaines nuisances (couleurs, odeurs,...), cet oxygène du milieu lagunaire est assuré d'une part par l'action photosynthétique des algues, et d'autre part par l'atmosphère à travers l'interface air-eau de la lagune. En France, les maxima semblent être de l'ordre de 30mg/l en climat extrême mais peuvent atteindre 20mg/l en période ensoleillée (*Achouri, 2003*).

#### **III.5.1. 5. Les matières organiques:**

La matière organique se compose essentiellement de cinq (5) atomes qui sont le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote et le phosphore qu'on retrouve dans les eaux polluées et dans la composition des cellules algales et bactériennes (*Achouri, 2003*).

La charge de ces matières a son poids dans le pouvoir épuratoire. Il faut la choisir de façon à répondre aux exigences des micro-organismes sans dépasser le seuil de surcharge ou un manqué de charge (*Dahou et Brek, 2013*).

#### **III.5.2. Les facteurs climatiques:**

Les facteurs climatiques jouent un rôle très important dans l'épuration par lagunage car cette technique de traitement est soumise à l'action des agents atmosphériques, qui influent directement sur la vitesse de dégradation de la charge organique et le développement bactérien (*Achouri, 2003*).

##### **III.5.2.1. La température:**

Les variations de température du milieu lagunaire influent sur le bon fonctionnement de la lagune puisqu'elles affectent la production d'oxygène par photosynthèse et agissent sur le mécanisme de croissance et de survie des micro-organismes qui peuplent ces bassins.

L'optimum de production d'oxygène se situe vers 20°C. Le lagunage ne peut fonctionner normalement qu'entre 5°C et 35°C.

Des températures très basse (<5°C), s'accompagnant ou non de formation de glaces superficielles arrêtent la photosynthèse, la lagune passe alors en anaérobiose.

Des températures supérieures à 35°C entraînant une diminution de la vitesse de la photosynthèse. Par contre, l'activité bactérienne et corrélativement la demande en oxygène augmentent ; ce qui peut provoquer un passage vers l'anaérobiose (*Achouri, 2003*).

#### **III.5.2.2. Le vent:**

Le vent cause des turbulences qui assurent un brassage de la masse d'eau et favorise l'oxygénation et la répartition de la température des eaux dans les bassins, mais qui peuvent aussi dégrader les digues par batillage. Il permet également le renouvellement de la pellicule d'air située immédiatement au-dessus de la surface d'eau évaporant et collabore aux échanges d'azote sous forme de N<sub>2</sub> ou de NH<sub>3</sub> (*Achouri, 2003*).

#### **III.5.2.3. L'éclairement:**

La lumière solaire est indispensable à la photosynthèse qui est la principale source de production d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique (*Achouri, 2003*).

Les rayons solaires ultraviolets possèdent des propriétés germicides importantes qui les font souvent considérer comme des bons agents naturels de désinfection. L'importance exacte que ces radiations jouent effectivement dans l'élimination des germes dans les bassins de lagunage est cependant difficile à évaluer (*Dahou et Brek, 2013*).

#### **III.5.2.4. Evaporation:**

L'évaporation est un phénomène important essentiellement en été conjuguée à une infiltration intense, elle influence le bon fonctionnement des lagunes et doit être prise en compte lors des calculs de dimensionnement des différents bassins car elle diminue la quantité des effluents à traiter et augmente le temps de passage (*Achouri, 2003*).

**III.5.3. Les facteurs biologiques:****III.5.3. 1. Le phytoplancton:**

Représenté essentiellement dans le lagunage naturel, par des algues qui sont des plantes microscopiques mono ou pluricellulaires dont la taille varie entre 1 à 2 $\mu$  m et 500 $\mu$  m. Elles peuvent être planctoniques (dispersées dans la masse d'eau), benthiques (déposées à la surface des sédiments) ou épiphytiques (fixées sur des supports immergés).

Les algues jouent un rôle multiple et complexe dans le processus d'épuration des eaux usées. Dans le lagunage naturel, l'activité algale intense qui s'y développe en été s'accompagne d'une augmentation de pH suite à l'assimilation photosynthétique du gaz carbonique (*Achouri, 2003*).

**III.5.3. 2. Zooplancton:**

Le rôle du zooplancton est d'assurer la finition de l'épuration des eaux. Ils vont jouer un rôle important comme consommateur de micro-algues, et donc comme régulateur de ces populations phytoplanctoniques.

Cependant, la faune a une importance essentielle dans le fonctionnement des lagunes car elle favorise l'abattement du taux des matières en suspension (filtration de la biomasse phytoplanctonique). Les principaux organismes sont:

Les protozoaires (constituent le seul zooplancton hivernal réellement abondant dans les derniers bassins de lagunage), les rotifères, les copépodes, les cladocères (le rôle de ce dernier est intéressant car elles favorisent l'abattement du taux des matières en suspension) (*Achouri, 2003*).

**III.5.3.3. Les bactéries:**

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires et procaryotes (une seule cellule sans noyau). Elles se reproduisent généralement par une simple division cellulaire.

En effet, dans une lagune, les parties superficielles riches en oxygène dissous contiennent des bactéries aérobies strictes ou facultatives qui se développent dans les eaux usées en absence d'oxygène dissous. Dans la partie aval, particulièrement oxygénée, apparaissent des bactéries autotrophes du cycle de l'azote qui réalisent la nitrification.

Au fond des bassins (milieu anaérobie), on y trouve donc des bactéries anaérobies strictes ou facultatives qui transforment les matières organiques en méthane (CH<sub>4</sub>) et réduisent les sulfates en sulfures (*Achouri, 2003*).

#### **III.5.4. Les sédiments:**

La formation des sédiments est due à la décantation des matières en suspension de l'eau brute ainsi qu'à la décantation du phytoplancton. Les sédiments sont donc constitués de matériaux abiotiques organiques et inorganiques et de biomasse diversifiée.

Un écosystème avec une température des sédiments élevée présente un abattement de la demande chimique en oxygène (DCO) plus important que le système à basse température des sédiments alors que c'est l'inverse qui se produit pour les nutriments. D'autre part, selon de nombreux auteurs, le rendement en gaz est plus important à haute température qu'à basse température. Le rôle des sédiments dans l'élimination de l'azote ainsi que la quantification du flux d'ammonium des sédiments vers l'eau surnageant et l'évaluation des pertes d'azote par dénitrification restent une préoccupation actuelle (*Achouri, 2003*).

#### **III.6. Classification des lagunes:**

Il y a plusieurs type des bassins de lagunage sont classés en fonction de l'environnement biologique prédominant existe ou selon leur type de végétation.

##### **III.6.1. Classification en fonction de l'environnement biologique:**

En fonction de l'environnement biologique on distingue les types de lagune suivent :

###### **III.6.1.1. Lagune aérobie:**

Les étangs aérobies servent à accélérer la décomposition des matières organiques par les bactéries aérobies et facultatives, et favoriser la croissance des algues pour éventuellement produire des protéines. Dans ce type de bassins, la profondeur est très faible (0.2 à 0.5m) afin de permettre à la lumière du soleil de pénétrer dans toute la profondeur et d'avoir de l'oxygène dissous dans toute colonne d'eau. L'utilisation des étangs aérobies se limite généralement aux régions ensoleillées et chaudes, là où il n'y a aucun risque de couverture glacée (*L'UNESCO, 2008*).

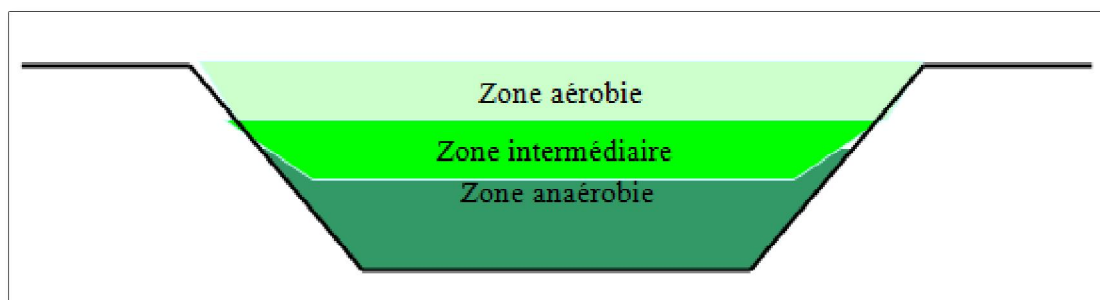
### III.6.1.2. Lagune anaérobie:

Les lagunes anaérobies sont utilisées en tête d'installation dans le cas d'un effluent concentré, qui en plus d'une décantation primaire, sont le siège d'un traitement bactérien anaérobie d'autant plus efficace que la température est élevée (*Achouri, 2003*).

La lagune anaérobie bassin profond (profondeur de l'ordre de 3 à 4 m) dans lequel s'établit un processus de fermentation anaérobie allant jusqu'à la méthanisation et entraînant un abattement partiel de la matière organique soluble. Le temps de séjour de l'eau y est de l'ordre de 3 à 10 jours sous nos climats selon les objectifs (*Racault, 1997*).

### III.6.1.3. lagune facultative:

La lagune facultative est un bassin peu profond (1 à 1,5 m localement) comportant une zone anaérobie en fond de bassin et une zone aérobie en surface dont l'épaisseur varie en fonction des conditions météorologiques et suivant la saison. Le temps de séjour est de 15 à 30 jours (*Racault, 1997*).



**Figure III.2:** schéma de lagune facultative.

### III.6.1.4. lagune de maturation:

La lagune de maturation concerne un bassin peu profond (environ 1 m) où la faible charge organique appliquée permet, en période diurne, l'établissement d'une zone aérobie couvrant une large fraction de la hauteur d'eau. L'objectif de cette lagune est de détruire les micro-organismes pathogènes. Leur temps de séjour varie entre 4 à 12 jours (*Racault, 1997*).

### III.6.2. Classification selon les types de végétation:

On peut classer les lagunes selon leur type de végétation a :

### III.6.2.1. Lagune à microphytes :

Ce sont des bassins à biomasse végétale constituée par des algues microscopiques nommées des **phytoplanctons** ces algues bleues, vertes ou brunes produisent l'oxygène dissous  $O_2$  ; leur peuplement varie en fonction de plusieurs facteurs, tels que la profondeur de l'eau, la température, la charge organique,....., etc. Ce type de bassin est caractérisé par une faible profondeur et un long temps de séjour (*Achouri, 2003*).

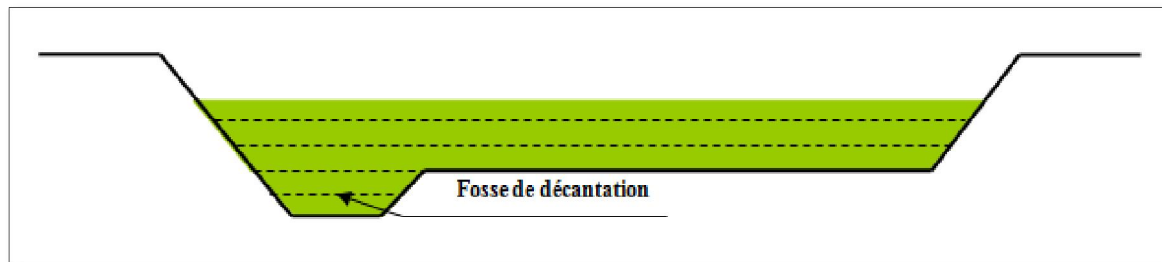


Figure III. 3: schéma de lagunes microphytes.

### III.6.2.2. Lagunes à macrophytes :

Les lagunes à macrophytes se situent généralement en position finale d'un système d'épuration par lagunage. Il est caractérisé par la présence de plantes visibles à l'œil nu, il est constitué de plantes immergées ou émergées, enracinées ou non telles que les roseaux, les massettes, les joncs, les scirpes, les laïches, les lentilles d'eau ou les jacinthes d'eau... Les bassins sont alors généralement de plus faible surface et moins profonds (0,6 à 0,8 m) où la charge polluante est plus faible.

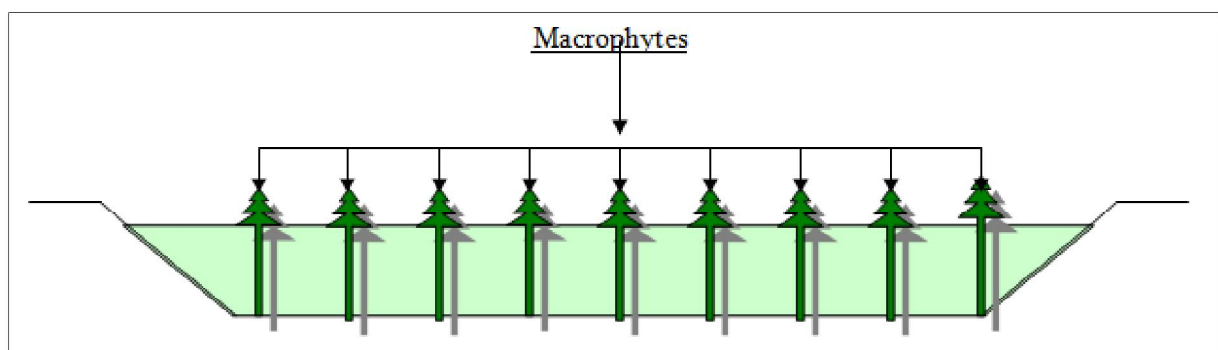


Figure III. 4: schéma de lagunes macrophytes.

### III.6.2.3. Lagunes composites (mixte) :

Ce type des bassins fait associer une partie composée des microphytes et une partie plantée en macrophytes, pour pouvoir assurer un faucardage régulier des végétaux il faut bien dimensionner, aménager et localiser les zones de plantées (*Achouri, 2003*).

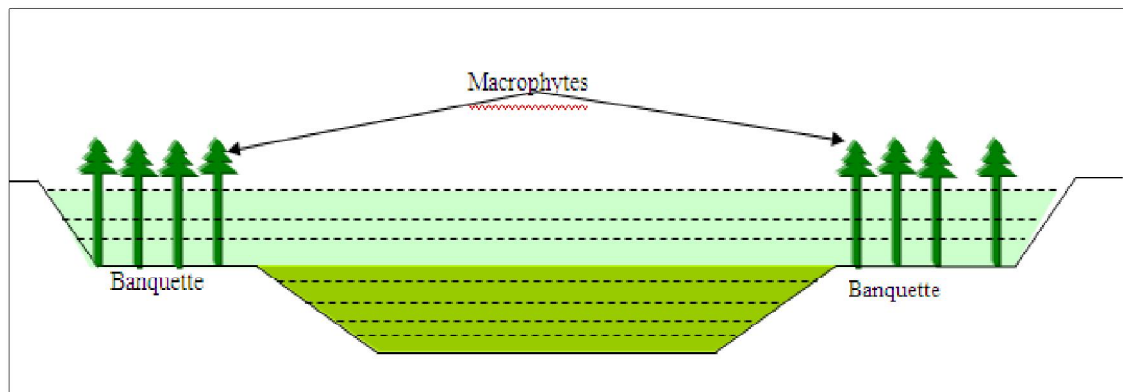


Figure III. 5: schéma de lagunes composites (mixte).

### III.7. Dysfonctionnement du lagunage aéré:

Le problème de dysfonctionnement attribué à des causes diverses (surcharge, nature des effluents, lentilles d'eau, défaut d'entretien,...).

#### III.7.1. Détection des dysfonctionnements et conséquences:

Deux indicateurs étroitement liés signalent que le bassin de tête subit une crise dystrophique: l'apparition d'odeurs nauséabondes et le changement de couleur (ou virage) du plan d'eau. Parmi les dysfonctionnements on cite :

- ✓ La disparition des algues et la prédominance des bactéries provoquent l'apparition d'une couleur brune, grise. Le bassin devient complètement anaérobie favorisant les métabolismes réducteurs avec dégagement notamment d' $H_2S$ , et donc d'odeurs.
- ✓ Lorsque la concentration en  $H_2S$  est forte, le développement des bactéries photosynthétiques du soufre prédomine et le bassin prend une couleur rouge, rose, ocre ou marron. A ce stade, on note une baisse des odeurs puisque le soufre est consommé.
- ✓ La coloration verte traduit un retour à une situation normale.
- ✓ La couleur rouge peut induire un abaissement du rendement global de l'installation, l'épuration étant alors davantage réalisée par les bassins suivants (*Racault, 1997*).

### III.7.2. Causes de dysfonctionnement:

Les causes de dysfonctionnement sont plusieurs parmi lesquelles on distingue:

#### III.7.2.1. Taux de charge:

Les surcharges permanentes sur le premier bassin ( $> 10 \text{ g DBO}_5 / \text{m}^2 \cdot \text{j}$ ) s'accompagnent de dysfonctionnements plus prolongés, pouvant apparaître à n'importe quelle saison. Les surcharges saisonnières (périodes estivales) sont aussi responsables de dysfonctionnements (*Racault, 1997*).

#### III.7.2.2. Nature des effluents:

La concentration de l'effluent brut est un facteur prépondérant du dysfonctionnement des bassins, par ce que cette technique est plutôt mieux adaptée au traitement d'effluents peu concentrés ( $\text{DBO}_5 < 300 \text{ mg/l}$  en moyenne annuelle).

L'apport d'eaux usées concentrées s'accompagne presque inmanquablement d'un passage en anaérobiose avec émission d'odeurs, et d'un virage de couleur des bassins (*Racault, 1997*).

#### III.7.2.3. facteurs saisonniers:

La plupart des cas (69 %) répertoriés de dysfonctionnement apparaissent en automne-hiver. Le vent y jouant en particulier un rôle généralement plus important que sur les bassins de petite taille. L'oxygénation naturelle de surface peut atténuer le risque d'anaérobiose des bassins en hiver (*Racault, 1997*).

#### III.7.2.4. Conception:

Plusieurs défauts de conception peuvent être à l'origine du dysfonctionnement, par exemple:

- ✓ Le dimensionnement du premier bassin inférieur à 50 % de la surface totale de plan d'eau peut favoriser une surcharge organique locale.
- ✓ Une profondeur excédant 1 m favorise la tranche anaérobie.
- ✓ Un premier bassin très allongé induisant un fonctionnement partiellement en piston, favorise une surcharge en tête (*Racault, 1997*).

### III.7.3. Remèdes pour des cas de dysfonctionnement :

Un suivi technique plus approfondi permettra de bien cerner les causes de dysfonctionnement, et donc de déterminer les solutions les mieux adaptées. Le tableau suivant fournit une aide au diagnostic et résume les remèdes possibles.

**Tableau III.1:** Les remèdes possibles pour des cas de dysfonctionnement du lagunage naturel.

Phénomènes observés	Causes	Remèdes possibles
-Odeurs quasi permanentes; -Couleur grise ou rose;	-Surcharges permanents	Augmentation de capacité
-Virage rose. -Odeurs en été ou début automne.	Surcharge saisonnière	- Prétraitement pendant la période de surcharge - Mise en place d'un traitement primaire - Augmentation de capacité
- Prolifération de lentilles (grave à partir 2 / 3 de couverture)	- Faible charge - Faible vent	- Traitement préventif * chimique * sédentarisation de canards
- Odeurs localisées perceptibles en été	- Mauvaise entretien du dégraisseur ou du piège à flottants - Forte accumulation de boues en tête de bassin	- Extraire plus fréquemment les graisses - Extraire 1 ou 2 fois par an les boues en tête du bassin
Bassins vides -Remplissage difficile -Pas de débit en sortie -Baisse notable du niveau en période sèche	-Infiltrations dues à une étanchéité insuffisante -Interaction avec la nappe phréatique -Présence récupérée d'un ancien drainage	-Réaliser une étude de sol sérieuse. -Respecter une marge de 20 cm au moins entre le niveau le plus bas du terrassement et le niveau haut de la nappe en sous-sol -Imperméabiliser le fond des bassins (argile, géomembrane,...) -Ajouter un apport d'eau claire .

Phénomènes observés	Causes	Remèdes possibles
-Dégradation des berges	-Erosion due à l'absence de gazon	-Ne pas utiliser de désherbants pour l'entretien des berges.

### III.8. Avantages et performances du lagunage aéré:

Le lagunage aéré est reconnu comme un procédé d'épuration efficace, notamment au niveau des charges oxydables (90%). Au niveau de l'azote ammoniacal et des ortho- phosphates, les performances sont plus limitées, de l'ordre de 45 %. Les performances sont fonction de la température (activité des micro-organismes), de la charge appliquée et donc de la dilution des eaux entrantes (*AERM*, 2007). Selon *Dietteet Vimont*(2007), le lagunage à haut rendement nécessite une action associée des bactéries et des cultures intensives d'algues. Le lagunage produit une quantité de boues stabilisées (*Mansous*, 2010).D'après *Ecosite*(2009), la nécessité de curage des boues, qui sont facilement valorisables, est peu fréquente (environ une fois tous les 10 ans).

Les coûts d'investissement dépendent du prix du terrain et de la nature du sol. Cependant, le lagunage reste une technique épuratoire efficace (Azote, Phosphate, DBO<sub>5</sub>, DCO, germes pathogènes) bon marché, ne nécessitant pas des constructions dure et coûteuses, où les coûts d'exploitations sont faibles et s'intégrant parfaitement au paysage (*Berland et al*,2001).

### III.9.Inconvénients du lagunage aéré:

Selon *UNESCO* (2008), ce procédé de traitement présente les principaux inconvénients suivants :

- Une emprise au sol importante.
- Des contraintes de nature et de sol et d'étanchéité.
- Une variation saisonnière de la qualité de l'eau traitée .
- Une élimination de l'azote et de phosphore incomplète .
- Des difficultés d'extraction des boues .
- L'impossibilité d'effectuer des réglages en exploitation.

Par ailleurs le mauvais fonctionnement et l'entretien d'un bassin de lagunage peut produire des odeurs et entrainer le rejet d'un effluent mal épuré qui pourra avoir un effet nocif sur la vie aquatique dans les cours d'eau récepteur.

**III.10. Contraintes d'exploitation:**

- Contraintes de la nature du sol et d'étanchéité;
- Faucardage des roseaux tous les ans (hiver), s'ils sont présents;
- Passage de l'exploitant une à deux fois par semaine;
- Matière en suspension importante en rejet (organismes planctoniques) problématique pour de petits milieux récepteurs;
  - Curage contraignant et coûteux des boues tous les 1 à 5 ans dans le bassin de tête, tous les 10 à 20 ans dans tous les bassins.

**III.11. Conclusion:**

Le système d'épuration des eaux usées par lagunage aéré est d'une grande simplicité, lorsque les terrains nécessaires sont disponibles, l'établissement d'un ensemble des bassins de stabilisation présente des nombreux avantages, par rapport à une station conventionnelle, le processus biologique d'épuration par lagunage dépend de plusieurs facteurs (température, vent, éclairage, ..., etc), et le non contrôle de ces facteurs d'épuration et leurs variations dans le temps rend la qualité d'épuration variable suivant la saison.

# Chapitre **IV**

## *Présentation de la station de kouinine*

**IV.1. Introduction :**

Dans la wilaya d'El oued, il existe quatre stations d'épuration par lagunage aéré (STEP01, STEP02, STEP 03, STEP 04) ont été réalisées par la société allemande **Dywidag** pour le compte de l'ONA. Ces stations ont été raccordées à un réseau, Parmi ces dernières, la station de kouinine qui a été dimensionnée pour desservir les communautés de : El oued, Bayada, Kouinine et Robbah. La station d'épuration de KOUININE est de type lagunage aéré.

La population totale de ces communiâtes actuellement d'environ 200000 habitants. La pleine capacité de la station dépuration sera atteinte en 2030.

Le processus de traitement des eaux usées se base sur des lagunes aérées, et comprend les étapes principales ci-après :

- ✓ Prétraitement avec dégrilleur et dessableur longitudinal ;
- ✓ Bassin d'activation primaire (étape 1 avec 3 lagunes aérées parallèles) ;
- ✓ Bassin d'activation secondaire (étape 2 avec 3 lagunes aérées parallèles) ;
- ✓ Lagune de traitement de finition (3lagunes de post-traitement parallèles) ;
- ✓ Traitement des boues (14 lits de séchage des boues).

**IV.2. Présentation de la station :**

La station d'épuration des eaux usées n°1 (STEP 1) est celle de type lagunage aérée. Qui est composée de six lagunes aérées réparties en deux étages de traitement et de trois lagunes de finition (3ème étage), d'un ouvrage de prétraitement (Dégrillage, dessablage), de 14 lits de séchage des boues d'épuration et de bâtiments d'exploitation, ainsi que le montage des équipements hydromécaniques et électriques.

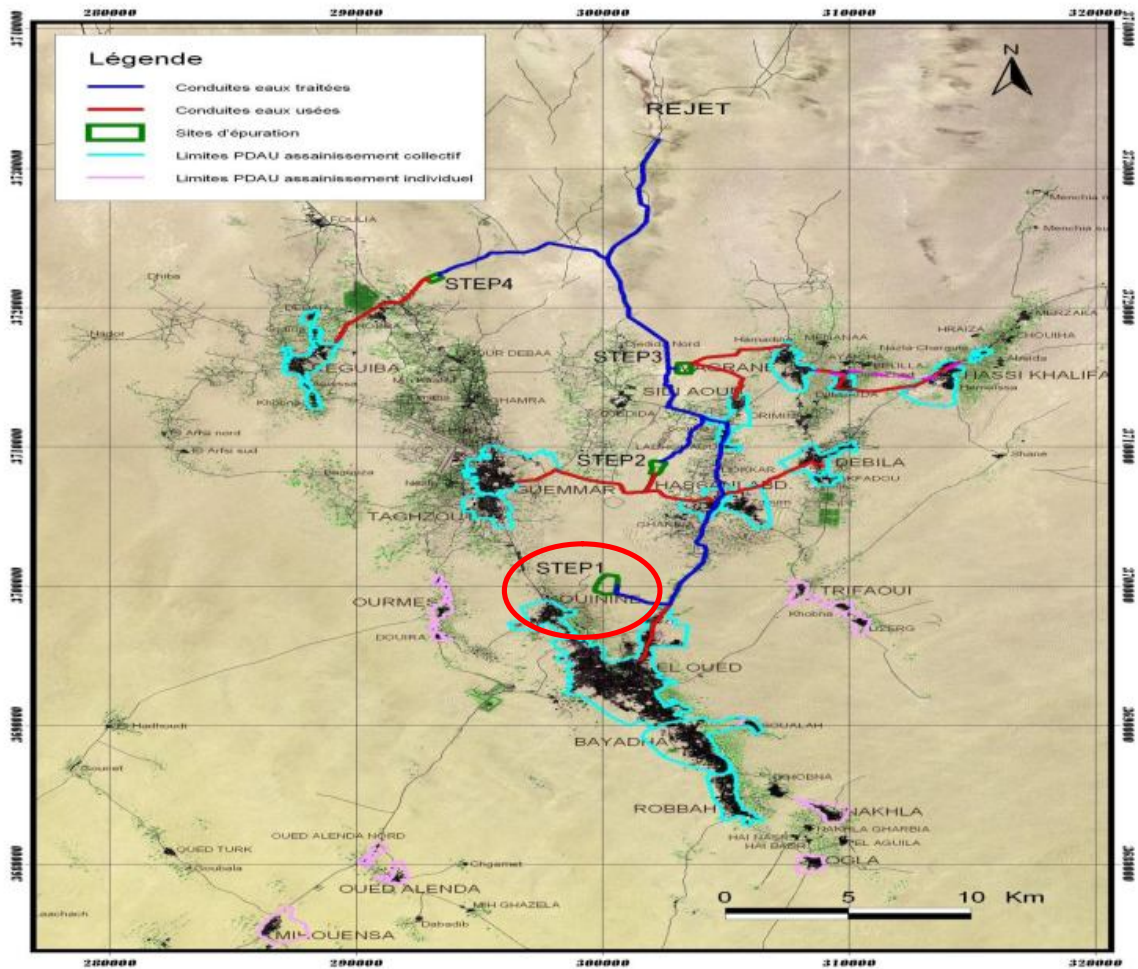


Figure IV.1: Schéma directeur du réseau d'assainissement en Souf (ONA, 2015).

Notre étude permettra notamment de déterminer le pouvoir épurateur physico-chimique et biologique des eaux usées de la ville d'El-Oued par la station d'épuration de Kouinine (STEP1).

Cette station occupe une superficie de l'ordre de 100 hectares, permet de répondre aux besoins fonciers.

La forme géométrique du site s'apparente à un rectangle, orienté sud – nord, dont les dimensions sont :

- largeur : 500à 800 m.
- longueur : 500 à 1400 m.

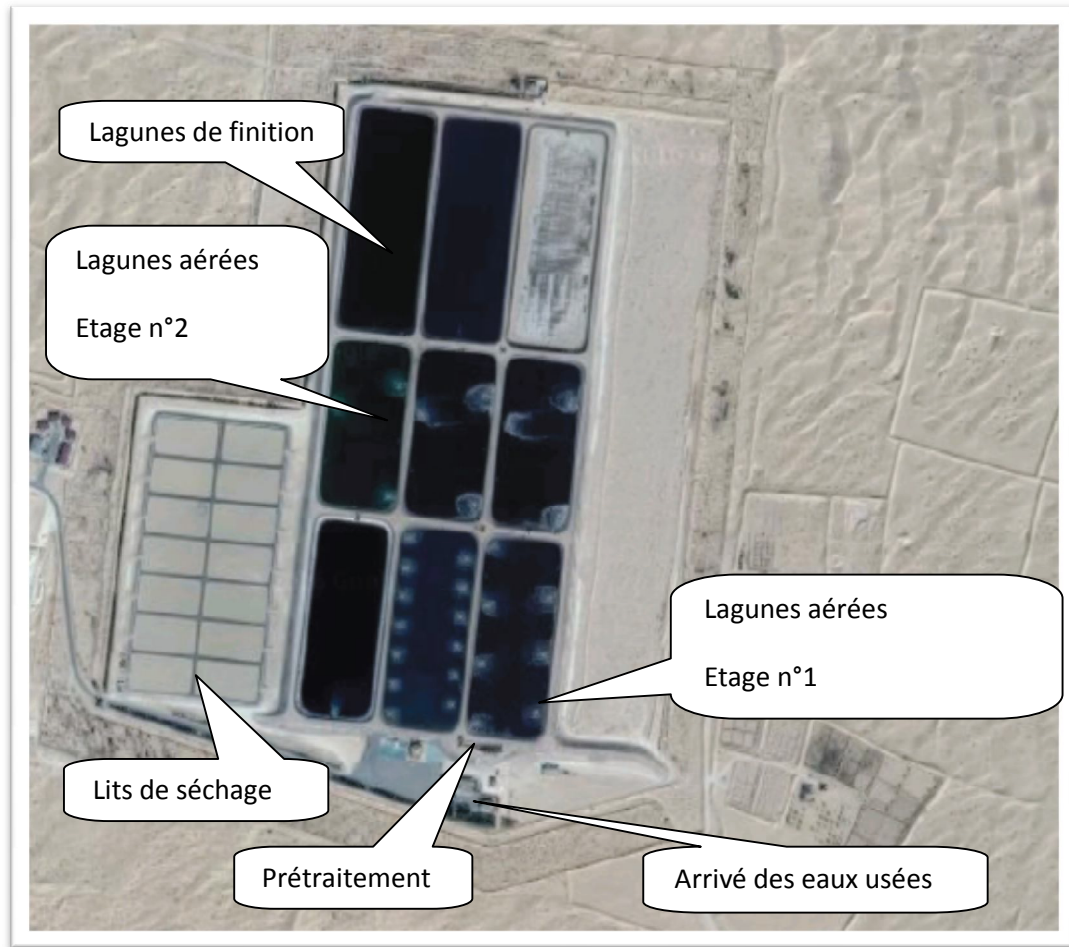


Figure IV.2: Image générale de la station d'épuration (KOUININE).

### IV.3. Principe de fonctionnement de la STEP :

Le processus de traitement des eaux usées se base sur des lagunes aérées, et comprend les étapes principales ci-après :

- ✓ Prétraitement avec dégrilleur et dessableur longitudinal.
- ✓ Bassin d'activation primaire (étape 1 avec 3 lagunes aérées parallèles).
- ✓ Bassin d'activation secondaire (étape 2 avec 3 lagunes aérées parallèles).
- ✓ Lagune de traitement de finition (3 lagunes de post-traitement parallèles).
- ✓ Traitement des boues (14 lits de séchage des boues).

### IV.3.1. Prétraitement de l'eau usée:

#### IV.3.1.1. Dégrillage :

Construit en béton, avec deux chambres et dégrilleur grossier dans le courant principal de l'eau usée ainsi qu'une chambre pour le by-pass de secours lors des pannes du dégrilleur.

Les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments le plus grossiers, après les grilles nettoyer par un système à racleur motorisé dont l'action automatisée est déclenchée par un capteur de niveau d'eau en amont et en aval sur la grille.

Une fois que les débris ont été recueillis et soulevés par le racleur, ils sont chargés dans une cuve horizontale, au moyen d'un transporteur à vis horizontal et sans arbre, ces débris sont ensuite déposés dans un conteneur à débris.

#### IV.3.1.2. Dessablage :

Construit en béton, avec trois chambres. Dans cette zone, le sable contenu dans l'eau usée est décanté grâce à la force gravitaire. Ces particules sont ensuite aspirées par un pont racleur avec moteur électrique et des pompes d'aspiration avec suspension flexible, le mélange sable eau s'écoule par les conduites en acier du pont racleur vers le conduit en acier, monté sur la paroi extérieure de dessableur et puis vers le classificateur à sable pour la déshydratation.



Figure IV.3: photo Dessableur (station Kouinine).

**IV.3.1.3. Mesure du niveau d'eau et échantillonneur:**

a. *Débit mètre* : pour une mesure continue du débit de l'eau usée d'entrée, le système de mesure comprend un canal du type venturi et un transmetteur du niveau à ultrasons est installé derrière le dessableur longitudinal.

b. *Préleveur* : à proximité directe du canal venturi, un échantillonneur fonctionnant manuelle pour l'échantillonnage ponctuelle et automatiquement proportionnellement à la quantité et à temps intégré, ce dispositif assure dans une période de 24 heures un mélange de jour représentatif pour l'entrée de la station de lagunage, on a autre préleveur à la sortie.

**IV.3.2. Partie biologique du traitement d'eau usée :****IV.3.2.1. Lagunes aérées-première étape (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> et A<sub>3</sub>) :**

Suite à l'alignement des vannes des conduites du répartiteur, l'eau usée à traiter biologiquement s'écoule par les conduites et répartie de manière homogène. Le traitement biologique d'eau usée consistant des trois lagunes aérées (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> et A<sub>3</sub>) de la même taille et conception, ainsi que les conditions de processus de base. Pour assurer une réduction efficace de la pollution biologique (DBO<sub>5</sub>) et chimique (DCO) à l'intervention des micro-organismes et l'oxygénation que fournir par 13 aérateurs dans chaque lagune, pour attendre dégradation de la pollution organique 75%. Selon le bilan global suivant :





**Figure IV.4:** photo de Lagune aérée (station Kouinine).

#### **IV.3.2.2. Lagunes aérées-deuxième étape (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> et B<sub>3</sub>) :**

Le fonctionnement de la deuxième étape d'aération est identique à la première. Mais pour la dégradation de la charge restante 25% par 6 pièces d'aérateurs ont été installées dans chaque lagune.

#### **IV.3.2.3. Lagunes de finition (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> et F<sub>3</sub>) :**

Les lagunes de finition ont été conçues et construites selon le même système que les lagunes aérées 1 et 2.

Les lagunes de finition ou de traitement final, ont été construites pour améliorer la qualité de l'eau usée traitée biologiquement, la majeure partie des matières dégradables est retenue dans les lagunes de l'étape 1 et 2. Voilà pourquoi, le dépôt des boues dans les lagunes de traitement de finition augmente juste lentement. Les écarts de temps jusqu'au raclage des boues peuvent ainsi être prolongés par rapport aux lagunes aérées. Selon une estimation approximative, on peut assumer une fréquence de raclage de 8-10 ans. L'eau usée clarifiée biologiquement est dirigée vers l'émissaire.

### IV.3.3. Décharge des boues :

#### IV.3.3.1. Lits de séchage des boues :

On a construit 14 lits de séchage dans 2 lignes avec 7 lits par ligne en sont remplis des graviers de différent granulométrie et couvres du sable comme couche de couverture. Conçues comme bâches terrestres avec revêtement en feuille, tuyaux de drainage pour la déshydratation et des rampes d'accès pour la décharge de la boue sèche.

Pour le raclage de la boue déposée au radier des lagunes d'eau usée, un racleur de boue avec une pompe à piston rotatif aspire le mélange boue-eau et le transmet par une conduite de

La boue stockée dans les lits de séchage et déshydratée dans les conditions naturelles. Dans les conditions climatiques locales on peut assumer un temps de séjour d'environ 15-18 jours.

Ainsi, on atteint un taux de la matière sèche de 400-450 Kg/m<sup>3</sup>.

### IV.4. Dimension des ouvrages :

#### IV.4.1. Prétraitement :

##### *Dégrillage :*

##### ▪ *Ouvrage*

- Nombre des chambres principaux du dégrilleur : 2 pièces
- Nombre des chambres de circulation du dégrilleur : 1 pièce
- Largeur- chambre du dégrilleur : 1.8 mm
- Profondeur- chambre du dégrilleur : 1.6 mm
- Longueur –chambre du dégrilleur : 4 mm

##### ▪ *Dégrilleur à contre –courant :*

- Marque : MES/Technoboxx
- Largeur de grille : 1.8 mm
- Hauteur de grille : 1.2 mm
- Espacement entre barreaux : 15 mm
- Epaisseur des barreaux : 10 mm

Profondeur d'eau au canal de dégrillage :

Devant de grille/derrière la grille : 1.030/970 mm

Hauteur du châssis globale : 2.890 mm

Largeur du châssis global : 4.190 mm

##### ▪ *Commande de montrée –Plan à chaine électrique :*

Marque : Pfaff-silberblau

- Puissance moteur : 0.72 kW
- **Réglage du râteau :**
    - Marque : Hydraulique
    - Puissance moteur : 0.72 kW
  - **Presse à tamis hélicoïdal :**
    - Marque : MES/Technoboxx
    - Débit du refus de dégrillage : 5.00 m<sup>3</sup>/h
    - Largeur –auge de transport : 320 mm
    - Hauteur –auge de transport : 350mm
    - Longueur –auge de transport : 6.689 mm
    - Diamètre extérieur de vis : 280 mm
    - Diamètre intérieur de vis : 180 mm
    - Epaisseur du matériau de vis : 25 mm
    - Angle de montage : 5 degré
    - Couple de vis : 15 Upm
  - **Entrainement –Motoréducteur :**
    - Marque : Getriebebau NORD
    - Puissance moteur : 3.00 Kw
  - **Mesure du débit d'eau et échantillonnage :**

**Ouvrage :**

- Largeur du collecteur : B =1.00 m
- Profondeur du collecteur : T =2.25 m
- Longueur pour L'installation du canal venturi : L=3.50 m

**Mesure du débit d'eau :****Canal venturi :**

- Marque : Endress +Hauser
- Débit d'eau usée : Q max 3.100 m<sup>3</sup>/h
- Rétrécissement : 0.40 m
- Hauteur des parois latérales : 1.20 m
- Largeur des parois latérales : 0.30 m
- Longueur des parois latérales : 3.20 m
- Matériau : Polypropylène

**Capteur à ultrasons :**

- Marque : Endress +Hauser
- Plage de mesure : 300 – 1.000 mm
  - Température d'environnement et ambiante : - 40 ....+80 °C
  - Fréquence de service : 58 kHz
  - Alimentation : 18....32 V DC
  - Boitier de protection : IP 68
  - Matériaux :

- Boitier : PP-GF
- Folie : Acier inoxydable
- Etanchéité membrane : EPDM

❖ **Transducteur de mesure à ultrasons :**

- Marque : Endress +Hauser
- Entrée : impulsion à ultrason
- Sortie : Analogique 4.-20mA
- Température ambiante : -20 +60 °C
- Alimentation : 230 V/50 Hz
- Boitier de protection : IP 66
- Matériaux-corps du boitier : PC/ABS

▪ **Echantillonneur automatique :**

- Marque : Enress+Hauser
- Volume d'échantillon : 20...200 ml (réglable)
- Précision de dosage : 4% de la quantité réglée
- Plage de dosage maximale : 30 m
- Température ambiante admissible : -20...+40°C
- Température de stockage admissible : +5...+40°C
- Alimentation : 230 VAC/50 Hz
- Puissance : 0.35 kW
- Matériaux :-cuve de stockage : PMMA
- Cuve de collection /Bouteilles : PE
- Boitier : Acier inoxydable 1.4301

**Répartiteur d'eau usée (RP<sub>1</sub>, RP<sub>2</sub>, RP<sub>3</sub>)**

**Vanne sur la conduite du déversoir :**

- Marque : RAMUS, France
- Etanchéité à l'eau : au sens d'écoulement
- Dimensions : Largeur : 1.200 mm  
Hauteur : 8.00 mm  
Profondeur d'installation : 2.170 mm
- Fonction : Ouverture /Fermeture
- Service : par volant à main
- Matériaux :-Plaque de vanne, cadre et tige : Acier inoxydable 340
- L - Joint : NBR

**IV.4.2. Lagunes d'aération (premier étage) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> :**

**Ouvrage :**

- Nombre de lagunes (pour 2015) : 3 pièces
- Dimensions :-Longueur : 232.6 m



- Largeur	:	91 m
- Profondeur de bassin :		
*Coté entrée	:	4.50 m
*Coté sortie	:	4.20 m
- Profondeur d'eau	:	3.50 m
- Volume de lagune	:	66471 m <sup>3</sup>
- Volume des trois lagunes	:	199413 m <sup>3</sup>
✓ Conduite d'entrée	:	DN 800
✓ Entrée d'eau en moyen	:	1413 m <sup>3</sup> /h
✓ Nombre d'aérateurs par lagune	:	13 pièces
✓ Temps de séjour d'eau usée dans les lagunes	:	5.9 jours
✓ Demande en oxygène spécifique	:	1.5Kg O <sub>2</sub> /Kg DBO <sub>5</sub>
✓ Matériaux :-1 <sup>er</sup> couche	:	Géotextile p50
-2 <sup>ème</sup> couche	:	Géocomposité-drainage
-3 <sup>ème</sup> couche	:	Géomembrane bitumineuse

#### ***Aérateurs de surface flottante :***

➤ Marque	:	Fuchs, Allemagne
➤ Type	:	OXYSTAR OS 20.0
➤ Entrant d'oxygène spécifique	:	0.9...1.05 KgO <sub>2</sub> /kW
➤ Dimension d'aérateur : -Longueur totale	:	800 mm
-Profondeur d'immersion	:	2.130 mm
-Puissance moteur	:	15kW
-Tension/Fréquence	:	400 V/50 Hz
-Protection/Isolement	:	IP 65/F

#### ***Batardeaux :***

- Marque	:	IBS, Allemagne
- Dimensions des batardeaux	:	3.110x150x100 mm
- Hauteur d'eau maximale devant batardeaux	:	1077 mm
- Matériaux :-Profile	:	Al Mg Si 05F25
- Cadre de guidage	:	Acier inoxydable 1.4301

#### ***IV.4.3. Lagunes d'aération (Deuxième étage) B1, B2, B3 :***

##### ***Ouvrage***

➤ Dimension (Surface d'eau)		
Longueur	:	194.80 m
Largeur	:	92.11 m
Profondeur de l'eau	:	2.7 m
Volume par lagune	:	44369 m <sup>3</sup> /lagune
Volume des lagunes-total	:	133107 m <sup>3</sup>
➤ Entrée d'eau en moyen		
➤ Temps de séjour d'eau usée dans les lagunes	:	3.9 j
➤ Nombre d'aérateurs par lagune	:	6 pièces



**IV.4.4. Lagunes de finition F1, F2, F3 :****Ouvrage**

➤ Dimension (Surface d'eau)		
- Longueur	:	254.3.80 m
- Largeur	:	91.6 m
- Profondeur du bassin	:	3.70 m
- Coté entrée	:	2.50 m
- Coté sortie	:	4.20 m
- profondeur de l'eau	:	1.50 m
- Volume par lagune	:	33270 m <sup>3</sup> / lagune
- Volume des lagunes-total	:	99810 m <sup>3</sup>

**IV.4.5. Racleur des boues de lagune :**

➤ Marque	:	KLAWA, Allemagne
➤ Dimensions	:	
Longueur	:	5.830 mm
Largeur	:	2.5 mm
Hauteur	:	2.25 mm
➤ Poids	:	2.200 Kg
➤ Nombre de pontons latéraux	:	2 pièces
➤ Nombre de pontons de stabilisation	:	1 pièce
➤ Matériau	:	acier inoxydable 1.4301

**IV.4.6. Lits de séchage des boues :**

➤ Nombre de lits de séchage	:	14 pièces
➤ Dimensions totales	:	
- Longueur de fond	:	69.69 m
- Largeur de fond	:	39.60 m
- Profondeur des boues maximale	:	0.40 m
- Hauteur de la couche des graviers	:	1.30 m
➤ Volume effectif des lits de séchage-		
- Par lit	:	environ 1.156 m <sup>3</sup>

- Total	:	environ 16.184 m <sup>3</sup>
➤ Diamètre des tuyaux de drainage	:	DN200
➤ Marque	:	KSB, Allemagne
➤ Nombre de pompes	:	2 pièces
➤ Débit de refoulement	:	30.0 m <sup>3</sup> /h
➤ Hauteur de refoulement	:	10.0 m
➤ Couple de rotation	:	2900 tr/min
➤ Puissance nominale du moteur	:	2,3 kW
➤ Tension/Fréquence	:	400 V/50 Hz
➤ Protection/ Isolement	:	IP68/F
➤ Manchon de refoulement	:	DN50/PN 16
➤ Matériaux :		
- Boitier et enveloppe intermédiaire	:	fonte ductile GG40 (JL 1040)
- Arbre	:	Acier inoxydable 1.4021
- Joints	:	Perbunan (NBR)
- Etanchéité d'arbre	:	garniture mécanique SiC/SiC

#### IV.5. Les données d'entrée de base et paramètres de l'eau brute:

La station d'épuration de KOUININE a été dimensionnée sur les bases de données suivantes :

Total-Equivalent habitant en 2015	:	239134 EH
Habitants raccordés	:	188345 EH

#### *Débits d'eau usée*

▪ Débit journalier	:	33904 m <sup>3</sup> /j
▪ Moyen horaire	:	1413 m <sup>3</sup> /h
▪ DBO <sub>5</sub> -concentration dans l'eau usée	:	250 mg/l
▪ DCO-concentration dans l'eau usée	:	500 mg/l
▪ MES matière en suspension dans l'eau usée	:	361 mg/l
▪ Charge organique par jour DBO <sub>5</sub>	:	8476 Kg/j
▪ Charge quotidienne en DCO	:	16952 Kg/j

- Matière en suspension par jour : 12243 Kg/j

Les paramètres suivants pour l'eau usée traitée sont à accepter à la sortie de l'installation :

- DBO<sub>5</sub>- concentration : 40 mg/l
- DCO-concentration : 125 mg/l
- Matière en suspension : 40 mg/l
- Critères microbiologiques : mois de 1oeuf d'helm/l

**Nb : helminthes** c'est un parasite

#### **IV.6. Conclusion:**

Dans ce chapitre nous avons donné des informations sur tous les ouvrages formant le système d'épuration ainsi que leur chaîne de fonctionnement, en se basant sur l'estimation du nombre d'habitant et l'augmentation des débits des eaux usées évacuées.

Nous avons détaillé la conception tous les équipements formant le système d'épuration, et on a insisté également sur dimensionnement, la capacité et le fonctionnement de ces ouvrages.

# Chapitre V

## *Procédure expérimentale*

**V.1.Introduction:**

L'eau usée à traiter doit être caractérisée pour le dimensionnement d'une installation et lors du suivi d'une station d'épuration par des analyses bien définies afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques qui permettant d'évaluer le niveau de pollution de la zone à étude.

Dans ce chapitre, nous allons identifier les principales analyses fait sur les échantillons des eaux usées pour connu les caractéristiques de ces eaux, et nous avons défini les différents appareils utilisés.

**V.2. But principal:**

Le but principal de ce travail est de faire les analyses des eaux usées assurées au niveau de la station d'épuration de KOUININE pour connaître les paramètres de ces eaux usées, et savoir est ce que le système de lagunage aéré convenable pour ce type de seaux usées.

**V.3.Prélèvement et échantillonnage :**

Cette étape nécessite des précautions particulières. Elle conditionne les résultats d'analyses et donc les conclusions de démarches techniques et scientifiques.

Pour les différentes étapes d'une opération d'échantillonnage : l'homogénéisation mécanique, la nature et le nettoyage des matériaux spécifiques, les blancs de prélèvement, l'utilisation d'échantillonneurs automatiques déjà en place.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.).

Les objectifs de cette étape sont:

- Assurer la représentativité de l'échantillonnage.
- Préserver l'intégrité de l'échantillon et éviter les contaminations.
- Assurer la fiabilité de l'opération et réduire les aléas.
- Assurer la comparabilité des résultats dans le temps et l'espace.
- Diminuer au maximum les erreurs et les incertitudes.

#### V.4. Matériels et méthodes d'analyses:

**V.4.1. Paramètres étudiés :** Afin de déterminer la qualité des effluents à traiter, des analyses seront effectuées à l'entrée et sortie de la station, les paramètres considérés sont les suivants :

- Température et le potentiel hydrique (pH) de l'eau.
- La conductivité électrique.
- L'oxygène dissous.
- Les matières en suspension (MES).
- Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>).
- Demande chimique en oxygène (DCO).

#### V.4.2. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO):

##### a. Principe:

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par de dichromate de potassium, ( $K_2Cr_2O_7$ ) en milieu acide et en présence de sulfate d'argent ( $Ag^+$ ) comme catalyseurs d'oxydation et de sulfate de mercure ( $Hg^{2+}$ ) permettant de complexer les ions chlorures. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium car la quantité de matière oxydable est proportionnelle à la quantité de dichromate réduit.

##### b. Matériel utilisé :

- Thermo réacteur (CR 2200).
- Spectrophotomètre.
- Réactifs: Produit chimie de la DCO sur une bouteille (tube de réactif DCO).



**Figure V.1 :** Spectrophotomètre.

**Figure V.2 :** Thermo réacteur (CR 2200).

### c. Mode opératoire :

- Agiter le tube à essai pour amener le résidu en suspension.
- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO.
- Boucher hermétiquement le tube avec le bouchon fileté.
- Mélanger énergiquement le contenu de tube. Toujours saisir le tube par son bouchon.
- Chauffer le tube pendant 120 minutes à 148°C dans le thermo réacteur portoir.
- Retirer le tube brulant du thermo réacteur et le laisser refroidir dans un portoir.
- Au but de 10 minutes, agiter le tube et le remettre dans le portoir jusqu'à refroidissement à température ambiante (temps de refroidissement au moins 30 minutes).
- Ne pas refroidir à l'eau froide ;
- Mesurer l'échantillon dans le photomètre (la valeur mesuré est longtemps stable).

### V.4.3. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) :

#### a. Principe:

L'échantillon est placé sous agitation dans un flacon incubateur hermétiquement relie à manomètre à mercure. Lors de la biodégradation des matières organiques. Les micros organismes consomment l'oxygène de l'aire contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au-dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une OXI TOP.

**b. Matériel utilise :**

- Réfrigérateur conservant à une température de 20C°;
- Flacons d'incubation à bouchons rodés de 510ml;
- Barrou-magnétique
- Pastilles de KOH.



**Figure V.3:**Réfrigérateur conservant.

**c. Mode opératoire :**

- Mettre le Barrou-magnétique dans la bouteille de DBO.
- Mettre le volume (V) dans la bouteille de DBO.
- Mettre le support d'alcalin (caoutchoute) sur la bouteille.
- Ajouté 3 ou 4 pastilles de KOH sur le support d'alcalin en évitant la chute d'une masse de KOH dans l'eau a analysée.
- Fermé bien la bouteille par DBO sensor.

Régler la DBO sensor à partir de la gamme.

- Appuyer sur le bouton (A) et (B) au même temps pour changer le programme.
- Appuyer sur le bouton (A) pour régler la gamme.
- Appuyer sur bouton (B) jusqu'à l'affichage de (00).

**d. Expression des résultants:** Lecteur de la valeur après 5 jours.

- $DBO_5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur}$ .

**V.4. 4. Détermination des matières en suspension (MES) :****a. Principe:**

L'eau est filtrée, la vaporisation de l'échantillon à une température de 150° pendant 2 heures, détermination des matières en suspension par pesée différentielle. Dans les eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres.

**b. Matériel utilise :**

- Papier filtre en verre diamètre 47 mm ;
- Rampe de filtration sous vide ;
- Pompe à vide ;
- Etuve chauffé (105°C) ;
- Balance (0.001 g de précision);
- Le dessiccateur.

**Figure V.4 :** Etuve chauffée.**Figure V.5 :** Dessiccateur.



Figure V.6: Balance électrique (TP-303).



Figure V.7 : Ensemble de filtration.

### c. Mode opératoire :

- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée ;
- Mettre le filtre pendant quelque minute dans l'étuve chauffée à 105°C préalablement ;
- Laisser refroidir les filtres dans dessiccateur quelque minute après l'étape précédent ;
- Peser le filtre sur la balance (soit  $P_0$  en mg) ;
- Placer le filtre dans la rampe de filtration et la connecter à pompe à vide ;
- Filtrer un volume ( $V$  ml) de l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée avec environ 20 ml d'eau distillée, et rincer les parois internes de l'entonnoir avec un autre volume de 20 ml d'eau distillée ;
- Retirer avec précaution de filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités pltes. si nécessaire. Le filtre peut être pile ;
- Placer le filtre dans l'étuve à  $(105 \pm 2)$  °C pendant 2 heures ;
- Laisser s'équilibrer à température ambiante dans le dessiccateur sans le contaminer et le peser comme précédemment (soit  $P_i$  en mg).

### d. Expression des résultats:

On calcule la teneur de la Matière En Suspension d'après l'expression :

$$\text{MES (mg/l)} = (P_i - P_0 / V) * 1000$$

**Ou:  $P_0$ :** Poids du filtre sec avant filtration (en mg).

**$P_i$ :** Poids du filtre sec après filtration (en mg).

$P_1 - P_0$  : Poids de la matière retenue par le filtre sec.

V : Volume de la prise d'eau en (ml).

#### V.4. 5. Détermination de l'oxygène dissous :

##### a. Principe:

La concentration réelle en oxygène dépend en outre de la température, de la pression de l'air, à des processus microbiologique de décomposition ou une production d'oxygène, par exemple, les algues. Actuellement, la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différentes normes pour déterminer la concentration en oxygène des eaux.

b. L'appareil utilisé :Oxy-mètre INOLABO-OXI 730 WTW.



Figure V.8 : Oxy-mètre(INOLABO-OXI 730 WTW).

##### c. Mode opératoire :

- Allumer l'oxymétrie;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée;
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser;
- Tremper l'électrode dans le bécher;
- Laisser stabiliser un moment;
- Lire la concentration de l'oxygène dissous;
- Rincer bien l'électrode après chaque usage avec l'eau distillée.

d. Expression des résultants: Le résultat est donné directement en mg/l.

#### V.4. 6. Détermination de conductivité électrique :

##### a. Principe:

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique, 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.

La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro-siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

##### b. L'appareil utilisé : Conductimètre terminal 740 WTW.



Figure V.9 : Conductimètre (Terminal 740).

##### c. Mode opératoire :

- Vérifier le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci-jointe;
- Plonger l'électrode dans la solution à analyser;
- Lire la conductivité et la salinité et la température des stabilise de celle-ci;
- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée.

##### d. Expression des résultants : La valeur est lire directement sur l'écran de l'appareil en milli-siemens par centimètre( $\text{mS}/\text{cm}$ ).

#### V.4.7. Détermination du pH et de la Température :

##### a. Principe:

La température influence sur la décomposition de la matière organique, le développement des parasites responsables de certaines maladies, et la prolifération d'algues bleues qui libèrent des toxines.

Le potentiel hydrogéné (pH) est en relation avec la concentration des ions hydrogéné présent dans l'eau ou les solutions.

##### b. L'appareil utilisé : PH mètre EUTECH pH 510.



Figure V.10 : pH mètre (pH 510).

##### C. Mode opératoire :

- Pendre environ = 100 ml d'eau à analyser;
- Allumer le pH mètre;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée;
- Tremper l'électrode de pile dans la solution tampon pH=7;
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard;
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.

Etalonner dans la même manière avec les solutions tampon pH=10 ou pH=4.

d. Expression des résultants : La valeur est lire directement sur l'écran de l'appareil.

**V.4.8. le logiciel SPSS Statistics version 20:**

SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) est un logiciel utilisé pour l'analyse statistique. C'est aussi le nom de la société qui le revend (SPSS Inc). La première version de SPSS a été mise en vente en 1968 et fait partie des programmes les plus largement utilisés pour l'analyse statistique en sciences sociales. Il est utilisé par des chercheurs en économie, en science de la santé, par des compagnies d'études, par le gouvernement, des chercheurs de l'éducation nationale, etc. En plus de l'analyse statistique, la gestion des données (sélection de cas, reformatage de fichier, création de données dérivées) et la documentation des données (un dictionnaire de métadonnées est sauvegardé avec les données) sont deux autres caractéristiques du logiciel.

Les fonctions statistiques incluses dans le logiciel de base :

- Statistique descriptive : Cross tabulation, Fréquences, Descriptives, Explore, Descriptive Ratio Statistics.
- Statistique bi variée : Moyennes, test t, ANOVA, Corrélation (bi variée, partielle, distances), tests non paramétriques.
- Prédiction pour numérique outcomes : régression linéaire.
- Prédiction pour groupes identifiants : Analyse factorielle, analyse de groupe (deux pas, K-moyennes, hiérarchique), analyse discriminante (en marketing).

**V.5. Conclusion:**

Afin d'assurer la surveillance de la qualité des eaux usées, l'ONA a mis en place un laboratoire reconnu par son personnel qualifié, ses équipements de haute performance et sa grande expérience en matière d'analyses environnementales dans les secteurs d'activité concernant les eaux usées, le contrôle de la pollution et l'assainissement. Le personnel du laboratoire est formé aux techniques de pointe dans plusieurs domaines en relation avec la qualité de l'eau (analyse, ingénierie,...), Ce laboratoire également ayant des activités de caractérisation des eaux résiduaires urbaines et évalue leur impact sur l'environnement ainsi que le suivi des ouvrages d'épuration des eaux usées.

# Chapitre **VI**

*Etude du  
fonctionnement de la  
station de kouinine*

**IV.1.Introduction:**

L'analyse expérimentale permet d'identifier, et d'évaluer les différents paramètres de pollution d'une eau usée, contrairement à la théorie qui a tendance à généraliser les problèmes.

En effet si l'observation permet de détecter le mauvais fonctionnement d'une station ou d'un ouvrage, seul l'analyse et la mesure permettant de saisir les causes de ce mauvais fonctionnement et de mettre en œuvre les moyens adéquats d'y remédier.

Dans ce chapitre nous allons étudier le fonctionnement de la station d'épuration de kouinine, d'une part, et d'autre part d'examiner le pouvoir épuratoire et de suivre l'efficacité d'élimination de différents paramètres de pollution (charge organique, oxygène dissous, conductivité ..., etc.) à la sortie de la station.

**VI.2.Prélèvement et conservation des échantillons:**

Le prélèvement de l'échantillon et sa conservation conditionnent les résultats des analyses et l'interprétation qui en sera donnée, ainsi l'échantillon prélevé doit être homogène et représentatif de l'effluent, il convient donc que la quantité prélevée soit proportionnelle au débit d'eau usée.

Par ailleurs, l'échantillon prélevé doit être conservé dans des bonnes conditions, à défaut, ses caractéristiques subiront une transformation entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse ce qui induit à une falsification des résultats.

Il est donc indispensable d'arrêter ou de ralentir toute évolution biologique, chimique ou physique qui peut avoir lieu entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse. Les modes de conservation sont donc donnés dans le tableau ci- dessous:



Tableau VI.1 : méthode de conservation des échantillons(SKOOOG, HOLLER, NIEMAN, 2003).

Type d'analyses	Technique ou produit à utiliser	Temps maximum de non évolution
▶ DCO	▶ 2ml/L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Concentré	▶ 7 j
▶ DBO <sub>5</sub>	▶ Réfrigération à 4°C	▶ 6 h
▶ Acidité-	▶ Réfrigération à 4°C	▶ 24 h
▶ calcium	▶ Pas de recommandation	▶ 24 h
▶ chlorures	▶ Pas de recommandation	▶ 7 j
▶ couleur	▶ Réfrigération à 4°C	▶ 24 h
▶ Oxygène dissous	▶ A déterminer sur place	▶ ---
▶ fluorures	▶ Pas de recommandation	▶ 7 j
▶ dureté	▶ Pas de recommandation	▶ 24 h
▶ Métaux totaux	▶ 5ml/L de HNO <sub>3</sub> Concentré	▶ Plusieurs semaines
▶ Métaux dissous	▶ Filtrer et additionner 3ml/de HNO <sub>3</sub>	▶ Plusieurs semaines
▶ Azote NH <sub>4</sub>	▶ 40mg/L HgCl <sub>2</sub>	▶ 7 j
▶ Azote Kjeldahl	▶ Réfrigération à 4°C	▶ 7 j
▶ Nitrite	▶ Réfrigération à 4°C	▶ 7 j
▶ Nitrate	▶ Réfrigération à 4°C	▶ 7 j
▶ Huile et graisse	▶ 2ml/L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Concentré	▶ 24 h
▶ COT	▶ 2ml/l H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> à PH= 2	▶ 7 J
▶ Cyanures	▶ HaOH jusqu'à PH = 10	▶ 24 h

Dans le cas de notre étude portant sur le calcul de performances de la station de lagunage aéré de KOUINIE, des prélèvements, à l'entrée et la sortie de la station, ont été réalisés hebdomadairement à 10 heures durant les douze mois de l'année 2015 et par retour à l'archive de six ans (2010 jusqu'au 2015) concernant les paramètres organiques.

Ces prélèvements ont été effectués dans des bouteilles en polyéthylène rincées préalablement avec de l'eau à analyser.

Il conviendrait de signaler que le nombre de prélèvement et la variabilité des paramètres analysés ont été conditionnés par les moyens dont dispose du laboratoire de l'ONA et par le temps consacré à la réalisation de cette étude.



**VI.3. Paramètres à analyser:**

Les prélèvements sont réalisés au niveau des ouvrages de la station à l'entrée et à la sortie de la station, les paramètres que nous avons suivis sont : T°, pH, DBO<sub>5</sub>, DCO, O<sub>2</sub>, MES, Turbidité, Conductivité et le rapport DCO/DBO<sub>5</sub>.

Pour les paramètres chimique pH, et physique température (T°C), les mesures ont été réalisées sur site, par contre l'analyse des autres paramètres effectuée au laboratoire de la station (laboratoire de l'O.N.A), tout en tenant compte du mode de conservation de l'échantillon (voir tableau VI.1).

**VI.4. Normes relatives aux eaux usées:**

Pour une meilleure protection de l'environnement, aquatique, l'eau traitée doit satisfaire certaines normes de rejet; qui sont données dans le tableau suivant:



Tableau VI.2 : les normes de rejets des eaux usées urbaines (Journal officiel algérien N°41, 2012).

20		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41		25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012	
2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES					
PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE		
Physiques	pH	—	6.5 ≤ pH ≤ 8.5		
	MES	mg/l	30		
	CE	ds/m	3		
	Infiltration le SAR = 0 - 3 CE		0.2		
	3 - 6		0.3		
	6 - 12	ds/m	0.5		
12 - 20		1.3			
20 - 40		3			
Chimiques	DBO5	mg/l	30		
	DCO	mg/l	90		
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10		
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30		
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8.5		
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0		
	Arsenic	mg/l	2.0		
	Béryllium	mg/l	0.5		
	Bore	mg/l	2.0		
	Cadmium	mg/l	0.05		
	Chrome	mg/l	1.0		
	Cobalt	mg/l	5.0		
	Cuivre	mg/l	5.0		
	Cyanures	mg/l	0.5		
	Fluor	mg/l	15.0		
	Fer	mg/l	20.0		
	Phénols	mg/l	0.002		
	Plomb	mg/l	10.0		
	Lithium	mg/l	2.5		
	Manganèse	mg/l	10.0		
	Mercure	mg/l	0.01		
	Molybdène	mg/l	0.05		
	Nickel	mg/l	2.0		
	Sélénium	mg/l	0.02		
Vanadium	mg/l	1.0			
Zinc	mg/l	10.0			

(\*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.



**Tableau VI.3** : les normes des eaux destinées à l'irrigation (Mekkaoui, Hamdi, 2006).

Types de problèmes	Sévérité du problème		
	Aucune	Légère	Elevée
- Salinité			
- Conductivité (mS/cm)	< 0.75	0.75-3.0	> 3
- Matières dissoutes totales	< 700	700-2000	>2000
SAR (Sodium absorption Ratio)	< 3	3-9 >	> 9
Alcalinité ou dureté	80-120		>200
pH (risque de colmatage)	< 7	7-8	> 8
Fe mg/l (risque de colmatage)	< 0.2	0.2-1.5	> 1.5
Mn mg/l (risque de colmatage)	< 0.1	0.1-1.5	> 1.5

### VI.5. Résultats de l'étude de la variation spatiotemporelle:

Les résultats des paramètres physico-chimiques analysés sont regroupés dans des tableaux, et nous présentons ensuite ces résultats sous forme des courbes et histogrammes.

#### VI.5.1. Variation mensuelle de la température:

Les résultats de la variation de la température au cours de l'année 2015 sont présentés dans le tableau suivant et la figure VI.1:

**Tableau VI.4** :Variation mensuelle de la température (ONA, 2015).

Mois (2015)	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
T°C (EE)*	8	5.6	13.1	18.1	11.6	16	15.1	18.4	16.38	13	8.6	7.8
T°C (EB)*	9.1	5.6	14.2	19.6	21.5	18.2	17.5	19.2	18.2	14	9.21	8.1

**EB** : eau brute, **EE** : eau épurée.

La température de l'eau conditionne le taux de la solubilité de l'O<sub>2</sub> et la formation de la biomasse bactérienne. Elle est essentiellement en relation avec la température de l'atmosphère.

À l'entrée de la station les températures enregistrées durant ce suivi oscillent entre 5.6 et 21.5°C et entre 5.6 et 18.4 après épuration (année 2015). D'une façon générale, la température de l'eau pour le mois de Février était faible et elle est de l'ordre de 5.6 °C.

Comparées aux normes qui fixent la valeur maximale de température à 30°C, nous avons pu observer que toutes les mesures sont conformes aux normes.



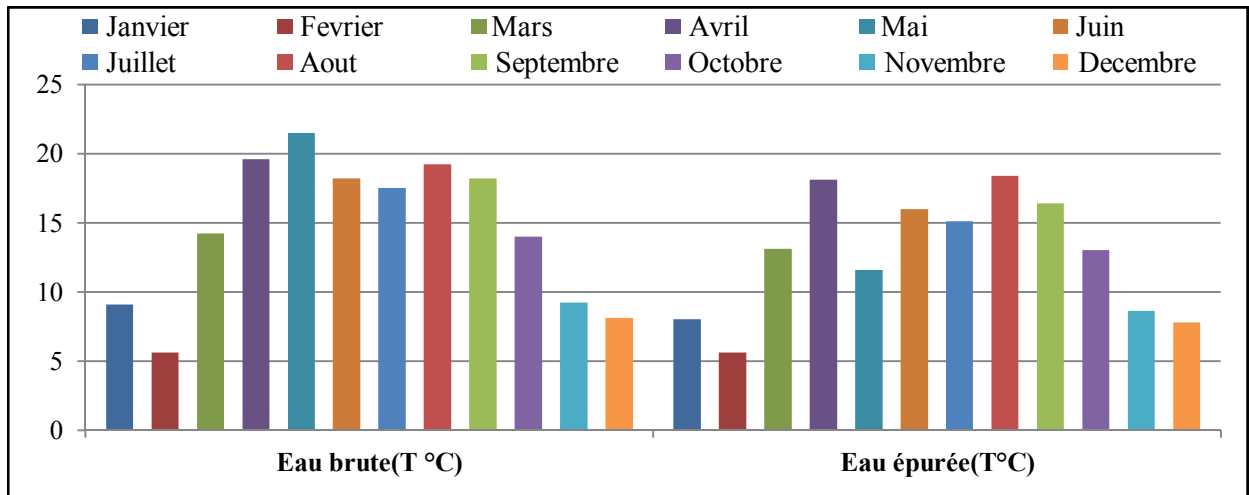


Figure VI.1. Courbe de la variation mensuelle de la température moyenne (2015).

### VI.5.2. Variation mensuelle du pH:

Les résultats de pH au cours de l'année 2015 sont illustrés dans le tableau VI.5 et la figure VI.2:

Tableau VI.5: Variation mensuelle du pH des eaux usées (ONA, 2015).

Mois (2015)	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
pH (EE)	7.72	8	7.8	8.03	7.88	<u>7.3</u>	7.92	7.52	7.77	7.58	7.65	7.92
pH(EB)	7.84	7.9	7.92	<u>8.08</u>	7.82	7.4	7.53	7.62	7.88	7.68	7.9	8

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons  $H^+$  contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique.

Les pH des eaux usées testées sont légèrement basiques et assez proches de la neutralité. La valeur de pH des eaux usées que ce soit brutes ou épurées varie entre 7.3 et 8.08.



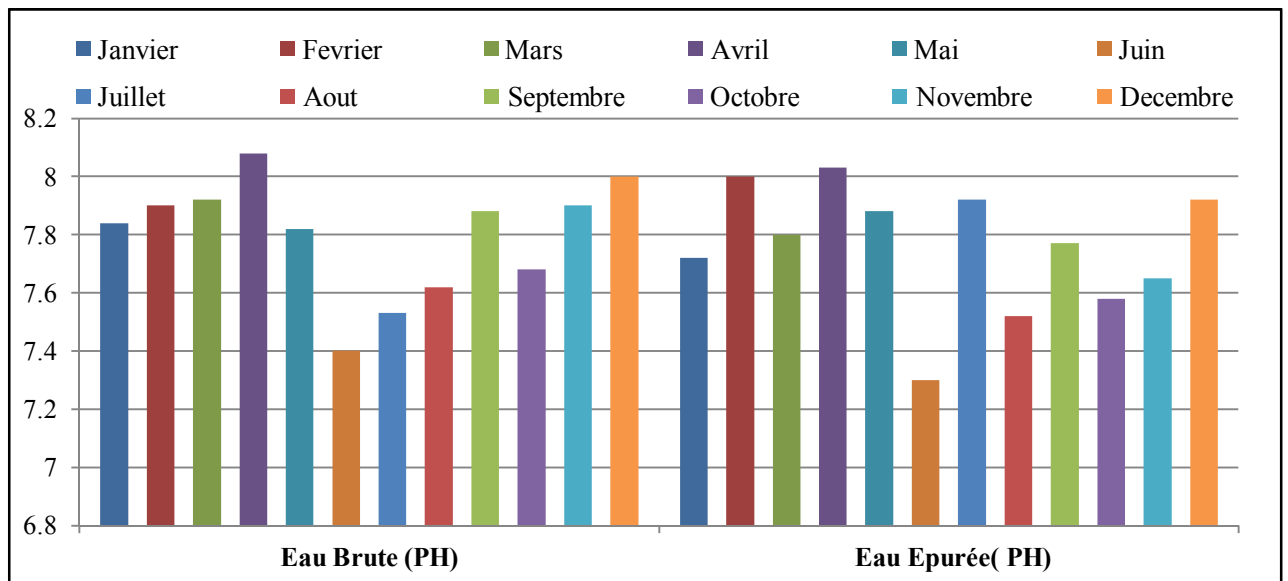


Figure VI.2. Variation mensuelle de pH (année 2015).

### VI.5.3. Variation mensuelle de l'oxygène dissous:

Les résultats de la variation de l'oxygène dissous au cours de l'année 2015 sont regroupés dans le tableau VI.6.

L'oxygène constitue un excellent indicateur de la qualité de l'eau. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau.

Tableau VI.6 :Variation mensuelle de l'Oxygène dissous des eaux usées (ONA, 2015).

Mois (2015)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
O <sub>2</sub> dissous(EE)mg/l	5.33	5.1	6.4	6.99	4.6	5.75	6.05	6.14	7.68	8.1	6	7.95
O <sub>2</sub> dissous (EB)mg/l	0.37	0.27	1.4	0.7	0.3	0.44	0.7	0.72	1.1	2.22	0.74	1.43

L'évolution du paramètre oxygène dissous durant la durée d'étude et dans les deux sites d'étude (l'entrée et la sortie de la station) a montré :

À l'entrée de la station les résultats obtenus montrent que les teneurs en oxygène dissous sont faibles (0.27 à 1.43). Par contre, des concentrations élevées entre 4.6 et 7.95 mg/l à la sortie de la station sont observées.

La diminution de l'oxygène dissous pour les eaux brutes est due à la consommation de ce dernier par les bactéries pour dégrader la forte charge organique présente à l'entrée de la



station. De plus, la couleur de l'eau indique également le faible développement de la biomasse algal qui libère de l'oxygène par le mécanisme de la photosynthèse.

Alors que, l'augmentation de ce paramètre pour les eaux épurées résulte de la diminution des matières organiques, à la faible température de l'eau et au mouvement du vent qui entraîne un brassage des eaux.

Les résultats relatifs à la variation de l'oxygène dissous sont représentés sur la figure VI.3:

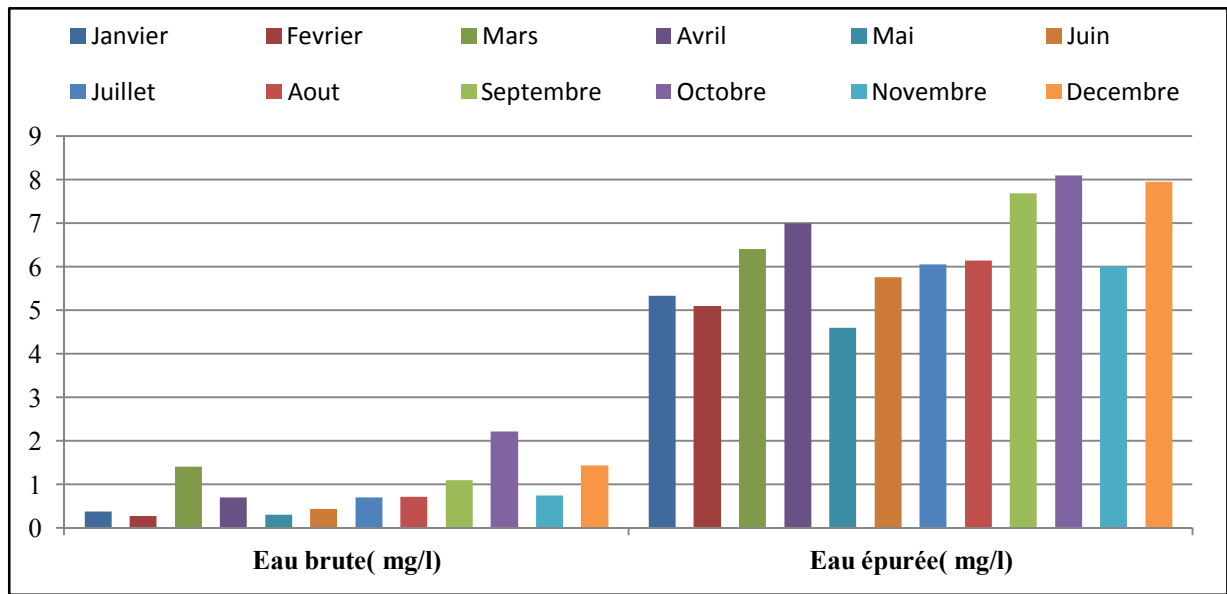


Figure VI.3. Courbe de la variation mensuelle de l'oxygène dissous (2015).

**VI.5.4.Variation de la DCO:**

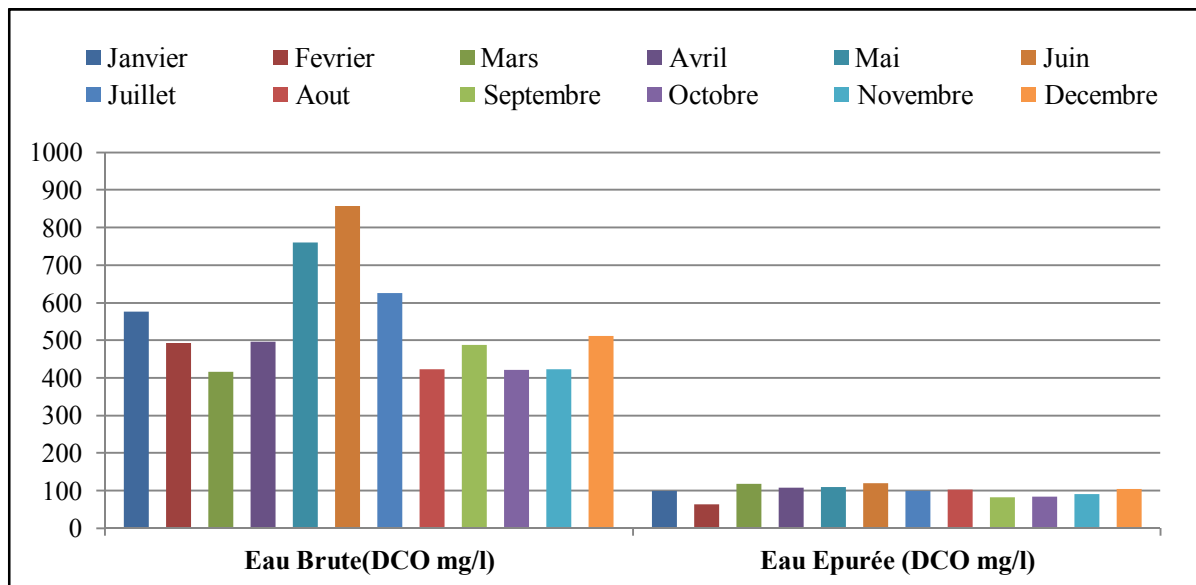
La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques biodégradable et non biodégradable. Les résultats de la variation de la DCO au cours de l'année 2015 sont montrés dans le tableau VI.7 et sur la figure VI.4.

Tableau VI.7 :Variation mensuelle de la DCO (ONA, 2015).

Mois (2015)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
DCO (EB) mg/l	576	493	416	496	<u>760</u>	<u>857.5</u>	<u>625</u>	423	488	421	423	512
DCO (EE) mg/l	99.5	63	118	107	110	119.4	98.6	103	83	84	90	104

L'évolution de la charge organique totale exprimée en DCO a enregistré des valeurs maximales dans la période sèche entre Mai et Juillet pour les eaux brutes. Cependant, ces valeurs sont généralement se trouvent autour de la valeur référence d'un rejet direct des eaux usées qui est 500 mg/l.





**Figure VI.4.** Courbe de la variation mensuelle de la DCO (année 2015).

Par ailleurs, les mesures de la DCO effectuées durant toute la période d'observations à la sortie de la station montrent que ces valeurs respectent les normes définies (120 mg/l).

En comparant les mesures enregistrés avant traitement (entre 416 et 857.5 mg/l) et à la sortie de la station(entre 63 et 119.4 mg/l), nous pouvons dire que les rendements d'élimination de la DCO sont très importants, ceci s'est traduit par une élimination considérable de la matière oxydable.

#### VI.5.5.Variation mensuelle de laDBO<sub>5</sub>:

La demande biochimique en oxygène exprime la fraction biodégradable de la matière organique.

La dégradation des composés glucidiques, lipidiques et protéiques des matières organiques commence immédiatement et dure environ 20 jours à la température de 20°C.

Tandis que, le début de la transformation des matières azotées n'apparaît qu'après une dizaine de jours et demande ainsi beaucoup du temps. Dans ces conditions, il a été conventionnellement retenu d'exprimer la DBO<sub>5</sub> en milligrammes d'oxygène consommé pendant 5 jours à 20°C.

D'après les résultats obtenus (tableau VI.8), le maximum de la matière organique biodégradable est observée au mois de juillet, ceci est expliqué par la variation des conditions



climatiques (pluies, température de l'air,....,etc.). Cependant, nous remarquons qu'il y a quelques mesures des eaux traitées qui ne sont pas conformes aux normes des eaux épurées sur une période de quatre mois ( $> 40$  mg/l).

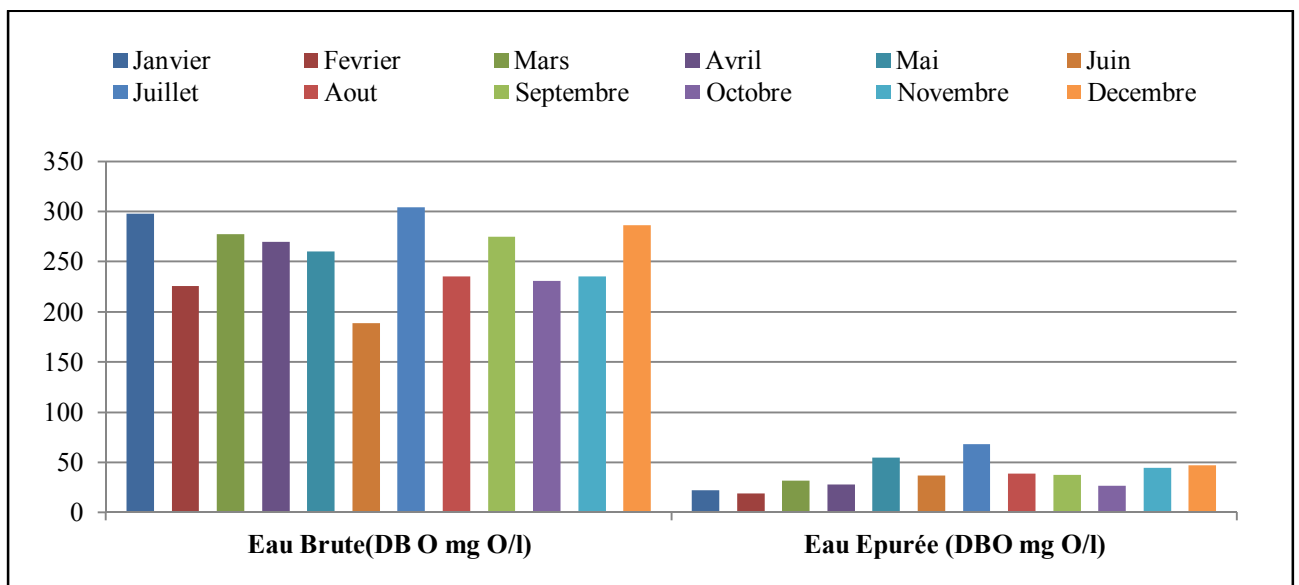
**Tableau VI.8** : Variation mensuelle de paramètre de DBO<sub>5</sub> (ONA, 2015).

Mois (2015)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
DBO <sub>5</sub> (EB) mg O <sub>2</sub> /l	298	226	277.3	270	260	189	304	235	275	231	235	286
DBO <sub>5</sub> (EE) mg O <sub>2</sub> /l	22.3	19	32	28	55	37	68	39	37.8	27	44.6	47

L'abattement de la DBO<sub>5</sub> dans les lagunes aux autres mois peut être s'expliquer par l'élimination d'une fraction de la DBO<sub>5</sub> via l'étape de la décantation d'une part, et par la dégradation biologique par la biomasse bactérienne de l'autre part.

Toute fois l'apparition des bulles de gaz à la surface des bassins qui dégagent des mauvaises odeurs, prouvent le fonctionnement anoxique dans les tranches d'eau dépourvues d'oxygène.

Les valeurs de la DBO<sub>5</sub> enregistrées pour les eaux brutes (entre 189 et 304 mg/l) et pour les eaux épurées (entre 19 et 68 mg/l) révèlent une bonne réduction de la fraction biodégradable de la matière organique.



**Figure VI.5.** Variation mensuelle de la DBO<sub>5</sub> (année 2015).



### VI.5.6. Variation de MES:

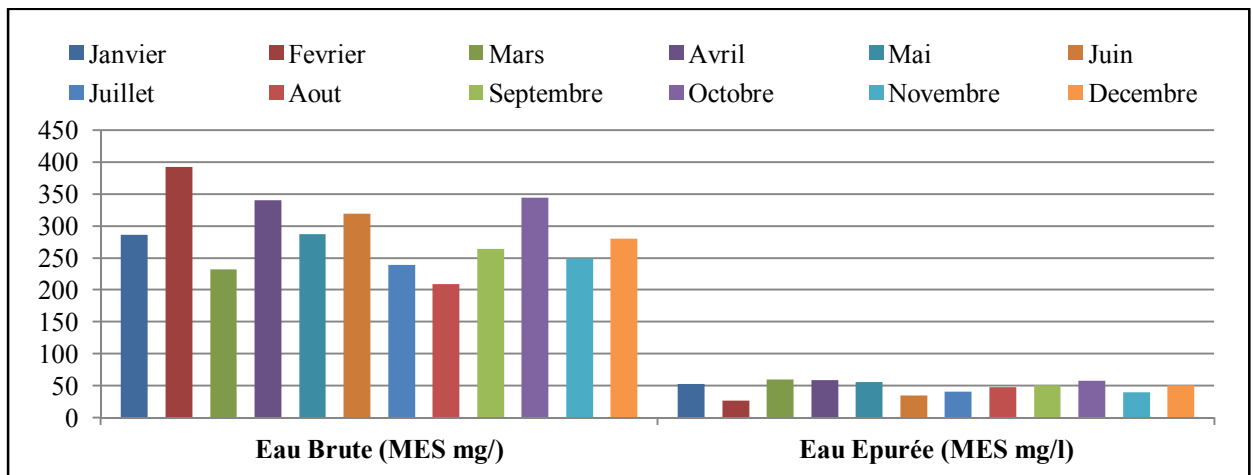
Les MES expriment la matière en suspension décantable et non décantable, et d'origine organique ou minérale. La teneur et la composition des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau (sable, boues, particules organiques, plancton, etc.).

Les résultats de MES au cours de l'année 2015 sont regroupés dans le tableau VI.9, et la figure VI.6 représente l'histogramme des taux de MES à l'entrée et à la sortie de la station.

**Tableau VI.9** : Variation mensuelle de MES (ONA, 2015).

Mois (2015)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
MES(EB) mg/l	286	393	232	340	287	319	239	209	264.5	344	249	280
MES(EE) mg/l	52.5	26	59.5	58	55	34.2	40	47.5	50	57.5	39.5	50

Au vu de ces résultats, et en comparant les valeurs moyennes enregistrées de MES des eaux brutes à celles des eaux traitées nous pouvons observer une élimination appréciable de MES. Néanmoins, la plupart des concentrations de MES pour les eaux traitées ne répondent pas aux normes indiquées par le journal officiel (40 mg/l).



**Figure VI.6.** Variation mensuelle de MES (année 2015).

### VI.5.7. Variation mensuelle de l'indice de biodégradabilité DCO/DBO<sub>5</sub>:

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent. En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière



organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique.

Selon la valeur de cet indice, on peut distinguer en générale :

- Effluent facilement biodégradable lorsque le rapport  $DCO/DBO_5 < 2$ .
- Effluent est moyennement biodégradable lorsque le rapport  $2 < DCO/DBO_5 < 3$ .
- Effluent est difficilement biodégradable lorsque le rapport  $DCO/DBO_5 > 3$ .

Les résultats de l'indice de biodégradabilité lors de l'année 2015 sont récapitulés dans le tableau suivant:

**Tableau VI.10:** Variation mensuelle de rapport  $DCO/DBO_5$  (ONA, 2015).

Mois (2015)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
<b>DCO/DBO<sub>5</sub>(EB)</b>	1.93	2.18	1.5	1.83	2.92	<u>4.53</u>	2.05	1.8	1.77	1.82	1.8	1.79
<b>DCO/DBO<sub>5</sub>(EE)</b>	4.46	3.31	3.68	3.82	2	3.22	1.45	2.64	2.19	3.11	2	2.2

Les résultats de cet indice nous donnent une indication sur la biodégradabilité des substances organiques des eaux usées. A l'entrée de la STEP, la majorité des valeurs de ce rapport se trouve autour de 2, ce qui nous laisse de penser que l'effluent testé est généralement facilement biodégradable. Néanmoins, nous avons remarqué une valeur de 4,53 pour le mois de juin ,c'est-à-dire dans ce cas, la plupart des matières organique est non biodégradable ce qui diminue l'efficacité du traitement biologique (type lagunage aéré).

A la sortie de la station, nous avons constaté qu'il y a une augmentation dans les valeurs de l'indice de biodégradabilité. Ceci peut s'expliquer par la diminution de la partie biodégradable de la matière organique.

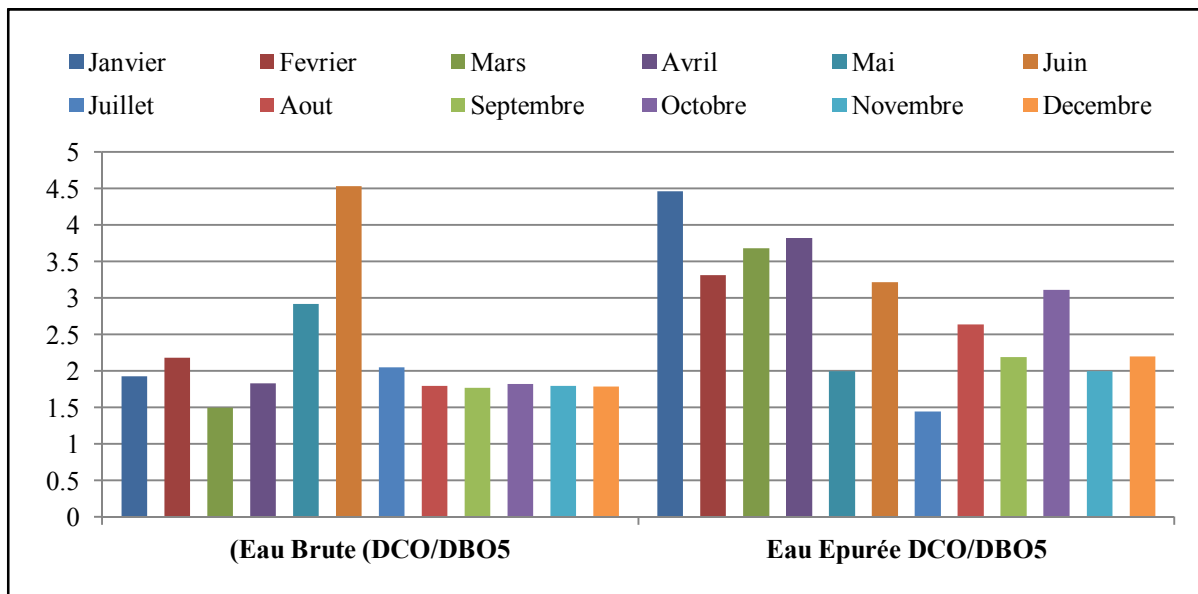


Figure VI.7. Courbe de la variation mensuelle de rapport DCO/DBO<sub>5</sub> (année 2015).

**VI.5.8.Variation mensuelle de la conductivité:**

La conductivité électrique traduit le degré de la minéralisation globale, et elle nous renseigne sur le taux de la salinité des eaux. Les résultats de la conductivité au cours de l'année 2015 sont regroupés dans le tableau suivant:

Tableau VI.11:Variation mensuelle de la conductivité (ONA, 2015).

Mois (2015)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Cond (EB)ms/cm	5.37	7.16	6.53	5.55	5.52	5.49	5.49	5.36	5.07	5.06	5.61	5.8
Cond (EE)ms/cm	5.79	6.69	7.17	5.26	5.72	5.37	5.69	5.31	5.26	5.19	5.12	5.14

Les résultats obtenus montrent une très forte minéralisation des eaux brutes (jusqu'au 7.16 ms/cm). Ceux-ci pourraient être expliqués par l'utilisation des eaux de la nappe phréatique dont la salinité peut atteindre 5g/l.

La comparaison des valeurs de la conductivité électrique au niveau des eaux usées analysées avec les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation permet de déduire que ces eaux usées ne peuvent pas être utilisées pour l'irrigation.

Les résultats relatifs à la variation de la conductivité sont représentés sur la figure VI.8:



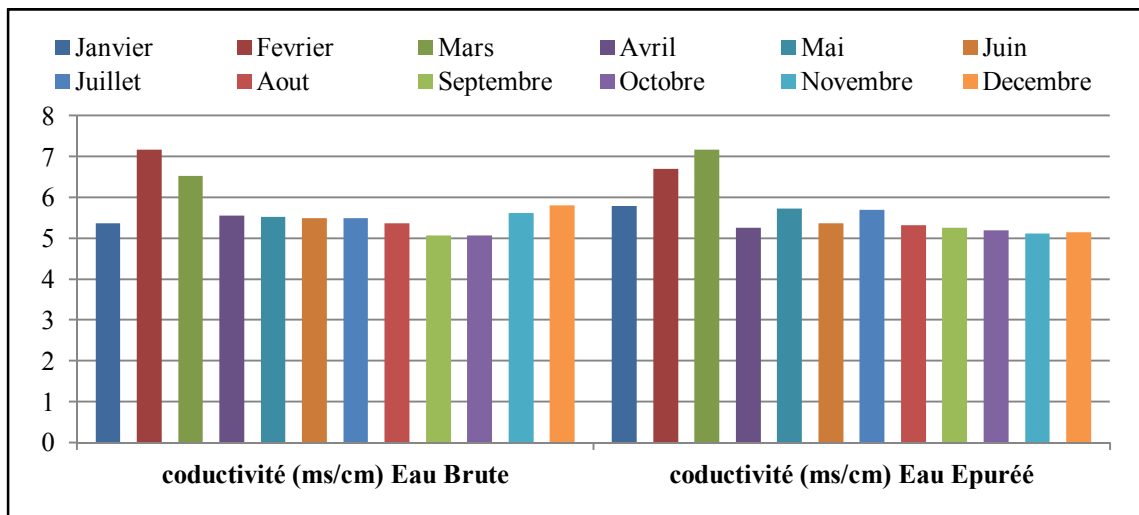


Figure VI.8. Variation mensuelle de la conductivité (2015).

#### VI.5.9. Variation mensuelle de la turbidité:

C'est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau (l'inverse de la limpidité). Les résultats de la turbidité des eaux usées au cours de l'année 2015 sont mentionnés dans le tableau suivant:

Tableau VI.12: variation mensuelle de la turbidité (ONA, 2015).

Mois (2015)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Turb(EB)NTU	192.2	277	266	389	289	131.5	144.2	281	393	390	348	204
Turb(EE)NTU	67.4	39.4	31.5	30.8	43	24.3	41.7	22.3	36.2	13.4	89.3	45.5

Pour les eaux brutes, la turbidité est variée entre 131.5 et 393 NTU, alors que, elle est de 22.3 à 89.3 NTU dans le cas des eaux épurées.

Au vu de nos résultats, nous pouvons dire que la plupart des valeurs de la turbidité dépassent la valeur limite (20 NTU). La figure VI.9 montre également la variation de la turbidité.



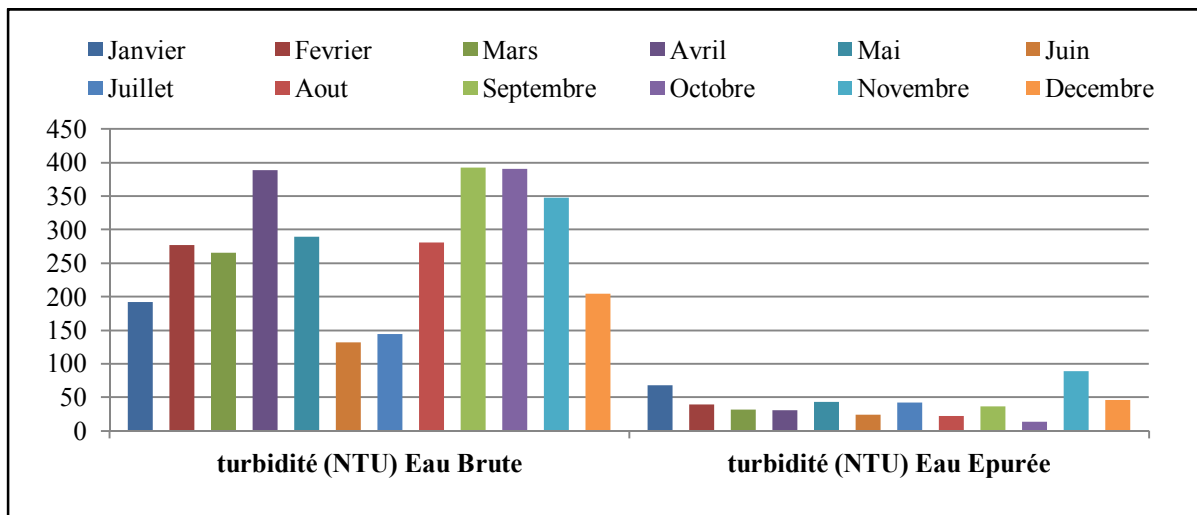


Figure VI.9. Variation mensuelle de la turbidité (2015).

#### VI.5.10. Etude de la corrélation

Nous avons étudié la matrice de corrélation en utilisant le logiciel SPSS Statistics version 20, le but de cette analyse était de :

- ✓ examiner les corrélations existantes entre les différents paramètres à travers leurs structurations et leurs orientations.
- ✓ Identifier les principaux facteurs influant la qualité des eaux usées à l'état brute et à la sortie de la station d'épuration.

L'analyse des paramètres statistiques à portée sur les 12 observations de l'année 2015 (moyenne mensuelle), et neuf variables ont été pris en considération (rapport de dégradation DCO/DBO<sub>5</sub>, oxygène dissous, température, pH, conductivité, turbidité, matière en suspension, demande chimique en oxygène, demande biologique en oxygène).

Les résultats relatifs à la corrélation entre les différents paramètres analysés pour les eaux brutes et celles épurées sont représentés sous forme des matrices sur les tableaux VI.13 et VI.14.

L'examen de ces résultats nous a permis d'observer qu'il y a :

- Une bonne corrélation entre les valeurs de DCO et celles du coefficient de dégradation DCO/DBO<sub>5</sub>, pour les eaux brutes.
- Une absence de corrélation entre les MES et la turbidité due éventuellement aux fluctuations de la matière colloïdale, celle qui contribue aussi à la détermination de la



turbidité de l'eau. De plus, la matière en suspension vrais ce n'est pas le seul paramètre qui définit la turbidité des eaux usées.

- Pas de corrélation entre la DBO<sub>5</sub> et la DCO, ce qui indique probablement une forte variation de la fraction non biodégradable de la matière organique d'un moi à un autre.

**Tableau VI.13:** matrice de corrélation de différents paramètres pour les eaux à l'entrée de la station (année 2015).

		Correlation Matrix								
		DCO/DBO <sub>5</sub>	O <sub>2</sub> dissous	T	pH	Cond	Turb	MES	DCO	DBO <sub>5</sub>
Correlation	DCO/DBO <sub>5</sub>	1.000	-.494	.336	-.946	-.219	-.458	.184	.843	-.604
	O <sub>2</sub> dissous	-.494	1.000	.075	.380	-.188	.513	-.219	-.661	.126
	T	.336	.075	1.000	-.200	-.383	.120	-.263	.387	-.021
	pH	-.946	.380	-.200	1.000	.270	.485	-.189	-.702	.628
	Cond	-.219	-.188	-.383	.270	1.000	.141	.242	-.261	-.001
	Turb	-.458	.513	.120	.485	.141	1.000	.175	-.601	-.092
	MES	.184	-.219	-.263	-.189	.242	.175	1.000	.164	-.382
	DCO	<b>.843</b>	-.661	.387	-.702	-.261	-.601	.164	1.000	-.198
	DBO <sub>5</sub>	-.604	.126	-.021	.628	-.001	-.092	-.382	-.198	1.000

**Tableau VI.14 :** matrice de corrélation de différents paramètres pour les eaux à la sortie de la station (année 2015).

		Correlation Matrix								
		DCO/DBO <sub>5</sub>	O <sub>2</sub> dissous	T	pH	Cond	Turb	MES	DCO	DBO <sub>5</sub>
Correlation	DCO/DBO <sub>5</sub>	1.000	-.163	.046	-.082	.208	-.215	.337	.205	-.832
	O <sub>2</sub> dissous	-.163	1.000	.293	.091	-.629	-.342	.378	-.085	.020
	T	.046	.293	1.000	-.255	-.436	-.587	.304	.434	.211
	pH	-.082	.091	-.255	1.000	.232	.250	.406	-.405	.024
	Cond	.208	-.629	-.436	.232	1.000	.065	-.153	-.124	-.159
	Turb	-.215	-.342	-.587	.250	.065	1.000	-.203	-.126	.165
	MES	.337	.378	.304	.406	-.153	-.203	1.000	.428	-.044
	DCO	.205	-.085	.434	-.405	-.124	-.126	.428	1.000	.317
	DBO <sub>5</sub>	-.832	.020	.211	.024	-.159	.165	-.044	.317	1.000

**VI.5.11. Variation saisonnière de la DBO<sub>5</sub> (2010-2015):**

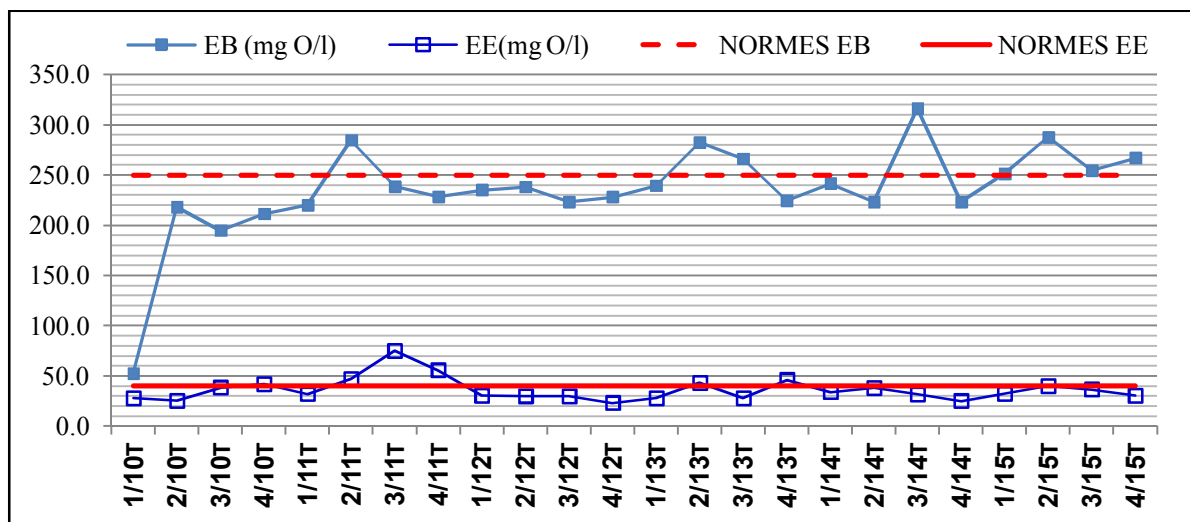
Les résultats de la variation saisonnière (trimestrielle) de la DBO<sub>5</sub> pendant six ans (2010-2015) sont regroupés dans le tableau VI.15, et la figure VI.10 montre la courbe de la variation saisonnière.

**Tableau VI.15 :** Variation saisonnière de la DBO<sub>5</sub> (ONA, 2010-2015).

Trimestre	T1/2010	T2/2010	T3/2010	T4/2010	T1/2011	T2/2011	T3/2011	T4/2011	T1/2012	T2/2012	T3/2012	T4/2012	T1/2013	T2/2013	T3/2013	T4/2013	T1/2014	T2/2014	T3/2014	T4/2014	T1/2015	T2/2015	T3/2015	T4/2015
DBO <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> /l (EB)	52.4	218.0	194.7	211.3	220	284.5	238	228	235	238	223	228	239.3	282	266	224.5	241	223.2	316.3	223	251.3	287.4	254.3	266.8
DBO <sub>5</sub> mg/l (EE)	28	25	38	42	32	47	75	56	30.4	30	29.6	23	27.89	43	28	46	34	38	31.8	25	32.36	39.9	36.4	30.5

D’après tous ces résultats, nous avons observé que les valeurs de la DBO<sub>5</sub> à l’entrée de la station sont un peu proches de la norme relative aux eaux des rejets, et qu’il y a un dépassement de la valeur limite dans quelques valeurs moyennes trimestrielles.

A la sortie de la STEP, la majorité des valeurs de la DBO<sub>5</sub> sont inférieures à la valeur limite ce qui nous indique la bonne élimination de la fraction biodégradable de la matière organique lors du traitement biologique.



**Figure VI.10.** Variation saisonnière de la DBO<sub>5</sub> (2010-2015).



**VI.5.12.Variation saisonnière de paramètre DCO (2010-2015):**

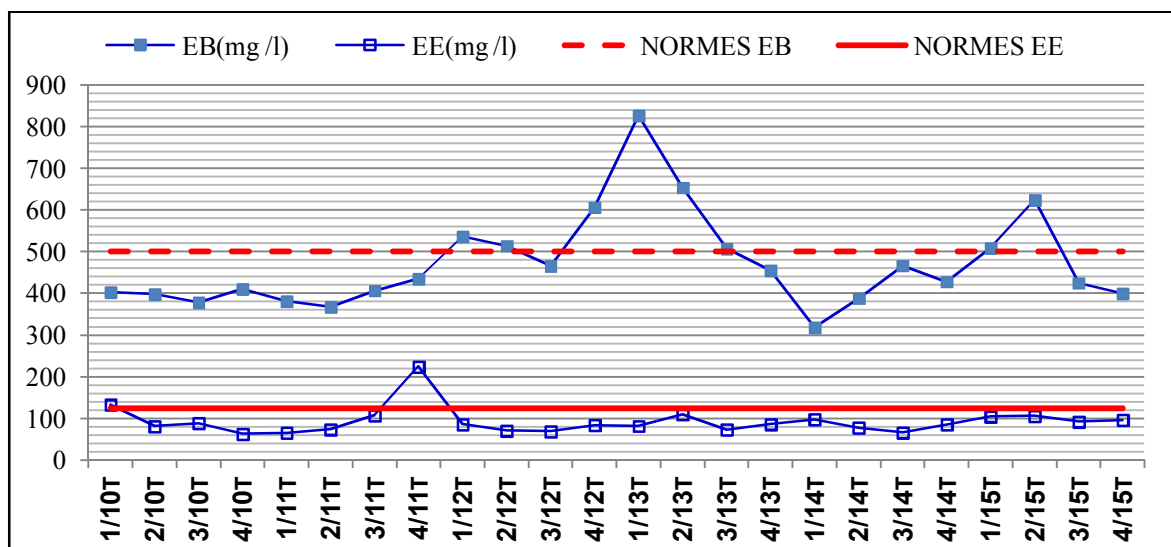
Les résultats de la variation saisonnière de la DCO au cours de la durée de six ans (2010-2015) sont mentionnés dans le tableau VI.16 et sur la figure VI.11.

**Tableau VI.16** :Variation saisonnière de la DCO(ONA, 2010-2015).

Trimestre	T1/2010	T2/2010	T3/2010	T4/2010	T1/2011	T2/2011	T3/2011	T4/2011	T1/2012	T2/2012	T3/2012	T4/2012	T1/2013	T2/2013	T3/2013	T4/2013	T1/2014	T2/2014	T3/2014	T4/2014	T1/2015	T2/2015	T3/2015	T4/2015
DCO en mg/l (EB)	402.5	397.8	378	410	381	368	407	435	536	514	466	606	826	654	508	455.5	318	388	466.5	428	508.8	623.2	425.1	399.8
DCO en mg/l (EE)	133	81.5	89	63	66	74	108	224	86.2	71	69.2	84.1	82	110	74	86.5	98	78	66.5	86	104.7	105.9	92.5	96.7

Les résultats indiquent que la majorité des valeurs de la DCO pour les eaux brutes sont conformes aux normes des rejets. Néanmoins, nous avons remarqué une valeur de 826 mg/l pour le premier trimestre 2013, et malgré ça, nous avons pu observer l’efficacité de traitement lors de cette période.

Comparées aux normes qui fixent la valeur maximale de la DCO à 120 mg/l pour les eaux épurées, nous avons remarqué que presque toutes les mesures de la DCO sortant sont inférieures à la valeur limite durant les six ans étudiées.



**Figure VI.11.** Variation saisonnière de la DCO (2010-2015).



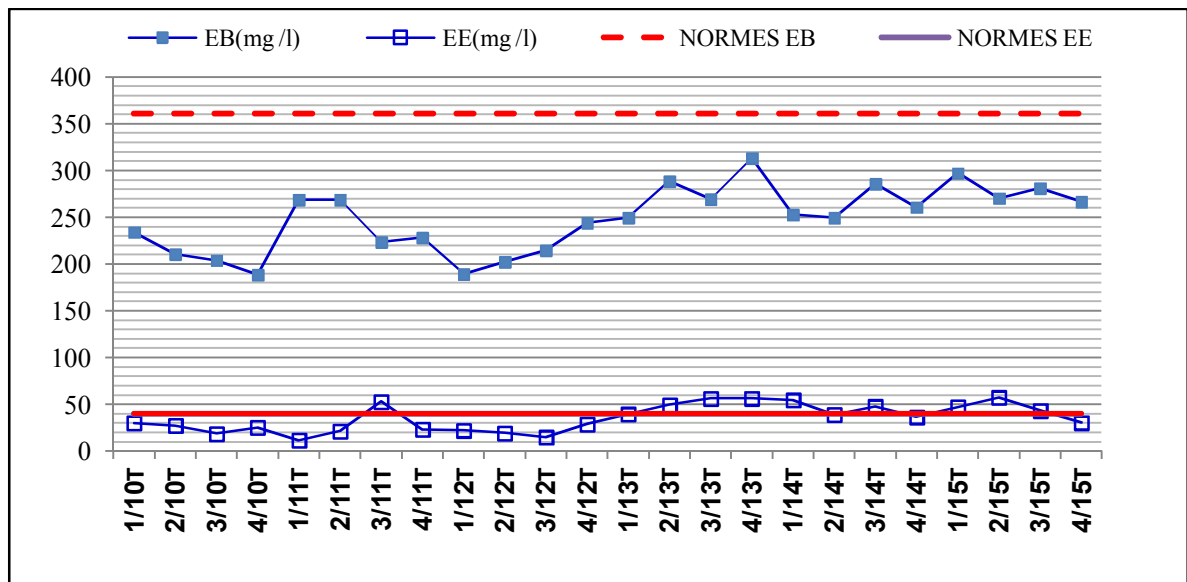
**VI.5.13. Variation saisonnière de MES (2010-2015):**

Les résultats de la variation saisonnière de MES au cours de la durée de six ans (2010- 2015) sont présentés dans le tableau VI.17 et sur la figure VI.12.

**Tableau VI.17** : la variation saisonnière de MES (ONA, 2010-2015).

Trimestre	T1/2010	T2/2010	T3/2010	T4/2010	T1/2011	T2/2011	T3/2011	T4/2011	T1/2012	T2/2012	T3/2012	T4/2012	T1/2013	T2/2013	T3/2013	T4/2013	T1/2014	T2/2014	T3/2014	T4/2014	T1/2015	T2/2015	T3/2015	T4/2015
MES mg/l (EB)	234.2	210.6	204	188.5	269	269	224	228	189.5	202.5	214.6	244.2	249.7	289	269	313.5	253	249.6	285.7	260.8	297.2	270.4	281.3	266.8
MES mg/l (EE)	30.2	27.3	18.6	25	12	21.5	53	23	22.2	19.4	14.8	29	39.49	50	56	56.5	55	39	47.7	36.6	47.2	57.3	43.5	30.5

Au vu de tous ces résultats, nous avons observé que pour les eaux brutes, les valeurs de MES sont nettement inférieures aux normes des eaux brutes. Par contre, pour les eaux en aval de la station, la plupart des mesures de MES se trouvent autour de la valeur limite des eaux traitées.



**Figure VI.12.** Variation saisonnière de MES (2010-2015).



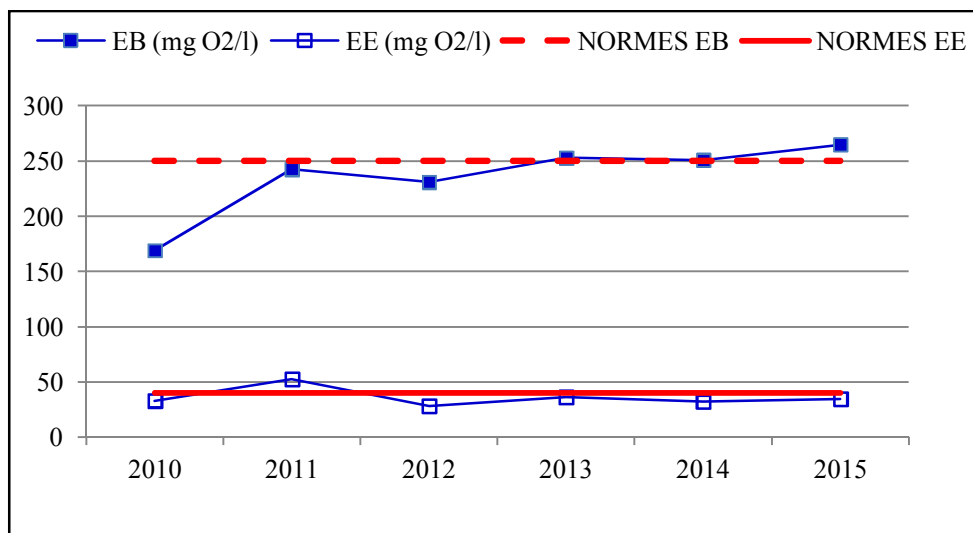
**VI.5.14.Variation annuelle de la DBO<sub>5</sub> (2010-2015):**

La variation annuelle de la DBO<sub>5</sub> pendant une durée de six ans (2010- 2015) a été étudiée. Cette variation est mentionnée dans le tableau VI.18 suivant et la figure VI.13.

**Tableau VI.18** :variation annuelle de la DBO<sub>5</sub>(ONA, 2010-2015).

Année	DBO <sub>5</sub> en mg O <sub>2</sub> /l (EB)	DBO <sub>5</sub> en mg O <sub>2</sub> /l (EE)
2010	52.4	28
2011	220	32
2012	235	30.4
2013	239.3	27.89
2014	241	34
2015	251.3	32.36

Le suivi de la DBO<sub>5</sub> a montré une légère augmentation avec le temps, ce qui s'explique par l'accroissement de la matière organique biodégradable d'une année à une autre. Cependant, la variation de la DBO<sub>5</sub> à la sortie de la STEP n'est pas significative, et toutes les valeurs enregistrées sont très proches de la valeur guide.



**Figure VI.13.** Variation annuelle de la DBO<sub>5</sub> (2010-2015).

**VI.5.15.Variation annuelle de la DCO (2010-2015):**

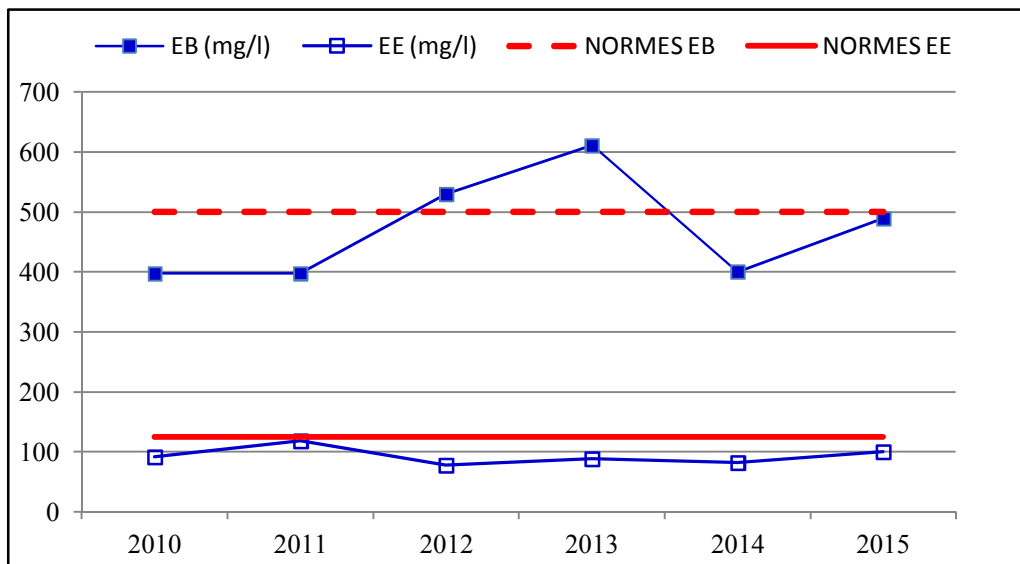
Les résultats de la variation annuelle de la DCO au cours de la période considérée (2010-2015) sont illustrés dans le tableau VI.19 et sur la figure VI.14.



**Tableau VI.19** :la variation annuelle de la DCO(ONA, 2010-2015).

Année	DCO en mg/l (EB)	DCO en mg/l (EE)
2010	402.5	133
2011	381	66
2012	536	86.2
2013	826	82
2014	318	98
2015	508.8	104.7

Les résultats des analyses de la DCO reflètent une fluctuation de la charge organique totale sur toute la période étudiée. En effet, la valeur de la DCO dépasse la valeur limite des eaux brutes pour l'année 2012 et 2013. Par contre, les eaux épurées sont conformes aux normes des eaux traitées.

**Figure VI.14.** Variation annuelle de la DCO (2010-2015).

#### VI.5.16.Variation annuelle de MES (2010-2015):

Les résultats de la variation annuelle de MES au cours de la durée de six ans (2010- 2015) sont présentés dans le tableau VI.20 et sur la figure VI.15.



Tableau VI.20 : la variation annuelle de MES (ONA, 2010-2015).

Année	MES en mg/l (EB)	MES en mg/l (EE)
2010	234.2	30.2
2011	269	12
2012	189.5	22.2
2013	249.7	39.49
2014	253	55
2015	297.2	47.2

Le suivi des analyses de la matière en suspension montre que les valeurs de celle-ci sont conformes aux normes des eaux brutes à l'entrée de la station. Pour les eaux traitées, les résultats de MES enregistrés sont très proches de la norme des eaux épurées sur toute la période considérée.

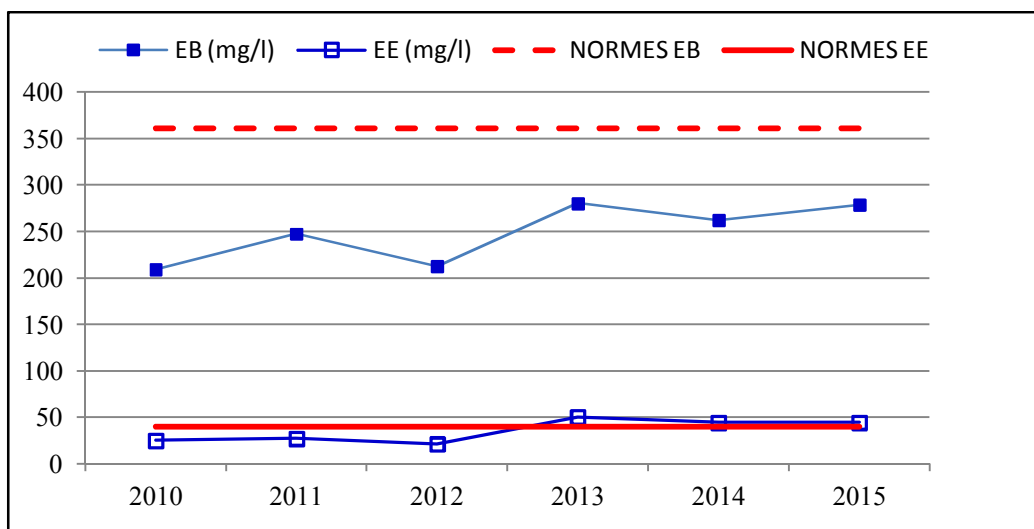


Figure VI.15. Variation annuelle de MES (2010-2015).

#### VI.6. Indice de la pollution organique (IPO) et indice de la contamination (Cr):

L'indice de pollution organique est un indice utile pour le traitement de données relatif au suivi des paramètres de pollution. L'indice de pollution organique IPO établis par Leclercq et Maquet ; 1987. La classification des paramètres organiques des eaux se fait selon cinq classes (Tableau VI.21).



Tableau VI.21 : Grille de la qualité (IPO)( BAHROUN. S, 2007).

N° Classes	$DBO_5(mgO_2/l)$	$NH_4(mg N/l)$	$NO_2 (mg N/l)$	$PO_4(\mu gP/l)$
5	> 2	< 0.1	5	15
4	2 - 5	0.1 - 0.9	6 - 10	16 - 75
3	5.1 - 10	0.91 - 2.4	11 - 50	76 - 250
2	10.1 - 15	2.5 - 6	51 - 150	251 - 900
1	> 15	> 6	> 150	> 900

IPO= moyenne des numéros des classes des 04 paramètres, on distingue :

IPO= 5,0 – 4,6 : pollution organique nulle. IPO= 4,5 – 4,0 : pollution organique faible.

IPO= 3,9 – 3,0 : pollution organique modérée. IPO= 2,9 – 2,0 : pollution organique forte.

IPO= 1,9 – 1,0 : pollution organique très forte.

L'indicateur de contamination **CR** est un nombre adimensionnel calculé pour chaque échantillon (j) et sur chaque élément (i) :

$Cr_{ij} = (M_{mes})_{ij} / (M_{ref})_{ij}$  Avec  $M_{mes}$  et  $M_{ref}$ , les teneurs mesurées et de référence.

On a utilisé les normes Marocaines qui donnent pour la DCO: 500 mg/l, la  $DBO_5$ : 100 mg  $O_2/l$  et les MES: 50 mg/l.

Le calcul des rapports se fait comme suit :  $DCO/DCO_0, DBO_5/ DBO_5_0$  et  $MES/MES_0$ .

La classification des eaux sur la base de la valeur de CR se fait selon 4 classes :

$CR < 1$  faible facteur de contamination,  $1 < CR < 3$  facteur de contamination modéré

$3 < CR < 6$  facteur de contamination considérable,  $CR > 6$  facteur de contamination élevé.

Les résultats trouvés sont pour les deux indices sont récapitulés dans le tableau suivant:

Type d'eau \ Paramètres	IPO	Cr		
		DCO	$DBO_5$	MES
Eau brute	Classe 1	1	2.51	5.94
Eau épurée	Classe 1	0.21	0.32	0.94



D'après les résultats obtenus, nous avons observé que les eaux usées se situent à la classe 1 (pollution organique très forte) en utilisant l'indice de l'IPO.

Selon la valeur de CR, les eaux usées à l'entrée ont présenté un facteur de contamination qui varie entre le modérée et le considérable pour tous les paramètres organiques. Néanmoins, les eaux épurées ont un faible facteur de contamination.

#### **VI.7. Recommandations:**

Au cours de réalisation de l'opération de traitement des eaux usées, des problèmes ont apparus qui empêchent le bon déroulement de l'opération, parmi eux:

- La quantité très importante des huiles dans les lagunes aérées, ce qui influe directement sur la quantité d'oxygène dissous dans les eaux et par conséquent sur la température et l'opération biologique effectuée, pour résoudre ce problème il faut équiper le poste de prétraitement par un système de déshuilage-dégraissage pour assurer un bon fonctionnement des bassins d'aération et on peut aller loin par la sensibilisation des gens de lavage des véhicules de séparer les huiles provenant de l'opération hors de réseau d'assainissement.
- les traces visibles des algues dans les lagunes de finition ( eaux épurées ) et lagunes aérées (A) ,à cause de la diminution de débit entré à la station, pour résoudre ce problème, il faut augmenter le débit entré pour augmenter les rendements d'abattement des MES.

Généralement nous recommandons:

- Ajouter un traitement primaire (décantation) pour fournir une bonne élimination des matières colloïdales et en suspension pour faciliter les traitements ultérieurs.
- Prendre en charge les analyses parasitologiques pour un meilleur contrôle de la qualité microbiologique des eaux épurées.
- Un traitement tertiaire est indispensable (désinfection) pour une épuration entière des eaux.



**VI.8. Conclusion:**

Dans ce chapitre, on a établi les différentes variations des paramètres disponibles qui devient pour la majorité conforme aux normes de rejet.

La DCO, DBO<sub>5</sub> et MES se trouvent autour de la valeur référence contrairement a la turbidité et la conductivité qui dépassent les limites ce qui rend ces eaux inutilisable dans l'irrigation.



# CONCLUSION GENERALE

Le traitement des eaux usées est un processus très important pour la vie quotidienne des habitants des villes et du monde rural. On effectue l'épuration des eaux usées non seulement pour protéger la santé de la population et éviter les maladies contagieuses, mais aussi pour protéger l'environnement. Aujourd'hui, ce dernier but devient de plus en plus important et les techniques de traitement et les stations d'épuration évoluent constamment.

En entreprenant cette étude, une évaluation de l'efficacité du traitement des eaux usées au niveau de la station d'épuration de **KOUININE** (système à lagunage aéré) a été mise en évidence.

Après une description détaillée de la STEP, les résultats obtenus nous ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- Le traitement naturel des eaux usées par lagunage aéré représente une solution de choix pour la dépollution de l'eau dans la région d'EL OUED en raison de résultats des analyses effectuées qui montre la dominance des matières non dégradables dans les eaux usées.
- Les analyses physico-chimiques des eaux traitées sont conformes aux normes de rejets dans les milieux naturels.

Au terme de cette étude, on peut dire que l'épuration des eaux usées à la STEP 01 de KOUININE est généralement efficace et satisfaisante. L'eau traitée au niveau de la STEP ne représente aucun danger pour l'environnement mais inacceptable pour l'irrigation des périmètres.



## Références bibliographiques

**Achouri. F**, Mémoire d'Etude des performances épuratoires de la station d'épuration par lagunage naturel de l'oued Béni-Messous W. d'Alger en vue de L'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Alger (2003).

**AGENCE DE L'EAU ET MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT** : Epuration des eaux usées urbaines par infiltration percolation, état de l'art et étude de cas. Etude inter agences n°9. France (1993).

**André Hade**, Nos Lacs : Les connaître pour mieux les protéger  
Éditions FIDES, 359 p., 2002.

**Asano. T**, Wastewater réclamation and reuse. Water quality management library, 1475 p, (1998).

**BAHROUN. S**: Impact des eaux usées urbaines et industrielles sur les eaux naturelles dans la région d'El Tarf, Mémoire de magistère, Université d'Annaba, 160p(2007).

**Baumont S, Camard J.P, Lefranc A, Franconi A**: Rapport ORS Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France, 220p, (2004).

**Belkhiri, D. 1999**. Traitement des eaux usées urbaines (aspects environnemental).  
Mém. Ing. Eco et Env. Eco. Forestier. Univesité de Sétif. 84p.

**Boumediene M.A**, Mémoire Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues actives : Cas de la step Ain el Houtz, Diplôme de licence en hydraulique, Tlemcen (2013).

**B.Méot et Z. Alamy**: Les eaux usées urbaines, réglementation des rejets urbain(1990).

**Cauchi**, Dossier: la réutilisation des eaux usées après épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2 : 81-118, (1996).

**Chellé. F, Dellale .M, Dewachter .M, Mapakou. F, Vermey L.**, L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, 15 pages, (2005).

**Dahou A et Brek A**: Mémoire de Lagunage aéré en zone aride performance épuratoires cas de (Région d'Ouargla), (Jun, 2013).

**D.D Mara** ; Sewage treatment in hot climates. Ed.John willey and sons.1980.

**DEGREMONT** : Mémento technique de l'eau, 9ème édition. Ed.Lavoisier, paris (1989).

**Dermont J**, 1978. Mémenton technique de l'eau. Tec. et doc. Edition Lavoisier, 8eme édition.230p.

**Directive Européenne** du 21 mai 1991(91/271/CEE) relative au traitement des eaux urbaines résiduaires.

**Djeddi H**, Mémoire d'Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, diplôme de Magistère en Ecologie et Environnement, (2007).

**Faby J.A et Brissaud**, L'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau, 76 pages, (1997).

**FAO**: Etude L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage papier, 65p, (2003).

**Festy B**: Pollution atmosphérique et épidémiologie en France : une longue maturation. Pollution Atmosphérique, 1989.

**Jean RODIER** ,"L'Analyse de l'eau". Editions DUNOD, 8.

**JOEL MICHELIN**: la qualité de l'eau et assainissement en France, la dénitrification naturelle (Institut agronomique de Paris –Grignon).

**J.P.BECHAC, P.BOUTIN, B.MERCIER et P.NUER**: Traitement des eaux usées. Edition EYROLLES. Paris (1987).

**LECLERCQ L, MAQUET B**, 1987. Deux nouveaux indices chimiques et diatomiques de qualité d'eau courante. Application au Samson et ses effluents (Bassin de la Meuse belge). Comparaison avec d'autres indices chimiques, biocénotiques et diatomiques. Institut Royal des sciences naturelles de Belgique. Document de travail, 28, 113p.

**L'UNESCO**: Fiche Technique: traitement des eaux usées par lagunage, (Aout, 2008).

**Martin**, Rapport Le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris (1979).

**Mathevon, V. (1999)** : Les techniques existantes d'élimination et de traitement des boues. Station d'épuration, comment maîtriser à la source la qualité et la quantité des boues ? Journée technique nationale du 29 avril 1999. INSA, Toulouse.

**Norme française** : Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO), NF T90-101 Octobre 1988.

**Perera P et Baudot B**: Procédés extensifs d'épuration des eaux usées, France (mai, 1991).

**Racault Y**: Le lagunage naturel (Les leçons tirées de 15 ans de pratique en France) (1997).

**RACHIDA MIMOUNI** : Etude microbiologique des eaux usées dans le Grand Agadir : épuration par infiltration-percolation, impact sur l'environnement marin et réutilisation en agriculture. Thèse de microbiologie (2004).

**René Moletta** : La méthanisation, 2011, 552 p.

**Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.-P., Chambon, P., Champsaur, H. et Rodi, L.** 2005. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Ed. Dunod, Paris. 1383p.

**Satin M; Belmi S** : Agence de l'eau seine-normandie, Guides des procédés épuratoires intensifs proposés aux petites collectivités, Nanterre.

**SKOOG, HOLLER, NIEMAN**: Principe d'analyse instrumentale, 5<sup>ème</sup> édition. Edition de Boeck université. Paris, 2003. 938p. ISBN : 2-7445-0112-3.

**Yves charbonnel**, manuel de lagunage à macrocytes en régime tropical, agence de coopération culturelle et technique, 1989, 37p.

ième édition, 1996.

Quelques sites web pertinents:

<http://www.cieau.com/les-eaux-usees/les-origines-des-eaux-usees>.

<http://www.degremont.com>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Eaux\\_us](https://fr.wikipedia.org/wiki/Eaux_us).

<http://www.oieau.fr>

<https://www.safewater.org>

<http://www.scitrav.com>