REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie des Procédés Pharmaceutiques

Traitement et Epuration des Eaux Usées Par Boues Activée : Cas de la STEP de Médéa

---

Présenté par :

Cherchar Hayat & Drai Amel

Proposé et Dirigé par :

Ferhat Samira

Promotion 2020

Remerciements

Dieu"الله"merci pour nous avoir donné la santé, la volonté et le courage sans lesquels ce travail n'aurait pas été réalisé.

A travers ce modeste travail, nous tenons à remercier vivement notre Superviseur Mme Alouaoui Samira À l'université de Médéa pour la confiance qu'il nous a Témoignée, et pour avoir proposé ce Sujet et qui n'a cessé de nous guider et nous diriger.

Nous remercions également ingénieur de laboratoires 2& 3 au Hole Technologie à Ain Dheb Mme Fouzia ; Mme Karima Nous tenons à exprimer notre gratitude aux membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail.

Merci beaucoup, Dr Mihoubi Nadia

Nous exprimons enfin nos gratitudes à tous nos enseignants de L'Université YAHIA FARES de Médéa.

Une salutation spéciale est donnée au chef du département et notre aimable superviseur Mme Alouaoui Samira

Pour toutes les instructions et directives correctes sans s'arrêter, toute l'appréciation et le respect envers vous, Docteur, toute cette réalisation a été grâce a Dieu et avec votre grâce.

Amel et Hayat

Dédicaces

Avec l'aide d'Allah"اللـــــــــــــــــــــــــــــــه", j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie:

Mes chèrs parents pour tout leur amour et leur encouragement qui m'ont toujours aidé pour que je connaisse la science et la culture.

A mes frères : Walid Khalil Mahmoud

A ma sœur : Soulef

A tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin à notre formation,

Et tous les professeurs de mon cursus.

Mon binôme et Mon amie Amel ; mes meilleurs amis Kenza, Hanane

A toute personne qui me connais.



Hayat

Dédicaces

Avant tout Je dédie ce modeste travail À Mes chers parents

Á mon cher frère Mohammed et mes chères sœurs

Khadîdja, Rima, Fadoua, Nadjet.

A mon binôme Hayat.

A toutes mes chères amies, en témoignage de leurs Sincères amitiés

A mes collègues et spécialement tous les étudiants du master

Génie des procédés pharmaceutiques.



Amel

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Table des matières

Liste des tableaux & Liste des figures

Liste des abréviations et nomenclatures

Résumé

Introduction générale…… 1&2

Chapitre I. Généralités et procédés d'épurations…….. 3

Partie I. Généralités…….. 3

I.1. Définition d'une eau usée……..... 3

I.2. D'Origine des eaux usées……. 3
I.2.1. Les eaux usées domestiques…….. 3
I.2.2. Les eaux usées industrielles…….. 4
I.2.3. Les eaux agricoles……. 4
I.2.4. Les eaux pluviales……. 4
I.3. Caractéristiques des eaux usées…….. 4
I.3.1 Paramètres physico-chimique……. 5
I.3.1.1. La température…… 5
I.3.1.2. L'odeur……... 5
I.3.1.3. La couleur……... 5
I.3.1.4. Le potentiel d'Hydrogène (pH)…….. 5
I.3.1.5. La turbidité……. 6
I.3.1.6. Les matières en suspension (MES) ……... 6
I.3.1.7. Débit……... 6
I.3.1.8. La conductivité électrique (CE)……. 7
I.3.2. Paramètres chimiques……... 7
I.3.2.1. La demande biochimique en oxygène(DBO_5) ……... 7
I.3.2.2. La demande chimique en oxygène (DCO)…… 7
I.3.2.3. Carbone organique totale (COT)…… 8
I.3.3. Les paramètres de la pollution dissoute…… 8
I.3.3.1. Les matières azotées……... 8
I.3.3.2. Les matières phosphorées……... 8
I.4. La réutilisation des eaux usées……. 9
I.5. Notion d'équivalent habitant (EH)……... 9
I.6. Les paramètres biologiques…….. 9

Partie II. Procédés d'épuration des eaux usées……10

II.1. Survol de la diversité des polluants……..…….10

II.2. Le prétraitement de l'eau……..10

II.2.1. Traitement physique……...…11

II.2.1.1. Le dégrillage……11

II.2.1.2. Dessablage.....…...11

II.2.1.3. Dégraissage – Déshuilage……..……11

II.2.2. Les traitements physico-chimiques.....…...11

II.2.2.1. Coagulation –floculation…….…11

II.2.2.2. Décantation…….…….12

II.2.2.3. Filtration…….…….12

II.2.3. Le traitement Biologique (secondaire).....…...12

II.2.4. Culture fixe…….……14

II.2.4.1. Les filtres biologiques…….…14

II.2.4.2. Les disques biologiques……...15

II.2.5. Culture mobile (libre)…….15

II.2.5.1. Le lagunage…….15

II.2.5.2. Les boues activées.....….16

II.2.6. Les traitements tertiaires par voie biologique.....…...17

II.2.6.1. L'élimination de l'azote……...……17

II.2.6.1.1. Nitrification……..17

II.2.6.1.2. Dénitrification……..18

II.2.7. L'élimination du phosphore……19

II.2.8. La désinfection…….....19

II.3. Les impacts des boues sur l'environnement……19

II.4. Conclusion…….....20

Chapitre II. Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Médéa (Algérie)…..21

II.1. Description de la STEP de Médéa et mode de prélèvement ……...….21

II.2. Méthodes d'analyses des paramètres physico-chimiques…….....22

II.3. Contrôle de la boue activée……..23

II.4. Calcul du taux d'abattement ……23

II.5. Résultats et discussion.....…...24

II.5.1. Température et pH .....…...24

II.5.2. Conductivité électrique (CE)…….…….25

II.5.3. Matières en suspension (MES)……..26

II.6. Paramètres de pollution organique (DCO, DBO_5) ……...…….26

II.6.1. Demande chimique en oxygène (DCO)……26

II.6.2. Demande biologique en oxygène (DBO_5)……..27

II.6.3. Matières azotées.....…...29

II.6.4. Pollution phosphorée ……29

II.6.5. Indice de MOHLMAN (IM)…….…….30

II.6.6. Rendements d'épuratoires…….……31&32

II.7. Conclusion……..……33

Chapitre III. Le traitement des eaux usées avec le procédé à boue activée…….…34

III.1. Introduction…….34

III.2. Description de fonctionnement du procédé…….34

III.3. Principe de fonctionnement du procédé……..……34
III.4. Composition et propriété du floc biologique……..…….35
III.5. Différents types d'installations à boues activées……..…35

III.5.1. Procédé conventionnel (Alimentation en piston)……..36
III.5.2. Contact-stabilisation.....…...36
III.5.3. Alimentation étagée……..……36
III.5.4. Mélange intégral (complet)……..…….36

III.6. Les ouvrages et équipements du traitement biologique……..37

III.6.1. Bassin d'aération……...38
III.6.2. Systèmes d'aération……..……38
III.6.3. Clarificateur.....…...39
III.6.4. Recirculation des boues……...…….39
III.6.5. Extraction des boues en excès…….40

III.7. Paramètres de fonctionnement d'un réacteur biologique…….40

III.7.1. Charge massique et volumique……40
III.7.2. Age des boues……..……41
III.7.3. Décantabilité des boues.....…...41

III.8. Les problèmes biologiques dans le procédé à boues activées……..…41

III.8.1. Foisonnement des boues activées……42
III.8.2. Le moussage……42
III.8.3. Remontée de boues.....…...43

III.9. Conclusion……..……43

Chapitre IV. Canevas pour bilan d'exploitation unité de Médéa……..44

IV.1. Introduction…….……44

IV.2. Epuration…….…44

IV.2.1. Bilan de l'auto-surveillance ……44

IV.2.2. Charges de pollution et rendements épuratoire……45
IV.2.3. Suivi des boues ……..…46
IV.2.4. Suivi des sous produits de prétraitement ……..…46

IV.2.5. Commentaires et Faits Marquants …….....46

IV.3. Collecte des eaux usées……..47

IV.3.1. Bilan d'exploitation des réseaux d'assainissement ……..…..47

IV.4. Maintenance…….…50

IV.4.1. Fiche d'intervention de maintenance des équipements ……50

IV.4.2. Facturation de l'énergie électrique mensuelle de la STEP …….….52

IV.5. Coûts d'exploitation ……..…….52

IV.5.1. Frais d'exploitation de la STEP……...…52

IV.5.2. Frais d'Exploitation des Centres ……..…53

IV.6. Conclusion…….....54

Conclusion générale….....55

Références bibliographiques

- **Liste des figures** **page**

Chapitre I : Généralités et procédés d'épuration

Figure 1 : schéma d'une filière traditionnelle d'épuration des eaux usées.....10

Figure 2 : Organigramme qui résume les méthodes de traitement biologique……13

Figure 3 : (a) lit bactérien, (b) éléments de remplissage du lit bactérien…….14

Figure 4 : Les 5 éléments essentiels dans le procédé des boues activées……16

Figure 5 : les différents types des aérateurs.....17

Chapitre II : Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Médéa (Algérie)

Figure 1 : Tala a nommé la municipalité d'Oued Harbil, l'état de Médéa…….…….21

Figure 2 : Variation de la température…….25

Figure 3 : Variation du pH……...25

Figure 4 : Variation de la CE……...25

Figure 5 : Variation des MES…….….26

Figure 6 : Variation de la DCO……..…….27

Figure 7 : Variations hebdomadaire de la DBO_5…….…27

Figure 8 : Variation des nitrates……...29

Figure 9 : Variation de NH_4^+…..29

Figure 10 : Variation des ortho phosphates…….……30

Figure 11 : Taux d'abattement des MES…….……31

Figure 12 : Taux d'abattement de la DCO……...31

Figure 13 : Taux d'abattement de la DBO_5…….……32

Figure 14 : Rendement de réduction de NH_4^+……32

Figure 15 : Rendement de réduction PO_4^{3-}..…….....32

Figure 16 : Analyse physico-chimique de l'eau usée brute…..……33

Figure 17: Bassins d'aérations……..33

Chapitre III : Le traitement des eaux usées avec le procédé à boue activée

Figure 1 : Schéma de principe du procédé de traitement par boues activées……..……35

Figure 2: Schéma type d'installation à boues activées…….……36

- **Liste des Tableaux** **page**

Chapitre II : Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Médéa (Algérie)

Tableau 1 : Méthodes d'analyses……..……..……22/23

Tableau 2 : Variation hebdomadaire du rapport DCO/DBO_5…….…….28

Tableau 3 : Résultats de l'indice de MOHLMAN……..……30/31

LISTE DES ABREVIATIONS ET NOMENCLATURES

- **Abréviation** ➢ **Signification**

- **CE :** Conductivité électrique (µs/cm)
- **CET:** Centre d'enfouissement technique
- **COT** : Carbone organique totale
- **DBO_5 :** Demande biologique en oxygène
- **DCO :** Demande chimique en oxygène
- **DCOAD :** Demande chimique en oxygène de l'échantillon après une décantation
- **EB :** Eau brute
- **EE :** Eau épuré
- **EU :** Eau usée
- **ET :** Eau traitée
- **EH :** Notion d'équivalent habitant
- **ERU :** Eaux résiduaires urbaines
- **EP** : Eaux pluviales
- **ISO :** Organisation internationale de standardisation
- **K :** Degré de biodégradabilité de la matière organique
- IM : Indice de MOHLMAN
- **NTK**: Azote Kjeldahl
- **MA :** Matière azotée
- **MO :** Matière organique
- **MES :** Matières en suspension
- **MMS :** Matières minérales
- **MVS :** Matières volatiles en suspension
- **MP :** Matières phosphorées
- **MO**: Matières oxydables
- **pH**: Potentiel d'hydrogène
- **OMS :** Organisation Mondiale de la Sant**é**
- **ONA :** Office National d'Assainissement
- **JORA :** Journal Officiel de la République Algérienne
- **OIE** : Office International des Eaux
- **SPE :** Substances polymériques extracellulaires

- **STEP :** Station d'Epuration des Eaux Usées
- **T° :** Température
- **°C** : Degré Celsius
- **V :** Volume en (m^3/j)
- **Q** : Débit en m^3/s
- **R** : rendement
- **µ** : Micromètre
- **S** : Siemens
- **µS**: Micro-Siemens
- **L :** Litre
- **UV :** Ultraviolets
- **NH3** : Nitrates
- $\mathbf{NH_4^+}$: l'Ammoniaque
- $\mathbf{NO_2^-}$: Nitrites
- **P** : Phosphore
- $\mathbf{PO_4^{3-}}$: Ortho phosphates
- **NT**: Azote total
- **OIE** : Office International des Eaux
- **FTU** : Unité de Turbidité Formazine
- **Cm** : La charge massique exprime en Kg DBO_5/Kg MVS.j
- **CV** : La charge volumique exprimé en kg DBO_5 / m^3.j.
- $\mathbf{C_{BA}}$: Concentration des boues activées (g/l)
- $\mathbf{C_{Br}}$: Concentration des boues recirculées (g/l)

ملخص:

تميزت مياه الصرف الصحي من **محطة معالجة مياه الصرف الصحي بالمدية** ، الواقعة في شمال غرب الجزائر ، والتي تمت معالجتها **بالحمأة المنشطة** ، من أجل تقييم فعالية المعالجة بهدف حماية البيئة المستقبلة **لوادي حربيل** ومنسوب المياه الجوفية. منسوب المياه الجوفية في الجزء الجنوبي من منطقة مدية. تم إجراء أخذ العينات مرة واحدة في الأسبوع على مدى خمسة أشهر (من مارس إلى يوليو 2012).

النتائج التي تم الحصول عليها تظهر عوائد **تنقية مرضية**. معدل التخفيض لـ

MES و COD و BOD_5 هو على التوالي من الترتيب: 97.61٪ ، 92.44٪ و 97.22٪ .

إزالة PO_4^{3-} و NH_4^+ هي : 97.67٪ و 76.06٪ على التوالي. يبرز فحص نسبة

COD / BOD_5

بوضوح الطبيعة القابلة للتحلل الحيوي لمياه الصرف الصحي من هذه المحطة.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي الخام ، المياه النقية ، الحمأة المنشطة ، المعايير الفيزيائية والكيميائية، معدل التخمير، محطة معالجة مياه الصرف الصحي بالمدية.

Résumé :

Les eaux résiduaires de **la STEP de Médéa**, située au Nord-Ouest de l'Algérie, traitées par **boues activées**, ont été caractérisées afin d'évaluer l'efficacité du traitement en vue de la protection du milieu récepteur oued Harbil et de la nappe phréatique de la partie sud de la région de Médéa. L'échantillonnage a été effectué une fois par semaine sur une période de cinq mois (de Mars à Juillet 2012). Les résultats obtenus présentent des rendements épuratoires satisfaisants. Le taux d'abattement des MES, de la DCO et de la DBO_5 est respectivement de l'ordre de: 97,61%, 92,44% et 97,22%. L'élimination de NH_4^+ et des PO_4^{3-} est respectivement de 97,67% et 76,06%. L'examen du rapport DCO/DBO_5 souligne bien le caractère biodégradable des eaux usées de cette station.

Mots clés: Eaux usées brutes, Eaux épurées, STP-Médéa, Boues activées, paramètres physico-chimiques, Taux d'abattement.

Summary :

The wastewater from **the Médéa WWTP**, located in the North-West of Algeria, treated with **activated sludge**, was characterized in order to assess the effectiveness of the treatment for the protection of the receiving environment of the Harbil Wadi and the water table. Phreatic

water in the southern part of the Medea region. Sampling was carried out once a week over a period of five months (March to July 2012). The results obtained show satisfactory purification yields. The reduction rate for MES, COD and BOD_5 is respectively of the order of: 97.61%, 92.44% and 97.22%. The removal of NH_4^+ and PO_4^{3-} is 97.67% and 76.06%, respectively. Examination of the COD / BOD_5 ratio clearly highlights the biodegradable nature of the wastewater from this station.

Keywords: Raw wastewater, Purified water, STP-Médéa, Activated sludge, physico-chemical parameters, Abatement rate.

Introduction générale

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. Ce sont des milieux extrêmement complexes, altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs. C'est pourquoi, dans un souci de respect de ces différents milieux naturels récepteurs, des traitements d'abattement ou d'élimination de ces polluants sont effectués sur tous les effluents urbains ou industriels **[1].**

Ces traitements peuvent être réalisés de manière collective dans les stations d'épuration ou de manière individuelle également par les procédés intensifs ou extensifs. La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permette, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée **[2].**

Le traitement des eaux usées est une alternative susceptible de résoudre les différents problèmes de pollution des milieux aquatiques récepteurs. Il s'agit essentiellement de réaliser l'élimination de composés organiques biodégradables. Certains procédés permettent la Co élimination de l'azote et même du phosphore, une grande majorité de ces polluants est transférée de la phase liquide vers une phase concentrée boueuse **[3].**

Dans ce travail, nous sommes intéressés au traitement des eaux usées urbaines et leur épuration et traitement que ce soit par voie aérobiose et anaérobiose.

En Algérie, les changements climatiques de ces dernières années, l'accroissement démographique et le développement de l'urbanisation ont conduit à des problèmes multiples et complexes. Au défi croissant que pose la demande en eau et sa gestion, s'ajoute les problèmes de rejet des eaux usées et leur influence directe ou indirecte à long ou à court terme sur l'environnement et la santé publique. Pour répondre à cette situation d'épuisement des ressources naturelles et à la protection de l'environnement, le recours à l'épuration des eaux usées urbaines, souvent chargées en éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore, représenterait d'une part une source d'eau et d'engrais additionnelle renouvelable et fiable pour l'agriculture et d'autre part, elle permettrait la protection des milieux aquatiques

récepteurs en plus de la préservation des ressources naturelles superficielles et souterraines pour une vocation plus noble qui est l'alimentation en eau potable.

L'étude que nous présentons est une contribution à l'évaluation de l'efficacité du traitement biologique par boues activées dans la station d'épuration des eaux usées de Médéa, dans une perspective de réutilisation agricole et/ou de la protection des milieux naturels récepteurs.

- ✓ Ce mémoire est réparti en quatre chapitres qui traitent essentiellement d'une part, les origines et caractéristiques des eaux usées, et d'autre part, les différentes méthodes utilisées pour leur épuration.
    - ✓ Nous avons présenté au premier chapitre des généralités sur les eaux usées et différents procédés soient physiques ou physicochimiques et biologiques.
    - ✓ Au deuxième chapitre une présentation et évaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Médéa.
    - ✓ Dans le troisième chapitre nous avons présenté le traitement des eaux usées avec le procédé à boue activée.
    - ✓ Le quatrième chapitre est un canevas pour bilan d'exploitation unité de Médéa.
    - ✓ Nous clôturons ce travail par une conclusion qui résume les différentes étapes de l'étude réalisée.

Chapitre I. Généralités et procédés d'épuration

Partie I. Généralités

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs. C'est pourquoi, dans un souci de respect de ces différents milieux naturels récepteurs, des traitements d'abattement ou d'élimination de ces polluants sont effectués sur tous les effluents urbains ou industriels.

Ces traitements peuvent être réalisés de manière collective dans les stations d'épuration ou de manière individuelle également par les procédés intensifs ou extensifs. La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permette, au minimum d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée. [4]

I. Eau usée

I.1. Définition d'une eau usée

Les eaux usées sont toutes les eaux qui parviennent dans les canalisations d'eaux usées dont les propriétés naturelles sont transformées par les utilisations domestiques, les entreprises industrielles, agricoles et autres. On englobe, aussi, les eaux de pluie qui s'écoulent dans ces canalisations [5]. Selon REJSEK, les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine [6].

I.2. les origines des eaux usées

Selon Eckenfelder, les eaux usées proviennent de quatre sources principales [7]:

1- Les eaux usées domestiques;
2- Les eaux usées industrielles;
3- Le ruissellement dans les zones agricoles;
4- Les eaux de pluie et de ruissellement dans les villes.

I.2.1. Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires. [8]

I.2.2. Les eaux usées 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 sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir [9].

- Des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage).
- Des hydrocarbures (raffineries).
- Des métaux (traitement de surface, métallurgie).

I.2.3. Les eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitratés ou phosphatés, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues [10].

I.2.4. Les eaux pluviales

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues ou sont accumulées polluants atmosphériques, poussières, détritus, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules. Les eaux usées de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entrainant ainsi une pollution intense du milieu aquatique [11].

I.3. Caractéristiques des eaux usées

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique. Ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg/L, est quantifié et apprécié par une série d'analyses. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modifications que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels récepteurs.

Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, on peut retenir les analyses suivantes :

Ils résultent de l'introduction dans un milieu des substances conduisant à son altération, se traduisant généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu récepteur. La mesure de ces paramètres se fait au niveau des rejets, à l'entrée et à la sortie des usines de traitement et dans les milieux naturels [12].

I.3.1. Paramètres physico-chimique

I.3.1.1. La température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32 °C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C [13].

I.3.1.2. L'odeur

L'eau d'égout fraîche à une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde. Une odeur nauséabonde indique une eau qui commence à fermenter par stagnation soit dans le réseau d'égout soit avant son rejet [14].

I.3.1.3. La couleur

Elle est normalement grisâtre. La couleur noire indique une décomposition partielle. Les autres teintes sont d'origine industrielle. 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 [15]. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration [16].

I.3.1.4. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6.5 et 8.5. L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution bio disponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. [17].

La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7.5 et 9. La mesure électrique quoique délicate peut seul donner une valeur exacte car elle est indépendante du potentiel d'oxydoréduction, de la couleur du milieu, de la turbidité et des matières colloïdales [18]. L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+pour simplifier) [19].

I.3.1.5. La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau. La turbidité des effluents résiduaires et des eaux polluées est en générale très élevée, elle ne peut de ce fait être exprimée en gouttes de silice ou de mastic. La turbidité est donc définie par absorptiomètre [20].

I.3.1.6. Les matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. De plus, ces MES peuvent être de nature organique et entraîner les nuisances associées aux molécules organiques [21].

I.3.1.6.a. Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles représentent la fraction organique de MES et sont obtenus par calcination de ces MES à 525 °C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la < la perte au feu > et correspond à la teneur en MVS en (mg/L) d'une eau [22].

I.3.1.6.b. Les matières minérales (MMS)

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son <extrait sec> constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, ...etc. L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entrainant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent au ré aération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène [23].

I.3.1.7. Débit

Le principal intérêt de la mesure du débit est le fait qu'il permet de quantifier la pollution rejetée par l'intermédiaire de < l'équivalant habitant > qui exprime le volume d'eau usée moyen déversé par habitant et par jour [24].

I.3.1.8. La conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre ($S.cm^{-1}$), elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau [25]. Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500 µS/cm, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire [26].

I.3.2. Paramètres chimiques

II.3.2.1. La demande biochimique en oxygène(DBO_5)

C'est la quantité d'oxygène consommée à 20 °C et à l'obscurité pendant un temps donné pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques présentes dans l'eau. On utilise conventionnellement la DBO_5, c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommé après 5 jours d'incubation. La DBO_5 n'est représentative normalement que de la pollution organique carbonée biodégradable **[27].**

II.3.2.2. La demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à la consommation globale à chaud de l'oxygène du dichromate de potassium et est représentative de la majeure partie des composés organiques ainsi que des sels minéraux oxydables. On utilise parfois en France la DCOAD qui correspond à la demande chimique en oxygène de l'échantillon après une décantation de 2 heures **[28].**

- **La biodégradabilité**

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, $K=DCO/DBO_5$:

- K < 1.5 : cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables ;
- < K < 2.5 : cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables ;
- 2.5 < K < 3 : les matières oxydables sont peu biodégradables ;
- K >3 : les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures…etc. **[29].** La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique **[30].**

II.3.2.3. Carbone organique totale (COT)

Il représente la teneur en carbone lié à la matière organique, et repose sur une mesure de CO_2 après oxydation complète. Cette mesure, rapide et ne nécessitant qu'un volume réduit d'échantillon, est par contre difficilement corrélable avec les mesures précédentes. D'autre part, dans la majorité des cas l'élimination des matières en suspension est nécessaire avant le dosage **[31].**

II.3.3. Les paramètres de la pollution dissoute

II.3.3.1. Les matières azotées

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4^+) **[32].** La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et elle passe par les étapes suivantes :

- N organique à NH_4^+ : ammonification
- NH_4^+ à NO_2^- : nitritation par Nitrosomonas
- NO_2^- à NO_3^- : nitratation par Nitrobacter **[33].**

I.3.3.2. Les matières phosphorées

Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes : phosphates, poly phosphates, phosphore organique ... ; les apports les plus importants proviennent des déjections humaines et animales, et surtout des produits de lavage. Les composés phosphorés sont indésirables dans les réservoirs de distribution d'eau potable, parce qu'ils contribuent au développement d'algues et plus généralement du plancton aquatique. Agents d'eutrophisation gênant dans le milieu naturel, les phosphates n'ont pas d'incidence sanitaire et les poly phosphates sont autorisés comme adjuvants pour la prévention de l'entartrage dans les réseaux **[34].**

II.4. La réutilisation des eaux usées

Consiste en l'utilisation d'eau traitée à des fins utiles, notamment l'irrigation agricole et le refroidissement dans le secteur industriel. L'eau récupérée est un effluent traité pour obtenir une qualité conforme à un usage précis. La réutilisation directe fait référence à un système de réutilisation dans lequel l'eau récupérée est transportée jusqu'aux points où elle est réutilisée. La réutilisation indirecte concerne l'évacuation dans des eaux réceptrices (eaux de surface ou nappe souterraine) d'un effluent qui est ensuite assimilé puis prélevé en aval, ce qui ne correspond pas à une réutilisation directe planifiée de l'eau **[35].**

II.5. Notion d'équivalent habitant (EH)

La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml **[36].**

II.6. Les paramètres biologiques

Ce qui caractérise la pollution des eaux, c'est que cette pollution referme un très grand risque sanitaire pour les populations humaines et animales, représentant ainsi un grand danger sur les écosystèmes et perturbe les modes de vie dans notre planète. La pollution biologique des eaux est une pollution essentiellement microbienne, c'est-à-dire engendre par des micro-organismes de taille très petite en générale. Les micro-organismes polluant les ressources en eau sont à l'origine de maladies prenant en générale l'appellation d'infection d'origine hydrique.

Les organismes microbiens responsables de ces infections prennent quant à eux le nom d'agents pathogènes, ceux-ci peuvent être de trois types :

- Virus : poliomyélite, Gastro-entérites virales
- Parasites : Helminthes, protozoaires
- Bactéries : vibrions, salmonelles **[37].**

Partie II. Procédés d'épuration des eaux usées

Cette partie est basée sur les boues activées (culture mobile) et les différents paramètres de traitement.

II.1.Survol de la diversité des polluants

Il existe plusieurs types de polluants dans l'eau usée. Ils ont été mis en évidence progressivement et grâce aux améliorations techniques de détection. Les premiers éléments à avoir attiré l'attention ont été les bactéries, à l'origine de problèmes sanitaires, tels le choléra. Les eaux usées domestiques sont aussi source de matière organique, dissoute ou sous forme particulaire qui contient du carbone, de l'azote et aussi du phosphore ; ce substances nutritives en trop fortes concentrations enrichissent, parfois jusqu'à l'asphyxie le milieu où elles sont déversées, sols et eaux de surface. Puis de nouveaux problèmes sont arrivés.

La révolution industrielle a apporté de nombreux polluants métalliques ainsi que des produits chimiques toxiques tels que les nonylphénols retrouvés dans l'industrie de la papeterie. Les polluants que l'on découvre aujourd'hui sont des composés actifs tels que les détergents, les médicaments, les œstrogènes et des perturbateurs endocriniens. Leur présence est à relier directement à leur utilisation quotidienne dans la population. Ces nouveaux polluants sont autant de défis à relever et autant de nouvelles technologies à créer pour y répondre.

II.2. Le prétraitement de l'eau

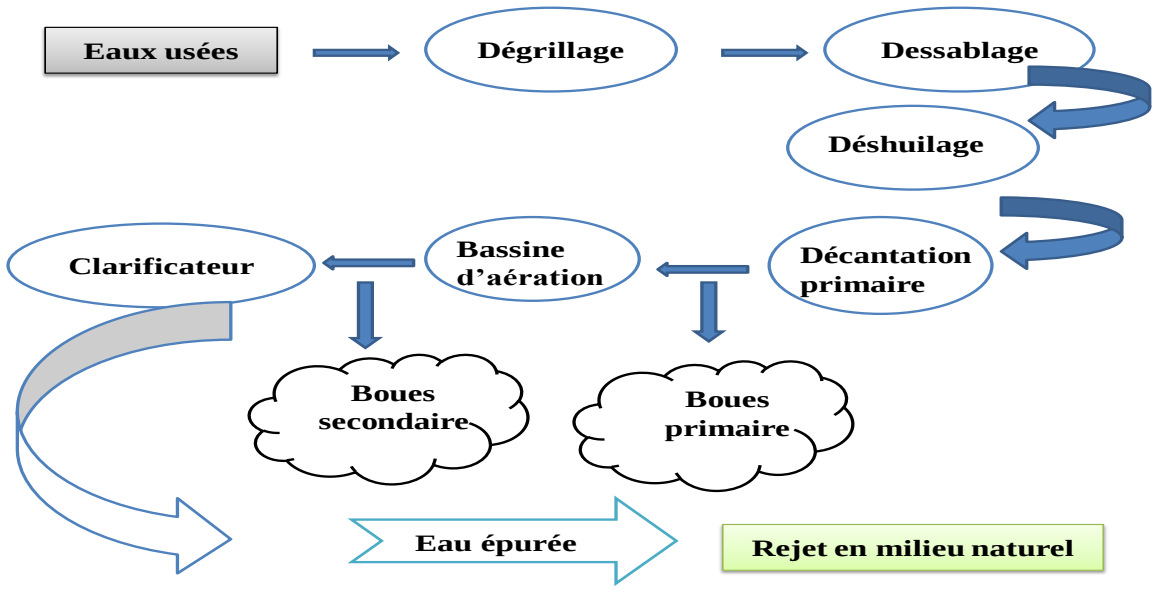


Figure 1 : *schéma d'une filière traditionnelle d'épuration des eaux usées.*

II.2.1. Traitement physique

II.2.1.1. Le dégrillage

Au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants ou en compliquer leur exécution.

Le dégrillage permet aussi de protéger la station contre l'arrivée intempestive des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation. Les éléments retenus sont, ensuite, éliminés avec les odeurs ménagères. **[38].**

II.2.1.2. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements suivants. L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "déssableur" entraine leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage [**39].**

II.2.1.3. Dégraissage – Déshuilage

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient en suite **[40].** Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient en suite **[41].**

II.2.2. les traitements physico-chimiques

II.2.2.1. Coagulation - floculation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, puisque

leur concentration est très stable, ces dernières n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation.

La coagulation a pour but principale de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques : sels minéraux cationiques.

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration **[42].**

II.2.2.2. Décantation

La décantation est un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux **[43].** Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules **[44].** Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les boues "primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen de systèmes de raclage. L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroitre le rendement de la décantation. Ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées, ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules. La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable **[45].**

II.2.2.3. Filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide, qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension, ainsi retenus par le milieu poreux, s'y accumulent ; il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente. La filtration, habituellement précédée des traitements de coagulation-floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs **[45].**

II.2.3. Le traitement Biologique (secondaire)

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonées et azotées s'appuie sur des procédés de nature biologique, basés sur la croissance de micro-organismes

aux dépend des matières organiques "biodégradables" qui constituent pour eux des aliments. Les micro-organismes, les plus actifs, sont les bactéries qui conditionnent en fonction de leur modalité propre de développement, deux types de traitements **[45].**

II.2.3.1. Traitements anaérobies

Les traitements anaérobies font appel à des bactéries n'utilisant pas de l'oxygène, en particulier, aux bactéries méthanogènes qui conduisent, comme leur nom l'indique, à la formation du méthane à partir de la matière organique, et à un degré moindre de CO_2. Ce type de fermentation est appelé digestion en hydrologie. C'est une opération délicate qui demande une surveillance importante. En effet, la température doit être maintenue à un niveau très stable et suffisamment élevé. Il faut aussi éviter les écarts brutaux de pH et les substances inhibitrices du développement bactérien, à titre d'exemple : les cyanures, les sels de métaux lourds et les phénols. Ce système est davantage utilisé pour le traitement des effluents urbains, que pour le traitement des effluents industriels généralement toxiques pour les bactéries **[45].**

II.2.3.2. Traitements aérobies

Les micro-organismes utilisés exigent un apport permanent d'oxygène. On distingue cinq méthodes essentielles :

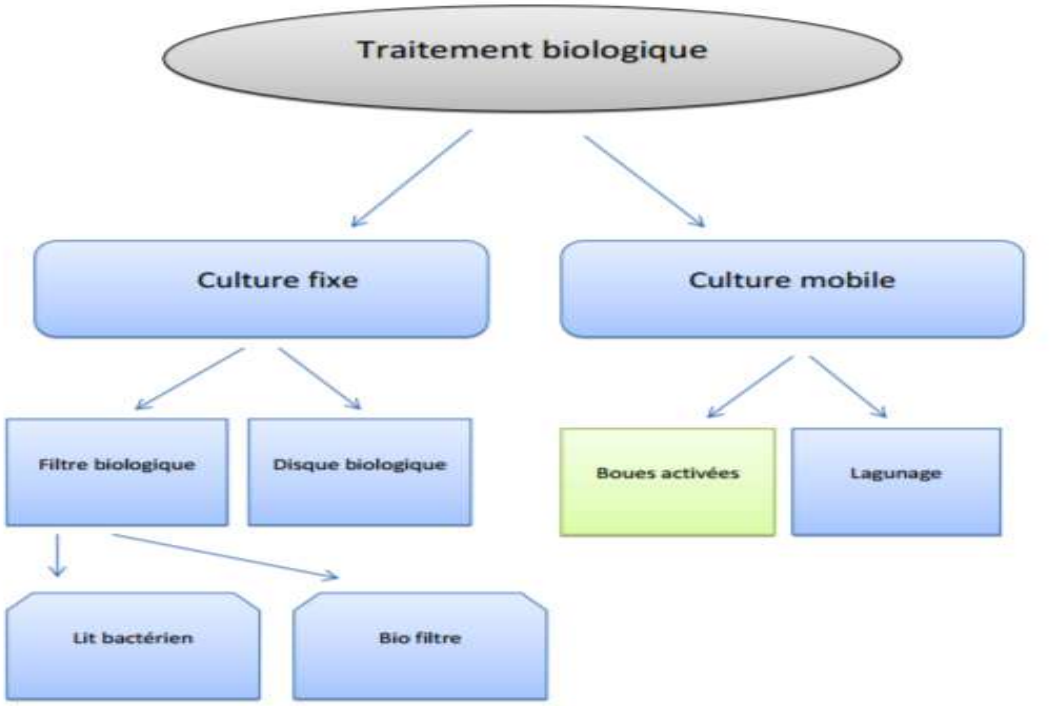


Figure 2 : Organigramme qui résume les méthodes de traitement biologique.

II.2.4. Culture fixe

II.2.4.1. Les filtres biologiques

II.2.4.1.a. Lits bactériens

L'effluent contenant la pollution ruisselle sur le support et pénètre dans le bio film alors que l'air chemine naturellement à travers le lit qui repose sur une grille. Le décrochage de la biomasse est spontané par une augmentation de la phase endogène, par l'action des larves et par la vitesse de passage du fluide.

Une décantation secondaire est indispensable. La hauteur du lit bactérien est de 1 à 3 m pour un garnissage classique et de 6 à 12 m pour des garnissages plastiques. Une aération permanente s'établit de bas en haut (lit plus chaud que l'air ambiant, effet de cheminée). La distribution régulière de l'effluent est réalisée par des éléments fixes (rigoles, rampes fixes) ou mobiles (sprinklers rotatifs**) [45].**



(A) (B)

Figure 3 : (a) lit bactérien, (b) éléments de remplissage du lit bactérien.

II.2.4.1.b. Procédé de bio filtration

Un bio filtre est un lit constitué d'un matériau auquel se fixent des microorganismes. Ces microorganismes y prolifèrent pour former une couche biologique qu'on nomme bio film. Ainsi, la bio filtration est considérée comme un procédé à biomasse fixée un procédé fixe. En règle générale, le bio film est constitué d'une communauté de différents microorganismes (bactéries, champignons, levures, etc.), de microorganismes (protozoaires, vers, larves d'insectes, etc.) et de substances polymériques extracellulaires (SPE). Un bio film a habituellement une apparence visqueuse et boueuse. L'eau doit être traitée peut être versée en intermittence ou en continu sur le matériau, et ce, en Courant ascendant ou en courant descendant. Habituellement, on retrouve deux ou trois phases dans le bio filtre, selon la stratégie d'alimentation (bio filtre percolateur ou immergé) :

1. une phase solide (matériau).

2. une phase liquide (eau).
3. une phase gazeuse (air).

La matière organique et d'autres composantes présentes dans l'eau diffusent dans le bio film et y sont traitées, principalement par biodégradation. Les procédés de bio filtration sont généralement aérobies; cela signifie que l'action métabolique des microorganismes dépend d'un apport en oxygène. Le filtre peut être alimenté en oxygène à Co- ou contre-courant avec l'écoulement de l'eau. L'aération est assurée passivement par la circulation naturelle de l'eau dans le procédé (bio filtre à trois phases) ou par air forcé (utilisation de ventilateurs soufflants). L'activité microbiologique est un facteur clé de l'efficacité du procédé. Les principaux facteurs d'influence sont la composition et la charge surfacique des eaux à traiter, le type de matériau, la stratégie d'alimentation (percolation ou immersion), l'âge du bio film, la température, l'aération, etc**. [45].**

II.2.4.2. Les disques biologiques

Le dispositif est constitué d'une série de disque en matière plastique ondulée de 3 mètres de diamètre environ et montés sur un axe horizontal. Ces disques sont émergés à 40% approximativement dans un bassin recevant l'eau à traiter. Les disques sont suffisamment espacés de manière à ce que l'eau puisse circuler librement. Lorsqu'ils subissent une rotation autour de leur axe, les parties submergées entrent en contact avec l'air. Le film biologique qui recouvre les disques est alternativement en contact avec l'eau usée et l'air. Ceci est analogue à ce qui se passe dans un lit bactérien traditionnel alimenté par sprinkler (distributeur rotatif). L'excès de biomasse se détache des disques et est évacué avec l'effluent puis décanté **[45].**

II.2.5. Culture mobile (libre)

II.2.5.1. Le lagunage

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassin pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratique dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur. Le principe générale consiste à recrées, dans des bassins, des chaines alimentaires aquatiques .le rayonnement solaire est la source d'énergie que permet la production de matières vivantes par les chaines trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène. Les bactéries assurent la part prépondérante de l'épuration et la microfaune

contribue à l'éclaircissement du milieu par ingestion directe des populations algales et des bactéries **[45].**

II.2.5.2. Les boues activées

Les boues activées constituent le traitement biologique aérobie le plus répondu (**OMS, 1979**). Le procédé consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées), dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimenté en eau à épurer. Dans ce bassin, le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte) ; l'aération peut se faire à partir de l'oxygène de l'eau, du gaz enrichi en oxygène, voire même d'oxygène pur, a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies. Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé parfois décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau épurée des boues. Ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices. L'excédent (boues secondaires en excès) est extrait du système et évacué vers le traitement des boues **[45].**

II.2.5.2.a. Définition des boues activées

C'est un procédé de traitement biologique à culture mobile Où l'eau usée est biodégradée dans le bassin d'aération. La biomasse se trouve sous forme de floc (MVS) maintenue en mouvement grâce à des agitateurs. Le floc maintenu en suspension assure la biodégradation en présence de l'oxygène.

Le procédé à boues activées est constitué de 5 éléments essentiels sont :

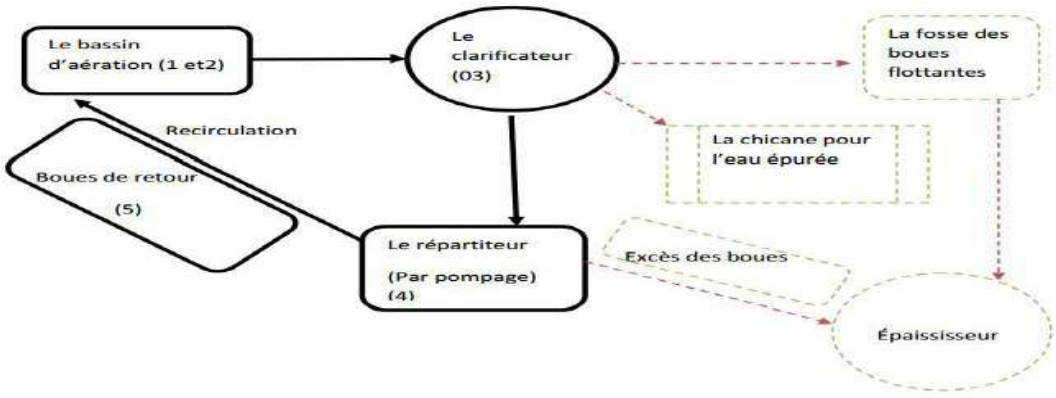


Figure 4 : Les 5 éléments essentiels dans le procédé des boues activées.



Figure 5 : les différents types des aérateurs.

1. le bassin d'aération (bassin biologique) ou la biodégradation s'effectué.

2. le système d'aération (les mammouths rotors, la turbide lente, la turbide rapide…).

3. Le décanteur secondaire (le clarificateur) ou se fait la séparation entre la biomasse et l'eau épurée.

4. le système de recirculation des boues (le répartiteur).

5. le système d'évacuation des boues en excès.

II.2.6. Les traitements tertiaires par voie biologique

Les traitements tertiaires englobent, principalement, l'élimination de l'azote, l'élimination du phosphore et la désinfection, mais aussi le traitement des odeurs **[45].**

II.2.6.1. L'élimination de l'azote

Les stations d'épuration classiques, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place. L'élimination de l'azote est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques, de "nitrification dénitrification" **[45].**

II.2.6.1.1. Nitrification

C'est l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrite puis en nitrate. Elle s'effectue en deux stades par des micro-organismes autotrophes - oxydation de NH_4^+ en NO_2^- : c'est l'œuvre essentiellement des germes Nitrosomonas.

- ✓ Oxydation de NO_2^- en NO_3^-

- Les bactéries responsables de cette deuxième réaction, appartiennent principalement au genre Nitrobacter **[45].**

La réaction suivante simplifiée la nitrification :

$$NH_4^+ + 2O_2 \longrightarrow NO_3^- + 2H^+ + H_2O$$

La nitrification n'est possible que si l'azote est présent au départ sous forme ammoniacale.

II.2.6.1.2. Dénitrification

En l'absence d'oxygène dissous, de nombreuses bactéries hétérotrophes sont contraintes d'utiliser une autre source d'oxygène. Elles utilisent alors l'oxygène combiné, c'est-à-dire celui contenu dans le nitrate NO_3^- . Avant d'arriver au stade ultime d'utilisation complète de l'oxygène du nitrate pour obtenir l'azote gazeux N_2, une série de réactions complexes se produisent. On peut néanmoins les résumer :

$$NO_3^- \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow NO \longrightarrow N_2$$

Le carbone organique nécessaire peut être celui contenu dans l'eau usée. S'il provient des bactéries elles-mêmes, on parlera alors de dénitrification endogène **[45].**

Globalement on peut écrire la réaction suivante :

$$NO3^- + 6H^+ + 5\,e^- \longrightarrow N2 + 3H2O$$

II.2.7. Nitrification- dénitrification

NH_4^+

Eau brute $\longrightarrow$ NH_4^+ ($\longrightarrow$ NO_2^- $\longrightarrow$ NO_3-) ($\longrightarrow$ NO_2^- $\longrightarrow$ N_2)

Nitrification Dénitrification

Ammonification

N-Organique

Eau brute $\longrightarrow$ assimilation : azote partant dans les boues En excès (synthèse bactérienne)

II.2.8. L'élimination du phosphore

L'élimination du phosphore, ou "Déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques engendrent une importante production de boues. La Déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la Déphosphatation biologique sont relativement complexes, et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées). Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une Déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejets requis [**45].**

II.2.9. La désinfection

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. C'est pourquoi, la désinfection de l'eau s'impose. La désinfection est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les micro-organismes susceptibles de transmettre des maladies ; ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation qui est la destruction de tous les organismes vivants dans un milieu donné. On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique, doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont : le chlore (Cl_2), le dioxyde de chlore(ClO_2), l'ozone (O_3), le brome (Br_2), l'iode (I_2) et le permanganate de potassium ($KMnO_4$). On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques : ébullition, ultrasons, ultraviolets (UV) ou rayon gamma. Les ultraviolets sont de plus en plus utilisés, car ils présentent l'avantage de ne pas entrainer l'apparition de sous-produits de désinfection. Cependant, ils nécessitent un investissement important **[45].**

II.3. Les impacts des boues sur l'environnement

Les boues d'épuration sont considérées comme des déchets dangereux, qu'il tend à se concentrer les métaux lourds et les composés organiques faiblement biodégradables ainsi que, des organismes pathogènes (virus, bactéries…etc.) présent dans les eaux usées. La plupart des polluants présents dans les boues d'épuration sont adsorbés par les particules du sol. Les modifications de la composition du sol vont essentiellement dépendre des propriétés du sol récepteur (sol de décharge), le substratum de la décharge, de situation géographique dans laquelle s'y trouve, et de climat du milieu.

Les lixiviats ou jus de décharge constituent le principal contaminant de la nappe phréatique. Les boues contiennent notamment des eaux et des éléments polluants les lixiviats qui peuvent percoler dans les nappes phréatiques, lors d'une période fortement pluvieuse et suivant au l'écoulement des eaux, ils vont affecter les eaux de surface. Le transport des quantités importantes des boues d'épuration et la mise en décharge présentent l'impact le plus important à cause de la dispersion des substances toxiques dans l'atmosphère et principalement l'émission gazeuse de sulfure et de l'azote qui peuvent être dangereuses pour la santé humaine et animale **[46]**.

II.4. Conclusion :

L'importance de la pollution des eaux exige de nos jours une épuration pour éviter que les effluents pollués ne provoquent une destruction totale de l'écosystème. L'eau usée est une source d'eau toujours disponible étant donne que la consommation d'eau propre ne s'arrête pas. En effet, les eaux épurées peuvent assurer l'équilibre du cycle naturel d'eau et préserver les ressources en réduisant les rejets néfastes dans le milieu naturel.

Chapitre II : Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Médéa (Algérie)

II.1. Description de la STEP et mode de prélèvement :

La station d'épuration des eaux usées est située à 10 Km à l'est de la wilaya de Médéa, au bord de l'oued Lahrech, dans une zone relativement enclavée entre les collines. La station a été mise en service en 2007 et exploiter par l'ONA depuis Juin 2009. Cette station a été conçue pour traiter les eaux usées domestiques de la wilaya de Médéa et de ses environs.

D'une capacité de 26.000 m^3/jour, la STEP est destinée à la protection des eaux de l'oued Harbil et de la nappe phréatique de la partie sud de la région de Médéa. La construction et la mise en place des équipements électromécaniques de cette station se feront en deux phases permettant ainsi de traiter les eaux d'une population équivalente à 162.500 Eq/habitants pour la première phase (phase actuelle) et à 195.000 Eq/habitants pour la deuxième phase (phase future) (Anonyme, 2006).



Figure 1 : Tala a nommé la municipalité d'Oued Harbil, l'état de Médéa.

Les principales étapes du traitement de l'eau dans la station d'épuration de Médéa sont :

- Prétraitement mécanique
  - ✓ Dégrillage grossier
  - ✓ Dégrillage fin
  - ✓ Dessablage et déshuilage
- Traitement biologique
- Décantation et pompage des boues en excès

L'échantillonnage a été effectué du mois de Mars jusqu'au mois de Juillet 2012, à raison d'un prélèvement par semaine. Le choix du type d'échantillonnage est le suivant :

- ✓ Des prélèvements automatiques sont effectués directement à partir de l'échantillonneur et sont mesurés comme la température, le pH et la conductivité électrique.
- ✓ Des prélèvements manuels instantanés sont conservés immédiatement dans une glacière (Température < à 4°C) jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

Trois points de prélèvement ont été choisis à savoir :

- ✓ Un prélèvement de l'eau brute après l'étape de dégrillage.
- ✓ Un prélèvement de l'eau épurée à la sortie du décanteur.
- ✓ Un prélèvement au niveau du bassin d'aération afin d'apprécier la qualité des boues.

II.2. Méthodes d'analyses des paramètres physico-chimiques :

Les méthodes d'analyses des différentes variables physico-chimiques sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Méthodes d'analyses

Paramètres analysés	Méthodes	Références
Température et pH	pH mètre Sensio (Hach)	NORME NF T90-008
Conductivité électrique (CE)	Conductimètre (Mettler Toledo MC226)	NF EN 27888/ ISO 7888
Matières en suspension (MES)	Méthode par filtration	NORME NFT 90-105
DBO5	Test DBO 5-jours	ISO 5815

DCO	Méthode titrimétrique	ISO 6060
	Méthode NO3-N Salicylate	
Nitrates	Spectrophotomètre (HACH DR	SEAAL (2009)
	2800-2400)	
Nitrites	Méthode Spectrophotométrique	ISO 6777
Ammonium	Méthode Spectrophotométrique	ISO 7150/1
Ortho phosphates	Méthode Spectrophotométrique	NF ISO 6878P)

II.3. Contrôle de la boue activée :

L'indice de MOHLMAN se définit comme le volume occupé après décantation de 30 minutes d'un échantillon de boue correspondant à 1 mg de matière sèche (Rodier et al, 2005). On introduit dans une éprouvette 1 litre de boues provenant du bassin d'aération, prélevé après 15 à 20 minutes de fonctionnement du système d'aération. Puis, on détermine le volume (en ml) occupé par les boues après décantation d'une demi-heure. On recherche également la teneur en matières sèches d'un litre de boues à analyser (Rodier et al, 2005). L'indice de MOHLMAN est représenté par le rapport :

IM = Indice de décantation (ml/g) / Masse de la matière sèche (ml/g)

La valeur moyenne de l'indice de MOHLMAN est située entre 90 et 150 (ml/g) au-dessus de 150ml/g des problèmes de décantation peuvent apparaître.

II.4. Calcul du taux d'abattement :

Le calcul du taux d'abattement d'un paramètre R, exprimé en pourcentage est Calculé selon la formule suivante :

$$\mathbf{R} = [(Pi - P0) / Pi] \times 100$$

Où :

R : est le rendement pour un paramètre donné,

P_i : est le chiffre du paramètre donné à l'entrée,

P_0: est le chiffre du même paramètre à la sortie.

II.5. Résultats et discussion :

Les résultats des paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes et traitées sont analysés et comparés aux normes recommandées par le JORA et par l'OMS afin d'évaluer le rendement épuratoire du traitement par boues activées au niveau de la station d'épuration de Médéa.

II.5.1. Température et pH :

Les valeurs de la température des différents échantillons sont très proches. Elles oscillent entre un minimum de 6,5°C et un maximum de 19,1°C à l'entrée avec une moyenne de 11±3,21°C et entre 7,6°C et 16,2°C pour les eaux épurées avec une moyenne de 10,91±2,75°C (Figure 2). En Algérie, les normes de rejets des eaux usées admises dans la nature sont de l'ordre de 30°C (JORA, 2006).

Les valeurs du pH des eaux usées brutes sont comprises entre 6,77 et 7,39 avec 7,05±0,20 (Figure 3) comme étant la valeur moyenne qui est une caractéristique des eaux résiduaires dont le pH est plus favorable à l'action bactérienne pour les processus d'épuration aérobie et anaérobie (Franck, 2002).

D'après Sevrin Reyssac et al., (1995), un pH alcalin et une température modérée constituent des conditions de milieu idéales pour la prolifération des microorganismes qui établissent un parfait équilibre biologique, permettant la dégradation de la matière organique ce qui conduit à la décontamination de l'eau.

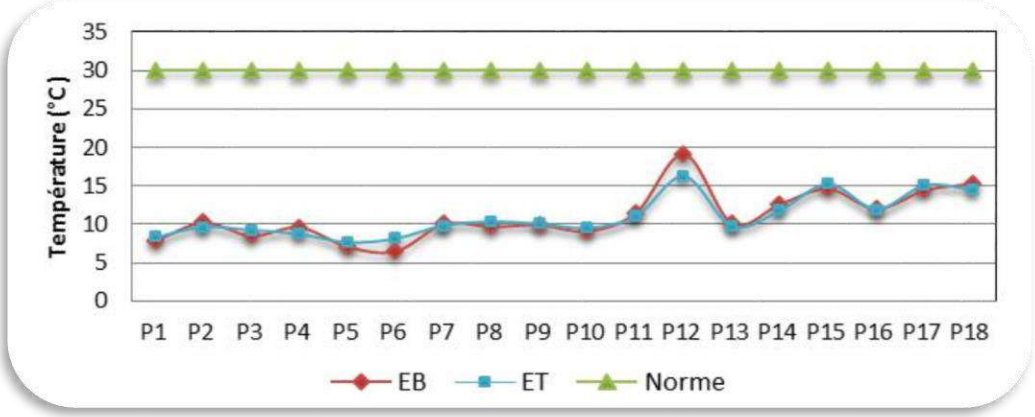


Figure 2 : Variation de la température.

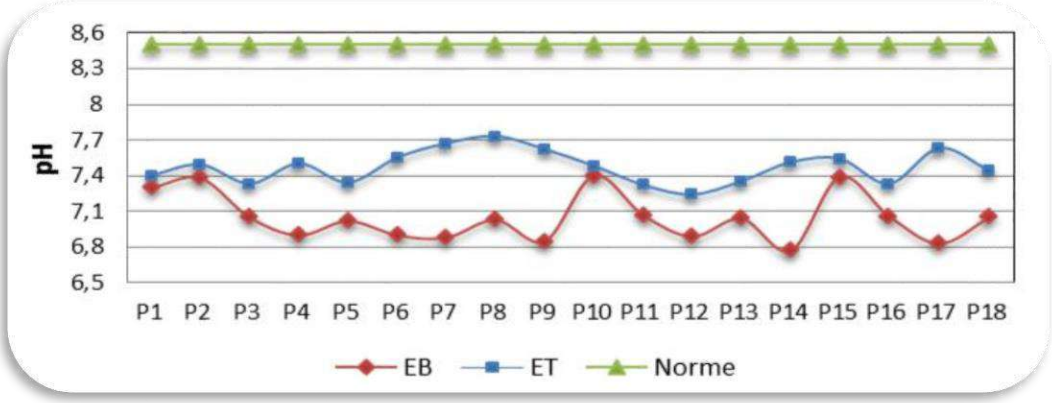


Figure 3 : Variation du pH.

II.5.2. Conductivité électrique (CE) :

Dans les eaux usées brutes, la valeur maximale est de 4110 µS/cm et la valeur minimale est de l'ordre de 1341 µS/cm. Au niveau des eaux traitées, la valeur maximale de la conductivité enregistrée est de 2960 µS/cm et la valeur minimale est de 1391 µS/cm (Figure 4).

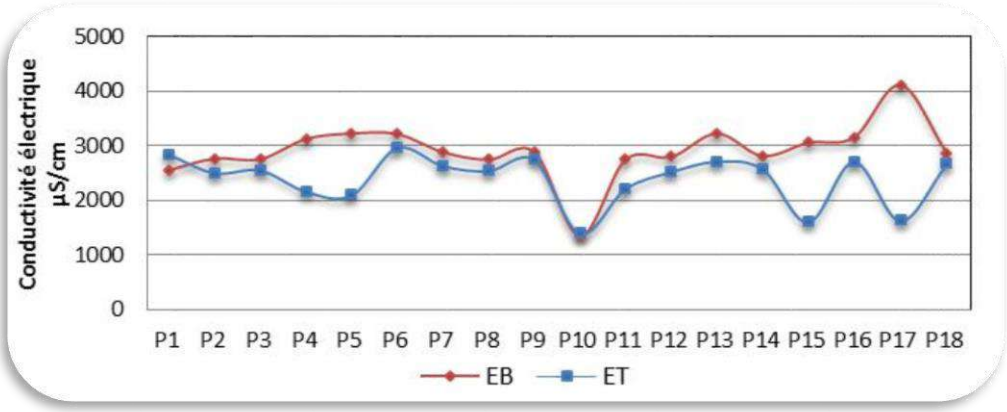


Figure 4 : Variation de la CE.

Les valeurs enregistrées au cours de cette étude indiquent que la conductivité électrique des eaux usées se caractérise par des valeurs relativement élevées dues probablement aux charges polluantes. Selon Franck (2002), tout rejet polluant s'accompagne d'un accroissement de la conductivité.

II.5.3. Matières en suspension (MES) :

Les valeurs enregistrées révèlent une réduction importante des MES entre les eaux brutes et traitées (Figure 5). Elles se situent entre 312 mg/l et 950 mg/l avec une moyenne de

529,67±190.13 mg/l pour les eaux brutes. Pour les eaux épurées, le taux des MES varie entre 3,5 mg/l et 27 mg/l. Ces faibles valeurs sont dues à la décantation des matières décantables. Elles restent cependant inférieures à la norme de rejet de l'OMS (30 mg/l) et à celle du journal officiel algérien limitée à 35 mg/l (JORA, 2006).

Selon la FAO (2003), la présence de matière en suspension 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, une présence excessive de matières en suspension peut entraîner des difficultés de transport et de distribution des effluents ainsi que l'obturation des systèmes d'irrigation (Belaid, 2010).

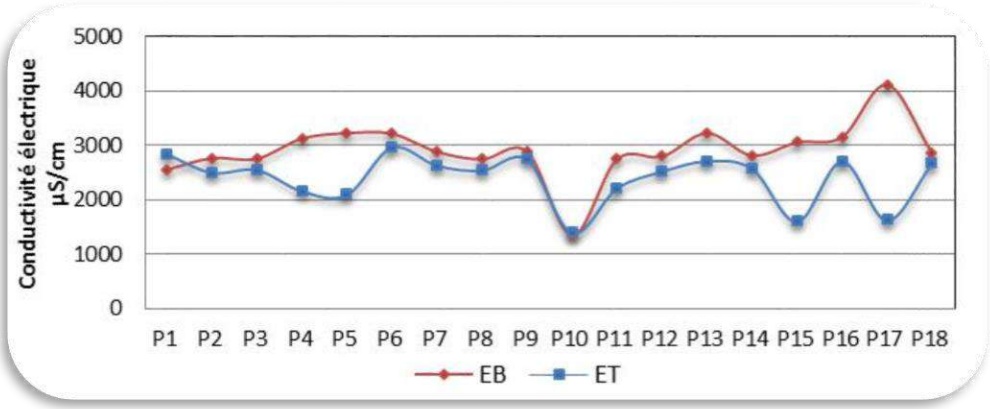


Figure 5 : Variation des MES.

II.6. Paramètres de pollution organique (DCO, DBO_5) :

- **Demande chimique en oxygène (DCO) :**

Les valeurs de la DCO de l'eau brute sont variables. Elles oscillent entre 365 mg O_2/l et 1094,4 mg O_2/l avec une moyenne de 672,02±215,20 mg O_2/l (Figure 6). Concernant l'effluent traité, les valeurs enregistrées varient entre 19,2 mg O_2/l et 105,4 mg O_2/l. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de rejet (120 mg O_2/l), ainsi que celles de l'OMS (< 90 mg O_2/l).

- **Demande biologique en oxygène (DBO_5) :**

La valeur moyenne de la charge polluante reçue par la station varie entre 70 mgO_2/l et 750 mg O_2/l. Les effluents traités s'appauvrissent et montrent des teneurs en DBO_5 qui

oscillant entre 1 mg O_2/l et 14 mg O_2/1 (Figure 7) avec une moyenne de 5,89±3,91 mg O_2/l. Les valeurs de la DBO_5 sont inférieures aux normes algériennes de rejet (40 mg O_2/l) et à celles de l'OMS (<30 mg O_2/l).

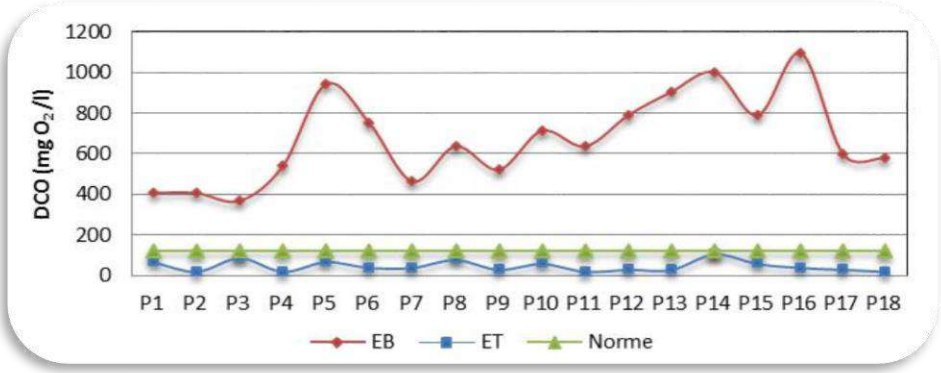


Figure 6 : Variation de la DCO.

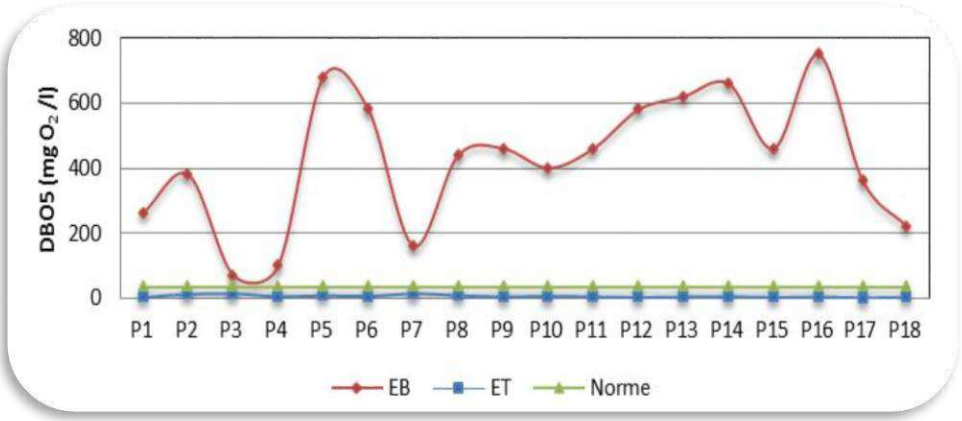


Figure 7 : Variations hebdomadaire de la DBO_5.

Le rapport entre la DCO et la DBO_5 permet de caractériser la nature de l'effluent. Il est en moyenne de 2,03. Cette valeur inférieure à 3 (Tableau 2), confère à l'effluent une bonne biodégradabilité (Cardot, 1999) et confirme que les eaux usées traitées au niveau de la STEP sont d'origine domestique (Rodier et al, 2005).

Fresenius et al, (1990) ont rapporté que lorsque le rapport BOD_5/DCO est ≥0,5, la dégradation biologique débute immédiatement. Lorsque le rapport DBO_5/DCO est <0,5, il existe une possibilité pour que les substances chimiques qui ont une mauvaise biodégradabilité retardent le processus biologique.

Sur la base de ces critères, une valeur seuil de 0,5 a été retenue pour étudier la biodégradabilité des substances organiques à la station d'épuration de Médéa. Le rapport

DBO_5/DCO oscille entre 0,19 et 0,94 ce qui indique que les polluants seraient parfois difficilement biodégradables.

Tableau 2 : Variation hebdomadaire du rapport DCO/DBO_5.

Prélèvements	**Rapport DCO/DBO5**
P1	1,6
P2	1,1
P3	5,2
P4	5,4
P5	1,4
P6	1,3
P7	2,9
P8	1,4
P9	1,1
P10	1,8
P11	1,4
P12	1,4
P13	1,5
P14	1,5
P15	1,7
P16	1,5
P17	1,7
P18	2,6

- **Matières azotées :**

Dans cette étude, de faibles teneurs en nitrates sont notées au niveau des eaux brutes. Elles varient entre 0,1 mg/l et 4,52 mg/l. Dans les eaux épurées, ces valeurs oscillent entre 6,4 mg/l et 30,64 mg/l (Figure 8). Le taux des nitrates a augmenté considérablement au niveau des eaux traitées par rapport aux eaux brutes mais reste inférieur aux normes de l'OMS (50 mg/l).

On note une réduction des valeurs de l'azote ammoniacal (NH_4^+) dans les eaux traitées (Figure 9). En effet, l'azote ammoniacal est oxydé par nitrification en nitrite NO_2^- un état intermédiaire, puis ce dernier est rapidement oxydé en nitrate (NO_3^-).

Cette transformation est effectuée en présence d'oxygène par des bactéries autotrophes nitrifiantes en deux étapes, la première étant assurée par des bactéries *Nitrosomonas* et la deuxième par des bactéries *Nitrobacter* (Aubry, 2003).

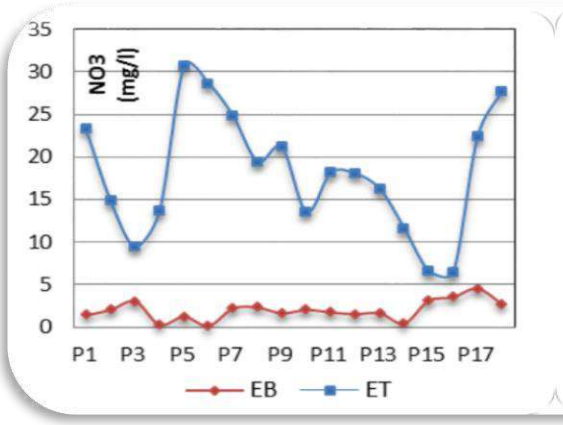


Figure 8 : Variation des nitrates

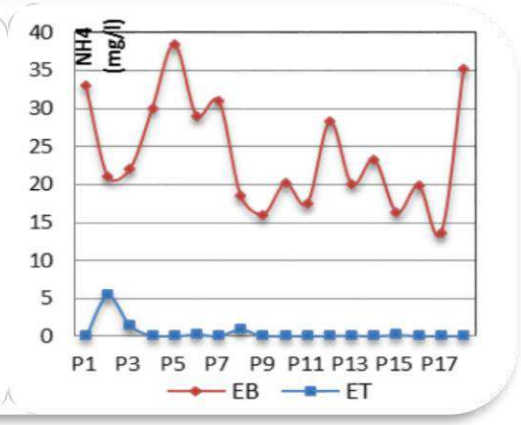


Figure 9 : Variation de NH_4^+

- **Pollution phosphorée :**

Les eaux usées brutes sont caractérisées par des teneurs faibles en ortho phosphates qui varient entre 0,8 mg/l et 2,9 mg/l avec une moyenne de 1,35±0,59mg/l. Dans les eaux épurées, les concentrations oscillent entre 0.1 mg/l à 0,87 mg/l (Figure 10). Ces valeurs sont conformes aux normes nationales et internationales (< 2 mg/l).

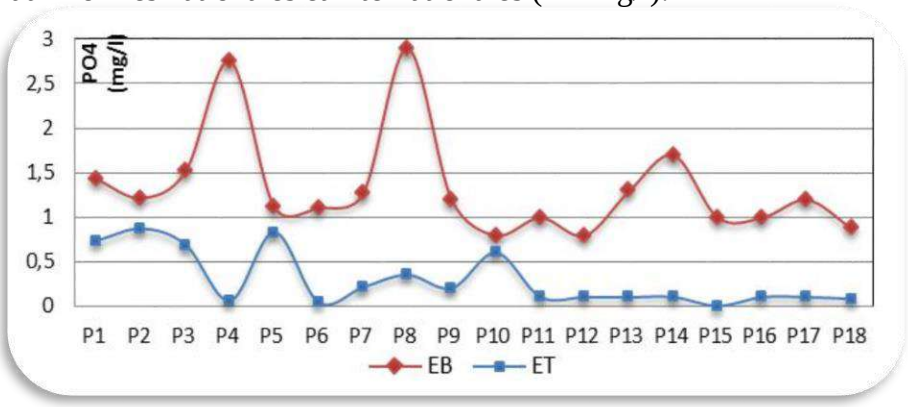


Figure 10 : Variation des orthophosphates.

- **Indice de MOHL MAN (IM) :**

L'indice de MOHLMAN permet de traduire la bonne disponibilité ou non, des boues à la décantation (Rejesk, 2002).

- Si 80 < IM < 150 bonne décantation,
- IM < 50 boue d'aspect granuleux, risque de former des dépôts,
- IM > 200 boue en gonflement (foisonnement, bulking) développement exagéré des bactéries filamanteuses.

Les valeurs obtenues (Tableau 3) oscillent entre un minimum de 32ml/g et un maximum de 82ml/g avec une moyenne de 55,22± 11,16 ml/g. Des valeurs inférieures à 80mg/l caractérisent selon Rejesk (2002), une boue qui décante trop rapidement d'où le risque d'avoir des dépôts dans les ouvrages et les canalisations.

Tableau 3 : Résultats de l'indice de MOHLMAN.

Prélèvements	**Indice de décantation (ml/l)**	**Masse de la Matière sèche (g/l)**	**Indice de MOHLMAN (ml/g)**
P1 : 18/03/2012	90	2,8	32
P2 : 27/03/2012	120	2,24	54
P3 : 01/04/2012	105	2,50	42
P4 : 08/04/2012	90	2,19	41
P5 : 15/04/2012	100	1,98	50
P6 : 22/04/2012	100	1,94	51
P7 : 29/04/2012	120	2,17	55
P8 : 06/05/2012	90	1,77	51
P9 : 13/05/2012	110	2,15	51
P10 :20/05/2012	130	2,15	60
P11 :27/05/2012	135	2,30	59
P12 :04/06/2012	150	2,51	60
P13 :10/06/2012	160	2,79	57
P14 :17/06/2012	170	2,62	65
P15 :24/06/2012	140	2,33	60
P16 :01/07/2012	130	2,40	54
P17 :09/07/2012	190	2,73	70

P18 :15/07/2012	130	1,58	82

- **Rendements épuratoires :**

Les taux de réduction des différents paramètres obtenus au cours de cette étude sont représentés par les figures suivantes.

Les rendements moyens d'abattement de la pollution sont de 97,61% pour les MES, 92,44% pour la DCO et 97,22% pour la DBO_5.

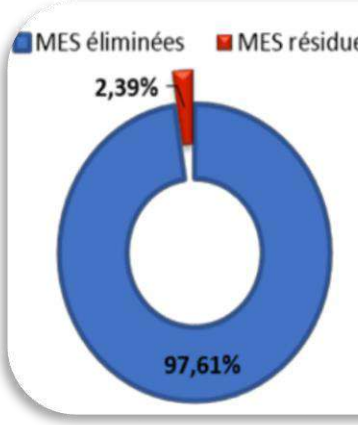


Figure 11 : Taux d'abattement des MES

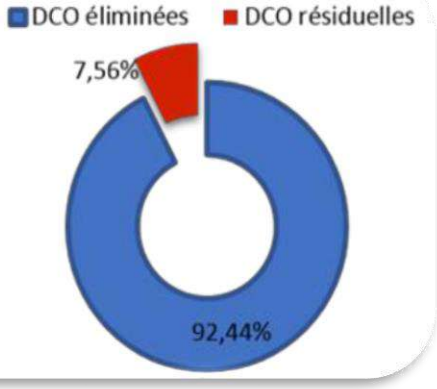


Figure 12 : Taux d'abattement de la DCO

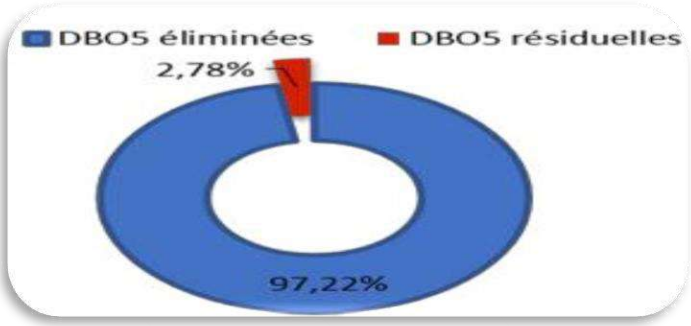


Figure 13 : Taux d'abattement de la DBO_5.

Ces rendements sont relativement constants durant toute la période d'étude. Ce résultat confirme la performance du système d'épuration des eaux usées dans la STEP de Médéa qui peut supporter des variations de charge organique tant que celle-ci reste dans la gamme d'une charge admissible.

Le rendement en azote ammoniacal obtenu pour l'ensemble de la filière de traitement est évalué à 97,67% (Figure 14) ce qui représente un abattement très satisfaisant par rapport aux résultats suggérés par différents auteurs (70% à 90%) (Canler et Perret, 2007; Choubert et al, 2011).

Le rendement d'élimination en orthophosphates est de l'ordre de 76,06% (Figure 15). Ce taux est supérieur au rendement théorique (60-70%) pour une eau résiduaire normalement concentrée (Choubert et al, 2011).

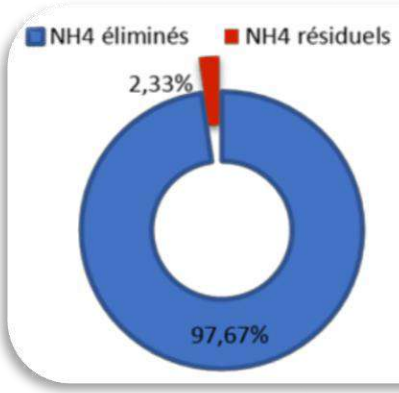


Figure 14 : Rendement de réduction de NH_4^+

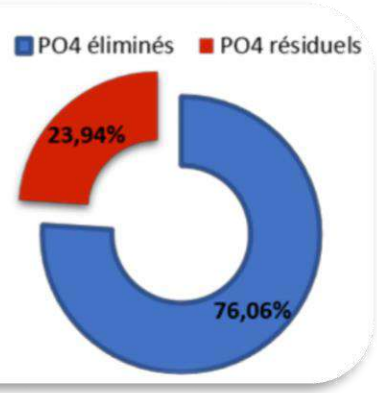


Figure 15 : Rendement de réduction de PO_4^{3-}

II.7. Conclusion :

A travers ces mesures, il est clair que le traitement des eaux usées à la STEP de Médéa est suffisant pour permettre d'abaisser les concentrations en polluants et d'atténuer donc le risque sanitaire à un niveau très acceptable. Cependant, il est nécessaire, pour évaluer davantage sa qualité de :

- Compléter les analyses physico-chimiques faites par le laboratoire de la station par des analyses microbiologiques, ainsi qu'un contrôle de la boue activée.



Figure 16 : Analyse physico-chimique de l'eau usée brute.

- Agrandir la STEP en la dotant d'un plus grand nombre de bassins d'aération afin de pallier l'impuissance du dispositif vis-à-vis de la grande charge polluante entrant quotidiennement dans la station.



Figure 17: Bassins d'aérations.

- Suivre l'évolution des paramètres de l'eau rejetée par la station tout le long de son parcours au sein de l'Oued Harbil afin d'évaluer les conséquences de l'utilisation de ces eaux sur l'irrigation, sur l'environnement et la santé humaine et animale.

Chapitre III. Le traitement des eaux usées avec le procédé à boue activée

III.1. Introduction :

Le procédé d'épuration par boues activées est le plus rependu dans le monde. En Algérie, ce procédé est le plus retenu aujourd'hui dans les stations d'épuration assurant un traitement secondaire. Les boues activées sont utilisées comme épuration biologique dans le traitement des eaux usées.

La boue activée, composée essentiellement de micro-organismes floculants, est mélangée avec de l'oxygène dissous et de l'eau usée. C'est ainsi que les micro-organismes de la boue activée entrent constamment en contact avec les polluants organiques des eaux résiduaires, ainsi qu'avec l'oxygène, et sont maintenus en suspension [60]. Ce processus est en fait une intensification de ce qui se passe dans le milieu naturel. La différence provient d'une plus grande concentration en micro-organismes, et par conséquent, d'une demande volumique en oxygène plus importante. De plus, pour maintenir en suspension la masse bactérienne, une agitation artificielle est nécessaire. La date de naissance du procédé boues activées remonte à l'an 1914, quand deux chercheurs anglais Edward ARDERN et William LOCKETT présentèrent à la société de chimie industrielle de LONDRE un compte rendu de leurs travaux intitulés «Expériences sur l'oxydation des eaux d'égout sans intervention de filtre» [61].

III.2. Description de fonctionnement du procédé :

Le procédé à boues activées repose sur la constatation suivante: une eau résiduaire, dans laquelle on fait barboter de l'air, voit se développer progressivement une flore bactérienne au détriment des matières organiques polluantes. Dans les conditions idéales d'aération, ces micro-organismes se multiplient et s'agglomèrent en petits flocons qui se déposent lorsqu'on arrête l'aération. Cette masse est appelée floc bactérien. Si, après vidange de l'eau épurée, on recommence l'opération avec une nouvelle charge d'eau usée, en conservant la boue formée précédemment, l'épuration se révèle plus rapide, d'où l'idée de recycler les boues au cours d'un traitement en continu [62].

III.3. Principe de fonctionnement du procédé :

Le principe du procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter appelé bassin d'activation. Afin d'éviter la décantation des flocs dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante [63].

Le bassin d'aération peut être précédé d'un décanteur primaire, dans le but d'éliminer les matières en suspension décantables, et sera suivi d'un clarificateur, qui assurera la séparation de l'effluent épuré avec les boues. Celles-ci seront en partie recyclées dans le bassin d'aération pour en assurer le réensemencement et la concentration permanente, et en partie extraites vers le traitement des boues (boues en excès) [62]. La conception générale du traitement est traduite par la figure 1.

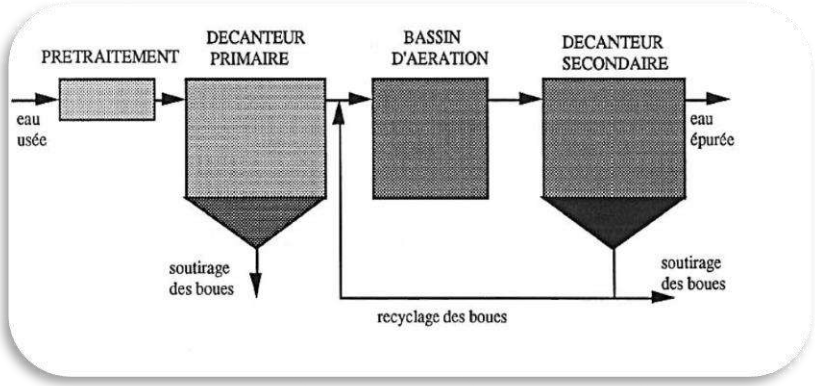


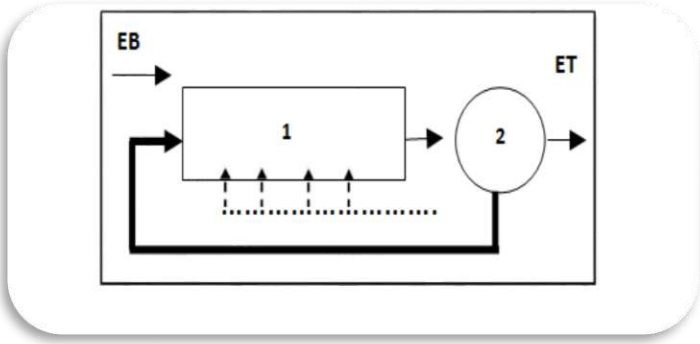
Figure 1 : *Schéma de principe du procédé de traitement par boues activées.*

III.4. Composition et propriété du floc biologique:

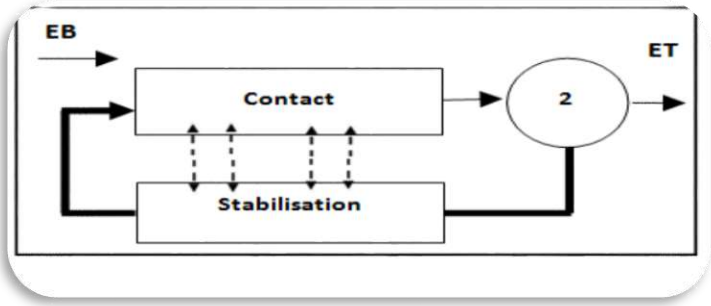
La boue activée apparaît comme une suspension de particules floconneuses de quelques dixièmes de millimètre à quelques millimètres de diamètre, ou flocs, constituées de bactéries, de matières organiques inertes ou minérales, maintenues par une substance mucilagineuse, produit de l'activité bactérienne. Une boue activée normale contient également une microfaune abondante de protozoaires et petits métazoaires [62]. L'essentiel de l'épuration est dû à des bactéries Gram négatives, mobiles, parmi lesquelles nous citerons: "Pseudomonas, Aeromonas, Arthrobacter, Flavobacter, Achromobacter, Alcaligenes". Il faut également signaler certaines espèces dont la présence est gênante dans la mesure où elles interviennent pour contrarier la décantation des boues. Ce sont les bactéries filamenteuses dont l'espèce la plus connue est le Sphaerotilus. Ces bactéries se développent souvent dans les milieux déséquilibrés en azote et riches en éléments facilement assimilables (cas des rejets de laiteries, de sucreries) [62].

III.5. Différents types d'installations à boues activées :

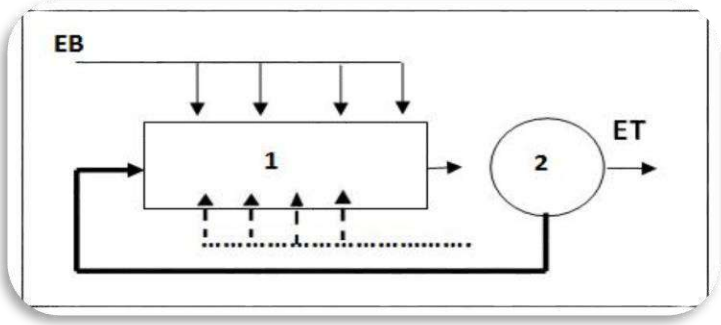
La figure présente les différents types d'installation à boues activées :



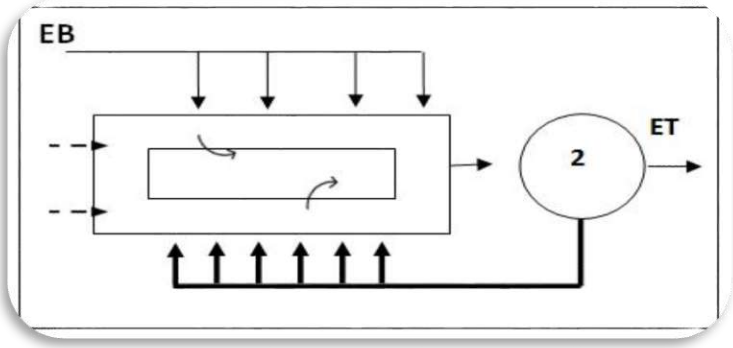
Procédé conventionnel (alimentation en piston)



Contact-stabilisation



Alimentation étagée



Mélange intégral (complet)

1 : Bassin d'aération ; **2** : Clarificateur ; EB : eau brute, ET : Eau Traitée

***Figure 2**: Schéma type d'installation à boues activées [64].*

III.5.1. Procédé conventionnel (Alimentation en piston) :

L'entrée de l'eau prétraitée et des boues recirculées ne se fait qu'en tête du bassin. Les concentrations en pollution, la teneur en oxygène dissous et les besoins d'aération varient tout au long du parcours de l'eau, le développement des bactéries filamenteuses est favorisé [64].

III.5.2. Contact-stabilisation:

La boue recirculée est réaérée ce qui permet la dégradation de la pollution adsorbée lors de la phase de contact. Ce concept permet un gain de place et limite fortement l'apparition des filamenteuses [64].

III.5.3. Alimentation étagée :

L'introduction de l'eau prétraitée se fait en différents points du bassin d'aération, ce qui nous produit une bonne répartition de la biomasse [64].

III.5.4. Mélange intégral (complet) :

Le bassin est homogène en tous points pour les différents paramètres. Les teneurs en biomasse, en oxygène dissous et en pollution présentent une équi-répartition spatiale. La floculation des boues est bonne mais le développement des filamenteuses est favorisé [64].

III.6. Ouvrages et équipements du traitement biologique :

Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas :

- Un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mis en contact avec la masse bactérienne épuratrice ;
- Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération, et un dispositif de brassage de ce même bassin, afin d'assurer au mieux le contact entre les cellules bactériennes et la nourriture, d'éviter les dépôts, de favoriser la diffusion de l'oxygène partout où il en est besoin. Très fréquemment, le même dispositif est utilisé pour l'aération et le brassage ;
- Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation de l'eau épurée et de la culture bactérienne ;
- Un dispositif de recirculation assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologiques récupérées dans le clarificateur. Cela permet de maintenir dans ce bassin la quantité (ou concentration) de micro-organismes nécessaire pour assurer le niveau d'épuration recherché ;

- ❖ Un dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès, c'est-à-dire du surplus de culture bactérienne synthétisée en permanence à partir du substrat [61].

III.6.1. Bassin d'aération :

Les bassins d'aération sont les réacteurs biologiques, dans lesquels s'effectue la transformation de la matière organique par les microorganismes. La pollution dissoute est transformée en gaz et biomasse, ces bassins sont équipés de dispositif d'oxygénation et de brassage [61].

III.6.2. Systèmes d'aération :

Les systèmes d'aération ont deux fonctions importantes à remplir :

- Introduire une quantité d'oxygène déterminée dans l'eau, nécessaire à la satisfaction des besoins correspondant à l'oxydation de la pollution organique et à l'autodestruction de la masse bactérienne lors de la phase de respiration endogène ;
- Brasser la suspension de boues activées pour en assurer l'homogénéité et éviter les dépôts. Les principaux dispositifs d'oxygénation utilisés sont:

a) Les aérateurs de surface :

Les aérateurs de surface se divisent en trois groupes :

- Les aérateurs à axe vertical, à vitesse lente varie entre 4 et 5 m/s, ce qui correspond a des vitesses de rotation allant de 40 tr/min pour les mobiles les plus puissants (75 kW) a 100 tr/min pour les petites unités [65].
- Les aérateurs à axe vertical à grande vitesse de 1000à1800 tr/min;
- Les aérateurs à axe horizontal, ils sont montés soit longitudinalement, soit transversalement **.**Entraînés directement par un moteur électrique de vitesse 750 ou 1500 t/min, équipé par une hélice de faible diamètre. Ce type d'aérateur est mieux adapté au lagunage qu'a bassin d'aération [66] [67].

b) Les aérateurs à surpression d'air :

L'aération par l'air surpressé consiste à injecter l'air sous pression dans le liquide à l'aide d'un dispositif approprié, en fonction du diamètre des bulles d'air, les aérateurs se divisent en trois groupes :

- **Des grosses bulles** : (Q > 6 mm) : cannes verticales ou diffuseurs à larges orifices.
- **Des bulles moyennes** : (Q > 4 mm) : type clapets vibreurs, lames vibrantes disposées en larges bandes au fond des bassins.

- **Des fines bulles** : (Q > 2 mm) avec une diffusion à travers des corps poreux du type dômes ou disques en céramique ou mieux à travers des dispositifs à membranes en élastomère généralement de forme tabulaire qui ont l'avantage de ne pas présenter de risques de colmatage [68].

III.6.3. Clarificateur :

Le bon fonctionnement d'une station d'épuration par boues activées exige de bien séparer l'eau traitée de la masse de boue activée de manière à produire un effluent clarifié conforme aux normes de rejet. Cette séparation solide-liquide est traditionnellement réalisée par sédimentation gravitaire dans un décanteur secondaire ou clarificateur, même si d'autre procédés, tels que la flottation sont également applicable (mais plus coûteux). Le clarificateur est un composant fondamental d'un système à boues activées. Il doit combiner trois fonctions :

- **Fonction de clarification** : produire un effluent final clarifié dont la teneur en matière en suspension est généralement inférieure à 20 - 30 mg/l, soit un rendement de séparation supérieur à 98 %.
- **Fonction d'épaississement** : produire un débit continu de boue concentrée pour les recirculer dans le réacteur biologique et assurer le maintien de la consigne en MES de celui-ci.
- **Fonction de stockage** : stocker la masse de boue supplémentaire générée par une surcharge hydraulique momentanée (en temps de pluie notamment).

En cas d'échec de l'une de ces trois fonctions, les matières en suspension vont s'évacuer avec l'eau de sortie comme double conséquence : détérioration de la qualité de l'eau traitée en MES, mais aussi en DCO, DBO, NTK et PT. Et risque de dégradation du fonctionnement biologique par réduction incontrôlée de la concentration en boue [67].

III.6.4. Recirculation des boues :

La quantité de biomasse doit rester constante dans le bassin d'aération. Les boues biologiques décantent dans le clarificateur, pour éviter toute fermentation dans cet ouvrage non aéré et maintenir une biomasse stable, il faut les recirculer à partir du clarificateur vers le bassin d'aération. Le but de la recirculation des boues du ou des décanteurs secondaires vers le réacteur biologique est d'y maintenir une concentration donnée de la liqueur mixte permettant de respecter une charge massique de fonctionnement considérée ou, ce qui revient au même un âge des boues bien défini [64]. Le débit de recirculation, varie en fonction du débit de l'eau brute, de la concentration des boues dans le bassin d'aération (C_{BA}), et des boues recirculées (C_{Br}).

III.6.5. Extraction des boues en excès :

L'excès de boue se retrouve dans l'étage biologique, il faut absolument l'extraire à partir du clarificateur. En effet, leur concentration y est maximale, le volume à extraire est d'autant plus réduit, il s'évalue à partir de la concentration nominale en MES, c'est à dire celle donnée par le constructeur pour obtenir un fonctionnement optimal de l'installation [69].

III.7. Paramètres de fonctionnement d'un réacteur biologique :

En traitement d'eau, un réacteur biologique pourra se caractériser suivant trois paramètres essentiels: la charge (massique et volumique), l'aptitude des boues à la décantation et l'âge de ces boues.

III.7.1. Charge massique et volumique :

On appelle charge massique (Cm) le rapport entre la masse de nourriture (exprimée généralement en terme de (DBO_5) entrant journellement dans le réacteur et la masse de boue contenue dans ce réacteur. Cette notion de charge massique est importante, car elle conditionne pour une boue activée :

- Son rendement épuratoire: les faibles charges massiques correspondant à des rendements épuratoires élevés, les fortes charges massiques, correspondant à des rendements plus faibles ;
- La production de boues biologiques en excès : à faible charge la respiration endogène étant, de par la limitation en substrat, plus importante qu'à forte charge, la production de biomasse résultante est plus faible ;
- Le degré de stabilisation des boues en excès produites: une respiration endogène poussée conduisant à une biomasse bien minéralisée, les procédés à faible charge se caractérisent par des boues en excès moins fermentescibles ;
- Les besoins en oxygène ramenés à la pollution éliminée: l'importance de la respiration endogène à faible charge conduit à des consommations d'oxygène rapportées à la pollution éliminée, supérieures à celles obtenues en forte charge.

Il est fréquent d'utiliser une autre notion de charge qui est la charge volumique (Cv). Elle représente la masse de nourriture (exprimée habituellement en termes de DBO_5) entrante journellement dans le bassin par unité de volume du réacteur [69].

III.7.2. Age des boues :

L'âge de boue est le rapport entre la masse de boues présentes dans le réacteur et la masse journalière de boues extraites de la station. L'âge des boues est donc inversement proportionnel à la charge massique Cette notion d'âge de boues est particulièrement importante car elle traduit l'état physiologique des micro-organismes En outre, l'âge de boues conditionne la présence ou l'absence de germes nitrificateurs [69].

III.7.3. Décantabilité des boues :

Le bon fonctionnement d'une station de boues activées repose sur celui du bassin d'aération, mais également sur celui du clarificateur. Pour que ce dernier puisse séparer efficacement la biomasse de l'eau traitée, cette biomasse doit être correctement floculée. Un moyen simple et pratique d'apprécier l'aptitude d'une boue à la décantation est de déterminer son indice de Molhman (ou appelé encore indice de boue) [69].

L'indice de Molhman est le volume occupé par un gramme de MES après décantation d'une demi heure de un litre de boue activé dans une éprouvette graduée. Ce paramètre dépend, pour une teneur donnée de MES, de l'état de minéralisation et de la phase de croissance dans laquelle se trouve les boues [69]. L'indice de boues est un outil précieux, qui à de multiples applications au niveau de la station d'épuration :

- Suivi préventif de l'évolution de la qualité des boues ;
- Mise en évidence d'un foisonnement ;
- Appréciation de l'efficacité des solutions techniques mise en œuvre pour améliorer la décantabilité de la boue ;
- Vérification des performances du décanteur secondaire ;
- Aide de gestion de la production de boues dans les périodes où l'indice de boue est stable;
- Caractérisation des boues en vue de leur déshydratation [70].

III.8. Problèmes biologiques dans le procédé à boues activées :

Les stations d'épuration utilisant le procédé des boues activées sont parfois sujettes à des défaillances qui limitent la fiabilité des performances épuratoire. Ces problèmes sont apparus très tôt avec le développement des boues activées; de nombreux facteurs sont susceptibles d'affecter le comportement des boues activées. Certains sont liés à la qualité du substrat c'est-à-dire à la composition de l'eau usée, d'autres à la conception et au mode d'exploitation du système biologique. Parmi les problèmes d'exploitation les plus couramment rencontrés, on retiendra: le foisonnement filamenteux, le moussage et les remontées de boues en clarification [67].

III.8.1. Foisonnement des boues activées :

On entend par foisonnement filamenteux, appelé "Bulking sludge" dans le langage anglo-saxon, la présence des bactéries filamenteuses qui perturbent les propriétés de décantation de la boue (indice de boue élevé supérieur à 200 ml/g) et donc compromettent la qualité de l'eau épurée. Les nuisances provoquées par les filaments bactériens sont proportionnelles à leur densité et surtouts à leur longueur. Elles dépendent également des espèces filamenteuses présentes, certaines étant plus pernicieuses que d'autres [67].

III.8.2. Le moussage :

Les mousses forment des amas de flottants très stables de couleur marron clair à foncé et des structures visqueuse. Leur densité tend à s'accroître progressivement au cours du temps. Ces mousses sont peu déstructurées par une agitation de surface et reforment rapidement un tapis uniforme en absence d'agitation. Les bulles de gaz favorisent la flottation. Ces flottants constituent un milieu favorable au développement privilégié de certaines bactéries filamenteuses responsables de moussage [71]. (Nocardia spp et Microthrix parvicella). Ces bactéries à croissance lente sont couramment associées à la présence d'huiles et graisses, à une température relativement élevée (supérieure à 18°C) et à des âges de boues importants (supérieurs à 9 jours).

Dans certains cas extrêmes, les mousses peuvent représenter jusqu'à 1/3 de la biomasse totale, avec des concentrations en matières sèches pouvant atteindre 100 mg/1, voire des hauteurs dépassant un mètre. Les paramètres de fonctionnement (charge massique) et d'exploitation de la station sont alors fortement dégradés par cette situation (diminution du transfert d'oxygène). En raison de sa stabilité, la mousse est très difficile à éliminer par des moyens chimiques, même si l'aspersion de la boue par de l'eau chlorée peut constituer, à court terme, une méthode intéressante.

Les moyens de lutte les plus efficaces doivent s'orienter vers la suppression des conditions qui encouragent la croissance des germes filamenteux responsables du moussage à savoir :

- Suppression des substrats préférentiels tels que graisses, acides gras ;
- Construction de bassin sans possibilité d'accumuler de flottants: éviter les parois immergées qui piègent l'écume, construire des puits de dégazage permettant d'éliminer les flottants ;
- Evacuation des écumes hors des réacteurs biologiques pour éviter leur recyclage et le réensemencement permanent du système [67].

III.8.3. Remontée de boues :

Un problème parfois rencontré avec des boues à bonne décantabilité est la remontée ou la flottation de flocs à la surface du clarifîcateur. La cause la plus courante en est la dénitrification, réaction au cours de laquelle les nitrates et les nitrites sont convertis en azote gazeux.

A partir d'une concentration critique en bulles de gaz au sein du lit de boue, une partie des flocs remonte ou flotte à la surface. Le phénomène se différencie du foisonnement par la présence de petites bulles de gaz attachées aux matières en suspension.

Ce phénomène est couramment observé dans les stations à boues activées nitrifiantes où dénitrification est insuffisante, et dans les stations dimensionnées pour le carbone, mais où la température élevée encourage la nitrification et où la biomasse est très active en raison du faible âge de boue.

Les remèdes pour remédier à ce problème sont les suivants :

- Augmentation du débit de recirculation des boues pour réduire le temps de rétention dans le clarificateur ;
- Réduction de l'âge de boue pour éviter la nitrification.

Dans les pays chauds, il est fortement recommandé de configurer le réacteur biologique de manière à pouvoir dénitrifier en cas de besoin [72].

III.9. Conclusion :

L'objectif principal de notre travail était d'évaluer les qualités des boues et des eaux épurées de la STEP de Médéa, ainsi que leurs niveaux de réponse aux exigences et directives établies dans le cadre de l'irrigation et l'épandage agricole, via leurs analyses aux laboratoires.

Chapitre IV. Canevas pour bilan d'exploitation unité de Médéa

IV.1. Introduction :

L'ONA assure pour le compte de l'état, la maitrise d'ouvrage et d'œuvre déléguée concernant les projets d'études, de réalisation, de réhabilitation, de diagnostics de station d'épuration, de réseaux d'assainissement et de collecte d'eau pluviale ainsi que des stations de relevage.

IV.2. Epuration :

Le tableau indique la date de mise en place de la station d'épuration des eaux usées de la wilaya de Médéa et sa capacité de charge dans les bassins d'aération qui reçoivent divers polluants.

Mois de :	**Juillet 2011**	**Capacité en Eq/hab**	**162 500**
STEP :	Médéa	Débit nominal en m^3/j	**26 000**
Date de mise en service :	**13/05/2007**	**Procédé d'épuration**	**Boues activées à faible charge**

IV.2.1. Bilan de l'auto-surveillance :

Volume Mensuel m^3	Entrée STEP (Eau brute)									
	MES mg/l	DBO_5 mg/l	DCO mg/l	N-NH4 mg/l	NTK mg/l	$N-NO_2$ mg/l	$N-NO_3$ mg/l	PO_4 mg/l	T °C	p H
325 780	791	422	690	36	/	/	2.602	4.28	18	/

Volume Mensuel m^3	Sortie STEP (Eau épurée)									
	MES mg/l	DBO_5 mg/l	DCO mg/l	N-NH4 mg/l	NTK mg/l	$N-NO_2$ mg/l	$N-NO_3$ mg/l	PO_4 mg/l	T °C	p H

325 780	17	17	76	2	/	/	20.85	0.66	15	/

Les analyses sont à réaliser sur les échantillons journaliers moyens.

- A défaut de préleveurs automatiques, l'échantillonnage doit être effectué conformément aux procédures ONA :

- Procédure DEM 0901 (échantillonnage eaux usées pour analyses)
- Procédure DEM 0902 (échantillonnage de boues pour analyses)

NB : il est a noté que les analyses non effectuées des journées suivantes pour plusieurs motifs :

1. DCO, DBO_5, MES, NO_3 pour les journées 4/7/8/et17/07/2011 pas de prélèvement : Flacons vide pour échantillonneur d'eau brute (problème au niveau de l'échantillonneur d'entrée).
2. DCO, DBO_5, MES, NO_3 pour les journées 28 et 29/07/2011 pas de prélèvement : Flacons vide pour échantillonneur d'eau Traitée (problème au niveau de l'échantillonneur de sortie).
3. NTK pour le mois de Juillet (distillateur en panne).
4. Épaississeur vide (pas de boues BE) 10, 11, 17 et 21/06/2011
5. pH pour le mois de juillet (Electrode cassée du pH mètre).

IV.2.2. Charges de pollution et rendements épuratoire

Volume Mensuel m^3	CHARGE ENTREE STEP (Eau brute)							
	MES	DBO_5	DCO	N-NH4	NTK	N-NO2	N-NO3	P O4 mg/l
	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j
320 160	8550	4478	7324	370	/	/	27.22	38

Volume	CHARGES SORTIE STEP (Eau épurée)

Mensuel m^3	MES	DBO_5	DCO	N-NH4	NTK	N-NO2	N-NO3	P O4 mg/l
	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j
320 160	177	170	811	21	/	/	218	6

Volume Mensuel m^3	RENDEMENTS EPURATOIRS							
	MES	DBO_5	DCO	N-NH4	NTK	N-NO2	N-NO3	P O4 mg/l
	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j
320 160	97	96	89	94	/	/	/	47

IV.2.3. Suivi des boues :

Quantité de boues Produites (tonnes)	Siccité moyenne (%)	Poids en Matières Sèches (kg MS)	Consommation de polymère (Kg)	Quantité de boue en tonnes destinée à		
				Agriculture	Décharge	Dépôt Step
3979	59.62	134297.3				La totalité

- <u>Recherche des métaux lourds dans les boues</u> :

Analyse obligatoire au moins une fois / An.

- A défaut d'un pont bascule à la sortie de la STEP, le volume des boues sera estimé en nombre de bennes par le volume de la benne.

Remarque : les polymères ne sont pas utilisés au niveau de la station. (Séchage naturel).

IV.2.4. Suivi des sous produits de prétraitement :

Déchets solides des dégrilleurs (tonnes)	**Volume des Sables (tonnes)**	**Graisses et huiles (tonnes)**
0.67	1.53	0.79

IV.2.5. Commentaires et Faits Marquants :

- La station a traité 325 780 m^3 d'eau brute avec une moyenne journalière de 10 509 m^3 /j, ce qui correspond à environ 40.41 % du débit contractuel de 26000 m^3 /j.
- A la sortie de la station, nous avons enregistré un volume total d'eau traitée pour cette période de 320 160 m^3 avec une moyenne journalière de 10 328 m^3 /j

IV.3. Collecte des eaux usées :

IV.3.1. Bilan d'exploitation des réseaux d'assainissement :

Code Cne	Communes	Interventions	
		Nombre de Réclamations	Nombre d'interventions
01	Médéa	53	101
02	Ouzera	9	18
03	Ouled Maaref	0	0
04	Ain Boucif	10	32
05	El Aissaouia	0	0
06	Ouled Deied	0	0
07	El Omaria	2	2
08	Derrag	3	3
09	Guelb El Kebir	0	0
10	Bouaiche	1	1
11	Mezghenna	0	0
12	Ouled Brahim	2	2
13	Tizi Mehdi	0	0
14	Sidi Ziane	0	0
15	Tamezguida	2	9
16	El Hamdania	0	0
17	Kef Lakhder	0	0
18	Chellelt El Adhaoura	0	0
19	Bousken	0	2
20	Rebaia	2	2
21	Bouchrahil	0	0
22	Ouled Hellal	0	0
23	Tafraout	0	0
24	Baata	0	0
25	Boughar	0	0
26	Sidi Naamane	0	0
27	Ouled Bouaachera	0	0
28	Sidi Zaher	0	0
29	Ouedi Harbil	0	0
30	Ben Chicao	0	0
31	Sidi Damed	0	0
32	Azziz	0	0
33	Souagui	0	0

34	Zoubairia	0	0
35	Ksar El Boukhari	1	15
36	El Azizia	0	0
37	Djouab	0	0
38	Chahbounia	1	1
39	Meghraoua	0	0
40	Cheniguel	1	1
41	Ain Ouksir	0	0
42	Oum El Djelil	1	1
43	Ouamri	2	5
44	Si Mahdjoub	0	0
45	Tlet Douaier	1	1
46	Beni Slimane	6	33
47	Berrouaghia	5	43
48	Seghouane	1	1
49	Meftaha	0	0
50	Mihoub	0	0
51	Boughezoul	5	7
52	Tablat	1	1
53	Deux Bassin	0	0
54	Draa smar	2	10
55	Sidi Errabia	0	0
56	Bir Ben Laabed	0	0
57	El Aouinet	0	0
58	Ouled Antar	0	0
59	Bouaichoune	0	0
60	Hannacha	0	0
61	Sedraia	0	0
62	Moudjebeur	1	1
63	Khams Djouamaa	1	1
64	Saneg	0	0
Total Unité		113	293

Code Cne	Communes	Exploitation					
		Linéaire existant (Km)	**Linéaire de réseau curé (ml)**	**Taux de curage**	**Nombre de regards curés**	**Volume collecté (m3)**	**Déchets évacués (m3)**
01	Médéa	172	14830	8,62	869	442906	40,25
02	Ouzera	12,73	4590	36,06	179	29176	1
03	Ouled Maaref	11,5	0	0,00	0	23032	0
04	Ain Boucif	23	5480	23,83	297	64584	40
05	El Aissaouia	3	0	0,00	0	8399	0
06	Ouled Deied	12,474	0	0,00	0	12351	0
07	El Omaria	15,62	400	2,56	10	48781	0

08	Derrag	6,023	180	2,99	6	12626	0
09	Guelb El Kebir	5,2	0	0,00	0	28529	0
10	Bouaiche	9,494	350	3,69	12	20465	0
11	Mezghenna	0,95	0	0,00	0	14150	0
12	Ouled Brahim	3,5	50	1,43	3	25556	0
13	Tizi Mehdi	9,933	0	0,00	0	6255	0
14	Sidi Ziane	3,224	0	0,00	0	6293	0
15	Tamezguida	14,172	2555	18,03	109	10247	0,75
16	El Hamdania	4,202	0	0,00	0	2978	0
17	Kef Lakhder	3,8	0	0,00	0	10373	0
18	Chellelt El Adhaoura	41,875	0	0,00	0	67704	0
19	Bousken	8	1580	19,75	76	27930	2,7
20	Rebaia	12,389	300	2,42	7	11932	0
21	Bouchrahil	16,2	0	0,00	0	25965	0
22	Ouled Hellal	0,685	0	0,00	0	8350	0
23	Tafraout	6,4	0	0,00	0	22074	0
24	Baata	1,66	0	0,00	0	1911	0
25	Boughar	7,3	0	0,00	0	10367	0
26	Sidi Naamane	18,7	0	0,00	0	41061	0
27	Ouled Bouaachera	3,206	0	0,00	0	2031	0
28	Sidi Zaher	3,525	0	0,00	0	10173	0
29	Ouedi Harbil	8,213	0	0,00	0	10017	0
30	Ben Chicao	17,806	0	0,00	0	15682	0
31	Sidi Damed	3,6	0	0,00	0	11801	0
32	Azziz	10,812	0	0,00	0	25362	0
33	Souagui	13,975	0	0,00	0	37759	0
34	Zoubairia	21,72	0	0,00	0	18324	0
35	Ksar El Boukhari	61,59	5040	8,18	118	151359	0
36	El Azizia	5,1	0	0,00	0	20911	0
37	Djouab	9,487	0	0,00	0	23818	0
38	Chahbounia	9,294	300	3,23	9	3275706	0
39	Meghraoua	2,3	0	0,00	0	14005	0
40	Cheniguel	14,726	60	0,41	2	17028	0
41	Ain Ouksir	10,3	0	0,00	0	12576	0
42	Oum El Djelil	4,995	90	1,80	3	8091	0
43	Ouamri	8,702	905	10,40	41	23775	0,75
44	Si Mahdjoub	10,01	0	0,00	0	14577	0
45	Tlet Douaier	13,678	720	5,26	18	13438	0
46	Beni Slimane	18	4237	23,54	336	75395	25
47	Berrouaghia	48,689	9715	19,95	306	141718	20
48	Seghouane	8,435	240	2,85	6	8927	0

49	Meftaha	12,073	0	0,00	0	10989	0
50	Mihoub	5,12	0	0,00	0	30234	0
51	Boughezoul	5,494	1130	20,57	35	40748	0
52	Tablat	9,884	180	1,82	6	65777	0
53	Deux Bassin	2,5	0	0,00	0	7783	0
54	Draa smar	12,893	2340	18,15	145	23001	5
55	Sidi Errabia	1,7	0	0,00	0	11879	0
56	Bir Ben Laabed	6,6	0	0,00	0	28524	0
57	El Aouinet	3,7	0	0,00	0	10381	0
58	Ouled Antar	8,111	0	0,00	0	4397	0
59	Bouaichoune	4,26	0	0,00	0	6946	0
60	Hannacha	11,885	0	0,00	0	9807	0
61	Sedraia	6,3	0	0,00	0	17164	0
62	Moudjebeur	10,9	100	0,92	2	12250	0
63	Khams Djouamaa	4,3	210	4,88	7	22970	0
64	Saneg	2,2	0	0,00	0	6486	0
Total Unité		840,11	55582	241,33	2602	5225803	135,45

IV.4. Maintenance :

STEP de :	**Médéa**
Mois :	**Juillet 2011**

IV.4.1. Fiche d'intervention de maintenance des équipements :

Ouvrages	**Désignation de l'intervention**	**Nature d'intervention**		**causes**
		Préventive	**Curative**	
Prétraitement Aération Décantation Chloration épaississement	Vérification de l'état des armoires, coffrets et essais des lampes.	x		
Epaississement	intervention au niveau du TBT5, Réglage du défaut et remise de la pompe en marche.		x	Un défaut du disjoncteur de la pompe des eaux troubles PF5.2

Poste transformateur	intervention au niveau du TGBT, Réglage du relais de contrôle du réseau de surveillance et remise en marche		x	un défaut du disjoncteur du transformateur 1 (sur tension
Aération	intervention au niveau de TBT1 suite à un bruit anormal du ventilateur dans l'armoire F1.			les deux roulements du moteur défectueux
Décantation	intervention au niveau du TBT3, réglage du défaut et remise de la pompe en marche.		x	Un défaut du disjoncteur de la pompe des boues en excès PBX3.2
Décantation	intervention au niveau du TBT3, réglage du défaut et remise de la pompe en marche		x	Un défaut du disjoncteur de la pompe des boues de recirculation PBR3.3
Décantation Epaississement	graissage des couronnes des deux décanteurs secondaires PR3.1, PR3.2 et de l'épaississeur PR5.1	x		
	graissage du bob cat	x		
Décanteurs secondaires	graissage des roues des deux ponts décanteurs secondaires PR3.1, PR3.2.	x		
Station des eaux de filtrat	Enlèvement et nettoyage de la pompe des eaux de filtrat PF5.2,		x	un défaut de la sonde d'humidité.
station des eaux de filtrat	réparation de la pompe des eaux de filtrat PF5.2, et remise de la pompe en marche.		x	garniture et joint spis défectueux

Prétraitement Aération Décanteurs Chloration Epaississeur	Nettoyage des filtres d'aspiration des armoires électrique TBT1, TBT2, TBT3, TBT4, TBT5.	x		

IV.4.2. Facturation de l'énergie électrique mensuelle de la STEP :

Energie Active en KWh	Energie Réactive en KWh	PMA En KW	Rapport de puissance P/Q	Montant de la facture en DA du mois n-1
71804	**24226**	**750**	**0.33**	**272181.46**

IV.5. Coûts d'exploitation :

IV.5.1. Frais d'exploitation de la STEP :

Effectif affecté à la STEP			Frais du personnel affecté à la STEP en DA		
cadre	maîtrise	exécution	cadre	maîtrise	exécution
12	1	19	322541.00	111967.00	531874.00

Frais d'énergie		Frais de Maintenance	
Consommation en KWh	Montant de la facture (n-1 en DA	Pièces de rechanges en DA	Consommables en DA
71804	272181.46	/	/

Les frais du personnel en salaire et charges seront déterminés sur la base des montants ci-après:

Autres frais d'exploitation par STEP :

- ✓ Frais des produits chimiques

- ✓ Polymères et autres additifs
- ✓ Prestations sous traitées (location locaux ; transport du personnel ; etc.….).

IV.5.2.Frais d'Exploitation des Centres :

Centre	Frais du personnel affecté au centre en DA			Frais de maintenance En DA	
	cadre	maîtrise	exécution	Pièces de rechanges	Consommable
Médéa Est	102319,00	257 984,69	401 423,66	31 350,00	0,00
Médéa Ouest	143 950,72	120 004,20	230 882,48	2 800,00	0,00
Berrouaghia	148 212,88	170 427,48	377 828,74	13 640,00	0,00
Beni Slimane	119 170,48	74 008,03	150 874,17	250,00	0,00
Ain Boucif	74 362,88	151 702,48	146 500,60	33 190,00	0,00
Total	588 015,96	774 126,88	1 307 509,65	81 230,00	0,00

Centre	**Autres frais d'exploitation En DA**			**Coût total En DA**
	1 : prestation	**2 : carburants**	**3 : matériaux**	
Médéa Est	**0,00**	**5 000,00**	**3 150,00**	**801 227,35**
Médéa Ouest	**0,00**	**15 000,00**	**0,00**	**512 637,40**
Berrouaghia	**0,00**	**15 000,00**	**0,00**	**725 109,10**
Beni Slimane	**0,00**	**10 000,00**	**0,00**	**354 302,68**
Ain Boucif	**0,00**	**10 000,00**	**0,00**	**415 755,96**
Total	**0,00**	**55 000,00**	**3 150,00**	**2 809 032,49**

IV.6. Conclusion :

Le rejet direct des eaux usées domestiques et des eaux résiduaires industrielles dans le milieu naturel perturbent l'équilibre aquatique de surface et souterrain, et la pollution de

l'environnement engendrée, menace la biodiversité de notre environnement, parfois d'une manière irréversible [73].

L'importance de l'eau dans l'économie humaine ne cesse pas de croître, à l'heure actuelle, 70 % de toute l'eau utilisée dans le monde entier est consommée dans l'agriculture [74]. Sous la pression des besoins plus en plus élevé en eau en Algérie qui connait de sérieuses difficultés en matière irrigation agricole, l'épuration des eaux usées est devenue l'une des solutions les plus utilisées pour satisfaire ces besoins, pour la recharge de nappe et pour sa réutilisation urbaine non alimentaire et industrielle. Les eaux traitées doivent répondre aux normes hygiéniques établies dans le journal officiel Algérien [75].

La réutilisation des eaux usées épurées ne constitue pas seulement un intérêt socio-économique mais aussi écologique. Dans ce contexte, notre travail vise à étudier l'épuration des eaux usées dans la station d'épuration de la ville de Médéa, sa conformité aux normes décrites dans le journal officiel Algérien avant son exploitation dans l'irrigation agricole et son impact sur l'environnement.

Conclusion générale

Qui dit épuration des eaux, dit également production de boues. Pourtant, dans un premier temps, l'objectif de ces stations a été essentiellement de garantir le rejet d'une eau de qualité définie. La tendance actuelle est différente car les boues, au même titre que l'eau épurée, sont considérées comme un élément qui contribue à l'impact environnemental d'une station d'épuration. Etc.).

Quelque soit la solution envisagée, compostage, incinération, valorisation agricole...etc. Le traitement coûte cher. C'est pourquoi réduire la production de boues, c'est réduire les coûts liés à la gestion de ces déchets par ordre croissant d'efficacité et de coût, l'épaississement, la déshydratation et le séchage. Dans tous les cas les boues extraites de la filière eau des stations de traitement contiennent principalement de l'eau (plus de 97%) et nécessitent donc d'abord d'être concentrées (épissées) puis déshydratées.

- Ce travail s'établit fixé comme objectif principale de contrôler le traitement des eaux usées urbaines par les procédés a boue activée utilisé par la station de traitement des eaux (ONA) de la ville de Médéa.
- Les analyses avaient pour le but de suivi de la qualité des eaux usées par des différents paramètres physico-chimiques. Pour que les microorganismes fassent leurs rôles, plusieurs conditions doivent être satisfaites :
    - L'oxygène : est un élément essentiel pour oxyder les matières organiques.
- Donc l'objectif principal de ce travail est de faire des analyses physico-chimiques sur les eaux usées de la station d'épuration de Médéa en vue d'optimiser ses paramètres de fonctionnement. Les échantillons ont été prélevés à l'entrée et à la sortie de la STEP. Les paramètres mesurés sont: la température, le pH, les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène après 5 jours (DOB5), l'azote ammoniacal ($NH4^+$), les nitrates ($NO3^-$), les nitrites ($NO2^-$), l'indice de MOHLMAN ,....etc.

Références bibliographiques

[1] J.R. Vaillant, **accroissement** et gestion des ressources en eau, éditions Eyrolles, **(**1977).

[2] R.Maachou, traitement aérobie et anaérobie d'un effluent agro-alimentaire. (2006).

[3] H. **Ghoualem, A. Khouider 2008**, evaluation and biologic treatment of an urban effluent, Desalination 222 (2008) 302–306.

[4] BLIEFERT et PERRAUD, **c**himie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. Edition de Boeck, (2001), pp 317 à 477.

[5] Bollags JM, (1973) ; Rodier et al, (2005), élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes.

[6] Duguet et al, réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine.1ere Edition. ASTEE (association Scientifique et Technique pour l'environnement), (2006).

[7] REJSEK, analyse des eaux : Aspects Réglementaires et Techniques. Edition SCEREM, 360p. Edition scrérén CRDPA quitaine ; Bordeaux (2002).

[8] DEGREMONT, livre page 20.

[9] Martin, le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris, 279p, (1979).

[10] Chellé et al, l'épuration des eaux : pourquoi et comment épuré Office international de l'eau, (2005).

[11] Eckenfelder, gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Ed. Lavoisier. Paris, 503p, (1982).

[12] BONTOUX, introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 166p, (1993).

[13] BADIA-GONDARD F, l'assainissement des eaux usées. Edition techni.cités, 231p, (2003).

[14] DEGREMONT, mémento technique de l'eau : 8ème édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 1200 p (1978).

[15] DES JARDINS, à partir d'un mémoire du monsieur metahri Mohammed Saïd (élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes (1990).

[16] VILAGINES, **e**au, environnement et santé publique .introduction à l'hydrologie, 2éme

Édition, Editions TEC et DOC, (2003).

[17] MESSROUK H, contribution à l'évaluation et au traitement des usées dans la région de Ouargla, Cas composés phénoliques, (2011).

[18] SATIN et SELMI, SATIN M., SELMI B., 1999. Guide technique de l'assainissement, 2ème édition. Edition LE MONITEUR, Paris, 680p, (1999).

[19] LABADI K et MOUKAR M., étude des performances de la station de traitement des eaux usées urbains par lagunage de la ville de Ouargla, Mem, Ing, Ecologie vegetale et environnement, univ, Ouargla (2010).

[20] RODIER J, analyse de l'eau, Édition Dunod, Paris, (2005).

[21] Jean RODIER et all, l'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édition. DUNOD. PARIS. 1996.

[22] R. SALGHI, différentes filières de traitements des eaux. Cours. Ecole nationale des sciences appliquées d'AGADIR. Université IBEN ZOHIR. ROAUME du MAROC, (2006).

[23] F. BERNIE et J. CORDONNIER., traitement des eaux. TCHNIP. France, Novembre (1991).

[24] Claude CARDOT, génie de l'environnement, les traitements de l'eau. Edition Ellipses. Paris, (1999).

[25] DEEJARDIN R., le traitement des eaux, 2éme édition de l'école Polytechnique de Montréal (1997).

[26] FAO, l'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation, pp 73, (2003).

[27] FRANCK.R., analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, pp 165-239, (2002).

[28] MONTIEL A, contrôle et préservation de la qualité microbiologique des eaux : traitements de désinfection. Rev. Fr. Lab, 364, pp 51-53, (2004).

[29] EFFEBI K R., lagunage anaérobie : modélisation combinant la décantation primaire et la dégradation anaérobie. Thèse Doctorat. Université de Liège Campus ? D'ARLON, pp 7-9.2, (2009).

[30] AFNOR, norme NFT9-101, détermination de la demande chimique en oxygène, Paris, (1988).

[31] Agence de l'eau, conception des stations d'épuration : les 50 recommandations, Etude Inter Agences N° 45, 1996, 56 p, (1996).

[**32] Brissaud F**, épuration des eaux usées urbaines par infiltration percolation : état de l'art et études de cas, (1993).

[33] Collectif, synthèse du fonctionnement du lagunage naturel de Vauciennes (Oise), CEMAGREF, SATESE de L'Oise, Agence de l'Eau Seine Normandie, Paris, (1984).

[34] Schetrite S, étude synthétique du fonctionnement du lagunage naturel de Vauciennes (Oise) : Octobre 81 à juillet 91, CEMAGREF, SATESE de l'Oise, Agence de l'Eau Seine-Normandie, Paris, (1994).

[35] Cooper P F, nitrification and denitrification in Hybrid Constructed Wetland systems. Chapter 12 in Transformations in Natural and Constructed Wetlands, Vymazal, J (Editor) to be published by Backhuys Publishers, Leiden, and The Netherlands from paper presented at workshop of the same name held at Trebon, Czech Republic, (2001).

[36] Montgomery W., Demonstration project in the treatment of domestic wastewater with constructed wetlands. Monitoring of Maintenance. Final report. LIFE95\UK \A13\GR\181\ THE, (1997).

[37] BOUZIANI M., la pénurie aux maladies ; édition Ibn-khaldoun, P 260, (2000).

[38] LABADI K et MOUKAR M., étude des performances de la station de traitement des eaux usées urbains par lagunage de la ville de Ouargla, Mem, Ing, Ecologie vegetale et environnement, univ, Ouargla, (2010).

[39] RICHARDE C, les eaux, les bactéries ; les hommes et les animaux ; Edition Elsevier ; Paris, P138, (1996).

[40] BERNIER B, DUMOULIN P-P et TETREAULT R, Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique Direction des politiques du secteur municipal. Service de l'expertise technique en eau. France, (2001).

[41] CARDOT C, Les traitements de l'eau – Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses, Paris : pp 247, (1999).

[42] SALEM A, rapport national de l'Algérie ; stratégie de la gestion des eaux dans le bassin méditerranéen, bureau d'étude d'ingénierie et de services BEIS Alger, P11-147, (1990).

[43] LADJEL F, exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes, p80, (2006).

[44] TCHIMOGO M, épuration des eaux usées de l'E.N.S.H par lagunage naturel. Mém .ing. Genie rurale. Blida.132p, (2001).

[45] KHADRAOUI A., TALEB S, qualité des eaux de sud Algerien. Pollution et impact sur le milieu. Ed. Khyam. 367p, (2008).

[46] JOCTEUR M., (2001). Chimie de l'environnement, air, eau, sols, déchets, j.m.

[47] AUBRY G. (2003). Enlèvement de l'azote des eaux usées par un procédé à culture fixée immergée. Université Laval. Québec.

[48] BELAID N. (2010). Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hadjeb- Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat. Université de Sfax.

[49] BOUALLA N., HADJ HASSAN B., BENZIANE A., DERRICH Z. (2011). L'expérience Algérienne en matière d'épuration des eaux usées. Science Lib Edition Mersenne : Volume 3, Issue 111115, 8p.

[50] CANLER J.P, PERRET J.M. (2007). Les Clari-floculateurs : Plus particulièrement utilisés en traitement tertiaire. Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable. Document technique FNDAE N°35, 80 p.

[51] CARDOT C. (1999). Les Traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses, Paris, 247p.

[52] CHOUBERT J.M., MARTIN-RUEL S., BUDZINSKI H., MIEGE C., ESPERANZA M., SOULIER C., LAGARRIGUE C., COQUERY M. (2011). Evaluer les rendements des stations d'épuration, apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées. Extrait numérique de Techniques Sciences Méthodes n° 1/2 de 2011.

[53] FAO. **(2003). Food and Agriculture Organisation**. L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation, 73 p.

[54] FRANCK R. (2002). Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, 165-239.

[55] FRESENIUS W., SCHNEIDER W., BOHNKE B., POPPINGHAUS K. (1990). Technologie des eaux résiduaires–Production, collecte traitement et analyse des eaux résiduaires, Springer–Verlag, Berlin, 1137 p.

[56] JORA. (2006). journal officiel de la république algérienne. Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3.

[57] REJSEK F. (2002). Analyse de l'eau : Aspects et règlementaire et technique .Ed CRDP d'Aquitaine. France, 358 p.

[58] RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., et BRUNET R. (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Paris: DUNOD, 1383p.

[59] SEVRIN REYSSAC J., DE LA NOUE J., PROULX D. (1995). Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 118p.

[60] BAHA SOUAD, BENSARI FATIMA, (2014), Epuration des eaux usées domestiques par les boues activées : Etude de la performance de STEP de AIN EL HOUTZ Mémoire de master en Hydraulique, université de Tlemcen.

[61] Mémento technique de l'eau. Formulaire Dégrémont. **Huitième édition 1978**.

[62] JEAN - CLAUDE BOEGLIN. Traitement biologique des eaux résiduaires. Revue techniques de l'ingénieur, Doc J 3 942-1.

[63] HATEM DHAOUADI(2008) Les procédés biologiques d'épuration Université Virtuelle de Tunis. www.gunt.de/download/CE705_flyer_french.pdf (consulté le 16/03/2016).

[64] CLAUDE CARDOT. Génie de l'environnement. Les traitements de l'eau " procédés physico chimiques et biologiques ". Juin 2002.

[65] BERLAND, Jean-Marc, DEPLAT, Laurent, MALRIEU, Jacques et PRONOST, **Joseph**. Stations d'épuration : Dispositions constructives pour améliorer leur Fonctionnement et faciliter leur exploitation. Paris, 1ere édition coordonnée par le Cemagref, 2002 [consulté février 2016]. Disponible sur le **web** http://www.fndae.fr/documentation/PDF/Fndae22bis.pdf.

[66] TEKFI KARIMA, étude des performances épuratoires d'une station d'épuration à boues activées, mémoire de PFE DEUA hydraulique, université de Tlemcen, 2006.

[67] Mémento technique de l'eau. Formulaire Dégrémont. Édition 2005.

[68] ROGER PUJOL - ALAIN VACHON ET GUY MARTIN. Document technique FNDAE N° 08. Guide technique sur le foisonnement des boues activées. CEMAGREF (octobre 1990).

[69] ANDREONI V. 1989: Anaerobic Digestion of Swine Slurry and agro-industrial Wastes in fixed bed up - flow digesters. Symposium NICE 4-6 avril. Technical Advances in biofilm reactor.

[70] JEAN-PIERRE CANLER. Document technique FNDAE N° 33. Dysfonctionnement biologiques des stations d'épuration : origine et solutions. CEMAGREF 2005.

[71] www.fndae.fe/documentation/PDF/fndae33_a.pdf (consulté le 01/03/2016).

[72] MAKRAM DAGHAR. Programme de formation « Partie exploitation et maintenance ». Direction de l'hydraulique de la wilaya de Batna février 2006.

[73] A.Y. Sahnoun, '*Caractérisation et valorisation des boues des stations d'épurations des eaux usées*', Mémoire de Magister, Dpt. Hydraulique, 159 p., USTO-MB, Oran, 2010.

[74] F. Chellé, M. Dellale, M. Dewachter, F. Mapakou et L. Vermey, *'L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer',* Office international de l'eau, 15 p., 2005.

[75] Décret exécutif N°93-160 du 10 juillet 1993 et décret exécutif N°06-141 du 19 avril 2006.