



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : **GÉNIE DES PROCÉDÉS**

Option : **GÉNIE DES PROCÉDÉS DE L'ENVIRONNEMENT**

THÈME

**SUIVIE DES PARAMETRES DE TRAITEMENT BIOLOGIQUE
AU NIVEAU DE LA ZONE27 DE LA RAFFINERIE D'ARZEW**

Présenté par

1- HAGANI Ahmed Izzeddine

2-MENAGGUER Nour EL Imene

Soutenu le 24/06/ 2024 devant le jury composé de :

Président :	Mr TERMOUL Mourad	MCA	Université de Mostaganem
Examinatrice :	Mme ABDELI Safia	MCA	Université de Mostaganem
Encadrante :	Mme ATTOUTI Salima	MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

En préambule à ce mémoire nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir accordé la foi, le courage, la volonté pour élaborer ce travail.

Nous remercions chaleureusement, notre directeur de mémoire docteur S. ATTOUTI, pour ses compétences scientifiques, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Parallèlement, je dois témoigner d'une marque de reconnaissance envers les membres de jury d'avoir accepté de évaluer ce travail.

Mes sincères remerciements s'adressent aussi à l'ensemble du personnel de la station d'épuration de l'unité 27 de la raffinerie d'Arzew et plus particulièrement à Mme BENDJEBBAR, et toute l'équipe du laboratoire de traitement des eaux pour leur gentillesse, leur aide et leurs conseils, qui m'ont beaucoup aidé au cours des expériences.

Et enfin, mon sincère remerciement à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements nos chères familles nos parents qui sont la cause de toutes les bonnes choses de notre vie.

Dédicace

J'ai toujours pensé faire où offrir quelque chose à mes parents en signe de reconnaissance pour tout ce qu'ils ont consenti des efforts rien que pour me voir réussir, et voilà, l'occasion est venue.

A ceux qui m'ont donné la vie, symbole de beauté et de fierté, de sagesse et de patience.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage, à qui je dois de l'amour et la reconnaissance .A ma chère mère et mon cher père A mes sœurs. Mes neveux et mes nièces A tous les enseignants qui ont contribué à ma formation tout au long de ma vie d'étudiante. Et enfin à tous ceux qui me connaissent.

NOUR EL IMENE

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes très chères parents : qui ont toujours étaient présents et en cru moi et m'ont aidé
à atteindre mes objectifs.

A mes frères je vous souhaite ; plein de succès et beaucoup De bonheur dans votre vie.

Aussi à tous mes ami(e)s : Pour les moments forts et agréables que nous avons Passé
ensemble.

AHMED IZZEDDINE

تلخيص

كان تأثير الزيادة في محتويات فورفورال على المعالجة البيولوجية للنفايات السائلة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي 27U في مصفاة أرزيو موضوع عملنا.

تركز دراستنا من ناحية ، على التوصيف الفيزيائي الكيميائي للنفايات السائلة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي هذه وتبين نتائج التحليلات الفيزيائية-الكيميائية للنفايات السائلة من هذه المحطة أن لها طابعا أساسيا قليلا (PH=7.8) ، وأن تحديد بارامترات مؤشر التلوث مثل الطلب البيولوجي على الأوكسجين ، والطلب الكيميائي على الأوكسجين ، والمواد الصلبة العالقة ، يعطي في المتوسط: DBO5=25مغ/لتر, DCO =100مغ/لتر ؛

MES= 25 مغ/لتر عند الخروج إلى البحر. تتوافق هذه القيم مع معايير التصريف في البحر ، ومع ذلك ، تم تسجيل محتويات فورفورال عالية خلال فترة الاستغلال.

يتم تحقيق معدل تحلل بيولوجي أفضل من فورفورال لتركيزات أقل من 56 جزء في المليون ، والتي تصل إلى 100٪ وفقا للاختبارات التي أجريت ، مع الحفاظ على تهوية جيدة وإمدادات كافية من العناصر الغذائية مثل النيتروجين والفوسفور للكائنات الحية الدقيقة. ومع ذلك ، يمكن أن تصبح الزيادة في تركيزات فورفورال هذه عاملا مقيدا يؤثر على عمليات التحلل البيولوجي للحماة المنشطة.

الكلمات المفتاحية: فورفورال ، الكائنات الحية الدقيقة ، التلوث ، التدهور النفايات السائلة

Abstract

The influence of the increase in Furfural contents on the biological treatment of the effluent from the U27 wastewater treatment plant at the Arzew refinery was the subject of our work.

Our study focuses on the one hand, on the physico-chemical characterization of the effluent from this wastewater treatment plant.

The results of the physico-chemical analyses of the effluent from this station show that they have a slightly basic character (pH=7.8) and the determination of the pollution indicator parameters such as the biological oxygen demand (BOD), the chemical oxygen demand (COD) and the suspended solids (MES), gives on average: BOD 5=25 mg/l, COD=100 mg/l; MES=25 mg/l at the exit to the sea. These values comply with the standards of discharges to the sea, however, high Furfural contents were recorded during the period of exploitation.

A better Furfural biodegradation rate is obtained for concentrations below 56 ppm, which reaches 100% according to the tests carried out, while maintaining good aeration and an appropriate supply of nutrients such as nitrogen and phosphorus to microorganisms. However, an increase in these Furfural contents could become a limiting factor affecting the processes of biodegradation by activated sludge.

Key words : Furfural, microorganisms, pollution, degradation, effluents.

Résumé

L'influence de l'augmentation des teneurs en Furfural sur le traitement biologique de l'effluent de la station d'épuration **Z27** au niveau de la raffinerie d'Arzew a fait l'objet de notre travail.

Notre étude porte d'une part, sur la caractérisation physico-chimique de l'effluent de cette station d'épuration.

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'effluent de cette station montrent qu'ils présentent un caractère légèrement basique (pH=7.8) et la détermination des paramètres indicateurs de pollution telles que la demande biologique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO) et les matières en suspension (MES), donne en moyenne : DBO₅=25 mg/l, DCO=100 mg/l MES=25 mg/l à la sortie vers la mer. Ces valeurs sont conformes aux normes de rejets vers la mer, cependant, des teneurs élevées en Furfural ont été enregistrées durant la période de l'exploitation.

Un taux de biodégradation de Furfural meilleur est obtenu pour des concentrations inférieures à 56 ppm, qui atteint 100 % selon les essais effectués, tout en maintenant une bonne aération et un apport approprié de nutriments tels que l'azote et le phosphore aux micro-organismes. Toutefois, une augmentation de ces teneurs en Furfural pourrait devenir un facteur limitatif affectant les processus de biodégradation par boue activée.

Mots clés : Furfural, micro-organismes, pollution, dégradation, effluents.

Sommaire

Introduction Générale.....	1
Chapitre I : Traitement des effluents de la raffinerie d'Arzew RA1Z	
I.1. Présentation de la raffinerie d'Arzew	3
I.1.1 Historique	3
I.1.2 Capacité de traitement.....	3
I.1.3 Présentation des installations de production.....	4
I.1.3.1 Département production de P1	4
I.1.3.2 Département production de P2	5
I.1.3.3 Département production de P3	5
I.1.3.4 Département production de P4	6
I.2 Présentation de traitement des effluents.....	6
I.2.1 Description de l'unité 1800	6
I.2.2 Description l'unité zone 27	7
I.2.3 Principales étapes de traitement pour la zone 27.....	8
I.2.3.1 Prétraitement.....	8
I.2.3.2 Traitement primaire.....	8
I.2.3.3 Traitement secondaire	9
I.2.3.4 Traitement tertiaire.....	10
I.2.3.5 Traitement de boue	10
Chapitre II : Généralité sur les eaux usées et Procédés de traitement biologique	
II.1.Définition	11
II.1.1 Les caractéristiques des eaux polluées (usées).....	11
II.1.2 Mesure de la pollution : pourquoi et comment ?.....	11
II.2.Les paramètres caractéristiques des eaux usées	12
II.2.1 Les paramètres physiques	12
II.2.1.1 La température.....	12
II.2.1.2 Les matières en suspensions	12
II.2.1.3 Les Matière Volatiles en Suspensions	13
II.2.1.4 Les matières minérales.....	13

II.2.2 Les paramètres chimiques	13
II.2.2.1 Demande biochimique en Oxygène	13
II.2.2.2 Demande chimique en Oxygène	13
II.2.2.3 Potentiel Hydrogène	14
II.2.2.4 Conductivité	15
II.2.2.5 L'oxygène Dissous.....	15
II.2.3 Autres éléments	15
II.2.3.1 Carbone organique total	15
II.2.3.2.Le Phosphore total	15
II.2.3.3.les hydrocarbures	16
II.3.Normes Algériennes de rejet :.....	17
II.4 Principes de base du traitement biologique des eaux usées	18
II.4.1.Classifications des bactéries.....	18
II.4.1.1 Classification selon le mode d'obtention de l'énergie.....	18
II.4.1.2 Classification selon l'utilisation de l'oxygène.....	18
II.4.1.3 Classification selon le comportement vis-à-vis de la chaleur.....	18
II.4.2 Traitement aérobie	18
II.4.3 Boues activées	19
II.4.4 Réacteur batch séquentiel.....	20
II.4.5 Base unifiée pour la conception et la modalisation	20
II.4.6 Mode de fonctionnement du réacteur à batch séquentiel.....	21
II.4.7 Conception du réacteur à batch séquentiel.....	22
II.4.8 Les avantages et des inconvénients d'un SBR	22
Chapitre III : Matériels et Méthodes	
III.1.Introduction.....	24
III.2 Furfural (Aniline éthanal)	24
III.2.1 Origine du furfural.....	24
III.2.1 Propriétés physico-chimiques	24
III.2.2 Impact sur l'environnement	25

III.2.3 Impact de la pollution sur l'homme	26
III.3 Echantillonnage.....	26
III.3.1 Mesure du pH.....	26
III.3.2 Mesure de la teneur en furfural.....	26
III.3.3 Mesure de la teneur en hydrocarbures.....	27
III.3.4 Mesure de la DBO5	27
III.3.5 Mesure de la DCO (demande chimique en oxygène).....	28
III.3.6 Mesure de conductivité.....	29
III.3.7.Détermination du volume de boue décanté (SV-30).....	29

Chapitre IV : Résultats et Discussion

IV.1 Performances de fonctionnement de la station (Unité 27)	30
IV.2 Variation de la demande chimique en oxygène	31
IV.3 La teneur en furfural	32
IV.4 Impact du solvant furfural sur le traitement biologique	33
IV.5 Impact de furfural sur La couleur	35
IV.6 Les paramètres modifiés pour éliminer le furfural	36
IV .7 Observation microscopique des microorganismes épurateurs.....	37
IV.8 Conclusion.....	38

Conclusion_Générale

Recommandations

Bibliographie

Liste des figures

Figure I.1 : Les différentes étapes de prétraitement et traitement primaire.....	08
Figure II.1 : Procédé par boue activée.....	19
Figure II.2 : vue de dessus SBR avec système d'aération et de recirculation des boues Mixte.....	20
Figure II.3 : L'opération de fonctionnement d'un SBR.....	21
Figure III.1 : Structure de Furfural.....	24
Figure III.2 : Analyseur d'hydrocarbures.....	27
Figure III.3 : L'incubateur.....	28
Figure III.4 : Analyseur de la DCO.....	29
Figure IV.1 : Evolution de la teneur en furfural à l'entrée de la station.....	33
Figure IV.2 : Evolution de la teneur en SV-30 à le bassin de traitement biologique SBR « B ».....	34
Figure IV.3 : Evolution de la teneur en MS à le bassin de traitement biologique SBR « B ».....	34
Figure IV.4 : L'eau contaminée en présence de furfural.....	35
Figure IV.5 : L'eau contaminée en absence de furfural.....	36
Figure IV.6 : Micro-observation des diverses bactériennes.....	37

Liste des tableaux

Table I.1. Capacité de production des différents produits pétroliers en 2016.	3
Table II.1. échelle de valeurs de DBO5	13
Table II.2. Classification des eaux d'après leur pH.	14
Table II.3. Les caractéristiques des eaux usées.	17
Table II.4. Valeurs limites maximales des paramètres de rejet d'effluents liquides industriels (normes algériennes).	18
Table III.1. Propriété physicochimiques du furfural.	25
Table IV.1. Paramètres physico-chimiques de l'effluent à l'entrée de la station d'épuration U27.	30
Table IV.2. Paramètres physico-chimiques de l'effluent à la sortie de la station d'épuration U27(SVM).	31
Table IV.3. Mesure La demande chimique en oxygène (DCO).	32
Table IV.4. Mesure la teneur en Furfural en fonction du temps.	32
Table IV.5. Mesure la teneur en SV-30 et MS et DBO5.	34

Liste des abréviations

P1, P2, P3, P4 : Unités de Production.

API : American Institut Petroleumn.

DBO : Demande Biologique en Oxygène.

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

HC : Hydrocarbures.

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.

IGF : Induced Gaz Flotation.

MES : Matières En Suspension.

pH : Le Potentiel d'Hydrogène.

Ppm : Partie par million.

PT : Phosphore Total.

MO : Matières Organiques.

MMS : Les Matières Minérales en Suspension.

MVS : Les Matières Volatiles en Suspension.

MS : La matière sèche

RA1Z : Raffinerie d'Arzew.

K : Rapport de biodégradabilité.

SBR : Bassin à Réacteur Séquentiel.

DO : Oxygène Dissout.

SV-30 : Volume de boue décanté après 30 minutes.

STEP : Station de Traitement des Eaux Polluées.

Z27 : Zone 27.

TRH : Temps de Rétention Hydraulique.

COT : Temps de Rétention Hydraulique.

Introduction Générale

Pour l'industriel, l'eau est devenue un critère important dans la productivité.

L'augmentation des besoins en eau continue, dans la grande majorité des techniques de fabrications industrielles, elle les conduit à faire face à un certain nombre de contraintes liées à cette consommation qui génèrent par conséquent de grandes quantités d'eaux résiduares.

Un approvisionnement approprié en eau de bonne qualité est essentiel au développement continu de n'importe quelle société. La pollution de l'eau est définie comme la détérioration de sa qualité naturelle due aux rejets continus de produits nocifs en concentrations excessives. Les dernières données sur la consommation totale d'eau suggèrent que le total des prélèvements d'eau augmente régulièrement. Les effluents rejetés doivent répondre aux normes de rejet en mer Méditerranée selon les conditions environnementales, car depuis quelques années, les lois imposent aux industriels de payer une taxe sur les déchets liquides ou solides, qui dépend du volume de ces derniers, voire de la fermeture de l'entreprise, qui diffère par l'environnement naturel d'une eau mal traitée.

Le problème majeur que peut rencontrer une raffinerie de pétrole durant le traitement des eaux usées est la présence de quantités importantes d'hydrocarbures et de solvants tels que le furfural et Méthyl éthyle cétone dans les rejets liquides.

Les hautes teneurs en furfural provoquent non seulement un problème de pollution, mais affectent également le fonctionnement des micro-organismes au niveau du réacteur à batch séquentiel. Pour ce solvant, la société Siemens qui détient le brevet de la station d'épuration au niveau de la raffinerie d'Arzew a recommandé que la teneur maximale admissible du furfural dans le traitement biologique soit de 0,1 ppm.

L'expérience a montré qu'il est très difficile voire impossible de respecter cette teneur. À chaque fois, les opérateurs responsables de la station d'épuration sont obligés de contourner le traitement biologique (SBR) et d'envoyer l'eau à la mer. Ce problème nous a poussés à faire une étude expérimentale sur la biodégradabilité du furfural.

L'objectif général de ce travail est d'étudier, une appréciation de la qualité des rejets à l'entrée et à la sortie de la STEP et de suivre la biodégradation du furfural dans le traitement biologique au niveau de réacteur à batch séquentiel.

Cette thèse se compose de quatre chapitres, le premier chapitre est une description du complexe de la Raffinerie d'Arzew et une description du traitement des effluents de la raffinerie d'Arzew.

Le deuxième chapitre est consacré aux généralités sur les eaux usées et aux procédés de traitement biologique.

Le chapitre troisième, donne le mode d'échantillonnage et les différentes méthodes d'analyses appliquées au laboratoire de RA1Z. L'objectif du chapitre quatrième est d'interpréter et de discuter des résultats obtenus.

Enfin, ce travail est clôturé par une conclusion générale et des recommandations pour remédier à la problématique engendrée par le dysfonctionnement de l'épuration biologique dans l'unité de traitement des effluents de la zone 27.

CHAPITRE I

Traitement des effluents de la raffinerie d'Arzew RA1Z

I.1. Présentation de la raffinerie d'Arzew

La raffinerie de pétrole Arzew Oran en Algérie a une histoire qui remonte aux années 1950. Elle a été construite dans le cadre d'un accord de coopération entre l'Algérie et la France, qui visait à développer l'industrie pétrolière dans le pays.

I.1.1 Historique

La raffinerie d'Arzew est considérée comme un important complexe industriel construit dans le cadre du premier plan quinquennal dans les années 1970 d'une société japonaise (société japonaise JAPAN GASOLINE CORPORATION). Elle occupe une superficie de **170** hectares de la zone industrielle sur le plateau d'El Mohgoun à environ **40** kilomètres d'Oran et environ 5 km de la mer Méditerranée. En 1982, d'autres unités ont été rajoutées et en **2010**, elle a procédé à la modernisation de ces unités de production avec lancement des projets ambitieux.

I.1.2 Capacité de traitement

La raffinerie d'Arzew traite **3,8** millions de tonnes de pétrole brut de Hassi-Massaoud par an et réduit les importations de pétrole brut de **120 000** tonnes par an pour la production de bitume.

Table I.1. Capacité de production des différents produits pétroliers en 2016. [1]

Produits	Tonne/an
Propane	21 775
Butane	93 772
Essence normale	62 888
Essence super	298 693
Naphta	598 404
Fuel BTS	925 525
Fuel HTS	59 205
Kérosène	138 907
Gasoil	1 478 368
Huile finis	103 752
Huile de base	14 915
Graisse	1017
Paraffine	0
Bitume routier	96 420
Bitume oxydé	7 916

I.1.3 Présentation des installations de production

La raffinerie d'Arzew comprend quatre départements de production :

I.1.3.1 Département production de P1

Les installations sont constituées de :

• Zone 3 : Utilités :

Elle comprend les unités suivantes :

- Unité 31 : Production de vapeur
- Unité 32 : Production de l'eau distillée
- Unité 33 : Circuit d'eau de refroidissement
- Unité 34 : Production d'électricité GTG (turbine à gaz)
- Unité 35 : Récupération et distribution du gaz combustible.
- Unité 36 : Unité d'air comprimé, production gaz inerte
- Unité 67 : systèmes du Réseau d'eau anti-incendie.

• Zone 4 : Carburants :

Elle comprend les unités suivantes :

- Unité 11: Unité de distillation atmosphérique « Topping »
- Unité 12 : Unité de reforming.
- Unité 13 : Séparation des gaz « Gas Plant »
- Unité 17 : Unité d'isomérisation
- Unité 18 : Huile chaude « hot oil »
- Unité 65 : Torche des gaz.

• Zone 7 : Lubrifiants :

Elle comprend les unités suivantes :

- Unité 21 : Distillation sous vide.
- Unité 22 : Désasphaltage au propane.
- Unité 23_: Extraction au furfural des aromatiques.
- Unité 24_: Déparaffinage au MEK-Toluène.
- Unité 25 : Hydrofinishing.

• Zone 10 : Bitumes :

Cette zone est composée de deux unités :

- Unité 14 : Bitumes routiers.

- Unité 15 : Bitumes Oxydés.
- Unité 45 : Conditionnement et de stockage des bitumes.

I.1.3.2 Département production de P2

En **1978**, suite aux besoins importants en lubrifiants, la réalisation d'un ensemble de production de **120000 T/an** d'huile de base fut lancé .Le démarrage de cet ensemble fut en **1984**.

Il comprend trois Zones :

• Zone 19 : Utilités :

Elle comprend les unités suivantes :

- Unité 1100 : Production de la vapeur.
- Unité 1200 : Production de l'électricité.
- Unité 1300 : Tour de refroidissement.
- Unité 1400 : Fuel gaz.
- Unité 1500 : Unité d'air comprimé.
- Unité 1600 : Production de l'eau distillée.
- Unité 1700 : La torche.
- Unité 280 : Production de gaz inerte (azote)

• Zone 5 : Lubrifiants :

Elle comprend les unités suivantes :

- Unité 100 : Distillation sous vide.
- Unité 200 : Désasphaltage au propane.
- Unité 300 : Extraction des Aromatiques.
- Unité 150 : Hot oil.
- Unité 160 : Traitement des eaux acide.
- Unité 400 : Déparaffinage au MEK-Toluène.
- Unité 500 : Hydrofinishing.
- Unité 600 : Hydrotraitement de la paraffine.

I.1.3.3 Département production de P3

• ZONE 6 : Fabrication des huiles finies et graisses

Elle comprend les unités suivantes :

- Unité 3000 :Huiles finies.
- Unité 3100 : Blending des huiles.
- Unité 3200 : Graisses.

- Unité 3300 : Conditionnement de la paraffine.
- Unité 3600 : Remplissage des huiles en vrac.
- Unité 3900 : Conditionnement et emballage des huiles finies.

I.1.3.4 Département production de P4

- **Zones 28** : Stockage, mélange et expédition.

Cela implique le stockage de produits finis tels que le carburant, le GPL ainsi que les additifs chimiques, le pétrole brut Hassi-Messaoud et les mélanges d'essence.

La tâche finale consiste à transporter les produits finis par camion (propane, butane, essence, diesel), par pipeline et par bateau jusqu'au ISI.

I.2 Présentation de traitement des effluents

Les effluents rejetés par la raffinerie doivent répondre aux normes de rejet en mer Méditerranée selon les conditions environnementales. Ces derniers présentent un large spectre de polluants solides ou dissous ; la RAIZ a été obligée de construire une nouvelle unité de traitement des effluents pour faire la combinaison entre les unités de production et les normes de rejet. Alors la RAIZ contient 2 stations d'épuration : l'unité 1800 (l'ancienne) qui a pour but de traiter les eaux usées venant du P2/P3, et la zone 27 (la nouvelle) qui a pour but de traiter les eaux usées venant du P1, P3 et P4 [25].

I.2.1 Description de l'unité 1800

Cette station d'épuration a pour but de traiter un débit de 83 m³/h en moyenne des effluents de la raffinerie provenant des départements de production P2 /P3. Ces effluents traités doivent répondre aux normes des rejets vers la mer.

Donc ils proviennent des égouts suivants :

- **Egout N°25** : eaux claires
- **Egout N°26** : eaux huileuses
- **Egout N° 27** : eaux de procédés
- **Egout N° 28** : eaux à forte salinité

Pour obtenir des effluents traités répondant aux normes de rejet, cette station d'épuration subit la pyramide de traitement suivante

▪ **Prétraitement** :

- **Dégrillage** : il s'agit d'enlever les matières volumineuses de l'effluent.
- **Dessablage** : il a pour but d'extraire le sable et les particules minérales plus ou moins fines en

suspension, de manière à éviter l'abrasion des pompes et conduites en aval.

- **Dégraissage** : C'est une opération destinée à réduire les graisses et huiles nonémulsionnées par simple entrainement physique en surface.

▪ **Traitement primaire :**

- **Déshuilage (bassins API)** : permet par gravité suivant la loi de Stokes de réduire la teneur en hydrocarbures libre.
- **Coagulation et floculation** :
 - la coagulation permet de décharger les matières colloïdales.
 - la floculation a pour but d'accroître le volume et la cohésion du floc formé par la coagulation.
- **La flottation** est un procédé de séparation des floes formés au niveau de la coagulation et de la floculation. Elle est caractérisée par la pressurisation effectuée dans un ballon d'air qui assure un contact intime des microbulles et des floes formés, cela permet leurs évacuations en surface dans le flottateur.

▪ **Traitement secondaire :**

- **Traitement biologique** : Le procédé consiste à provoquer le développement d'un floc bactérien (boue activée) dans un bassin d'aération alimenté en effluent prétraité.
- **Clarification** : La liqueur de boues activées est ensuite transférée dans un clarificateur où s'effectue la séparation entre la boue et l'eau.

▪ **Traitement tertiaire :**

Filtration sur sable : La filtration a pour but de retenir les particules en suspension dans l'eau, soit que ces particules existent dans l'eau brute, soit qu'elles aient été formées par une coagulation préalable.

▪ **Traitement de la boue :**

Epaissement : Permet de diminuer le volume d'eau contenu dans la boue et elle est traitée au niveau de la zone 27 par une centrifugation puis une incinération.

I.2.2 Description l'unité zone 27[2]

Cette station est une nouvelle station de traitement des eaux usées issue du système de drainage des unités de production P1, P3 et P4. Cette zone dispose d'un réseau d'assainissement séparé, collectant les eaux usées et pluviales ainsi que les eaux usées vers la station d'épuration. Elle est conçue pour traiter des eaux usées avec un débit de 200 m³/h et avec des caractéristiques.

I.2.3 Principales étapes de traitement pour la zone 27

La station d'épuration des eaux usées (unité 27) comprend les étapes suivantes :

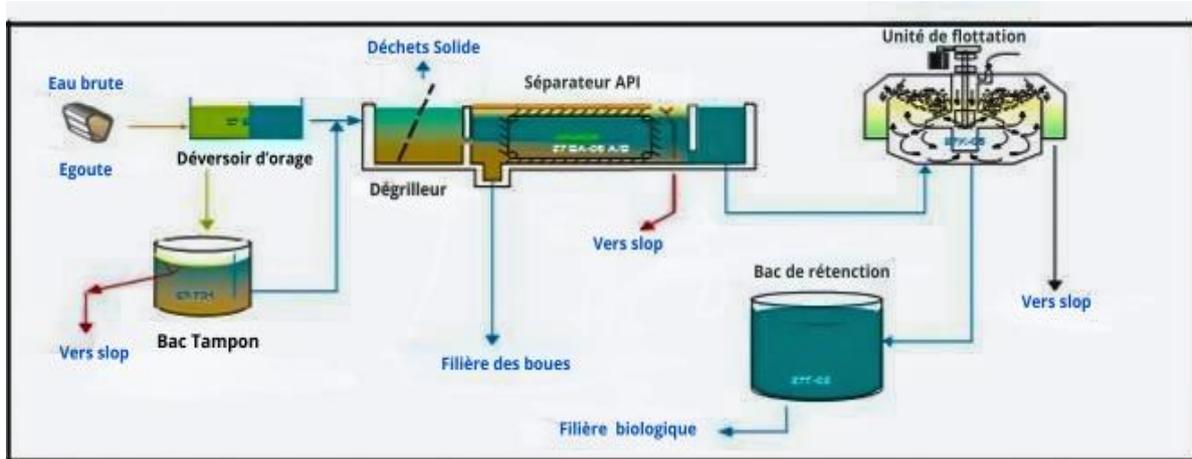


Figure I.1 : Les différentes étapes de prétraitement et traitement primaire.

I.2.3.1 Prétraitement

- **Déversoir d'orage** : Cet ouvrage permet d'alimenter gravitairement en eau usée le nouveau déshuileur API avec un débit max de 200 m³/h et le surplus (cas pluvial) se déversera dans le bassin d'orage.
- **Bassin d'orage** : C'est un ouvrage en béton armé composé de trois différentes zones :
 1. Une chambre de pré-sédimentation des matières en suspension véhiculées par les eaux pluviales, des pompes immergées assurent l'extraction des boues vers l'épaisseur.
 2. Une zone de déshuilage où les huiles et les flottants sont extraites par un déversoir flottant vers la fosse des flottants.
 3. Une station de pompage qui évacue les eaux vers le bac tampon.
- **Bac tampon** : Le bassin tampon est un bac métallique où les eaux pluviales chargées en pollution sont stockées puis traitées par la station d'épuration, cet ouvrage est équipé d'une barrière de rétention des flottants et d'une goulotte de récupération des huiles.

I.2.3.2 Traitement primaire

- **Dégrillage** : élimination des déchets volumineux par un dégrilleur motorisé.
- **Déshuilage API** :

Le déshuileur est composé de deux canaux en parallèle, chacun équipé d'une chaîne avec racleurs assurant le raclage des boues vers la fosse à boues et les flottants vers la goulotte de récupération des surnageant.

➤ Système de flottation IGF

Les eaux usées issues de l'API seront envoyées vers l'unité de flottation par des pompes immergées.

L'unité de flottation permettra un meilleur abattement des matières colloïdales et les huiles dissoutes dans les eaux par technique de flottation à gaz induit.

L'IGF exige l'ajout de coagulant (Sulfate d'Aluminium), la réaction de base lors de l'ajout d'un sel d'aluminium dans une eau, est la précipitation de l'hydroxyde d'aluminium et la libération d'acide.



➤ Bac de rétention :

C'est un ouvrage métallique avec un volume utile égal à 2400 m³, il permet le stockage des eaux traitées issues de l'API et assure une alimentation des réacteurs biologiques séquentiels avec un débit maximum de 400 m³/h.

I.2.3.3 Traitement secondaire

C'est un système à boue activée qui sert à éliminer la matière organique, l'azote et le phosphore par oxydation dans un bassin à réacteur séquentiel (SBR) où l'aération et la clarification sont réalisées dans le même bassin. Un cycle unique pour chaque réacteur est composé de cinq périodes : [3]

• Remplissage :

En anoxie : durant le remplissage en anoxie, la DBO soluble est absorbée et stockée par de la biomasse jusqu'au début de l'injection d'air qui va métaboliser la nourriture.

Avec aération : durant l'aération et la recirculation, la biomasse commence à métaboliser la nourriture (pollution) qui a été déjà absorbée, et cela jusqu'à ce que le niveau haut du bac soit atteint.

- **Réaction** : après le remplissage du bassin, à son niveau haut, commence la biodégradabilité de la pollution (DBO) et sa consommation totale par les micro-organismes.
- **Stabilisation** : arrêt de l'aération, stabilisation et décantation de la biomasse.
- **Récupération de l'eau traitée** : après la décantation, la récupération de l'eau traitée est envoyée vers la mer.
- **Arrêt / récupération de la boue** : lorsque l'arrêt du réacteur pour recevoir un autre batch, la boue récupérée est envoyé vers l'épaississeur.

I.2.3.4 Traitement tertiaire

La filtration est utilisée pour éliminer les particules solides de l'eau traitée.

I.2.3.5 Traitement de boue

- **Epaississement** : Réduire la teneur en eau des boues.
- **Centrifugation** : la déshydratation de la boue par l'injection de produit chimique (un polymère).
- **Incinération** : c'est un réacteur à lit fluidisé contenant du sable ayant pour but d'incinérer la boue sortie de centrifugeuse pour avoir une boue inerte.

CHAPITRE II

Généralité sur les eaux usées et les procédés de traitement
biologique

II.1 Définition

Une eau usée est une eau chargée de substances minérales ou biologiques issues de l'activation humaine provoquant, sous une concentration anormale, une dégradation de la qualité de l'eau naturelle du milieu récepteur [4].

II.1.1 Les caractéristiques des eaux polluées (usées)

Les eaux usées sont caractérisées selon leur composition physique, chimique et biologique.

En fonction des niveaux de contaminants et des réglementations locales, des méthodes de traitements physiques, chimiques et/ou biologiques seront utilisées. La plupart du temps, nous combinons les trois méthodes de traitement pour obtenir la meilleure qualité d'eau.

Les caractéristiques des eaux usées varient considérablement selon les industries. Par conséquent, les caractéristiques particulières détermineront les techniques de traitement à utiliser pour satisfaire aux exigences en matière de rejets conformes.

Les eaux polluées contiennent des produits organiques, minéraux ou métalliques qui altèrent leur état naturel, la présence de ces substances dans l'environnement peut entraîner des modifications physiques et chimiques, les polluants sont classés en fonction de leur toxicité et de leur impact sur la faune et la flore. Les polluants C-N-P, qui sont riches en carbone, azote et phosphate, sont les plus abondants et peuvent avoir des effets néfastes sur les écosystèmes, même s'ils ne sont pas directement toxiques pour les êtres vivants. Les conditions créées par la pollution peuvent priver certaines espèces d'éléments nutritifs ou d'oxygène, ce qui peut entraîner la mort de la faune et de la flore ou entraver leur migration.

II.1.2 Mesure de la pollution : pourquoi et comment ?

Une connaissance exacte de la production polluante s'avère indispensable pour :

- Apprécier les apports en milieu naturel et, corrélativement, établir une relation plus étroite entre les rejets et la qualité du milieu naturel.
- Déterminer, dans le cadre réglementaire de l'autocontrôle, les caractéristiques de la pollution émise et vérifier si les valeurs limitées de rejet, exprimées en flux ou charges de pollution (voir Nota) et en concentration, sont en conformité avec les exigences imposées par la législation.
- Porter un jugement sur l'efficacité et la fiabilité d'une installation de traitement dans le cadre de la mise en œuvre des dispositions de surveillance prévues par la réglementation.
- Optimiser et fiabiliser le fonctionnement des ouvrages d'épuration afin d'améliorer leur gestion et leur entretien.

Nota : la charge de pollution exprime la quantité journalière du rejet d'un polluant particulier.

C'est le produit, exprimé en g/j, du débit journalier (en m³/j) par la concentration de ce polluant (en g/m³) dans le rejet.

Pour atteindre ces objectifs, la mesure et l'évaluation quantitative de la pollution nécessitent obligatoirement :

- Le prélèvement d'un échantillon représentatif de l'eau soumise à l'analyse.
- La mesure des débits horaires et/ou journaliers dans de bonnes conditions.
- La détermination de la concentration du ou des polluants présents dans l'eau considérée, ce qui implique le choix du ou des paramètres représentatifs de la pollution.

II.2. Les paramètres caractéristiques des eaux usées

La composition des eaux résiduaires industrielles s'apprécie à travers des paramètres physico-chimiques ou biologiques.

II.2.1 Les paramètres physiques

II.2.1.1 La température

La température de l'eau est un paramètre qui apporte du confort aux utilisateurs. Il permet également de corriger de précieux paramètres analytiques liés à la température (notamment la conductivité).

De plus, en mettant en évidence les contrastes de température de l'eau dans l'environnement, des informations sur l'origine et le débit de l'eau peuvent être obtenues.

La température doit être mesurée sur place.

II.2.1.2 Les matières en suspension

Bien que la frontière entre matière en suspension et matière colloïdale soit très imprécise, il est d'usage, en traitement d'eau, d'appeler «matière en suspension» des impuretés solides caractérisées par le fait que :

Elles sont visibles à l'œil nu ou en tout cas avec une loupe ou un microscope à faible grossissement.

Elles sont séparables par filtration relativement grossière, par exemple sur un papier filtre rapide de laboratoire, ou sur une couche de sable.

Les MES affectent directement la vie aquatique. Bien que les travaux relatifs à l'influence de la turbidité sur les organismes vivants dans les eaux soient peut nombreux, on a noté que les effets des MES sont du même ordre que ceux relatifs à l'O₂ dissous [4].

II.2.1.3 Les Matières Volatiles en Suspension

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension. Ces matières disparaissent au cours d'une combustion et sont mesurées à partir des matières en suspension (résidu à 105°C) en les calcinant dans un four à $525^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ pendant deux heures [4].

II.2.1.4 Les matières minérales

Les matières minérales représentent le résidu des matières en suspension après calcination à $525 \pm 25^{\circ}\text{C}$. Les matières sèches totales ou extraites sec obtenues par évaporation directe, sont plus rarement mesurées [4]

II.2.2 Les paramètres chimiques

II.2.2.1 Demande biochimique en Oxygène

La DBO_5 comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie.

En ce qui concerne la vie aquatique et la productivité piscicole, la présence de matières organiques semblerait plutôt souhaitable à moins que la DBO_5 , par un effet indirect provoque une diminution de la teneur en O_2 dissous qui affecte alors la vie du poisson [4].

Table II.1 : Échelle de valeurs de DBO_5 .

Situation	$\text{DBO}_5(\text{mg d'O}_2/\text{l})$
Eau naturelle pure et vive	$C < 1$
Rivière légèrement polluée	$1 < C < 3$
Egout	$100 < C < 400$
Rejet station d'épuration efficace	$20 < C < 40$

II.2.2.2 Demande chimique en Oxygène

La DCO est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C . Elle est exprimée en $\text{mg O}_2/\text{l}$.

La vie aquatique est affectée par un taux trop élevé de matières organiques en raison de la réduction d'oxygène dissous qu'elles entraînent.

La DCO peut être réalisée plus rapidement que la DBO (oxydation forcée) et donne une image de la matière organique présente, même quand le développement de micro-organismes est impossible (présence d'un toxique par exemple).

La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la DBO_5 et la DCO est donnée par l'équation suivante :

$$MO = (2DBO_5 + DCO)/3 \quad (2)$$

Le rapport DCO/DBO_5 permet de juger la biodégradabilité d'un effluent et par conséquent l'intérêt du choix d'un procédé d'épuration biologique, soit.

$$K = DCO/DBO_5 \quad (3)$$

Si $K \leq 2,5$: l'effluent peut être facilement épuré par les traitements biologiques.

Si $2,5 \leq K \leq 5$: l'épuration nécessite soit un traitement chimique, soit un apport de micro-organismes spécifiques à l'élément chimique dominant dans l'eau résiduaire.

Si $K \geq 5$: l'épuration biologique est impossible car les micro-organismes ne pouvant vivre dans une telle eau et seul les traitements chimiques adéquats peuvent donner des résultats.

II.2.2.3 Potentiel Hydrogène

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 et 9. 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. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9.

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie [5].

Table.II.2 : Classification des eaux d'après leur pH.

pH<5	Acidité forte → présence d'acides minéraux ou organiques Dans les eaux naturelles
pH=7	pH neuter
7<pH<8	Neutralité approchée → majorité des eaux,de surface
5,5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH=8	Alcalinité forte, evaporation intense

II.2.2.4 Conductivité

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 et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre.

II.2.2.5 L'Oxygène Dissous

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air soient en équilibre.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau : la saturation en O₂ diminue lorsque la température et l'altitude augmentent.

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

C'est un paramètre utilisé essentiellement pour les eaux de surface. Au niveau de la mer à 20°C, la concentration en oxygène en équilibre avec la pression atmosphérique est de 8,8 mg/l d'O₂ à saturation. Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène, alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée.

En effet, la forte présence de matière organique, dans un plan d'eau par exemple, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène.

L'oxygène dissous est donc un paramètre utile dans le diagnostic biologique du milieu eau [4].

II.2.3 Autres éléments

II.2.3.1 Carbone organique total

Critère de pollution organique mesurant tous les composés organiques fixés ou volatils présents dans les eaux résiduaires : cellulose, huiles, sucres, suie, etc.

Les éléments carbonés sont oxydés à 950°C en présence de catalyseurs ; le CO₂ qui se forme est dosé dans un analyseur infrarouge.

Les résultats sont exprimés en milligramme de carbone par litre d'eau ou en équivalent oxygène obtenus en multipliant la concentration en carbone par 2,66 [5].

II.2.3.2.Le Phosphore total

Le phosphore total est exprimé en mg/l, il indique les dérivées du phosphore présent dans l'eau sous plusieurs formes comme les phosphates et les composés organiques phosphorés [6].

II.2.3.3.les hydrocarbures

L'eau entraîne différents hydrocarbures, lors de son utilisation. Les hydrocarbures, par leur densité relativement faible par rapport à l'eau, forment des films de surface et empêchent toute oxygénation de celle-ci, occasionnant des asphyxies de la faune et de la flore. Leur élimination fera appel à des procédés aussi bien physiques que biochimiques. Ils proviennent aussi bien de rejets domestiques qu'industriels [7].

Table.II.3 : Les caractéristiques des eaux usées

Paramètre	Valeurs
Débit normal	150 m ³ /h
Débit de design	150-200 m ³ /h
Débit d'eau de pluie	3300 m ³ /h
HC et graisse	5000 ppm
MES	400 ppm
DCO (soluble)	550 ppm
DBO5	83 ppm
NH3	72 ppm
N2S	< 15 ppm
Furfural	1 ppm
MEK	1 ppm
Al	150
Cd	< 0 .007
Fe	< 800
Mn	< 4
Hg	< 0.004
Pb	< 1
Cu	< 2
Ph	5,5 8,5
Température	10 - 35 °C

II.3 Normes Algériennes de rejet

Les normes de rejets des effluents industriels résultent de la loi n°83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux, de l'ordonnance n°96-13 du 15 juin 1996 modifiant et complétant la loi n°83-17, du décret exécutif n°93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides des industrie et du décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 de la république Algérienne démocratique définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels[8],[9].

Table.II.4 : Valeurs limites maximales des paramètres de rejet d'effluents liquides industriels (normes algériennes).

Paramètres	Unités	Valeurs limites	<i>Tolérances aux valeurs limites Anciennes installations</i>
Débit d'eau	m ³ /t	1	1,2
Températures	°C	30	30
PH	-	6,5 à 8,5	6,5 à 8,5
DBO5	mg/l	35	40
DCO	mg/l	120	130
MES	mg/l	35	40
Azote total	mg/l	30	40
Phosphore total	mg/l	10	15
Huiles et graisses	mg/l	20	30
Hydrocarbures	mg/l	10	15
Phénol	mg/l	0,25	0,50
Cadmium	mg/l	0,2	0,25
Chrome 3+	mg/l	0,05	0,30
Chrome 6+	mg/l	0,10	0,50
Fer	mg/l	3	5
Manganèse	mg/l	1	1,50
Mercure	mg/l	0,01	0,05
Nickel	mg/l	0,50	0,75
Plomb	mg/l	0,5	1
Cuivre	mg/l	0,5	1
Zinc	mg/l	3	5

II.4 Principes de base du traitement biologique des eaux usées

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Les micro-organismes responsables de l'épuration s'agglomèrent sous forme de floes et se développent en utilisant la pollution comme substrat nécessaire à la production d'énergie vitale et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes [10].

II.4.1 Classifications des bactéries

On peut classer les bactéries selon divers paramètres :

II.4.1.1 Classification selon le mode d'obtention de l'énergie

- **Les bactéries autotrophes** : Peuvent effectuer la synthèse de leur matière vivante (acides aminés) à partir des éléments minéraux de l'environnement.
- **Les bactéries hétérotrophes** : Ne peuvent pas effectuer la synthèse de tous leurs éléments Constitutifs ; il est nécessaire de leur fournir les acides aminés déjà synthétisés, c'est le cas de plusieurs bactéries pathogènes.

II.4.1.2 Classification selon l'utilisation de l'oxygène

- **Les bactéries aérobies** : Strictes, consomment l'oxygène du milieu (oxygène libre et oxygène dissous).
- **Les bactéries anaérobies** : Strictes, consomment l'oxygène combiné et ne peuvent pas vivre en présence de l'oxygène libre.
- **Les bactéries aérobies anaérobies facultatives** : Qui peuvent utiliser soit l'oxygène libre, soit l'oxygène combiné.

II.4.1.3 Classification selon le comportement vis-à-vis de la chaleur

Bactéries psychrophiles : 0°C.

Bactéries mésophiles : 25-40°C.

Bactéries thermophiles facultatives : 25-50°C.

Bactéries thermophiles strictes : 45-75°C

II.4.2 Traitement aérobie

Le procédé à boues activées aérobie est le procédé d'épuration biologique des eaux usées le plus couramment utilisé. La biomasse se trouve sous la forme de boues activées en suspension dans le

bassin d'aération qui est traversé en continu par des eaux usées. C'est ici aussi qu'a lieu l'aération des eaux usées, laquelle assure l'alimentation en oxygène des micro-organismes. De la biomasse (boues activées) quitte également en continu le bassin d'aération avec l'écoulement des eaux usées.

II.4.3 Boues activées

La boue activée est organisée comme une chaîne alimentaire, les bactéries étant à la place des producteurs et se multiplient de manière proportionnelle à la charge organique.

Les autres organismes établissent des relations de prédation ou de compétition. Les particules de boues activées se composent de millions de bactéries se multipliant rapidement et liées entre elles par un dépôt visqueux. Donc les micro-organismes flottent librement dans un liquide aéré. Sous forme de petits amas appelés bio-flores.

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.

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 (eau usée). Dans ce bassin, le brassage a pour but d'éviter les dépôts, 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'air, d'un gaz enrichi en oxygène, voire même d'oxygène pur. Elle a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies [11].

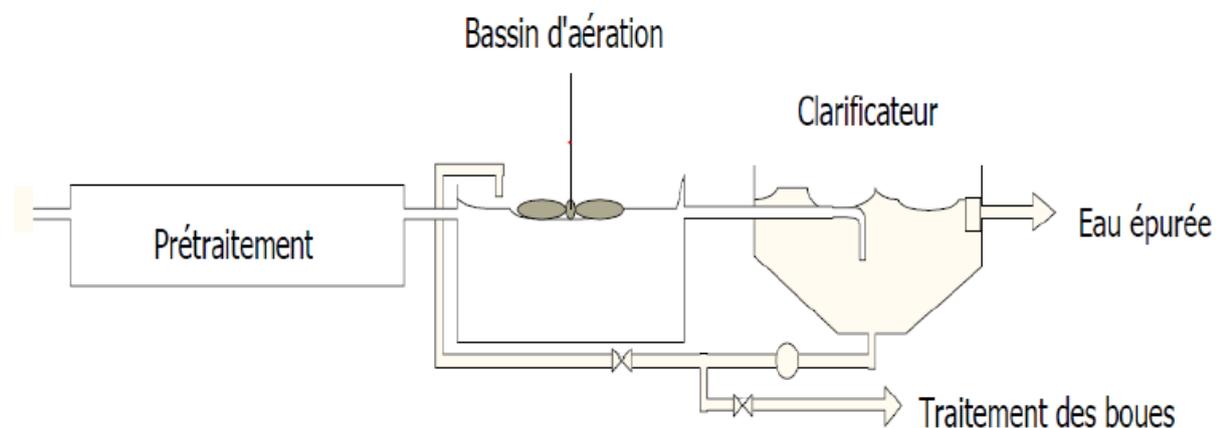


Figure II.1 : Procédé par boue activée

II.4.4 Réacteur batch séquentiel

On pourrait dater les premières informations sur les SBR du début du 20^{ème} siècle. Si les années 50 ont connu un faible développement à ce procédé, les années 70 ont véritablement activé l'intérêt des chercheurs pour ce procédé avec les études [12]. (1987) dans le cadre de son application à des eaux usées industrielles ou urbaines. L'intérêt pour les systèmes discontinus s'est relancé dans les années 1960 avec le développement de nouvelles technologies et de nouveaux équipements. Le système en son schéma nouvellement conçu avec alimentation périodique des affluents et décharge périodique s'appelait le réacteur batch séquentiel. Ces procédés connaissent un fort enveloppement du fait de leurs principaux avantages : rendement élevé c'est-à-dire la vitesse de réaction initiale élevée [13], maîtrise de la dynamique des fluides de la phase de réparation liquide-solide, qui constituent encore aujourd'hui les principales Limites des procédés traditionnels à boues activées [14].

Le SBR est un processus par lots, ce qui signifie que le traitement des eaux usées [15] a lieu dans un seul réservoir, qui est divisé en une série de processus séquentiels.



Figure II.2 : Vue de dessus SBR avec système d'aération et de recirculation des boues mixte.

II.4.5 Base unifiée pour la conception et la modalisation

Le développement du procédé SBR s'est déroulé dans une période qui pourrait également être associée avec des réalisations remarquables dans l'interprétation des mécanismes microbiens fondamentaux, ce qui a grandement affecté la modélisation et la conception du procédé activé [16].

Un certain nombre de composants du substrat avec différents taux de biodégradation, le concept de produits microbiens résiduels, le fractionnement détaillé de la DCO qui en résulte en termes de paramètres du substrat et de la biomasse, incorporation de l'hydrolyse comme processus majeur pour

substrat biodégradable [17] identification des produits microbiens de stockage et leur utilisation sous une séquence de conditions de fête et de famine peuvent être cités parmi les révolutionnaires points de repère changeant radicalement la compréhension conventionnelle du système [18] [19]. Reconnaissent le manque de directives de conception et de fonctionnement pour le dimensionnement du SBR et la programmation de la commande mécanismes entraînant souvent l'échec du système à répondre à l'effluent requis normes, mais ils ont choisi de ne pas fournir une approche de conception unifiée en raison de la variété des types de réacteurs.

Par conséquent, la procédure de conception disponible est limitée par l'approche traditionnelle simpliste consistant à attribuer des charges volumétriques et organiques sélectionnées et des âges des boues [20]. valeurs : Dans ce contexte, EPA (1999) a suggéré un temps de cycle de 4 heures, et un temps de rétention hydraulique de 6 à 18 heures comme paramètres de conception clés pour le traitement conventionnel des eaux usées domestiques et industrielle [21] ; beaucoup des plages plus larges sans valeur pratique ont été recommandées pour les eaux usées industrielles, similaires des valeurs ont également été indiquées par [22] Ce type de conception méthode, bien qu'utile dans une mesure limitée, est manifestement inadéquate et peut parfois être trompeuse en ce sens qu'avec l'adoption de tels paramètres de conception, une décision arbitraire indépendante la sélection d'autres paramètres intrinsèquement associés au SBR peut être exercée.

II.4.6 Mode de fonctionnement du réacteur à batch séquentiel

Une solution alternative être traiter par un système de boues activées continus en effectuant le traitement du carbone, la séparation liquide-solide et l'élimination des nutriments au sein d'un bassin unique grâce à une gestion adéquate des cycles temporels de réaction. L'alternance de phases aérées et anoxiques, suivie d'une période de décantation, conduit en théorie à l'élimination quasi totale des ions nitrate formés lors de la phase de nitrification aérobie, de la pollution carbonée et phosphorée.

Le fonctionnement d'un SBR se décompose en cinq opérations de base au cours d'un cycle de fonctionnement (figure II.3) :

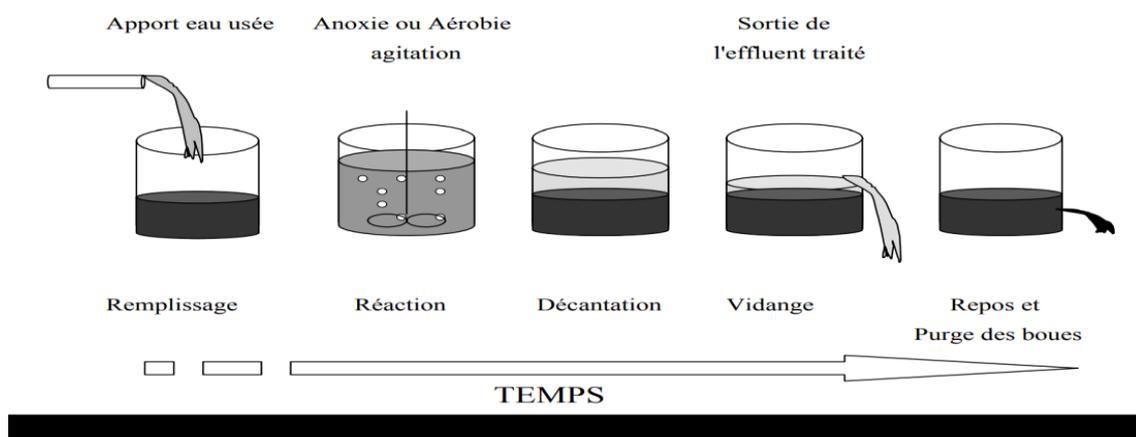


Figure II.3 : L'opération de fonctionnement d'un SBR.

➤ **Le remplissage** : ou l'alimentation. Initialement, le réacteur contient un volume initial et une quantité donnée de biomasse. Le cycle commence par l'ajout dans le réacteur d'un volume d'eau usée à traiter jusqu'à un volume maximal.

➤ **La réaction** : Les réactions biologiques démarrent lors du contact pollution-biomasse. Elles continuent jusqu'à l'épuisement d'un ou plusieurs substrats dans le réacteur.

➤ **La décantation** : Lorsque l'agitation est arrêtée, les boues décantent sous l'effet de la gravité ce qui permet la séparation de la phase liquide épurée et des microorganismes (sous forme solide).

➤ **La purge** : ou le soutirage. À l'issue de la décantation, un volume de surnageant propre est soutiré pour permettre l'enchaînement d'une nouvelle phase de remplissage d'un nouveau cycle.

➤ **Le repos** : Entre deux cycles, un temps de repos est quelques fois nécessaire pour synchroniser différents procédés fonctionnant en parallèle ou pour réguler les volumes traités par unité de temps.

D'autre part, il a été montré que cette phase favorise la lyse des bactéries, la consommation des substances en réserve et la stabilisation globale de la population bactérienne.

II.4.7 Conception du réacteur à batch séquentiel

La conception d'un réacteur à batch séquentiel est basée sur les exigences de l'application spécifique, et elle est influencée par plusieurs facteurs, tels que les caractéristiques des eaux usées, les objectifs de traitement et les exigences de qualité de l'effluent.

Voici les principaux paramètres de conception d'un SBR :

➤ **Volume du réservoir** : Le volume du réservoir d'un SBR est déterminé en fonction du débit quotidien des eaux usées et du temps de rétention hydraulique (TRH) requis. Le TRH est le temps nécessaire pour que les eaux usées traversent le réacteur.

➤ **Temps de remplissage** : Le temps de remplissage est le temps nécessaire pour remplir le réacteur avec les eaux usées. Il est généralement de 30 à 60 minutes.

➤ **Temps de réaction** : Le temps de réaction est le temps pendant lequel les eaux usées sont traitées. Il varie généralement de 4 à 8 heures.

➤ **Temps de décantation** : Le temps de décantation est le temps nécessaire aux solides pour se déposer au fond du réacteur. Il varie généralement de 1 à 2 heures.

➤ **Temps d'évacuation** : Le temps d'évacuation est le temps nécessaire pour éliminer l'effluent traité du réacteur. Il varie généralement de 10 à 30 minutes.

III.4.8 Les avantages et des inconvénients d'un SBR

La technologie des bioréacteurs de SBR offre de nombreux avantages par rapport aux systèmes de traitement des eaux usées conventionnelles.

Tout d'abord, elle permet la suppression du décanteur secondaire et de la recirculation des boues, ce qui simplifie considérablement le système et réduit les coûts d'exploitation. Ils offrent également d'excellentes conditions de clarification, en particulier un très bon contrôle des temps d'anoxie voire d'anaérobie des boues pendant la décantation, ce qui se traduit par de très bons indices de boue et de faibles teneurs en matières en suspension (MES) [23].

Le traitement des eaux usées par boues activées présente certains inconvénients. Premièrement, le temps d'aération par cellule est réduit, ce qui nécessite un réseau d'air surdimensionné.

De plus, pour assurer le bon fonctionnement du système, il est indispensable d'utiliser un système de vidange sophistiqué et performant [24].

Ainsi, il existe un risque de matières flottantes dans les eaux usées, ce qui nécessite la mise en place de dispositifs d'évacuation adéquats pour éviter tout colmatage.

CHAPITRE III

Matériels et Méthodes

III.1 Introduction

L'objectif de cette étude est de traiter l'influence de l'augmentation de la teneur en furfural durant les différentes étapes de traitement de rejets et spécifiquement le traitement biologique (SBR). Nous avons suivis analyses physico-chimiques et biologiques des eaux usées industrielles au niveau de l'unité 27.

III.2 Furfural (Aniline éthanal)

Dévié d'un composé chimique intitulé le furane (aldéhyde de $C_5H_4O_2$) ; Un aldéhyde qui se trouve dans l'alcool de grain et qu'on utilise pour la synthèse chimique.

C'est un liquide huileux, incolore, à l'odeur d'amande, oxydable à l'air, ce qui lui donne une couleur de plus en plus brune en exposition prolongée.

Il dissout les hydrocarbures aromatiques sauf les hydrocarbures paraffinées ; c'est une propriété qui est recherchée dans le procédé d'extraction pour la fabrication des huiles de base.

Le furfural, c'est une plateforme clé chimique utilisée dans différents domaines. Le furfural est une matière pour l'avenir des carburants et des produits chimiques [26].

III.2.1 Origine du furfural

Le furfural a été fois découvert en 1832 par le chimiste allemand Johann Wolfgang Dobereiner, après avoir traité des carbohydrates avec H_2SO_4 et MnO_2 (produit secondaire de la synthèse de l'acide formique). En 1845, G.Fownes isola la même substance par digestion acide de son de blé et d'avoine et nomma cette molécule furfural en référence au mot latin furfur signifiant « son ». Plusieurs appellations sont également connues pour le furfural telle que : 2-furaldéhyde ; furan-2-carbaldehyde ; 2-furfuraldehyde ; furan-2-carboxaldehyde ; 2- formylfuren. Le furfural a une structure cyclique (furan) présentée dans la figure III.1. Sa formule chimique ($C_5H_4O_2$) a été assignée par le chimiste Stenhouse en 1840 [27].

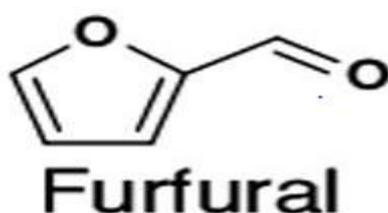


Figure III.1 : Structure de Furfural.

III.2.2 Propriétés physico-chimiques

Les propriétés physico-chimiques du furfural sont rassemblées dans le Tableau.

Table.III.1 : Propriétés physicochimiques du furfural

Les synonymes	Furfurylique, 2-Furaldehyde
Groupe chimique	Produits chimique organiques définis
Principal class chimique ou utilisation	Composés organiques hétérocycliques à faible poids moléculaire
Principale sous-classe chimique	Furanes, aldéhydes
Formule chimique	C ₅ H ₄ O ₂
Odeur	Piquante, comme les amandes
Couleur	Claire jaunâtre. oxydable à l'air ce qui lui donne une couleur de plus en plus brune
Concentration	99%
Viscosité (à 38°C)	1,29
Densité (a 25°C)	1,16 cm
Température d'ébullition sous 1 atm	161,55°C
Température de fusion	-38,7°C
Solubilité dans l'eau (a 20°C)	83 g/
Valeur de Ph	<5
Solubilité partielle furfural dans l'eau	9% poids (à 38°C)
Chaleur de vaporisation	38,6 kj/kmol

III.2.3 Impact sur l'environnement

Le furfural peut être dangereux pour l'environnement et surtout pour les organismes aquatiques, son action sur les animaux (poissons) est toxique sur le foie et le système nerveux central. Lors de l'utilisation du furfural dans l'unité de production de lubrifiants dans une raffinerie du pétrole, il peut y avoir de la déperdition de produit, notamment pendant une opération de nettoyage. Le furfural ainsi perdu se retrouve alors dans les eaux de rejet, rejeté en mer. Ceci va créer une pollution marine dont les répercussions se feront sentir au niveau des produits de la pêche et qui seront par conséquent impropres à la consommation en raison du goût amer que le furfural confère aux poissons. En outre, l'équilibre écologique des mers fermées comme la Méditerranée paraît de plus en plus compromis par cet agent polluant.

- Une pollution atmosphérique

La vapeur du furfural dans l'air est considérée comme polluant atmosphérique. La valeur limite de la concentration des vapeurs de furfural dans l'air a été fixée par les hygiénistes américains en 1974 à 5 ppm, soit 20 mg/m³.

III.2.4 Impact de la pollution sur l'homme

Le furfural peut être absorbé par les voies respiratoires, la peau et les voies digestives. On distingue plusieurs effets possibles, le furfural peut être absorbé par les muqueuses (peau) provoquant des rougeurs et des douleurs. Peut aussi provoquer la rougeur des yeux (dommage grave), irritation, larmoiement, picotement et, en cas d'inhalation, le furfural provoque des maux de tête, la toux, des difficultés respiratoires, l'essoufflement, le mal de gorge et peut provoquer en cas d'exposition à de fortes concentrations un œdème pulmonaire.

L'absorption du furfural peut provoquer une possibilité de sensibilisation de la peau (eczéma) et des voies respiratoires (asthme). Le furfural est cancérigène pour l'animal, la transposition à l'homme reste inconnue.

III.3 Echantillonnage

Les opérations d'échantillonnage auront pour rôle de contrôler l'efficacité des différentes phases d'épuration. La prise des échantillons s'effectue dans deux endroits : à l'entrée du traitement biologique de l'unité 27, à la sortie vers la mer.

L'évaluation de la qualité des effluents traités est nécessaire, et par le biais d'un ensemble de paramètres physico- chimiques ci-après.

III.3.1 Mesure du pH

La détermination du pH de l'eau (selon la norme ASTM D 1293) est liée à la nature de l'eau, c'est-à-dire sa tendance acide ou basique. La notion du pH présente un intérêt dans certaines industries, principalement celle liée à des phénomènes de corrosion. Un pH d'une solution acide permet de se rendre compte de l'effet corrosif sur les canalisations. Pour mesurer le pH de nos échantillons, on a effectué un étalonnage de l'appareil à $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ par les solutions tampons, puis on procède à la lecture du pH des différents échantillons.

III.3.2 Mesure de la teneur en furfural

La détermination de furfural (selon TEXACO) est réalisée par analyse spectrophotométrie sur un complexe formé par un furfural + aniline qui donne un complexe de couleur rouge. La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée en solution.

Pour la détermination de ce paramètre, nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- On a prélevé 70ml de l'échantillon sur laquelle on a ajouté 1ml de l'indicateur de furfural : 20ml Aniline ($\text{C}_5\text{H}_5\text{NH}_2$) + 10ml Acide chlorhydrique (HCl) + 70ml éthanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).

- Le changement de couleur : orange vers le rouge signifie la présence du furfural.

- On laisse le mélange au repos pendant 15 min à l'abri de la lumière.
- Enfin, on fait passer l'échantillon dans le spectrophotomètre (UV-visible) qui va afficher le résultat.

III.3.3 Mesure de la teneur en hydrocarbures

L'analyse des hydrocarbures (fig.III.2) de nos échantillons a été réalisée selon la norme AFNOR NF M07-203.



Figure.III.2 : Analyseur d'hydrocarbures.

Pour cette mesure, il faut :

- Prendre avec la seringue, 15 ml d'échantillon qu'on a versé dans la cuve d'extraction,
- Ajouter une goutte d'acide chlorhydrique et 15 ml d'eau distillée,
- Lancer l'extraction pendant 40 secondes,
- Vérifier que la valeur d'échelle est correcte,
- Ouvrir la vanne d'extraction en attendant la stabilisation de la mesure,
- Fermer la vanne d'extraction en ouvrant la vanne de DRAIN puis la refermer à sa fin,
- Ouvrir une autre fois la vanne d'extraction et appuyer sur le bouton mesure.

III.3.4 Mesure de la DBO5

L'analyse de demande biochimique en oxygène durant cinq jours a été réalisée selon la norme AFNOR NF T90-103.

Le système de mesure est basé sur une différence de pression au moyen d'un indicateur digital. Pour réaliser cette mesure, Pour chaque échantillon on a :

- 164 ml d'un échantillon
- 3 gouttes (" inhibiteur de nitrification " $C_4H_8N_2S$ à 5 g/l).

- 2 pastilles (NaOH)
- fermer le flacon avec le bouchon Oxitop.
- Mettre les échantillons dans l'incubateur avec agitation pendant 05 jours.

Pour savoir lire les mesures, on retire les flacons de l'incubateur (figure.III.3) et on presse sur bouton M pour lire la mesure et la multiplier par le facteur suivant :



Figure.III.3 : L'incubateur.

III.3.5 Mesure de la DCO

L'analyse de demande chimique en oxygène a été réalisée selon la norme ASTM D1252.

Le mode opératoire (figure.III.3) est basé sur une ébullition à reflux, dans les conditions définies dans la présente norme, d'une prise d'essai de l'échantillon, en milieu acide, en présence d'une quantité connue de dichromate de potassium, de sulfate d'argent jouant le rôle d'un catalyseur d'oxydation et de sulfate de mercure (II) permettant de complexer les ions chlorures et la détermination de l'excès de dichromate avec une solution titrée de sulfate de fer (II) et d'ammonium. Le calcul de la DCO sera donc effectué à partir de la quantité de dichromate de potassium réduite. Pour achever la mesure du DCO, on procède de la manière suivante :

- Introduire, dans l'appareil à reflux, 10ml de l'échantillon pour analyse (dilué si nécessaire) à l'aide d'une pipette jaugée, ajouté 5ml de $K_2Cr_2O_7$ et quelques granulés régulateurs d'ébullition puis ajouter, lentement et avec précaution, 15 ml de Ag_2SO_4 en agitant soigneusement le doseur d'un mouvement circulaire,
- Ajouter avec précaution 15ml d'acide sulfurique et sulfate d'argent et raccordé immédiatement le tube au réfrigérant et porter à l'ébullition à reflux pendant 2H,
- Fait une répétition des deux étapes précédentes pour tous les échantillons à analyser mais aussi

pour deux échantillons à blanc (10ml d'eau distillée) et un essai témoin (10ml d'hydrogénophthalate de potassium).

- Laisser refroidir puis laver les parois internes du réfrigérant à l'eau distillée en recueillant les eaux de lavage. Débrancher le réfrigérant et compléter le contenu à environ 75ml avec de l'eau distillée,
- Titrre l'excès de dichromate de potassium par la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium en présence de 1 à 2 gouttes de la solution d'indicateur de la ferroïne.
- Enfin noter comme point, le changement brusque de couleur au brun-rouge.



Figure.III.4 : Analyseur de la DCO.

III.3.6 Mesure de conductivité

La mesure de la conductivité est basée sur le principe du pont de Wheatstone, en utilisant comme appareil de mesure un galvanomètre ou une image cathodique. Afin de faire cette mesure, l'appareil doit être étalonné avec une solution de chlorure de potassium (KCl) de concentration connue, et donc de conductivité connue. On plonge ensuite l'électrode dans notre échantillon jusqu'à la stabilisation de la valeur et on lit ensuite sa conductivité en ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$). Les lectures se font à une température de 20 ou 25 °C.

III.3.7 Détermination du volume de boue décanté

La mesure du volume de boue décantée à l'aide d'un cône d'Imhof, cette valeur exprime le volume de boue activée décantée pendant 30 min sous l'unique effet de la gravité. Pour réaliser cette analyse Les échantillons doivent être prélevés à partir des bassins biologiques, dans les flacons d'un litre. Ensuite, on verse les échantillons dans les cônes de mesures Imhof et on laisse la boue décantée pendant 30 min. Enfin, on lit sur le cône la valeur de boue décantée en ml.

CHAPITRE IV

Résultats et Discussion

Dans ce dernier chapitre, on va présenter les résultats d'analyses des paramètres physicochimiques et biologiques pour la filière d'eau à l'entrée et la sortie de la STEP Z27, qu'on a effectuées pendant notre période de stage. Ces résultats seront suivis d'une interprétation pour permettre de cibler les éventuelles anomalies qui peuvent être à l'origine de dysfonctionnements des procédés de traitement adoptés.

IV.1 Performances de fonctionnement de la station (ZONE 27)

Les résultats des analyses réalisées au niveau du laboratoire de la raffinerie sont représentés dans les tableaux IV.1 et IV.2.

Table IV.1. Paramètres physico-chimiques de l'effluent à l'entrée de la station d'épuration Z27 (l'année 2024).

Temps (jours)	DO(mg/l)	pH à25 °C	Conductivité (µS/cm)
01-fév	2,7	6,1	1281
04-fév	2,8	6,1	944
05-fév	2,5	5.9	738
06-fév	3	6.3	743
07-fév	3	10.5	995
08-fév	3	8.7	852
11-fév	2,9	6.8	1169
12-fév	2,9	7.5	753
13-fév	2,9	6.0	1208
14-fév	3,1	5.9	1184
15-fév	3,2	6.1	1665
18-fév	2,5	5.6	1534
19-fév	2,5	5.4	1273
20-fév	2,5	5.2	966
21-fév	2,5	5.6	932
22-fév	2,5	6.2	1008
25-fév	2,8	5.7	998

Table IV.2. Paramètres physico-chimiques de l'effluent à la sortie de la station d'épuration Z27 (l'année 2024).

Temps (jours)	DO(mg/l)	pH à25 °C	Conductivité(µS/cm)
1-fév	2,7	7.2	1275
4-fév	2,8	7.3	1230
5-fév	2,5	7.4	781
6-fév	3	7.2	1152
7-fév	3	7.0	1091
8-fév	3	7.4	1085
11-fév	2,9	7.0	919
12-fév	2,9	7.1	654
13-fév	2,9	7.0	1172
14-fév	3,1	7.6	1182
15-fév	3,2	6.5	1222
18-fév	2,5	7.5	1357
19-fév	2,5	7.3	1346
20-fév	2,5	8.0	1290
21-fév	2,5	7.0	1142
22-fév	2,5	6.9	1165
25-fév	2,8	7.0	1750

D'après les résultats obtenus expérimentalement et représentés dans les tableaux IV.1 et IV.2, ces derniers correspondent généralement aux normes adoptées par la réglementation algérienne. En effet :

- Les valeurs du DO, comprises entre 2,5 et 3,2 mg O₂/l, ont permis d'avoir une bonne aération du coup, un traitement biologique efficace (minéralisation par oxydation des matières organiques carbonées, nitrification pour permettre l'étape de dénitrification ainsi que l'élimination du phosphore par les bactéries aérobies) .
- Le pH des eaux traitées par la station de la raffinerie est légèrement basique. Il varie entre (6,7-7,8). Il est donc dans les normes car selon la réglementation, ce dernier est fixé entre (6.9-8.0).
- On a remarqué que la conductivité diminue légèrement entre l'entrée et la sortie de la station. Ce paramètre n'a pas une influence sur les rejets car l'eau de mer est déjà chargée en sel.

IV.2 Variation de la demande chimique en oxygène

Les valeurs et l'évolution de la DCO prises à l'entrée et à la sortie du bassin biologique sont

représentées dans le tableau IV.3.

Table IV.3. Mesure La demande chimique en oxygène (l'année 2024).

Temps (jours)	Entrée Biologique (mg/l)	Sortie Biologique (mg/l)	DCO recommandée (mg/l)
1-fév	//	//	<100
4-fév	90	40	<100
5-fév	//	//	<100
6-fév	115	74	<100
7-fév	//	//	<100
8-fév	//	//	<100
11-fév	116	63	<100
18-fév	106	77	<100
20-fév	135	60	<100
22-fév	//	//	<100
25-fév	92	48	<100

Les valeurs de la DCO sont conformes à la norme (100 mg/l). Ce qui signifie, que la matière organique tel que hydrocarbures et minéral tel que sulfate, c'est bien dégrader.

IV.3 La teneur en furfural

Les valeurs et l'évolution de la teneur en furfural prises à l'entrée et à la sortie du bassin biologique sont représentées dans le tableau IV.4.

Table IV.4. Mesure la teneur en Furfural en fonction du temps l'année 2024.

Temps (jours)	Entrée Biologique (ppm)	Sortie Biologique (ppm)	Furfural Recommandé
1-fév	0	0	0
4-fév	0	0	0
5-fév	0	0	0
6-fév	0	0	0
7-fév	0	0	0
8-fév	15	0	0
11-fév	0	0	0
12-fév	34	0	0
13-fév	5.0	0	0
14-fév	0	0	0
15-fév	0	0	0
18-fév	75.7	0	0
19-fév	19.8	0	0
20-fév	0.0	0	0
21-fév	1.4	0	0
22-fév	12.4	0	0
25-fév	0	0	0

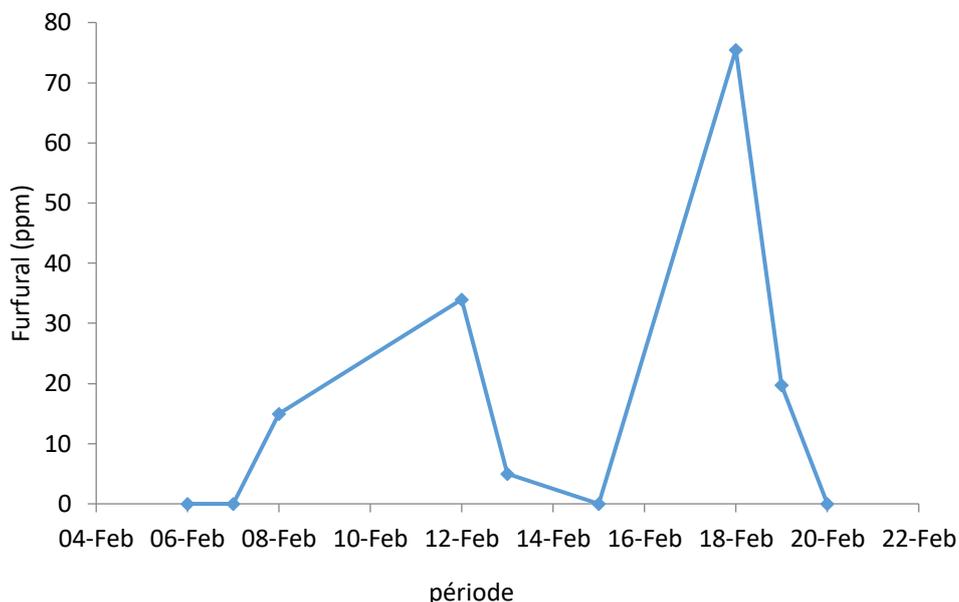


Figure IV.1 : Evolution de la teneur en furfural à l'entrée de la station.

Après le tracé de la courbe de la variation des teneurs en furfural de l'eau prélevée au niveau du bassin avant et après épuration biologique, on peut tirer les constatations suivantes :

Le graphe montre que le bassin biologique reçoit des quantités importantes en furfural, dépassant ainsi la quantité maximale tolérée par le constructeur SIEMENS, ce dernier a fixé une teneur en furfural maximale de 01 ppm à l'entrée du bassin biologique. La valeur de furfural a atteint 75 ppm, ce qui est assez élevé. Cela signifie qu'il y a un problème, car cela peut être nocif.

IV.4 Impact du solvant furfural sur le traitement biologique

Les boues activées sont très sensibles à certains composés chimiques comme le furfural, si les concentrations de furfural sont très élevées, cela peut en effet nuire aux microorganismes présents dans les boues et entraîner une diminution de leur activité et de leur capacité à dégrader les matières organiques.

Les résultats de l'impact du furfural sur le traitement biologique réalisés sur la teneur de MS et SV-30, sont représentés dans le tableau IV.5 et les figures IV.2 au IV.3

Tableau IV.5 : Mesure la teneur en SV-30 et MS et DBO5.

Temps(jours)	SV-30 (ml)	MS (g/l)	DBO5 (mg/l)
18-fév	80	1.85	25
19-fév	100	//	//
20-fév	100	1.85	//
22-fév	//	//	//
26-fév	60	4.2	20
28-fév	60	4.32	//
29-fév	60	4	//
03-mar	40	4	//
04-mar	40	4	//

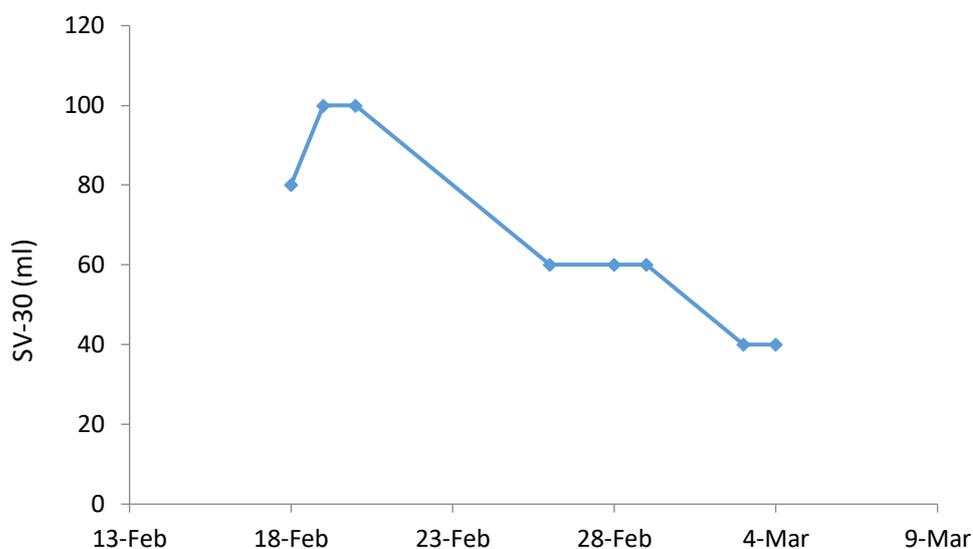


Figure IV.2 : Evolution de la teneur en SV-30 à le bassin de traitement biologique SBR « B »

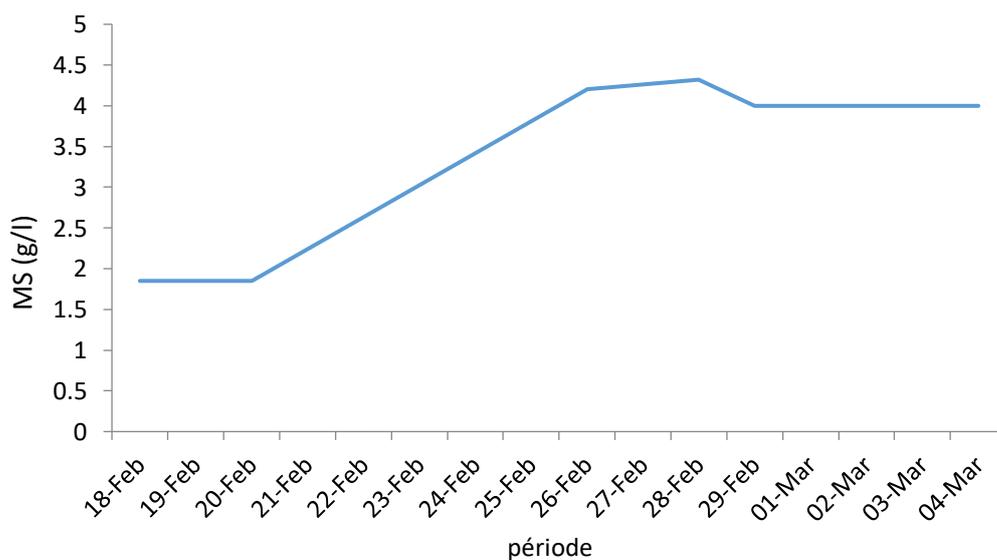


Figure.IV.3 : Evolution de la teneur en MS à le bassin de traitement biologique SBR « B »

Après le tracé des courbes de la variation des teneurs en MS et SV-30 de l'eau prélevée au niveau du biologique, on peut tirer les constatations suivantes :

-Les valeurs de MS : on peut voir que la teneur en MS est inférieure à la norme recommandée [2 à 4] ppm, cela indique que la teneur élevée de furfural dans le bassin biologique peut avoir un impact sur la teneur de MS. Le furfural peut entraîner la mort des bactéries présentes dans le bassin, et les bactéries mortes flottent à la surface de l'eau et sont évacuées vers le recyclage. C'est pourquoi la teneur en matière sèche diminue dans le bassin biologique en présence de furfural.

-Les valeurs de SV-30 : le graphique montre que la teneur en SV-30 est élevée en présence de furfural dans le bassin biologique. Cela est dû au fait que les boues mettent plus de temps à se décanter, plus de 30 min. Si le furfural est présent en grandes quantités, il peut être toxique pour ces micro-organismes. Ce qui pourrait réduire l'efficacité du traitement biologique et augmenter le temps de sédimentation et de formation des bactéries filamenteuses.

-Les valeurs de DBO5 : les valeurs de la DBO5 à la sortie sont conformes à la norme exigée qui est de 25 mg/l. Ce qui montre une bonne biodégradation des matières organiques.

IV.5 Impact de furfural sur La couleur

Dans les travaux hydrologiques, on détermine quelquefois la couleur des eaux, ces observations sont souvent effectuées dans le cadre de mesures isolées ou pour étude spéciale. L'eau dans le SBR peut être de couleur brunâtre ou verdâtre en raison de la présence de matières organiques en décomposition. Cependant, si l'eau devient anormalement colorée cela peut indiquer un déséquilibre dans le processus de traitement.

Dans notre cas, la couleur de l'eau est noire à cause de la contamination de l'eau avec des teneurs élevées de furfural (75 ppm) et la mort de certaines bactéries, aussi la formation des bactéries filamenteuses.



Figure IV.4 : L'eau contaminée en présence de furfural



Figure IV.5 : L'eau contaminée en absence de furfural

IV.6 Les paramètres modifiés pour éliminer le furfural

Lorsqu'il s'agit de traiter les eaux usées dans les bassins de traitement biologique, le furfural peut poser un défi majeur. Ce composé organique présent dans les eaux usées peut entraîner des problèmes, Il existe des paramètres spécifiques qui peuvent être modifiés pour éliminer ces problèmes de furfural.

En ajustant certains paramètres clés :

1-Le débit de l'eau : pour améliorer la situation, nous avons décidé de réduire le débit de l'eau de 400 à 200 m³/h, Cette diminution du débit permet de mieux contrôler le flux d'eau dans le système de traitement.

2-Le niveau de l'eau : le niveau de l'eau dans le bassin doit être resté entre 6.4m et 8.8m en raison des boues actives et des limites de la bordure du bassin. Dans ce cas, pour aider les bactéries à réaliser leur travail de dégradation du furfural, nous avons décidé de diminuer le niveau de l'eau de 7.8 m_7.4 m jusqu'à 7.4 m_7.2 m, en réduisant le niveau de l'eau, nous avons pu créer des conditions favorables pour que les bactéries puissent agir efficacement et dégrader le furfural, cette mesure a permis de réduire la concentration de furfural dans l'eau et de préserver la qualité de notre traitement biologique.

3-Le temps de réaction : pour assurer une réaction efficace, il est important de ne pas dépasser les 210 minutes de temps de réaction. Dans notre cas, nous avons dû réduire ce temps car il y a peu

de bactéries dans le bassin. Si nous leur donnons trop l'oxygène, elles risquent de mourir donc en diminuant le temps de réaction, nous permettons aux bactéries de consommer l'oxygène autant qu'elles le peuvent, cela nous aide à maintenir un équilibre délicat dans le bassin et à favoriser la dégradation du furfural de manière efficace.

4- L'arrosage : pour éliminer les bactéries filamenteuses et les bactéries mortes, nous avons utilisé une méthode appelée « Rosage ». Cette méthode consiste à éliminer ces bactéries présentes dans l'eau. L'eau que nous utilisons pour le rinçage est ensuite retraitée pour s'assurer qu'elle est propre avant d'être réintroduite dans le bassin. Cela nous permet de maintenir un environnement sain dans le bassin et d'améliorer l'efficacité globale du traitement.

IV.7 Observation microscopique des microorganismes épurateurs

Le test microscopique nous a permis de confirmer le bon fonctionnement du traitement biologique a savoir :

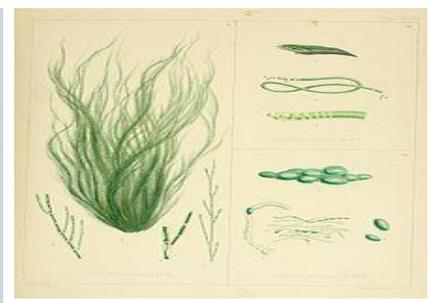
- Présence d'une quantité importante de bactéries Vorticella (bactéries nécessaires pour une bonne biodégradation des matières organiques).
- Absence de bactéries Rotaria (sa présence confirme la disparition des bactéries/ la mort des bactéries).
- Absence de bactéries Filamenteuses (bonne oxygénation au niveau des bassins biologique).



Bactérie Vorticella.



Bactérie Rotaria.



Exemple du filamenteuse.

Figure IV.6 : Micro-observation des diverses bactériennes

IV.8 Conclusion

Après modification de certains paramètres influençant sur la concentration du furfural dans le bassin biologique tels que le débit de l'eau, le niveau de l'eau et le temps de réaction, les résultats des analyses effectués au niveau de zone 27 montrent que l'eau est de la couleur marron, ce qui indique que le traitement biologique est efficace. De plus, les valeurs de la teneur de MS et de SV-30 obtenus sont conformes aux normes requises.

L'importance du traitement biologique et d'éliminer certains contaminants nocifs tels que le furfural est cruciale pour garantir la qualité de l'eau mais à des concentrations ne dépassant pas 56 ppm.

Conclusion Générale

L'origine de la pollution des eaux est diverse, Qui aura par conséquence la perturbation de l'écosystème car elle peut être chargée par de contaminants et de polluants physique, chimique et biologique.

Vu la consommation importante de l'eau dans le procédé de raffinage, l'opération d'épuration des effluents constitue un objectif primordial afin de garantir une économie substantielle de l'eau pour sa réutilisation. Aussi la politique de préservation de l'environnement à travers le respect des concentrations minimales des composants, instauré par les normes, reste les limites à ne pas dépasser.

La présente étude traite l'influence de la teneur en Furfural dans les effluents sur le traitement biologique par le procédé à boues activées en phase secondaire de la chaîne de traitement des effluents liquides dans la STEP 27 de la raffinerie d'Arzew.

L'étude nous a permis en premier lieu de caractériser les effluents issus du traitement biologique par le procédé à boues activées de la station d'épuration Z27.

Les résultats obtenus des analyses sur les rejets liquides à l'entrée et à la sortie de la station de l'unité 27 répondent généralement aux exigences des normes adoptées par la réglementation Algérienne.

Le pH des eaux rejetées par la station de la raffinerie d'Arzew est dans les normes (6,5-8,5). Les valeurs de la DCO sont inférieures 120 mg/l, cela indique que la DCO répond aux spécifications de la norme.

La teneur en hydrocarbures à la sortie est conforme également aux normes.

Il est remarquable que les valeurs de la matière en suspension et de la DBO5 soient conformes aux normes (40 mg/l et 35 mg/l) respectivement.

Ce travail montre que le traitement biologique est suffisant et efficace pour éliminer tous les produits indésirables selon les spécifications requises et spécialement le Furfural et par conséquent :

Ne pas envoyer les eaux issues du traitement primaire vers la mer (à noter que ces eaux ne sont pas contrôlées par des analyses).

Dans le but de protéger l'environnement et la vie aquatique, L'eau traitée dans la STEP doit répondre à certaines normes Algérienne. À partir des résultats obtenus, les micro-organismes peuvent dégrader le Furfural jusqu'à 56 ppm. Il est clair que le traitement mis en place pour l'élimination du furfural est insuffisant. Pour cela, on propose plusieurs recommandations afin d'améliorer le traitement biologique à boue activée.

Recommandations

Dans le but d'améliorer la biodégradation du Furfural, nous proposons plusieurs recommandations d'ordre technique, qui pourront être facilement effectuées au niveau de la station d'épuration (STEP 27) et qui auront, sans doute, des effets bénéfiques pour une bonne exploitation de la STEP. Ces recommandations viseront la diminution du taux de polluants dans les rejets et faciliteront le traitement des effluents en aval (au niveau de zone 27) à savoir :

- Une bonne maîtrise et un suivi rigoureux des paramètres de fonctionnement des unités de production des huiles (zone 07 et unité 300) pour éviter toute perturbation et déclenchement des unités en amont de la zone de production, qui auront des effets négatives sur la teneur en furfural en aval de ces unités.
- Remise en état de l'unité de prétraitement des solvants au niveau de la zone 07.
- Installation d'un analyseur de solvant à l'entrée de la STEP afin de détecter les teneurs élevées et procéder à sa dilution en cas de besoin.

Bibliographie

[1] - BILAN MATIERE ANNEE 2016, DEPARTEMENT PLANNING ET Programmation

[2]- MANUEL OPERATOIRE ZONE 27

[3]- SIEMENS SBR TRAINING AND DOCUMENTS

[4]- F. Berné et J. CORDONNIER1991. . Traitement des eaux . Edition TECHNIP ,. Paris

[5]- A. MIZI. 2006.Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. ANNABA .

[6]- Benchahem , M, Bouazza , H et Labbaz L, 2014

[7]- F. Berné 1972 . Traitement des eaux résiduaires polluées par hydrocarbures, Publication de l'institut français de pétrole , Edition TECHINIP , paris.

[8]- organisation mondiale de santé « OMS ». 2008. Norme de rejet algérienne.

[9]- JORAD : journal officiel de la République Algérienne Démocratique. 2006. Norme de rejet.

[10]- <https://fr.scribd.com/doc/309763828/Traitements-Et-Destinations-Finales-Des-Boues-Residuaires>

[11]- https://www.memoireonline.com/04/10/3289/m_Determination-de-la-pollution-residuelle-dune-station-depuration-par-lagunage-naturel-cas-d3.html

[12]- IRVINE, R.L., MURTHY, D.V.S., ARORA, M.L. COPEMAN, J.L., HEIDMAN, J.A. (1987).Analysis of full scale operation at Grundy center IOWA. JWPCF, 59 (3), 132-138

[13]- Tasli, R., Artan, N. and Orhon, D. (2001) Retrofitting SBR systems to nutrient removal insensitive tourist areas. Wat. Sci. Technol. 44(1), 121-129

[14]- Wilderer, P., Irvine, R. & Goronszy, M. (2001). Sequencing Batch Reactor Technology, IWAScientific and Technical Report N°10, International Water Association, London.

[15]- Ketchum, J. & Lloyd, H. . (1997). Design and physical features of sequencing batch reactors, Journal of Water Science and Technology 35 : 11–18.

[16]- Pujol, R., Lemmel, H. and Gousailles, M. (1998) A keypoint of nitrification in an uplow biofiltration reactor. Wat. Sci. Technol. 38(3), 43-49.

-
- [17]- Karahan, O., Martins, A., Orhon, D. and van Loostrecht, M.C.M. (2004) The mechanism of starch hydrolysis for substrate storage. *Water Res.* Submitted for publication.
- [18]- Diamandopoulos, E., Samaras, P., Dabou, X. and Sakellaropoulos, G.P. (1997) Combined treatment of landfill leachate and domestic sewage in a sequencing batch reactor. *Wat. Sci. Technol.* 36(2-3), 61-68.
- [19]- Wilderer, P.A., Irvine, R.L. and Goronszy, M.C. (2001) *Sequencing Batch Reactor Technology*. Scientific and Technical Report No. 10, IWA Publishing, London UK
- [20]- Hoepker, E.C. and Schroeder, E.D. (1979) The effect of loading rate on batch activated sludge effluent quality. *J. Wat. Pollut. Control Fed.* 51(2), 264-273.
- [21]- EPA (1999) *Wastewater technology fact sheet—sequencing batch reactors*. EPA 832-F-99-073, Office of Water, Washington D.C
- [22]- Kirshernman, T.L. and Hameed, S. (2000) A regulatory guide to sequencing batch reactors. *Proceedings, 2nd International Symposium on Sequencing Batch Reactor Technology*, 10-12 July, Narbonne, France.
- [23]- Srinivasan, B., Palanki, S. & D. Bovin, S. P. (2003). Dynamic optimization of batch processes. *ii. role of measurement in handling uncertainty, computer and chemical engineering* 27 : 27–44
- [24]- Szederkenyi, G., Kristensen, N., Hangos, K. & Jorgensen, S. B. (2002). Nonlinear analysis and control of a continuous fermentation process, *Computer and Chemical Engineering* 26 : 659–670
- [25]- *Documentation Interne de la RAIZ département, direction et réhabilitation*
- [26]- Xinlei Liu et Coll. 2012
- [27]- Komaromy- Hiller. G et Coll. 1995