



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique



جامعة وهران 2 أحمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité industrielle
Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

Thème

Etude physico-chimique des eaux usées d'une unité industrielle

Présenté et soutenu publiquement par

Mlle. BELAIDI Hadjer

Mlle. DJANI Thin-Hinen

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Établissement	Qualité
Mme. MECHKEN Amel		IMSI	Examinatrice
Dr. HEBBAR Chafika	MCA	IMSI	Encadreur
Mme. BELOUFA Khadidja		IMSI	Présidente

Juin 2018



Au terme de notre cursus, on tient à exprimer nos sincères remerciements ainsi que notre grande reconnaissance à tous ceux qui nous ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études et leur exprimer notre gratitude pour l'intérêt et le soutien qu'ils nous ont généreusement accordé.

Notre cher encadreur Dr. HEBBAR CHAFIKA, on vous remercie pour vos efforts inestimables, votre patience, vos précieux conseils ainsi pour la confiance que vous nous avez accordé et qui nous a permis de mener à bien ce travail.

On exprime notre gratitude pour Mme. HADJ ABDERAHMANE GHANIA pour vos instructions, votre professionnalisme et l'énorme contribution à notre réussite.

Une partie de ce travail s'est déroulée, au Laboratoire de la raffinerie section des eaux, On remercie Mr. ROSTANI MOHAMED pour son suivi, sa patience et ses prodigieuses recommandations durant notre visite ainsi on remercie toute l'équipe de travail.

Aux membres du jury qui ont daigné laisser leurs multiples occupations pour se donner la peine d'examiner ce travail, nous leur sommes infiniment reconnaissantes. Leurs critiques et suggestions contribuerons certainement à rehausser la valeur de ce travail.

A toute l'équipe pédagogique qui a toujours veiller à la bonne continuation de notre parcours et qui a été à juste titre une aide incontournable à notre succès. Par ailleurs on gardera toujours le souvenir ému de votre bienveillance à notre égard.

Il est difficile de remercier toutes les personnes qui, d'une façon ou d'une autre, nous ont apporté leur aide, sans prendre le risque d'en oublier. On espère néanmoins leur avoir fait preuve de toute notre reconnaissance à chaque fois qu'elles ont facilité notre travail, donné un coup de main, écouté, soutenu, conseillé,...

MERCI..... MERCI.....





Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,
l'amour, le respect et la reconnaissance...*

Aussi c'est tout simplement que je dédie ce mémoire :

A mes parents. Aucun hommage ne pourrait être à l' hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler je vous remercie pour tous l'amour que vous me portez depuis mon enfance. Que dieu vous procure bonne santé et longue vie pleine de bonheur. Que ce travail soit l'exaucement de vos vœux et le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitte jamais assez.

*A la prunelle de mes yeux, la douce au cœur si grand, ma très chère sœur **ASSIA***

*A son mari **MOHAMED** et mes petits anges **YACINE** et **ANAS**.*

*A **THINHINEN**, ma collègue et ma très chère amie qui a toujours était patiente avec moi.*

A tous mes amis, en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble. Veuillez trouvez l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

HADJER





Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,
l'amour, le respect et la reconnaissance...*

Aussi c'est tout simplement que je dédie ce mémoire :

A mes parents. Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

A mes chers et adorables frères et sœurs, RACHIDA, IDIR, DYHIA, MELISSA, JUBA et le petit AMAYAS je vous adore énormément.

A mes petites nièces NESRINE et YASMINE.

A mon fiancé HOCINE, pour son soutien et son encouragement aussi sa famille que je considère ma deuxième famille.

A ma collègue de travail et ma très chère amie HADJER, qui a toujours été patiente avec moi.

A tous mes amis, en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble. Veuillez trouvez l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

THINHINEN



Table des matières

Résumé	i
Liste des figures	iii
liste des tableaux	iv
Liste des abréviations	v
Introduction générale	01
Partie théorique	
Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées.	
Introduction	05
1.1 Définition d'une eau usée	05
1.2 Origine des eaux usées	05
1.2.1 Eau usée domestique	05
1.2.2 Eau usée industrielle	06
1.2.3 Eau usée pluviale	07
1.2.4 Eau usée agricole	07
1.3 Principaux types de pollutions des eaux usées	08
1.3.1 Pollution physique	08
1.3.2 Pollution chimique	08
1.3.3 Pollution biologique	09
1.4 Paramètres de mesure de la pollution des eaux	09
1.4.1 Paramètres organoleptiques	09
1.4.2 Paramètres physiques	09
1.4.3 Paramètres chimiques	10
1.4.4 Paramètres bactériologiques	11
1.5 Les conséquences de la pollution	12
1.5.1 Les conséquences écologiques	12
1.5.2 Les conséquences sanitaires	13
1.5.3 Les conséquences industrielles	13
1.5.4 Les conséquences agricoles	13
Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées.	
Introduction	14
2.1 La réutilisation des eaux usées traitées	14
2.1.1 Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux usées	15
2.1.2 Les principales voies de la réutilisation des eaux usées traitées	17
2.1.2.1 Réutilisation agricole	17
2.1.2.2 Réutilisation industrielle	18
2.1.2.3 Production d'eau potable	18
2.1.2.4 Réutilisation en zone urbaine	18
2.1.2.5 Recharge de nappes	19
2.2 Réutilisation des eaux usées traitées dans le monde et l'Algérie	19
2.2.1 Dans le monde	20
2.2.2 Dans le monde arabe	20
2.2.3 En Algérie	22
2.3 Impact des rejets d'eaux usées dans le milieu marin	23
	25

Table des matières

2.3.1 Les matières solides	25
2.3.2 La couleur	26
2.3.3 L'eutrophisation	26
2.3.4 Les agents pathogènes	27
2.3.5 L'appauvrissement en oxygène	27
Partie pratique	
Chapitre 1 : Bilan de connaissance sur la zone d'étude.	
1.1 Historique et situation géographique de la Raffinerie	28
1.2 Objectifs et missions	28
1.3 Capacité de production	29
1.4 Organigramme de la raffinerie d'Arzew	30
1.5 Présentation des installations de production	31
1.5.1. Département P1	31
1.5.1.1. Zone 3 : Les utilités	31
1.5.1.2. Zone 4 : Les carburants	31
1.5.1.3. Zone 7 : Les lubrifiants	31
1.5.1.4. Zone 10 : Les bitumes	31
1.5.2. Département P2	31
1.5.2.1. Zone 5 : Les lubrifiants	31
1.5.2.2. Zone 19 : Les utilités	32
1.5.3. Département P3	32
1.5.3.1. Zone 6 : Mélange et conditionnement des huiles finies	32
1.5.3.2. Unité 3000	32
1.5.4. Département P4	32
1.6 La gestion des rejets liquides industriels	33
1.7 Les étapes de traitement des eaux polluées	33
1.7.1 Le prétraitement	33
1.7.1.1. Dégrillage	33
1.7.1.2. Dessablage	33
1.7.1.3. Déshuilage	33
1.7.2 Le traitement primaire	33
1.7.2.1 Coagulation – Flocculation	33
1.7.2.2 Flottation	34
1.7.3 Traitement secondaire (traitement biologique)	34
1.7.4 Traitement tertiaire	34
1.8 Description de la zone de traitement des effluents	35
1.8.1 Unité 1800	35
1.8.2. Zone 27	36
1.9 Procédé de traitement des effluents au niveau de la zone 27	37
1.9.1. Amenée des eaux usées	37
1.9.2 Bassin d'orage (storm water basin)	38
1.9.3 Bassin tampon (Hold up tank)	38
1.9.4 Bassin de séparation API (27BA-06 A/B)	39

Table des matières

1.9.5 Unité de flottation	39
1.9.6 Bac de rétention	41
1.9.7 Réacteurs biologiques séquentiels (RBS)	41
1.9.7.1 Phase de remplissage en anoxie	42
1.9.7.2 Phase de remplissage avec aération	43
1.9.7.3 Phase de réaction	43
1.9.7.4 Phase de stabilisation	44
1.9.7.5 Période de décantation	44
1.9.7.6 Phase d'arrêt	45
1.10 La filtration	45
1.11 Traitement des boues	46
1.11.1. L'épaississement	46
1.11.2 Déshydratation des boues	46
1.11.3 Incinération de boue	46
Chapitre 2 : matériels et méthodes.	
Introduction	48
2.1 Echantillonnage	48
2.2 Méthodologie des analyses	50
2.2.1 Mesure du pH	50
2.2.2 Mesure de conductivité	50
2.2.3 Mesure de la teneur en furfural	51
2.2.4 Mesure de la teneur en hydrocarbures (HC)	52
2.2.5 Mesure de la DBO ₅ (demande biochimique en oxygène)	53
2.2.6 Mesure de la DCO (demande chimique en oxygène)	54
2.2.7 Mesure de l'azote total Kjeldahl	55
2.2.8 Mesure des MES (matières en suspension)	57
2.2.9. Mesure du solvant MEK	58
Chapitre 3 : résultats et discussions.	
Introduction	59
3.1 Potentiel d'Hydrogène (pH)	59
3.2 La conductivité	60
3.3 Le furfural	61
3.4 Les hydrocarbures	62
3.5 La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	62
3.6 La demande chimique en oxygène (DCO)	63
3.7 L'azote total KJELDHAL (NTK)	64
3.8 Les MES	64
3.8 Les solvants MEK	64
Conclusion générale	66
Bibliographie	69
Annexe	

Résumé :

L'objectif de ce travail, est d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux usées industrielles de la STEP (zone 27) de la raffinerie d'Arzew en référence avec les normes mise en dispositions dans le journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire.

Neuf paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, hydrocarbures, furfural, DBO₅, DCO, l'azote KJELDHAL, MES et solvant MEK) ont été suivis durant les trois mois (12 semaines) allant de mars jusqu'au mai ; les prélèvements ont été prise au niveau de deux points : l'entrée (T02) et la sortie vers mer (SVM). Les résultats des paramètres physico-chimiques obtenus à partir des mesures et des analyses effectuées ont montré que les valeurs sont conformes aux normes de rejet des eaux usées vers mers.

Mots clés : analyse physico-chimique, eaux usées, STEP, raffinerie d'Arzew, normes de rejet.

Abstract :

The objective of this work is to evaluate the physicochemical quality of the industrial wastewater of the treatment plant (zone 27) of the Arzew's refinery in reference to the available norms of the official newspaper of people's Democratic Republic of Algeria.

Nine physico-chemical parameters (pH, conductivity, hydrocarbons, furfural, DBO₅, DCO, KJELDHAL Nitrogen, MES and MEK solvent) have been followed during the three months (12 weeks) starting from March to May. The results of the physico chemical parameters which have been done obtained from the measures and analysis that have been done , shown that the values are in accordance with the standars of the waste rejections towards seas.

Keywords : physico-chemical analysis, wastewater, WWTP, Arzew refinery, discharge standards.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تقييم الجودة الفيزيائية الكيمائية لمياه محطة المعالجة (منطقة 27) من مصفاة أرزيو في إشارة إلى المعايير المحددة في الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية والشعبية. تم رصد تسعة معاملات فيزيائية كيمائية (معامل الحموضة، الناقلية، الهيدروكربونات ، الفورفورال ، DBO_5 ، DCO ، $KJELDHAL$ Nitrogen ، MES و MEK المذيبات) خلال الثلاثة أشهر (12 أسبوع) من مارس إلى مايو. تم أخذ العينات في نقطتين: المدخل ($T02$) والخروج باتجاه البحر (SVM). وأظهرت نتائج المعاملات الفيزيائية الكيمائية المأخوذة من القياسات والتحليلات التي أجريت أن القيم تتفق مع معايير تصريف مياه المستعملة نحو البحار.

الكلمات الرئيسية :

التحليل الفيزيائي الكيمائي ،المياه المستعملة ، محطة معالجة مياه المستعملة ، مصفاة أرزيو ، معيار التفريغ.

Liste des figures

- Fig. 1** - Schéma de réutilisation d'eaux usées municipales selon le type d'applications.
- Fig. 2** - Réutilisation mondiale de l'eau après un traitement tertiaire avancé.
- Fig. 3** - Plan de masse de la RAIZ.
- Fig. 4** - Organigramme de la raffinerie d'Arzew.
- Fig. 5** - Site d'implantation des zones 27 et 1800 de la raffinerie.
- Fig. 6** - Plan de masse de la zone 27.
- Fig. 7** – Déversoir et bassin d'orage
- Fig. 8** – Bac tampon
- Fig. 9** – Bassin API
- Fig. 10** -Unité de flottation.
- Fig. 11** -Schéma de principe de fonctionnement d'une cellule de flottation.
- Fig. 12** –Bac rétention
- Fig. 13** -Schéma des points de prélèvement de la STEP Z27.
- Fig. 14** -Le pH mètre.
- Fig. 15** -Le Conductimètre.
- Fig. 16** -Le spectrophotomètre.
- Fig. 17** –Analyseur d'hydrocarbures.
- Fig. 18** - L'incubateur.
- Fig. 19** –Analyseur de la DCO.
- Fig. 20** –Appareil Kjeldhal.
- Fig. 21** – Variations trimestrielles du pH à l'entrée et la sortie de la STEP (Z27).
- Fig.22** – Variation trimestrielle de la conductivité à l'entrée et la sortie de la STEP (Z27).
- Fig.23** – Variation trimestrielle du furfural à l'entrée et la sortie de la STEP (Z27).
- Fig.24** – Variation trimestrielle des hydrocarbures à l'entrée et la sortie de la STEP (Z27).
- Fig.25** – Variation trimestrielle de la DBO₅ à l'entrée et la sortie de la STEP (Z27).
- Fig. 26** - Variation trimestrielle de la DCO à l'entrée et la sortie de la STEP (Z27).

Liste des tableaux

Tab. 1 -Caractéristiques des eaux résiduaires urbaines en Algérie.

Tab. 2 - Les normes de rejets des effluents liquides (décret exécutif n°06-141).

Tab. 3 - Les 20 pays dotés des volumes d'eau usée utilisée pour l'irrigation agricole.

Tab. 4 -Volumes d'eaux usées collectées, traitées et utilisées en 2013.

Tab. 5 - Capacité de production des différents produits pétroliers.

Tab. 6 - Les mesures et les facteurs des différents volumes pour le calcul de la DBO

Tab. 7 - Analyses physicochimiques des eaux de rejets à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Liste des abréviations

pH : potentiel d'Hydrogène
MES : Matières En Suspension
DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène
DCO : Demande Chimique en Oxygène
COT : Carbone Organique Total
NTK : Azote Total Kjeldahl.
P : Phosphore.
T : Température.
OD : Oxygène Dissous.
HAP : hydrocarbures aliphatiques polycycliques.
NT : Azote Total.
PT : Phosphore Total.
CT : Coliformes Totaux.
CF : Coliformes Fécaux.
SF : Streptocoques Fécaux.
REUE : Réutilisation des Eaux Usées Epurées.
REUT : Réutilisation des Eaux Usées Traitées.
EUT : Eaux Usées Traitées.
STEP : Station De Traitement des Eaux Polluées.
ONA : Office National d'Assainissement.
IANOR : Institut Algérien de Normalisation.
RAIZ : raffinerie d'Arzew.
SONATRACH : Société nationale pour la recherche, la production, le transport, la transformation, et la commercialisation des hydrocarbures.
P : Production.
GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié.
MEK : Méthyle-Ethyle-Cétone.
API : Anti Plaques Parallèles Intercepteurs.
RBS : Réacteurs Biologiques Séquentiels.
AFNOR : agence française de normalisation

Introduction

Tout au long des siècles, et bien avant le début de la révolution industrielle, les hommes ont utilisé la mer comme le réceptacle le plus commode pour rejeter les déchets résultant de leurs activités. La capacité d'autoépuration de la mer a été surexploitée. L'immersion de déchets domestiques, industriels et radioactifs, ainsi que le ruissellement provenant des exploitations agricoles, n'ont pas seulement engendré des risques considérables pour la santé humaine mais ont aussi mis en péril le milieu marin.

L'eau est un facteur limitant du développement de l'agriculture ; sa rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource. La croissance démographique accrue, l'urbanisation et l'industrialisation accélérées ainsi que l'accroissement des cultures à grande échelle ne cessent de faire augmenter la demande en eau (**Asano et al., 2007**).

En Algérie, le déficit de cet or bleu est devenu inquiétant confirmant les diverses expertises parant d'hypothèse et usant une méthodologie différentes qui ont toutes conclu que notre pays se trouvera entre 2010 et 2025 confronté à cette pénurie quasi endémique. Aujourd'hui, la facture des épidémies de maladies à transmission hydrique) est lourde pour l'état algérien. Les principaux facteurs de ces maladies sont l'insuffisance des ressources hydriques conjuguée à l'absence de traitement de certains points d'eau. A travers ce constat la situation est alarmante et conséquent il est urgent voie vital de définir une politique claire en matière de gestion, d'inventaire, de conservation, de traitement d'utilisation et de recherche des ressources en eau, indispensable pour tout développement économique (**Hadef et Hadef, 2000**).

Les déficiences dans la gestion des eaux usées restent l'un des principaux facteurs de transmission des maladies et de dégradation de l'environnement. Dans la station d'épuration, les eaux usées subissent des traitements afin de rendre négligeable leur composition en matières indésirables et toxiques, nocives à la santé humaine, et qui se transmettent soit par contact direct avec les eaux de baignade, soit indirectement par l'irrigation des cultures par des eaux usées non traitées.

Les eaux usées sont fortement chargées en polluants et en contaminants divers, ce qui pose le problème des risques sanitaires liés à une valorisation des eaux et des

Introduction

traitements nécessaires à mettre en œuvre. La réglementation relative à la réutilisation des eaux usées traitées donne les prescriptions techniques, sanitaires à respecter en vue de limiter les risques et les impacts sur la santé et l'environnement et d'engager aux mieux une politique de gestion intégrée de la ressource en eau.

Avec une superficie de 2 381 741 km², l'Algérie est divisée en 48 wilayas, dont près de 80% du territoire représente une zone désertique où les précipitations sont quasi nulles et les ressources en eau superficielles sont très faibles et limitées. Selon **Mozas et Alexis (2013)**, les potentialités hydriques de l'Algérie sont estimées en moyenne à 18 milliards de m³/an, dont 12,5 milliards de m³ dans les régions Nord (10 milliards de m³ d'écoulements superficiels et 2,5 milliards de m³ de ressources souterraines renouvelables), 5,5 Milliards de m³ dans les régions sahariennes (0,5 milliards m³ d'écoulements superficiels, 5 milliards de m³ ressources souterraines fossiles). Les ressources hydriques algériennes sont renouvelables, 60% pour les eaux de surface et 15% pour les eaux souterraines (**Terra, 2013**). La surface agricole utile couvre seulement 8,5 millions d'hectares dont 90% se trouve dans le nord où vit plus de 80% de la population (**Guemraoui et Chabaca, 2005**).

L'Algérie a dû relever le défi pour faire face à cette situation critique. Elle a adopté un plan national de l'eau jusqu'à l'horizon 2025, à travers la mise en place d'une politique de gestion de ces ressources hydriques, afin de faire sortir le pays de cette situation, assurer la durabilité des ressources et garantir une bonne gouvernance de l'eau, dans un contexte de développement durable (**Bouchedja, 2012**). Ce qui explique de nos jours, l'ambition de l'Algérie de traiter un milliard de mètres cube d'eaux usées (**Hartani, 2004**).

Avec l'évolution des textes réglementaires, le secteur de l'épuration est désormais en mutation. La prise de conscience écologique et les enjeux de santé publique pour les populations ont poussé l'union européenne à légiférer et à imposer à ses pays membres de traiter les eaux usées.

Le traitement des eaux usées obéit à une logique de préservation des ressources en eau et de protection de l'environnement. Le but du traitement des eaux usées est de

Introduction

diminuer leurs teneurs en substances polluantes afin que l'eau rejetée entre dans le cadre de la norme algérienne.

L'épuration des eaux usées consiste à éliminer suffisamment de substances polluantes afin que l'eau rejetée dans le milieu naturel ne dégrade pas celui-ci. L'épuration est donc une démarche écologique visant à préserver notre environnement et nos ressources en eau. C'est pourquoi, le rendement de nos stations d'épuration est normalisé.

En Algérie, la présence de normes de rejet spécifiques à la réutilisation des eaux usées en agriculture (décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) ainsi que la présence de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des eaux usées et la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par les eaux usées épurées (décret exécutif n° 07-149 du 20 mai 2007 et l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012) constituent une promotion de projets de réutilisation des eaux usées épurées.

L'industrie pétrolière génère beaucoup d'eau produite avec l'extraction du pétrole. Cette eau contient une grande diversité de polluants chimiques qui ne peuvent être rejetés vers la mer sans aucun traitement. Les raffineries s'appuient sur les technologies du traitement de l'eau pour garantir de la production et respecter les normes environnementales de plus en plus strictes. Prenant en considération sa responsabilité vis-à-vis l'environnement, la raffinerie d'Arzew est dotée de deux stations d'épuration et cela dont le but de répondre aux normes de rejet.

Notre présent travail s'intéresse à l'appréciation de la qualité des eaux de rejets à l'entrée et à la sortie de STEP Zone 27.

Ce mémoire commence par une introduction au sujet suivie de deux parties : théorique et pratique.

La partie théorique est composés de deux chapitres : le chapitre 1 est relatif à est composé des chapitres suivants :

Le chapitre 1 est relatif à l'étude des eaux usées.

Dans le chapitre 2, on a définit les eaux usées et leur réutilisation une fois traitées dans le monde et en Algérie.

Introduction

La partie pratique est composée de trois chapitres.

Dans le chapitre 1, on a dressé un bilan de connaissances sur la zone d'étude qu'est la raffinerie d'Arzew RAIZ.

Dans le chapitre 2, on a présenté notre méthodologie de travail.

Le chapitre 3 expose et discute les différents résultats des analyses réalisées à l'entrée et à la sortie de la STEP (Zone 27) de la raffinerie d'Arzew.

Enfin une conclusion et quelques recommandations.

Objectifs visés

Les eaux usées sont fortement chargées en polluants et en contaminants divers, ce qui pose le problème des risques sanitaires liés à une réutilisation des eaux usées et des traitements nécessaires.

Le premier objectif de cette étude est de dresser un bilan de connaissances actuelles sur la raffinerie d'Arzew en particulier le fonctionnement de sa STEP par l'analyse de quelques paramètres physicochimiques des eaux de rejets liquides à l'entrée et sa sortie.

Le second objectif vise les résultats des différentes analyses effectuées sur trois mois pour avoir une idée si la raffinerie pourrait réutiliser ses eaux usées pour le refroidissement de ses installations ou d'autres buts.



CHAPITRE 1

*Généralités sur les eaux
usées*

Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées

Introduction

Sans eau, pas de vie. L'eau a de tout temps accompagné la vie des êtres vivants. Patrimoine commun de l'humanité, au même titre que l'air, l'eau est constamment détériorée dans le monde qu'il s'agisse de pollution par les rejets industriels (éléments toxiques), par les substances utilisées pour l'agriculture intensive (nitrates, pesticides), ou par les excès de notre mode de vie (pollution, chlore), l'eau est rarement biocompatible. La raréfaction des ressources en eau et la dégradation de leur qualité est un défi majeur pour le XXI^e siècle.

1.1 Définition d'une eau usée

Une eau usée est appelée aussi une eau résiduaire, eau polluée ou effluent liquide. Elle est utilisée par l'homme dans l'une des trois activités : domestique, agricole ou industrielle ; et a subi une modification de ses propriétés physique, chimique et biologique ; par des déversements, rejets, dépôts de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les détergents, les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels (**Dahou,A. et Brek,A., 2013**).

1.2 Origine des eaux usées

Suivant l'origine des substances polluantes, on peut distinguer trois catégories d'eaux usées : domestique, industrielle et pluviale.

1.2.1 Eau usée domestique : qui provient des différents usages domestiques. Elle est essentiellement porteuse de pollution organique et se répartit en eaux ménagères, généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants et de débris organiques. Les eaux de vannes sont les rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (**Kir,O. et Lechelah,A., 2013**). Ces eaux sont essentiellement chargées de matières organiques, ainsi que de produits d'entretien ménagers (**Ladjel, 2006**).

La composition et les caractéristiques d'une eau résiduaire urbaine sont peu variables par rapport aux eaux usées industrielles. Le tableau 1 regroupe certains paramètres indicateurs de pollution des eaux résiduaires urbaines en Algérie.

Tab.1 - Caractéristiques des eaux résiduaires urbaines en Algérie.

Paramètres	Valeurs
pH	7,5–8,5
Résidu sec (mg/l)	1000–2000
MES totales (mg/l)	150–500
DBO5 (mg O2/l)	100 – 400
DCO (mg O2/l)	300 – 1000
COT (mg/l)	100 –300
NTK (mg/l)	30 – 100
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	20 – 80
N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	< 1
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	< 1
P (mg /l)	10 – 25
Détergents (mg/l)	6 – 13

1.2.2 Eau usée industrielle, désignée par l'eau provenant des activités industrielles. Cette eau est différente de l'eau usée domestique et ses caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elle peut également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations de traitement (Mizi, A., 2006).

En termes de volume et type de polluants, les effluents industriels présentent le plus souvent une charge importante et un risque de dysfonctionnement structurel et fonctionnel des réseaux d'assainissement et des dispositifs de traitement des eaux usées. Ces risques sont d'autant plus grands que les industries sont localisées en amont du réseau d'assainissement. Les principaux polluants transitant dans les eaux usées d'origine industrielle, sont :

Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées

- Les métaux toxiques,
- Les toxines organiques,
- Les matières colorées,
- Les huiles et graisses,
- Les sels,
- La pollution organique.

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 industriels 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 (tab. 2).

Tab. 2 - Les normes de rejets des effluents liquides (décret exécutif n°06-141).

Paramètres	Valeurs
Ph	6,5–8,5
DBO5 (mg/l)	30
DCO (mg/l)	120
MES (mg/l)	35
Azote total (mg/l)	30
Phosphore total (mg/l)	10
Hydrocarbures (mg/l)	10

1.2.3 Eau usée pluviale, désignée par l'eau issue des précipitations. Elle peut constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) (Mizi, A., 2006).

1.2.4 Eau usée agricole

Le secteur agricole peut produire à son tour des eaux usées comprenant essentiellement des matières azotées, phosphatées, des pesticides et des huiles minérales. Le lessivage des terres ayant reçu des engrais minéraux riches en phosphore et en azote, introduit dans le milieu récepteur, une pollution directe par la nocivité des produits

Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées

toxiques et indirecte par l'apport des sels nutritifs qui favorisent la prolifération des algues. Ces algues après avoir contribué à abaisser le taux d'oxygène et gêné la vie aquatique, achèvent après leur mort, par leurs produits de composition, de rendre impossible l'existence d'êtres qui constituaient la population normale d'un milieu aquatique (Benslimane, 2001).

1.3 Principaux types de pollutions des eaux usées

Selon la nature de leurs polluants, les pollutions sont classées en trois types : physique, chimique et biologique.

1.3.1 Pollution physique : C'est une altération physique de l'eau par différents facteurs, répartie en trois classes :

-Pollution mécanique : traduite par la présence des particules de taille et de matière variées dans l'eau qui peuvent être :

- ✓ décantées si elles sont plus lourdes que l'eau,
- ✓ flottables si elles sont plus légères que l'eau,
- ✓ Et non séparables si elles ont la même densité que l'eau (Mekhalif, F. 2009).

-Pollution thermique : correspond à une modification (diminution ou augmentation) de la température de l'eau, le plus souvent à la hausse. Cette augmentation de la température cause une diminution de la teneur en oxygène dissous. Ce type de pollution est généralement causé par les mécanismes de refroidissement des industries (Mekhalif, F. 2009).

-Pollution radioactive : se traduit par le rejet des substances radioactives dans l'eau, le plus souvent par les centrales nucléaires (Mekhalif, F. 2009).

1.3.2 Pollution chimique : engendrée par le rejet des substances chimiques d'origine industrielle, domestique ou agricole. Elle est divisée en deux catégories :

- ✓ **Pollution organique :** les effluents chargés de matières organiques biodégradables comme : les hydrocarbures, les pesticides et les détergents..., Ils provoquent une consommation d'oxygène dissous de ces eaux.

Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées

- ✓ **Pollution minérale** : où l'eau est chargée des éléments minéraux tels que les métaux lourds, l'azote et le phosphore...

1.3.3 Pollution biologique : qui correspond à l'introduction des polluants biologiques qui sont des organismes vivants, généralement des microorganismes pathogènes pour la santé humaine (virus, bactéries, parasites...). Elle est souvent due aux rejets d'eaux des égouts domestiques et à la présence des matières fécales dans l'eau (**Mekhalif,F. 2009**).

1.4 Paramètres de mesure de la pollution des eaux

Dans le domaine du traitement des eaux, divers paramètres sont utilisés pour mesurer la qualité d'une eau. Ces paramètres sont essentiels dans la conception d'une station d'épuration, dans le choix d'un procédé de traitement, dans le dosage de réactifs et/ou dans la mesure de l'abattement des polluants. On peut citer :

1.4.1 Paramètres organoleptiques

- ✓ **Couleur** : La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle, soit associée à sa pollution (composés organiques colorés). La coloration d'une eau est très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induisant une coloration qui ne se limite pas au seul du domaine du visible (**Dahou,A. et Brek,A., 2013**).
- ✓ **Odeur** : Les eaux résiduaires se caractérisent par une odeur de moisi. Toute odeur est signe de pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition (**Mekhalif,F. 2009**).
- ✓ **Turbidité** : C'est la réduction de la transparence d'une eau. Cette réduction revient à la présence des matières en suspension. Elle se mesure à l'aide d'un turbidimètre (**Dahou,A. et Brek,A., 2013**).

1.4.2 Paramètres physiques

- ✓ **Température (T)** : Elle régit la qualité d'oxygène dissous dans l'eau : quand la température augmente, l'oxygène dissous diminue. Elle joue un rôle important dans la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température

Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées

agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau (Ben Mira Zitouni, M. et Benchaib, E., 2015 ; Dahou, A. et Brek, A., 2013).

- ✓ **Matières en suspension (MES) :** Elles comprennent les matières insolubles qui sont en suspension dans le liquide, comme les matières organiques et minérales de taille importante. Ce paramètre est exprimé en mg/l (Manhal, A., 2006).

1.4.3 Paramètres chimiques

- ✓ **Potentiel d'hydrogène (pH) :** C'est la mesure de la concentration en ions hydrogène (H⁺) contenus dans la solution. C'est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau. Il est mesuré à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie (Mizi, A., 2006).
- ✓ **Demande chimique en oxygène (DCO) :** C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toutes les matières organiques et les matières minérales contenues dans l'eau (Khemici, Y., 2014).
- ✓ **Demande biochimique en oxygène (DBO₅) :** qui correspond à la quantité d'oxygène consommée en 5 jours par une biomasse pour décomposer les matières organiques. Elle est mesurée à partir d'un DBOmètre, et exprimée en mg d'O₂/l. L'échantillon est incubé dans l'enceinte thermostatée à 20°C en présence d'air (Khemici, Y., 2014).
- ✓ **Carbone organique total (COT) :** 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 infra rouge. 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 (Mizi, A., 2006).
- ✓ **Oxygène dissous (OD) :** Quantité d'oxygène disponible dans l'eau et nécessaire à la vie aquatique et à l'oxydation des matières organiques. Les matières organiques, essentielles à la vie aquatique en tant que nourriture, peuvent devenir un élément perturbateur quand leur quantité est trop importante. En effet, elles vont être

Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées

dégradées par des bactéries et consommées naturellement de l'oxygène dissous (Mizi, A., 2006).

- ✓ **Conductivité électrique** : la conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et leur concentration (Benchahem, M., bouazza, H. et Labbaz L., 2014).

- ✓ **Autre éléments** :
 - **Azote total (NT)** : exprimé en mg/l, mesure la quantité d'azote global comprenant toutes les formes (réduites et oxydées) : organique, ammoniacal, nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-) ((Benchahem, M., bouazza, H. et Labbaz L., 2014).).

 - **Phosphore total (PT)** : 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 (Benchahem, M., bouazza, H. et Labbaz L., 2014).

 - **Hydrocarbures (HAP)** : Leur mesure dans les eaux constitue une opération souvent délicate. En effet, l'échantillonnage est fréquemment hasardeux, particulièrement lorsque les eaux résiduaires ne sont pas prélevées dans un réseau sous pression ou quand elles sont très chargées en huiles. Par ailleurs, les valeurs obtenues lors de dosages réalisés sur un même échantillon sont très diverses selon la méthode utilisée, car celles-ci se rapportent alors à la détection partielle ou totale de composés différents (Mizi, A., 2006).

 - **Métaux lourds** : Les métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Pb) se trouvent dans les eaux usées urbaines à l'état de traces. Des concentrations élevées sont en général révélatrices d'un rejet industriel. Leur présence est nuisible pour l'activité des microorganismes donc elle perturbe le processus d'épuration biologique (Benchahem, M., bouazza, H. et Labbaz L., 2014).

1.4.4 Paramètres bactériologiques

- **Les coliformes totaux (CT)** : constituent un groupe de bactéries d'origines fécale et environnementale. En effet, la plupart de ces espèces peuvent se trouver

Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées

naturellement dans le sol et la végétation. Leur présence dans l'eau n'indique pas une contamination fécale ni un risque sanitaire, mais plutôt une dégradation de la qualité bactérienne de l'eau, qui peut être attribuée, entre autres, à une infiltration d'eau de surface dans le puits, ou au développement progressif d'une couche de bactéries sur les parois appelée biofilm. L'analyse des coliformes totaux permet notamment d'obtenir de l'information sur la vulnérabilité possible d'un puit à la pollution de surface (**Ballouki, K., 2012**).

- **Les coliformes fécaux (CF)** : appelés aussi coliformes thermotolérants. C'est un sous groupe des coliformes totaux qui proviennent de matières fécales produites par les humains ou par les animaux (**Ballouki, K., 2012**).

- **Les Streptocoques fécaux (SF)** : sont des microorganismes pathogènes, appelés aussi les streptocoques intestinaux car ils sont très abondantes dans les intestins des êtres humains et d'autres mammifères. Leur présence dans l'eau indique une contamination par les selles ce qui peut causer une gastro-entérite qui se manifeste par une diarrhée, des crampes abdominales, des nausées ou des vomissements (**Ballouki, K., 2012**).

1.5 Les conséquences de la pollution

Les conséquences de la pollution peuvent être classées en quatre catégories principales (**Anonyme 2, 2008**).

1.5.1 Les conséquences écologiques

Les conséquences écologiques de la pollution des ressources en eau se traduisent par la dégradation des écosystèmes aquatiques. Comme tout le milieu naturel, un écosystème aquatique dispose d'une capacité propre à éliminer la pollution qu'il subit : c'est sa capacité d'autoépuration cependant, lorsque l'apport de substances indésirables est trop important, que cette capacité épuratoire est saturée, les conséquences écologiques peuvent être de différentes natures (**Anonyme 2, 2008**).

Les eaux usées industrielles entraînent des dégradations qui entrent dans le cadre général des eaux usées et dans celui des dégradations par surcharge des eaux, en suspensions. Par exemple des études effectuées sur deux espèces de crustacés

Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées

montrent qu'une concentration en cuivre de 0,1 mg/l détermine la mortalité de ces deux espèces dans un délai inférieur à 6 jours. En l'absence de collecteurs d'eaux usées, ces dernières finissent par percoler au travers des sédiments jusqu'au bas des plages où elles constituent un réservoir des sources riches en ions phosphate, nitrates et en détergents (**Faure, 2008**).

I.5.2 Les conséquences sanitaires

En effet, les eaux usées peuvent avoir des conséquences sur la santé de l'Homme. La pollution de certaines couches hydriques si elle a atteint des niveaux alarmants provoque des épidémies dues aux maladies à transmission hydrique (**Baouia et Habbaz, 2006**).

I.5.3 Les conséquences industrielles

L'industrie est un gros consommateur d'eau, il faut par exemple 1m³ d'eau pour produire 1kg d'aluminium. Le développement industriel peut être stoppé par la pollution ; c'est une des raisons pour laquelle la préoccupation pour la pollution est apparue d'abord dans les pays industriels (**Anonyme 2, 2008**).

I.5.4 Les conséquences agricoles

Dans certaines régions, l'eau est largement utilisée pour l'arrosage ou l'irrigation, souvent sous forme brute (non traitée). La texture du sol (complexe argilo-humique), sa flore bactérienne, les cultures et le bétail, sont sensibles à la qualité de l'eau. Du même, les boues issues de traitement des eaux usées pourront, si elles contiennent des toxiques (métaux lourds) être à l'origine de la pollution des sols (**Baouia et Habbaz, 2006**).



CHAPITRE 2

Réutilisation des eaux usées

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

Introduction

L'eau est en même temps un aliment, un médicament, une matière première industrielle énergétique et agricole. Ses usages sont donc multiples mais s'agissant de santé humaine, ils sont surtout dominés par l'agriculture et l'aquaculture, l'industrie et l'artisanal.

Afin de préserver la qualité des masses d'eau et pour diminuer les prélèvements dans le milieu naturel, il convient de chercher des approvisionnements alternatifs. La réutilisation des eaux usées épurées, ou REUE, peut constituer l'un de ces approvisionnements.

La réutilisation des eaux usées épurées recouvre deux notions complémentaires : le traitement puis la réutilisation proprement dite d'eaux usées. Elle propose de récupérer directement ces eaux usées épurées, de les traiter éventuellement une nouvelle fois et de s'en servir pour toutes sortes d'usages. On constate que la REUE agit à deux niveaux : premièrement elle évite les rejets d'eaux issues de stations d'épuration dans le milieu naturel, et deuxièmement, elle constitue un approvisionnement supplémentaire.

2.1 La réutilisation des eaux usées traitées

En effet, pour assurer des applications durables et efficaces de réutilisation d'eaux usées, il est nécessaire que :

- Le risque potentiel de santé publique lié à la réutilisation d'eaux usées soit évalué et réduit au minimum ;
- Les applications spécifiques de REUT répondent aux objectifs de qualité des eaux.

Le choix du ou des procédés de traitement dépend donc de la qualité de l'effluent exigée et du type de réutilisation, mais aussi est fonction des conditions locales, des critères technico-économiques et de la taille des installations (**Ecosse, 2001**).

La réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées est un enjeu politique et socio-économique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement à l'échelle mondiale. Elle présente, en effet, l'avantage majeur d'assurer une ressource alternative à moindre coût permettant de limiter les pénuries d'eau, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau.

Selon une étude récente (**Global Water Intelligence, 2005**), seulement 5% des eaux usées traitées de la planète sont réutilisées à l'heure actuelle, ce qui représente un volume global d'environ 7,1 km³ par an, soit 0,18% de la demande mondiale en eau. La demande globale en eau est estimée à environ 4.000 km³ par an, ce qui représente environ 30% des ressources d'eau douce renouvelables et facilement accessibles, estimées de 10.000 à 14 000 km³ par an.

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant.

2.1.1 Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux usées

La principale motivation ayant conduit plusieurs pays à se lancer dans des projets de réutilisation des eaux usées traitées est le recyclage dans des buts quantitatif et qualitatif, particulièrement dans les régions arides et semi-arides (**AFD, 2011**).

La réutilisation des eaux usées peut être un atout important dans la politique d'aménagement du territoire des collectivités locales (**Lazarova et Bahri, 2005**).

Avantages :

- ✓ La réutilisation des eaux usées traitées peut compenser la rareté des ressources. Ceci permet d'enrayer les limites de la production des denrées alimentaires liées au manque d'eau, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire mondiale (**Trad Rais et Xanthoulis, 2006**).

L'affectation des eaux usées traitées à l'usage agricole permet de consacrer les eaux de meilleure qualité aux consommations domestiques. La hausse des

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

rendements de cultures destinées à la consommation humaine entraîne une plus grande disponibilité des biens alimentaires (OMS, 2012);

- ✓ Elle contribue à réduire les pollutions du milieu et de protéger l'environnement;
- ✓ Assurer une ressource fiable, disponible et indépendante des sécheresses ;
- ✓ Économiser l'eau potable pour la réserver aux usages domestiques ;
- ✓ Assurer des revenus complémentaires grâce à la vente de l'eau recyclée et des produits dérivés ;
- ✓ Assurer des bénéfices économiques pour les usagers grâce à la disponibilité de l'eau recyclée en cas de sécheresse (Veolia, 2006). Ce type de réutilisation donne des rendements plus élevés que l'irrigation conventionnelle avec de l'eau douce même en utilisant des engrais artificiels ;
- ✓ Réduire les rejets de nutriments et de polluants dans le milieu récepteur. Ceci améliorera le milieu aquatique, les zones de baignade, les parcs qui se traduit par une amélioration du cadre de vie et de l'environnement où vivent les populations (SYNTEAU, 2012) ;
- ✓ Les effluents des stations d'épuration contiennent une grande quantité de nutriments utilisables par les plantes, réduisant ainsi l'utilisation d'engrais chimiques et leur production (Exall, 2004) ;
- ✓ Réduire les coûts énergétiques et environnementaux par rapport à ceux de l'exploitation des aquifères profonds, du transport d'eau à longues distances, du dessalement... (Veolia, 2006).

Les habitats aquatiques et riverains près des points de rejets seront donc de meilleure qualité.

Inconvénients:

- ✓ Problèmes de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non traitées (OMS, 2012) ;
- ✓ Acceptation publique de la réutilisation. La majorité du monde est contre l'utilisation directe des eaux usées traitées à des fins de production d'eau potable (Asano et al, 2007) ;
- ✓ Financement des infrastructures et des coûts d'exploitation ;
- ✓ Présence de beaucoup de sels, bore, sodium et autres micropolluants peut avoir des effets négatifs sur les sols et certaines cultures;
- ✓ Une grande fiabilité d'exploitation est requise ;

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

- ✓ Importance du choix de la filière de traitement (**Fillali, Y. 2011**).

2.1.2 Les principales voies de la réutilisation des eaux usées traitées

En fonction des exigences de qualité des consommateurs, deux grandes classes de réutilisation peuvent donc être définies:

- Les usages potables qui peuvent être directs, après un système de traitement adéquat, ou indirects, après passage dans le milieu naturel, qui joue un rôle d'autoépuration. Le stockage intermédiaire des eaux usées (en partie assainies) peut s'effectuer dans des nappes phréatiques, des lacs ou des réservoirs artificiels. Le taux de dilution des eaux usées réutilisées avec l'eau des ressources naturelles varie de 16 à 40% (**Fillali, Y. 2011**);

- Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriel et urbain.

Il existe des milliers de projets de réutilisation des eaux usées. On peut distinguer cinq catégories de réutilisation :

- réutilisation pour l'irrigation : cultures fourragères ou maraîchères, céréales, prairies, etc. ;
- réutilisation industrielle : circuit de refroidissement, construction, papeteries, industries textiles, etc. ;
- réutilisation en zone urbaine: lutte contre l'incendie, lavage de voirie, recyclage des eaux usées d'un immeuble, arrosage de parcs, golfs, cimetières, etc...
- la production d'eau potable ;
- la recharge de la nappe phréatique (**Attab, S.; 2011**).

2.1.2.1 Réutilisation agricole

La réutilisation agricole des eaux épurées comme moyen d'économiser la ressource donc été une des premières voies de développement des projets de réutilisation des eaux usées épurées. La réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen et le Sud des Etats Unis. Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des Etats-Unis, l'espace méditerranéen, l'Australie, l'Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud (**Attab, S.; 2011**).

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

Le potentiel de réutilisation des eaux usées à des fins agricoles, a connu une évolution de manière significative d'environ 45 millions de m³ en 2012 à environ 325 million m³ en 2014 (ONA, 2014).

2.1.2.2 Réutilisation industrielle

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau. Parmi les activités industrielles, la production d'énergie est de très loin, le secteur qui prélève le plus d'eau dans le milieu. La réutilisation des eaux usées épurées industrielles peut donc être intéressante dans le secteur de l'énergie, dans les circuits de refroidissement fermés ou ouverts. Les autres applications possibles concernent les laveries industrielles, les stations de lavage de voiture, l'industrie du papier, la production d'acier, de textiles, les industries d'électroniques et de semi-conducteurs, etc. L'un des premiers cas dans le monde est une papeterie du Japon qui est fournie en eaux épurées depuis 1951 (Djeddi, H., 2007).

2.1.2.3 Production d'eau potable

La réutilisation est directe quand l'eau ne revient jamais dans le milieu naturel ; les eaux épurées sont directement acheminées de la station d'épuration à l'usine de traitement pour l'eau potable. L'unique exemple dans le monde de réutilisation directe se trouve en Afrique, à Windhoek, capitale de la Namibie. Cependant, ce mode de REUE sans passer par le traitement supplémentaire offert par le milieu naturel est déconseillé, il doit être mis en œuvre uniquement quand aucune autre solution n'est possible (Baumont, S.).

La réutilisation est indirecte et non planifiée quand les eaux épurées sont rejetées dans un cours d'eau ou une réserve souterraine qui sert à l'alimentation d'une usine de traitement, sans que ce lien soit volontaire. La réutilisation est indirecte et planifiée quand elle consiste à rejeter des effluents de station volontairement en amont d'une usine de traitement, au niveau du plan d'eau ou de la nappe qui sert d'ultime réservoir naturel avant le pompage et le traitement : C'est le cas du comté d'Essex en Angleterre, où une ville de 140 000 habitants, Chelmsford, est alimentée en eau potable pendant l'été par des eaux épurées, après un passage dans la rivière Chelmer (Baumont, S.). La production

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

d'eau potable est l'aboutissement le plus extrême de la réutilisation des eaux usées épurées. Elle a lieu essentiellement dans les zones arides ou semi-arides. Le cas unique de Windhoek en Namibie correspond à une situation unique en termes de ressources en eau, et la réutilisation directe était la seule solution envisageable (**Baumont, S.**).

2.1.2.4 Réutilisation en zone urbaine

Les pays à la pointe de la REUE en milieu urbain sont en majorité des pays développés et fortement urbanisés : Etats-Unis, Japon, Corée du Sud, Allemagne. Les utilisations possibles d'eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses, et il en existe de multiples exemples à travers le monde ; ces projets concernent :

- l'arrosage de parcs, de terrains de sport, de terrains de golf, d'aires de jeux ;
- les bassins d'agrément, piscines, bassins pour la pêche et la navigation de plaisance
- les eaux des sanitaires d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles ;
- le lavage de voirie, réservoirs anti-incendie (**Attab, S.; 2011**).

2.1.2.5 Recharge de nappes

Le dispositif de la recharge de nappe consiste à faire infiltrer ou percoler les EUT dans le sous-sol. On poursuit de la sorte plusieurs objectifs :

- La restauration d'une nappe surexploitée par excès de pompage et dont le rabattement est préjudiciable,
- La protection des aquifères côtiers contre l'intrusion d'eau salée,
- Le stockage des eaux pour une utilisation différée,
- l'amélioration du niveau de traitement de l'eau, utilisant de la sorte le pouvoir autoépuration du sol
- la protection de l'environnement en évitant de rejeter les effluents dans un cours d'eau ou en mer.

Les techniques de recharge reposent sur deux systèmes principaux de circulation de l'eau :

- a) l'infiltration depuis la surface, dans des bassins ou des lits de cours d'eau,
- b) l'injection profonde, par puits ou forages, où l'eau est introduite directement dans la nappe souterraine.

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

Les formations du sous-sol agissent généralement comme un filtre dont l'effet est d'éliminer un certain nombre des constituants physiques, chimiques et microbiologiques des eaux usées traitées, c'est le pouvoir épurateur du sous-sol, qui améliore la qualité de l'eau et constitue souvent le principal objet de recharge par les EUT : ces procédés d'épuration complémentaire constituent les systèmes de géo-épuration (AFD, 2011).

2.2 Réutilisation des eaux usées traitées dans le monde et l'Algérie

2.2.1 Dans le monde

Depuis 2000, la réutilisation des eaux usées traitées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29% par an, en Europe, aux États-Unis et en Chine, et jusqu'à 41% en Australie (Fillali, Y. 2011). Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre de 1,5-1,7 millions m³/jour (Mm³/jour) dans plusieurs pays et états, comme par exemple au Mexique, en Chine, en Floride et en Californie (Fillali, Y. 2011).

En 2010, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) rapporte qu'actuellement il existe 3300 usines de récupération des eaux dans le monde présentant des degrés variables de traitement pour des applications diverses. La plupart de ces usines se trouvent au Japon (plus de 1800) et aux États-Unis (plus de 800), mais l'Australie et l'Union Européenne comptent, respectivement, 450 et 230 projets. La région méditerranéenne et du Moyen-Orient comptent environ 100 sites, l'Amérique latine 50 et l'Afrique Sub-saharienne 20.

La **figure 1** montre le type d'applications de réutilisation des eaux usées traitées à travers le monde et la **figure 2** montre la réutilisation mondiale de l'eau après un traitement avancé (tertiaire).

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

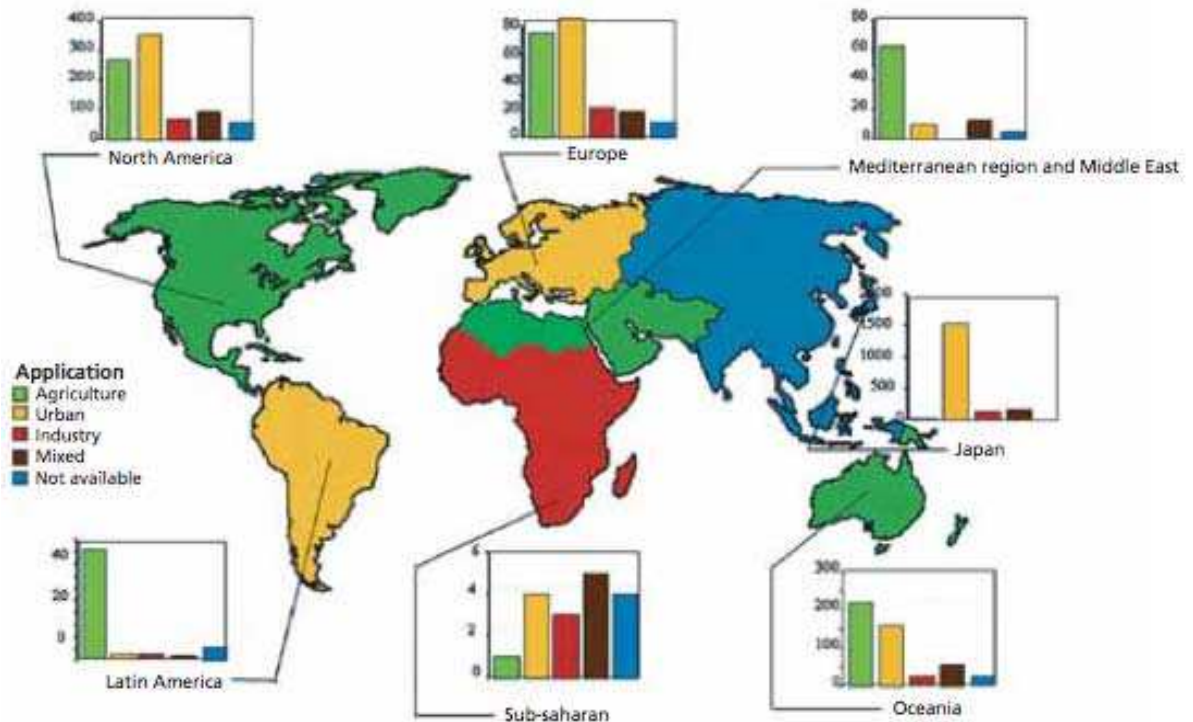


Fig. 1 - Schéma de réutilisation d'eaux usées municipales selon le type d'applications (FAO, 2010).

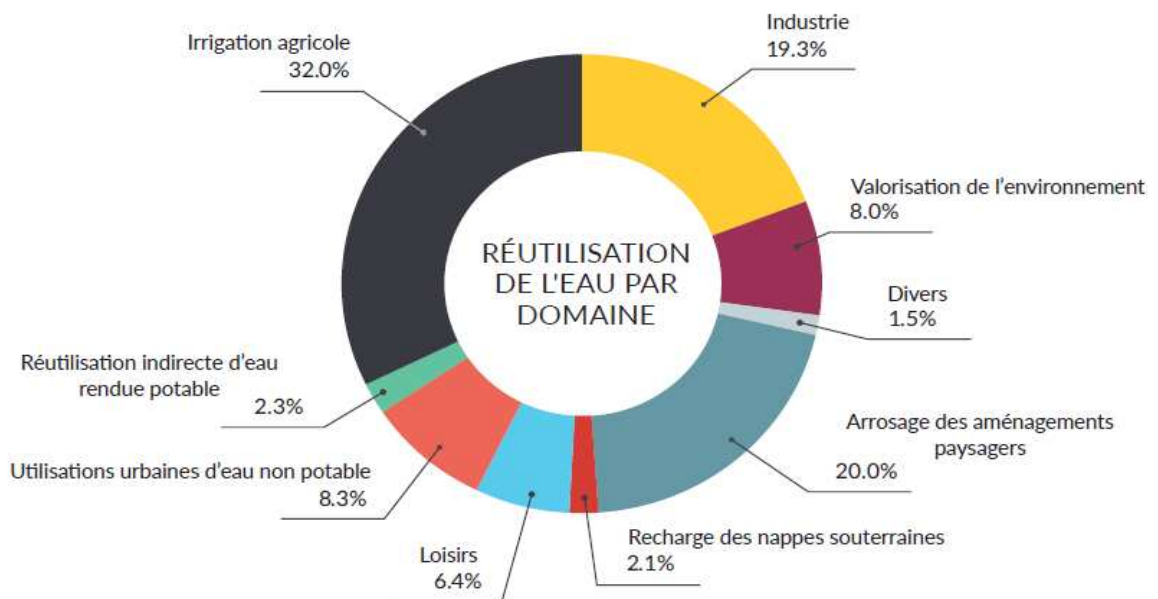


Fig. 2 - Réutilisation mondiale de l'eau après un traitement tertiaire avancé (UNESCO, 2017).

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen ou encore le Sud des Etats-Unis (**tab. 3**). Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des Etats-Unis, l'espace méditerranéen, l'Australie, l'Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud (**Boutin, k. Héduit , A. et Helmer, J., 2009**).

Tab. 3 - Les 20 pays dotés des volumes d'eau usée utilisée pour l'irrigation agricole (Banque Mondiale, 2010).

Pays	Volume d'eau usée (m ³ /jour)		Pays	Volume d'eau usée (m ³ /jour)
Mexique	4 493 000		Iran	422 000
Egypte	1 918 000		Chili	380 000
Chine	1 239 000		Jordanie	225 000
Syrie	1 182 000		EAU (Émiraties Arabes Unis)	200 000
Espagne	932 000		Turquie	137 000
USA (Californie et Floride)	911 000		Argentine	130 000
Israël	767 000		Tunisie	118 000
Italie	741 000		Libye	110 000
Arabie Saoudite	595 000		Qatar	80 000
Koweït	432 000		Chypre	68 000

2.2.2 Dans le monde arabe

La pénurie d'eau et le besoin de protéger l'environnement et les ressources naturelles ont motivé les pays arabes à introduire le traitement et la réutilisation des eaux usées comme source additionnelle dans leurs plans nationaux de gestion des ressources en eau (tab. 4). Ainsi, dans certains pays, le traitement et la réutilisation des eaux usées sont devenus une pratique institutionnelle dans une certaine mesure, mais il reste toujours une grande place pour prolonger son application (**AFED, 2010**).

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

Tab. 4 – Volumes d’eaux usées collectées, traitées et utilisées en 2013

(Fillali, Y.2011)

Pays	Volume d’eaux usées collectées	Traitement primaire	Traitement secondaire	Traitement tertiaire	Volume d’eaux usées traitées en toute sécurité	Volume d’eaux usées traitées	Utilisation des eaux usées traitées (% des eaux usées traitées en toute sécurité).
Conseil de coopération du Golf (CCG)							
Arabie saoudite	1317.2	0	580.2	736.9	1317.1	237.1	18
Bahreïn	122.8	0	0	122.8	122.8	38.1	31
U.A.E	615.7	0.3	11.7	593.6	605.3	397.2	65.6
Koweït	n.d	0	58.0	250.3	308.3	308.3	100
Oman	26.2	0	0	26.2	26.2	20.4	78
Qatar	176.8	0	0	158.7	158.7	115.9	73
Machreq							
Egypte	3030.4	724.3	2054.8	57.1	2111.9	n.d	n.d
Iraq*	620.4	0	415.7	0	415.7	0	0
Jordanie	130.8	0	130.8	0	130.8	113.3	87
Liban	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Palestine*	61.0	0.3	45.3	0	45.3	0	0
Maghreb							
Algérie	1570.4	0	275.2	0	275.2	19.3	7
Libye*	291.1	0	45.8	0	45.8	14.7	32
Maroc	144.2	38.2	0.1	6.1	6.2	n.d	n.d
Tunisie	235.0	0	222.0	6.6	228.6	60.0	26
Pays les moins avancés (PMA)							
Mauritanie	0.65	0	0.65	0	0.65	0.12	18
Soudan	18.0	18.0	0	0	0	0	0
Yémen*	159.4	58.1	42.2	22.0	64.3	n.d	n.d
TOTAL	8520.0	839.2	3882.5	1980.3	5562.8	1324.4	23

*Données se rapportant à l’année 2012.

n.d : non disponible.

2.2.3 En Algérie

En Algérie, la production d’eau usée en 2002 s’élevait à 820 Mm³/an et à l’horizon 2020, devrait représenter un volume très substantiel de près de 2 milliards de m³ si la demande en eau est totalement satisfaite, ce qui, une fois traité, serait très apprécié quant à son utilisation par l’agriculture ou l’industrie (Ouanouki et *al.*, 2009). Pour un taux de couverture du réseau d’assainissement de l’ordre de 85%, seules 20% des eaux usées collectées en Algérie sont traitées (Hartani, 2004).

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

Selon le MRE, plus de 160 millions de m³ d'eaux usées ont été épurées en 2013, pour une population de près de 20 millions d'habitants (MRE, 2012).

Selon les résultats de **Bouchaala et al. (2017)**, il se distingue deux types de réutilisations des eaux usées dont les réutilisations domestiques et industrielles (3,1 millions de m³/an) et les réutilisations pour irrigation des grands et petits périmètres agricoles (3,4 millions de m³/an) pour l'année 2012. Elles varieront entre 4,2 – 4,6 millions de m³/an en 2030 pour Usage domestique et industriel et de 7,8 – 8,2 pour l'irrigation.

La législation algérienne oblige les villes de plus d'un million d'habitants à traiter leurs effluents avant toute élimination ou réutilisation, au moyen soit d'une STEP soit, dans les zones moins peuplées, de bassins de stabilisation ou de bassins de décantation (**Fillali, Y. 2011**).

Sur les 130 stations d'épuration exploitées par l'office national d'assainissement (ONA) à travers les 44 wilayas, 15 stations sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. Le volume réutilisé à la fin août 2016 est estimé à 14,6 Millions de m³, pour ces 15 STEP concernées par la réutilisation des eaux usées ; afin d'irriguer plus de 11 076 ha de superficies agricoles (**ONA, 2017**) ; il s'agit de :

- Kouinine (El Oued) et Ouargla,
- Guelma, Souk Ahras
- Tlemcen, mascara et les lagunes de : Ghriss, Bouhanifia, Hacine, Oued Taria, Froha, Khalouia, Tizi et Mohamadia,
- Boumerdes.

Cadre réglementaire de la réutilisation des eaux usées en Algérie

-Loi n°05-12 du 04 Août 2005, relative à l'eau, a institué la concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation.

-Décret n°07-149 du 20 mai 2007 fixe les modalités de concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent.

-Arrêtés interministériels du 02 janvier 2012 qui prennent en application les dispositions de l'article 2 du décret exécutif n°07-149, publiés en Janvier 2012 par le ministère des ressources en eau, fixent :

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

- ✓ Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation et notamment en ce qui concerne les paramètres microbiologiques et les paramètres physico-chimiques.
- ✓ La liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.
- ✓ La norme Algérienne n°17683 « Réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, municipales et industrielles - Spécifications physico-chimiques et biologiques » est disponible au niveau de l'Institut Algérien de Normalisation (IANOR) ;

La réutilisation des eaux usées sollicite une coordination étroite entre les différentes structures impliquées dans les opérations de réutilisation à tous les niveaux.

En Algérie, les eaux usées épurées sont réutilisées principalement par la protection civile qui récupère un volume de 18763 m³/mois d'eau usée épurée de la STEP de Tipaza pour lutter contre les incendies, et les collectivités locales qui récupèrent 12 m³/mois des eaux épurées pour le nettoyage de la ville à partir de la STEP de Boumerdès.

Pour la REUE industrielle en Algérie, le seul exemple à citer est celui de la STEP de Jijel, qui cède un volume de 15000 m³/mois d'eau usée au profit de la tannerie de Jijel.

2.3 Impact des rejets d'eaux usées dans le milieu marin

On associe généralement la pollution de l'eau à un facteur ou une combinaison des facteurs suivants : les matières solides, la couleur, l'odeur, le goût, la toxicité, la présence d'agents pathogènes, la pollution thermique, l'appauvrissement en oxygène et l'eutrophisation. La toxicité et la pollution thermique sont associées au rejet d'eaux usées industrielles, alors que le goût et l'odeur sont à la qualité des eaux de surface (PNUE, 2011).

2.3.1 Les matières solides

Par diversion et absorption de la lumière, les solides en suspension et les matières colloïdales empêchent le passage de cette dernière et accroissent la turbidité de l'eau, affectant ainsi gravement l'état écologique des masses d'eau et peuvent même être dangereux pour les baigneurs. Les solides en se déposant forment des fonds boueux

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

susceptibles d'affecter les communautés d'invertébrés et bloquer les couches du fond recouvertes de gravier sur lesquelles les poissons pondent leurs œufs.

Dans l'eau d'irrigation, les matières solides causent des problèmes de dépôt dans les réservoirs et les conduites, encrassent la couche supérieure du sol, ce qui empêche l'eau et l'air de pénétrer, et peuvent former une pellicule sur les feuilles des plantes entravant ainsi la photosynthèse et même avoir des effets négatifs sur la commercialisation des produits (PNUE, 2011).

2.3.2 La couleur

Les matières organiques et inorganiques provenant de processus naturels et industriels sont susceptibles de colorer l'eau. La couleur réelle est celle qui reste après élimination de la turbidité. Les eaux intérieures sont naturellement de couleur brun-jaunâtre; alors que pour les eaux de baignade, un changement de couleur inhabituel est signe de pollution (PNUE, 2011).

2.3.3 L'eutrophisation

En raison des fortes concentrations d'algues, la limpidité de l'eau est réduite par rapport à celle des masses d'eau. Les rejets d'eaux usées contenant de fortes concentrations d'éléments nutritifs renforcent l'eutrophisation des masses d'eau, en particulier des lacs et autres masses caractérisées par une faible régénération de leurs eaux. Les principaux éléments nutritifs causant de l'eutrophisation sont l'azote sous forme de nitrates, de nitrites ou d'ammonium, et le phosphore sous forme d'orthophosphates. Outre ses incidences sur l'écosystème aquatique, l'eutrophisation et ses effets secondaires provoquent une décoloration des eaux, une réduction de la transparence et des perturbations pour les baigneurs, compromettant ainsi les activités récréatives. La matière organique en décomposition entraîne un appauvrissement de l'eau en oxygène et, par voie de conséquence, une série de problèmes secondaires tels que la mortalité de la faune benthique, la formation de substances corrosives et autres nocives telles que CO_2 , CH_4 , H_2S , NH_3 , de substances organoleptiques (à l'origine du goût et de l'odeur), d'acides organiques, de toxines. Le développement dans le milieu marin d'algues produisant des toxines constitue une menace pour la santé humaine quand ces toxines s'accumulent dans le poisson et surtout dans les coquillages (PNUE, 2011).

Chapitre 2 : Réutilisation des eaux usées

2.3.4 Les agents pathogènes

Le rejet direct d'eaux usées non traitées dans le milieu aquatique est l'une des causes les plus fréquentes de la pollution microbienne et de la dégradation du milieu marin. La présence de microorganismes pathogènes dans le milieu marin peut se traduire par des incidences sur la santé publique par suite du contact direct avec l'eau de mer et/ou le sable pollués, et notamment de l'ingestion de la première au cours de la baignade et de la consommation de produits de la mer contaminés (PNUE, 2011).

2.3.5 L'appauvrissement en oxygène

L'oxygène dissous a la même importance vitale pour les écosystèmes aquatiques que l'oxygène atmosphérique pour les écosystèmes terrestres. Les eaux usées contiennent des matières organiques, de l'ammoniac et de l'azote organique dans des concentrations non négligeables. L'azote organique après ammonification est transformé en ammonium et devient alors disponible pour la nitrification. De plus, l'azote et le phosphore contenus dans les eaux usées mobilisent la production de matières organiques vivantes dans le milieu récepteur qui, une fois mortes, se décomposent, exerçant ainsi une demande en oxygène dissous. La réduction des concentrations d'oxygène dissous dans les masses d'eau dépend du rapport entre le taux d'oxygénation et le taux d'appauvrissement en oxygène. L'augmentation de la température et la présence de substances toxiques dans les eaux usées affectent la résistance des poissons à de faibles niveaux d'oxygène dissous. Les organismes à l'état fœtal et les larves sont vulnérables puisque leur capacité d'absorption d'oxygène est endommagée et qu'ils sont dans l'incapacité de s'éloigner de cet environnement hostile (PNUE, 2011).



CHAPITRE 1

*Bilan de connaissance sur
la zone d'étude*

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

1.1 Historique et situation géographique de la Raffinerie

La raffinerie d'Arzew plus connue dans le secteur du raffinage sous la dénomination **RAIZ**, a été construite dans le cadre du premier plan quinquennal [1970-1973]. La construction du complexe a été confiée à la société japonaise « JAPAN GAZOLINE COMPANY » en collaboration avec l'entreprise SONATRACH (**Belkaoui H, 2016**).

La pose de la première pierre a eu lieu le 19 juin 1970, le démarrage des unités a été à partir du mois d'Août 1972 par les utilités et l'ensemble des unités de la raffinerie était en service en Mars 1973. En 1978, suite au besoin important, la réalisation d'un ensemble intégré de production d'huiles de base fut lancée. Elle a connu une extension en 1984 avec la réalisation d'un complexe lubrifiant d'une capacité de production de 120 000 tonnes d'huiles de base (**Benayed, S., 2016**).

La raffinerie d'Arzew (fig. 3) est située dans la zone industrielle sur le plateau d'El-Mohgoun à 02 km de la ville d'Arzew et environ 40 km de la ville d'Oran. Au voisinage du port d'Arzew, elle lui permet les enlèvements par bateau. Elle occupe une superficie de 170 hectares répartis comme suit : 150 hectares correspondants aux anciennes installations construites entre 1970 et 1973, et les 30 hectares restantes correspondent aux nouvelles installations construites entre 1978 et 1983.

1.2 Objectifs et missions

Troisième complexe de la région de par son importance, la raffinerie d'Arzew a été conçue pour répondre aux impératifs suivants :

- Traiter le brut de Hassi Messaoud et le brut importé ;
- Satisfaire à la consommation croissante en carburants du marché national ;
- Fabriquer des produits stratégiques à savoir les lubrifiants et les bitumes.



Fig. 3 - Plan de masse de la RAIZ (Belhocine, H. et Ait Sidhoum, N., 2013).

Les missions actuelles et futures de la raffinerie d'Arzew sont au nombre de cinq :

- Fournir la totalité du marché Algérien actuel et futur en lubrifiants, paraffines et graisses, dans les limites technologiques des installations ;
- Fournir la région Ouest et Sud Ouest en carburants selon besoins actuels et futurs ;
- Fournir le marché Algérien en bitumes, en coordination avec la raffinerie de Skikda ;
- Adapter la raffinerie à l'essence et au diesel aux normes et qualités Européennes ;
- Optimiser les consommations en additifs et produits chimiques.

1.3 Capacité de production

La raffinerie RAIZ traite 3,8 millions de tonnes par an de pétrole brut de Hassi-Messaoud et 120 000 tonnes de brut réduit importé pour réaliser les produits suivants (tab. 5).

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

Tab. 5 - Capacité de production des différents produits pétroliers (Belkaoui H, 2016).

Produits	Quantité (Tonnes/an)
Propane	30 000
Butane	70 000
Essence super	70 000
Essence normal	430 000
Naphta	420 000
Kérosène	150 000
Gasoil	980 000
Lubrifiants	160 000
Graisse	70 000
Paraffines	7 000
Bitumes routiers	120 000
Bitumes oxydés	20 000

1.4 Organigramme de la raffinerie d'Arzew

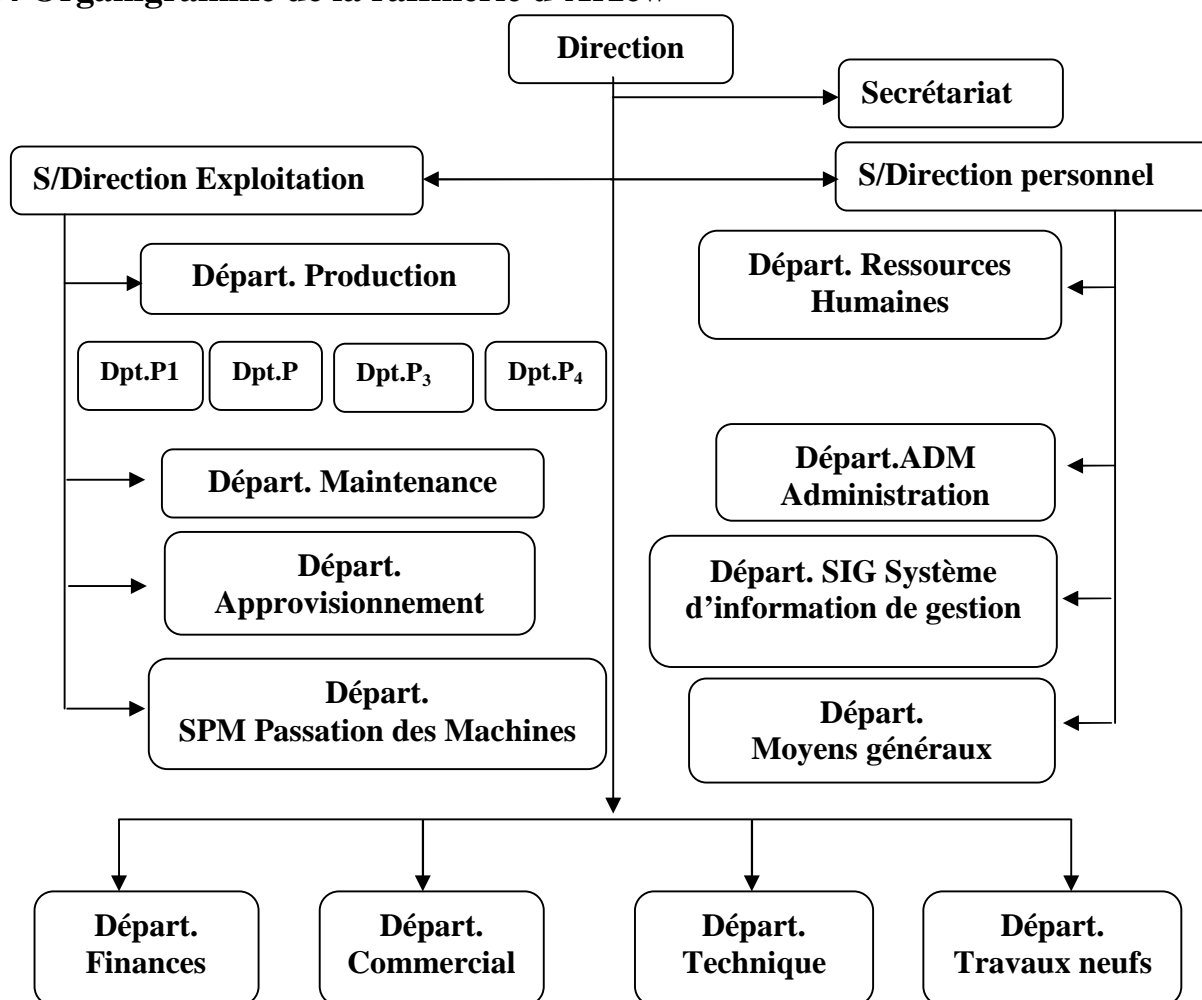


Fig. 4 – Organigramme de la raffinerie d'Arzew (Belhocine, H. et Ait Sidhoum, N., 2013).

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

1.5 Présentation des installations de production

La raffinerie d'Arzew (**RA1Z**) comprend quatre départements de production, chaque département comprend plusieurs zones ayant des activités spécifiques :

1.5.1. Département P1 : Il est constitué des zones 3, 4, 7 et 10.

1.5.1.1. Zone 3 : Les utilités : Cette zone comprend les unités suivantes :

- Unité 31 : Production de vapeur et d'électricité
- Unité 32 : Production de l'eau distillée
- Unité 33 : Circuit d'eau de refroidissement
- Unité 35 : Récupération et distribution du gaz combustible
- Unité 36 : l'air comprimé
- Unité 67 : Réseau incendie

1.5.1.2. Zone 4 : Les carburants : Cette zone comprend les unités suivantes :

- Unité 11 : Topping (distillation atmosphérique ou distillation initiale du pétrole brut)
- Unité 12 : Platforming
- Unité 13 : Gaz plant (fractionnement du GPL)

1.5.1.3. Zone 7 : Les lubrifiants : Cette zone comprend les unités suivantes :

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

1.5.1.4. Zone 10 : Les bitumes : Cette zone comprend les unités suivantes :

- Unité 14 : Bitumes routiers
- Unité 15 : Bitumes oxydés

1.5.2. Département P2 : Il comprend deux zones (5 et 19).

1.5.2.1. Zone 5 : Les lubrifiants : Cette zone comprend les unités suivantes :

- Unité 100 : Distillation sous vide

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

- Unité 200 : Désasphaltage au propane
- Unité 300 : Extraction des Aromatiques
- Unité 150 : HOT OIL
- Unité 400 : Déparaffinage au MEK-Toluène
- Unité 500 : Hydrofinishing
- Unité 600 : Hydrotraitement de la paraffine

1.5.2.2. Zone 19 : Les 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 : Air comprimé
- Unité 1600 : Production de l'eau distillée
- Unité 1700 : La torche
- Unité 280 : Production de gaz inerte (azote)

1.5.3. Département P3 : Il comprend la zone 6.

1.5.3.1. Zone 6 : Mélange et conditionnement des huiles finies

1.5.3.2. 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 dans des camions citernes
- Unité 3900 : Conditionnement des huiles et de la graisse

1.5.4. Département P4 : Il se compose de :

- Unité 1800 : Traitement des effluents des unités du département P2
- Zone 27 : Traitement des effluents des unités du département P1
- Zone 28 : Stockage et expédition.

1.6 La gestion des rejets liquides industriels

La réglementation algérienne exige à toutes les industries, le traitement de leurs rejets liquides avant tout versement, dont le but de protéger l'environnement. Selon l'article 4 du décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006, toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leur rejets d'effluents industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée.

1.7 Les étapes de traitement des eaux polluées

1.7.1 Le prétraitement

Le prétraitement comporte une succession d'opérations physiques ou mécaniques destinées à séparer les eaux usées, des matières volumineuses en suspension ou flottantes, qu'elles véhiculent.

1.7.1.1. Dégrillage : cette technique est utilisée pour l'élimination des matières en suspension de grandes dimensions (déchets solides) avant tout autre procédé de traitement.

1.7.1.2. Dessablage : Le dessablage permet d'extraire les effluents bruts, les graviers, le sable et les particules minérales, pour éviter les dépôts dans les canaux et les conduites, et pour protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et éviter la surcharge des stades de traitement en aval.

1.7.1.3. Déshuilage : Cette étape consiste à extraire toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de nature très diverses (huiles, hydrocarbures, graisses...).

1.7.2 Le traitement primaire : C'est un traitement physicochimique qui comprend deux étapes : Coagulation-Floculation et Flottation.

1.7.2.1 Coagulation – Floculation

Les eaux contiennent des particules en suspension colloïdales ou pseudo-colloïdales très fines qu'il est nécessaire d'agglutiner en un floc volumineux afin d'assurer leur flottation. Les

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

colloïdes possèdent des charges électriques à l'interface qui empêchent les particules voisines de se rapprocher. L'opération s'effectue en deux stades :

- **Coagulation** : On utilise un polymère organique du type poly électrolyte cationique. La dose à utiliser dépend de la nature de l'eau à traiter. Elle est établie à la mise en service de l'installation par essais de laboratoire. La quantité de réactifs pour clarifier l'eau dépend de sa teneur en matières colloïdales et surtout en matières végétales (**Belkaoui H, 2016**).
- **Floculation** : Elle est favorisée par un brassage mécanique homogène et lent qui augmente les chances de rencontre des particules colloïdales déchargées susceptibles de se rencontrer, sans casser le floc.

1.7.2.2 Flottation

La flottation est un procédé de séparation des matières en suspension dans l'eau, utilisant la densité apparente plus faible de ces matières et conduisant à leur rassemblement et à leur collecte à la surface libre.

1.7.3 Traitement secondaire (traitement biologique)

Le traitement biologique est destiné à éliminer la majeure partie de la pollution encore présente dans les eaux sous forme dissoute par l'utilisation de micro-organismes aptes à dégrader et consommer la pollution organique des effluents. Les matières organiques passent de la forme dissoute ou colloïdale à la forme solide qui permet de les extraire des eaux usées par décantation.

1.7.4 Traitement tertiaire

L'objectif du traitement tertiaire est d'éliminer les éléments indésirables tels que le phosphore et les composés spécifiques (pesticides, métaux, détergents...) qui sont encore présent dans l'eau. Il vise à améliorer la qualité de l'eau épurée en vue de son rejet dans le milieu naturel ou de sa réutilisation.

1.8 Description de la zone de traitement des effluents

La raffinerie d'Arzew comprend deux stations de traitement des effluents liquides : zone 27 et zone 1800 (fig. 5).



Fig. 5 - Site d'implantation des zones 27 et 1800 de la raffinerie (Malek, F. et Abellache, K., 2017).

1.8.1 Unité 1800

L'unité 1800, d'une capacité de 83 m³/h, a pour but le traitement physique, chimique et biologique des effluents du département P2, provenant des égouts suivants :

- Egout n°25 (eaux claires) : Les eaux de pluie provenant des toitures, des routes et également de la vidange des eaux de pluie des cuves de rétention des réservoirs.
- Egout n°26 (eaux huileuses ou chargées) : Les eaux de pluie huileuses provenant des aires pavées des unités de procédés, stations de pompage et réseau de tuyauteries, les eaux provenant des vidanges des équipements, cuves ou réservoirs, à l'exception toutefois des vidanges qui pourraient contenir une très petite quantité d'huile, mais ayant une teneur importante en sels minéraux qui seront orientées vers l'égout 28 et les eaux des vidanges dans l'égout 25 (eau claire).
- Egout n° 27 (eaux de procédés) : Les eaux condensées polluées provenant du stripage des condensats acides, du stripage du furfural (dés aromatisation des huiles de base) et du

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

stripage du méthyle-éthyle-cétone et du toluène. Elles ont une faible minéralisation et une haute teneur en polluants organiques.

- Egout n° 28 (eaux à forte salinité) : Les eaux provenant des purges de déconcentration du circuit de refroidissement, des purges de déconcentration des chaudières, des effluents de régénération de l'unité de déminéralisation et des saumures de l'évaporateur SB1601 (**Belhocine, H. et Ait sidhoum, N., 2013**).

Cette unité comprend :

- Des réseaux d'alimentation sélectifs (eaux claires, eaux fortement chargées, eaux chimiques...etc.).
- Un réseau autonome pour les eaux fortement salées.
- Un bassin de collecte des effluents liquides BA1805.
- Deux bassins de récupération des eaux pluviales BA1804 (A/B).
- Deux bassins dessableurs, dégraisseurs BA1801 et BA1802.
- Un poste de relevage avec une vis sans fin ou d'Archimède.
- Deux bassins munis de déshuileurs BA1807 (A/B).
- Un bassin de coagulation/floculation BA1806.
- Un bac de flottation pour la récupération des traces d'huiles résiduelles et la formation des boues floquées TK1801.
- Un grand bassin BA1809 ou bassin biologique alimenté par milieu bactérien et nutriments pour l'élimination de la pollution hydrocarbonée.
- Un clarificateur BA1810 d'eau destinée au recyclage après passage dans des filtres F6101 (A/B).
- Un bac épaisseur de boues TK1803 (**Belhocine, H. et Ait sidhoum, N., 2013**).

1.8.2. Zone 27

La nouvelle unité de traitement des eaux usées ou zone 27 (fig. 6) a pour but le traitement des drainages des unités de production P1. Elle comporte les équipements suivants :

- Un séparateur API, pour l'élimination des hydrocarbures libres et MES.

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

- Un bassin d'orage, avec une station de pompes de relevage.
- Un bac tampon, conçu pour les débits de pointe, de recycler l'eau et de contrôler le débit de la station.
- Un système de flottation, pour réduire la teneur en hydrocarbure et les matières en suspension jusqu'aux valeurs acceptables pour la section de traitement biologique.
- Un système biologique à réacteur séquentiel, à boues activées pour la réduction de la charge organique.
- Un système de filtration à sable, en tant que traitement tertiaire.
- Un système d'épaississement et d'incinération pour le traitement des boues (MOz27).

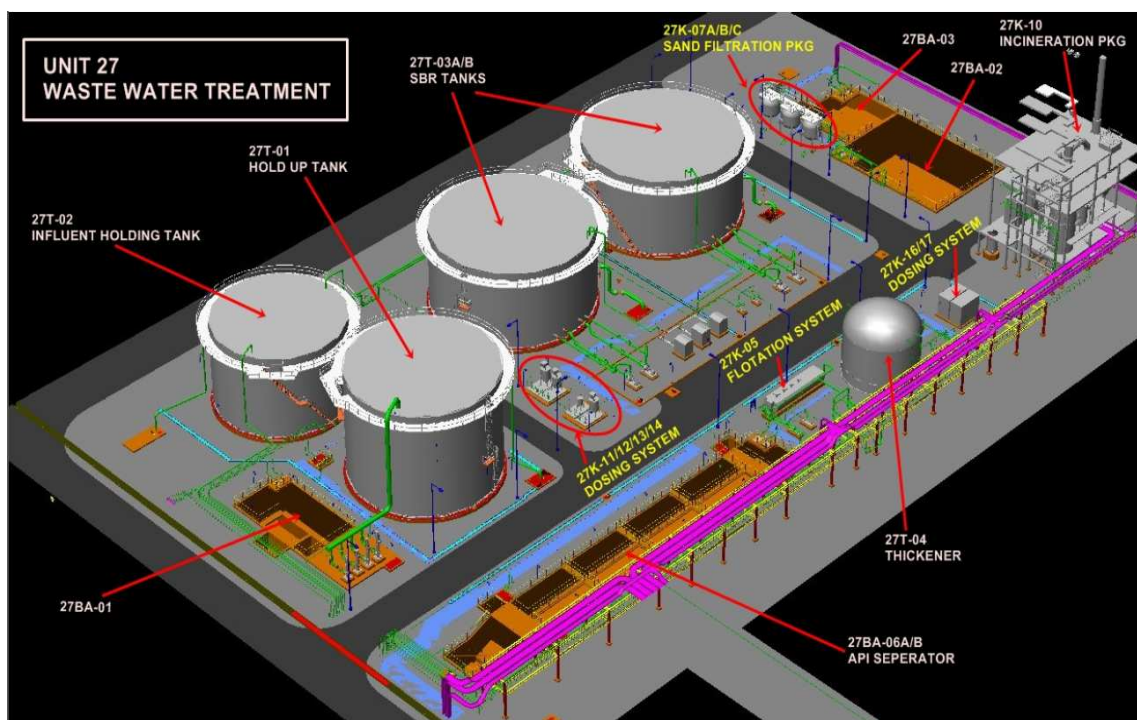


Fig. 6 - Plan de masse de la zone 27 (Bendjebbar, I., 2016).

1.9 Procédé de traitement des effluents au niveau de la zone 27

1.9.1. Amenée des eaux usées

Le collecteur des eaux huileuses alimentant l'ancienne station PPI/API est connecté au nouveau regard de distribution, à partir duquel un débit de $200\text{m}^3/\text{H}$ est déchargé par gravité au nouveau séparateur API (27BA-06 A/B), et que le débit dépassant la valeur du design débordera dans le bassin d'orage (27BA-01).

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

1.9.2 Bassin d'orage (storm water basin)

Ce bassin d'orage est un ouvrage en béton armé, composé de trois différentes zones (fig.7)

- Une chambre de pré-sédimentation des matières en suspension véhiculées par les eaux pluviales, des pompes immergées qui assure l'extraction des boues vers l'épaississeur.
- Une zone de déshuilage où les huiles et flottants sont extraites par un déversoir flottant vers la fosse des flottants (27BA-04).
- Un groupe de pompage qui évacue les eaux vers le bassin tampon (27T-01).



Fig.7 – Déversoir et bassin d'orage (Bendjebbar I, 2015)

1.9.3 Bassin tampon (Hold up tank)

Le bassin tampon est un bac métallique où les eaux pluviales chargées en pollution sont stockées puis traitées par la station d'épuration. Il est équipé d'une barrière de rétention des flottants et d'une goulotte de récupération des huiles (fig.8).

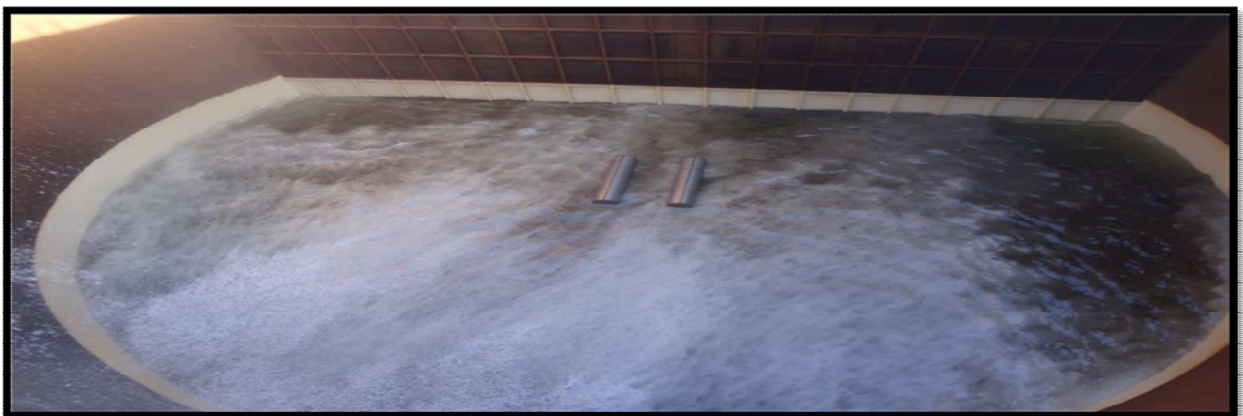


Fig.8 – Bac tampon (Bendjebbar I, 2015)

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

1.9.4 Bassin de séparation API (27BA-06 A/B)

Le séparateur API (27BA-06 A/B) est divisé en deux bassins en parallèle équipés de chaînes (27K-01 A/B) qui s'étendent sur la largeur du bassin. Les eaux usées subissent d'abord un prétraitement qui consiste à éliminer les déchets solides volumineux par un dégrilleur automatique 27-K01/K01A/B, muni d'un système de nettoyage à l'aide des pompes 27-K01/G01A/B. Un écrémeur manuel est installé après le dégrilleur afin de séparer une partie de slop et l'envoyer vers la fosse des pompes 27G-01A/B, puis ces eaux usées en traversant le bassin API, les hydrocarbures sont dirigés par le racleur de surface vers l'écrémeur motorisé puis sont collectés dans deux fosses, et au moyen des pompes immergées (27G-01 A/B/C/D) sont envoyés vers le bac de slop. Au retour, les racleurs déplacent la boue vers la trémie de collecteur de boues puis évacuée par les pompes (27 G- 02 A/B/C/D) vers l'épaisseur (27T-04). Les émissions des composés organiques volatiles sont limitées par des panneaux flottants (27K-03 A/B) (fig.9).

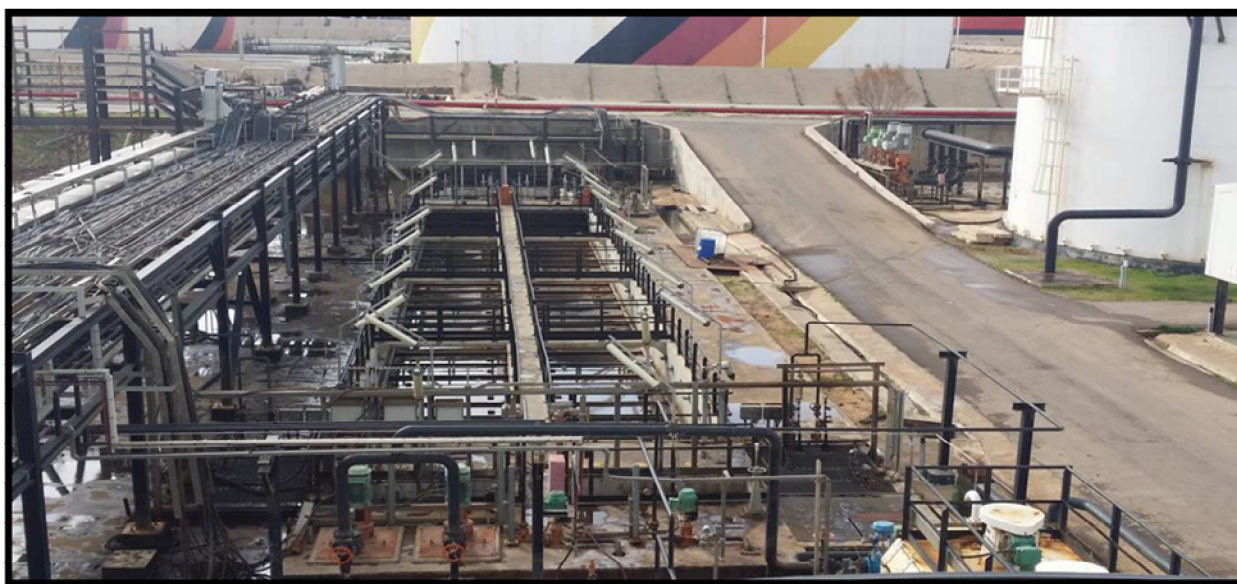


Fig.9 – Bassin API (Bendjebbar I, 2015).

1.9.5 Unité de flottation

Les eaux usées issues de l'API seront envoyées vers l'unité de flottation par des pompes immergées. Cette unité permettra un meilleur abattement des matières en suspension et des huiles dissoutes dans les eaux (fig. 10).



Fig. 10 - Unité de flottation (Quadricell separators- US FILTER).

L'unité de flottation comporte 04 cellules et permettra de réduire la quantité d'hydrocarbures et les matières en suspension à un niveau acceptable pour le système biologique. Les effluents de la flottation sont envoyés par les pompes horizontales (27G-04 A/B) vers le bac tampon (27T-02) et le slop récupéré à l'aide d'un racleur est transféré vers la fosse 27BA-04 au moyen des pompes 27G-13A/B. A partir de ce bac, le débit élevé (selon le temps de cycle des réacteurs), sont envoyés vers le système SBR avec les pompes horizontales (27G-05 A/B). Un skid de préparation de polymère 27K-16 est prévu pour l'injection de coagulant (voir l'annexe II) au moyen des pompes doseuses 27K-16/G01A/B (fig. 8).

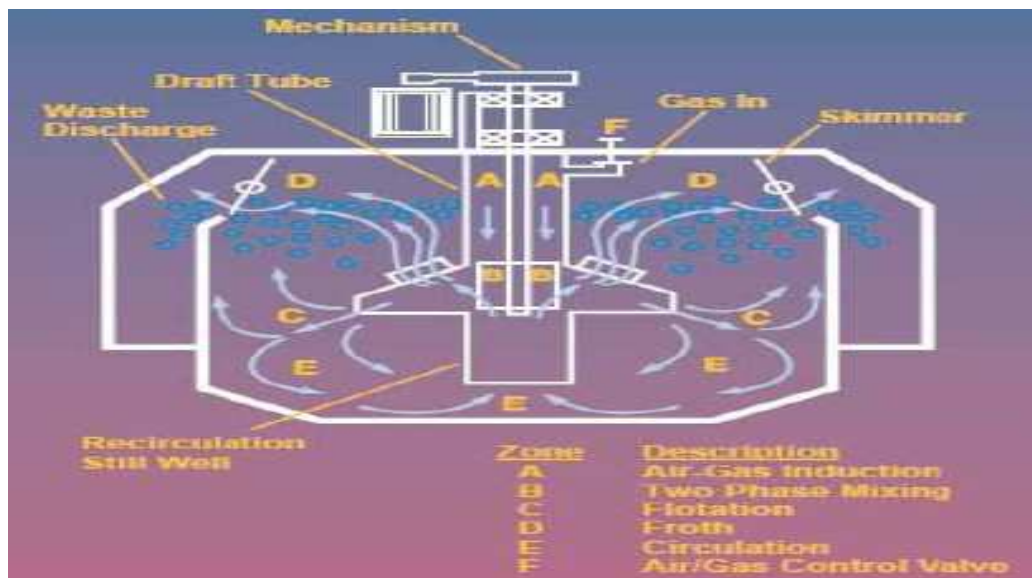


Fig. 11 - Schéma de principe de fonctionnement d'une cellule de flottation.

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

1.9.6 Bac de rétention

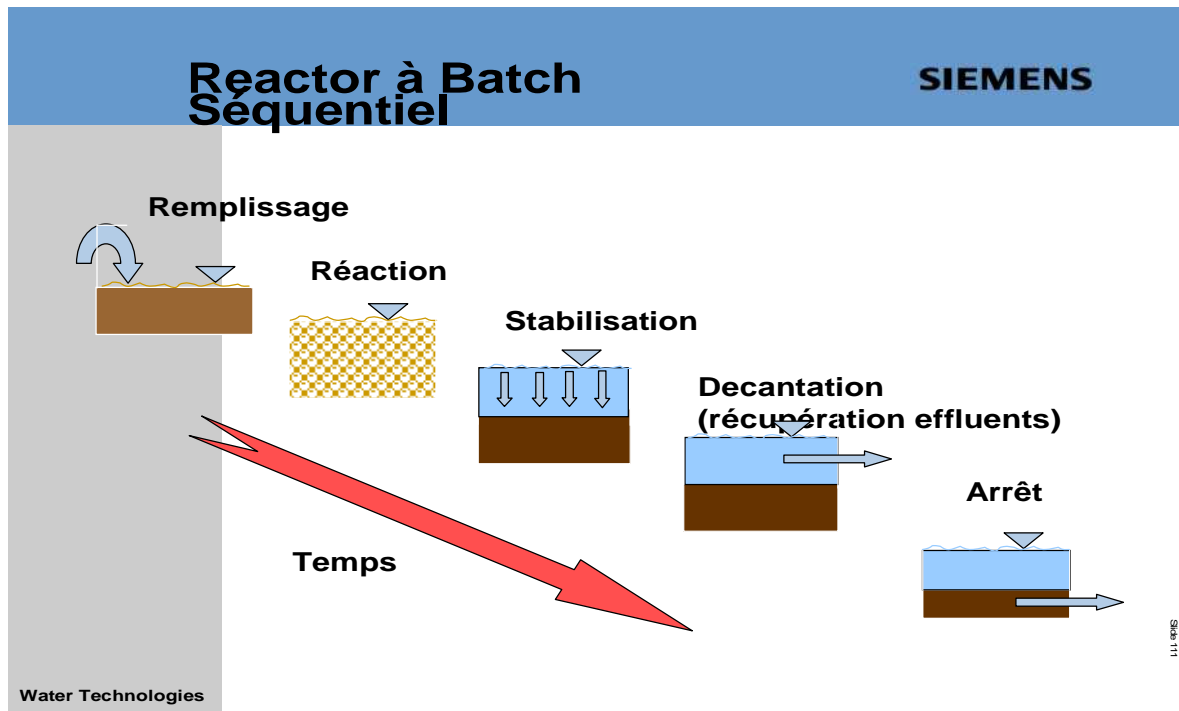
C'est un ouvrage métallique avec un volume utile égal à 2400 m³ qui permet le stockage des eaux traitées issues de l'API et assuré une alimentation des réacteurs biologiques séquentiels avec un débit max de 400 m³/H (fig.12).



Fig.12 – Bac de rétention (Bendjebbar I, 2015)

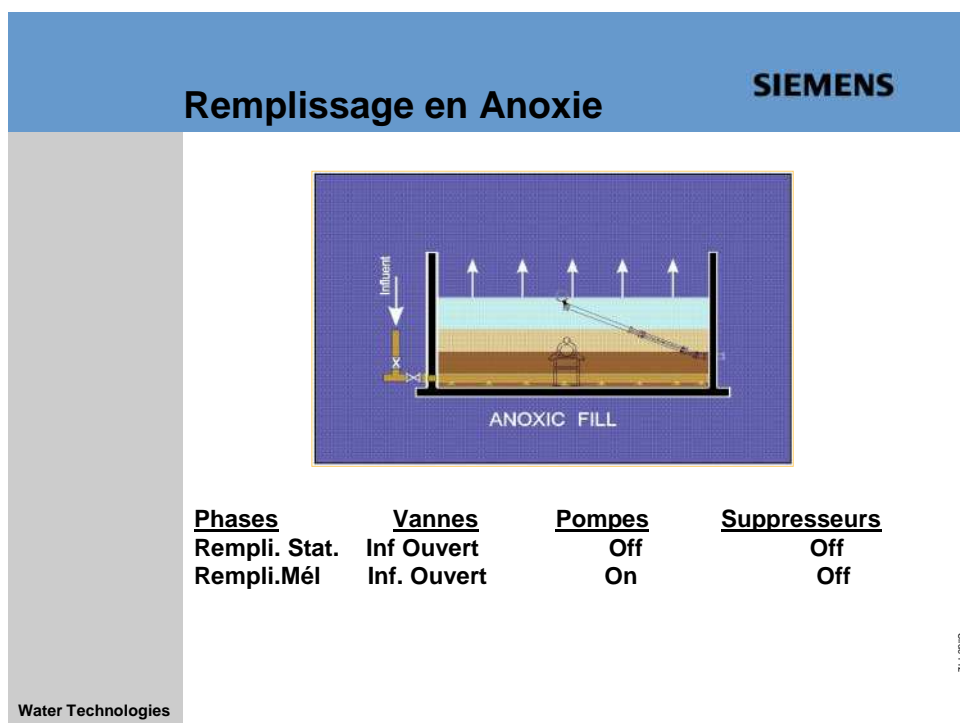
1.9.7 Réacteurs biologiques séquentiels (RBS)

Le système RBS, composé de deux réacteurs (27T-03 A/B), est une unité de traitement biologique à boues activées travaillant en mode de batch. Toutes les phases du process sont complétées dans le même réacteur, sans utiliser un bassin de clarification et un système de recyclage des boues. Cette unité est conçue avec un contrôle de séquences. Un cycle complet pour chaque réacteur comprend les séquences suivantes :



1.9.7.1 Phase de remplissage en anoxie

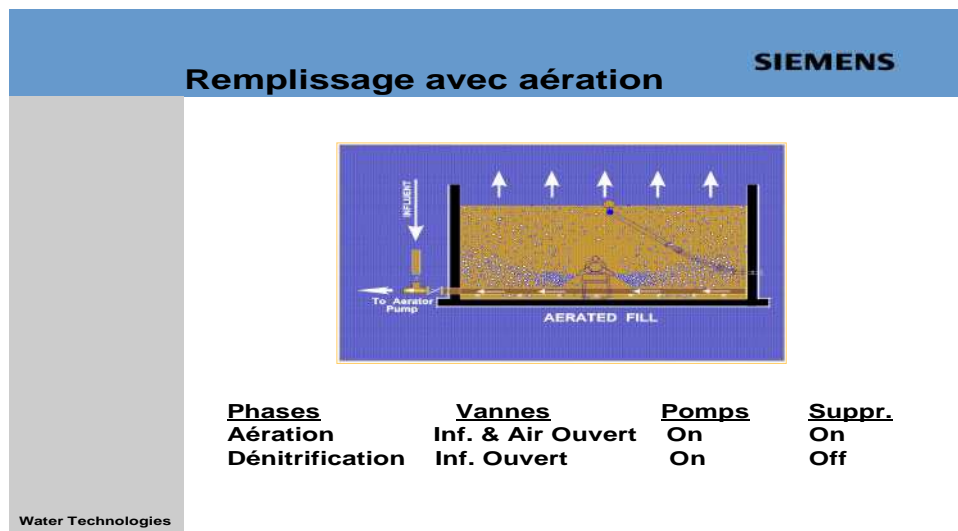
Le réacteur est presque rempli avec des eaux usées en présence de boues activées pré stabilisées. Durant le remplissage en anoxie, la DBO soluble est absorbée et stockée par de la biomasse jusqu'à le début d'injection d'air qui va métaboliser la nourriture (Sidi Yekhlef, C., 2013).



Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

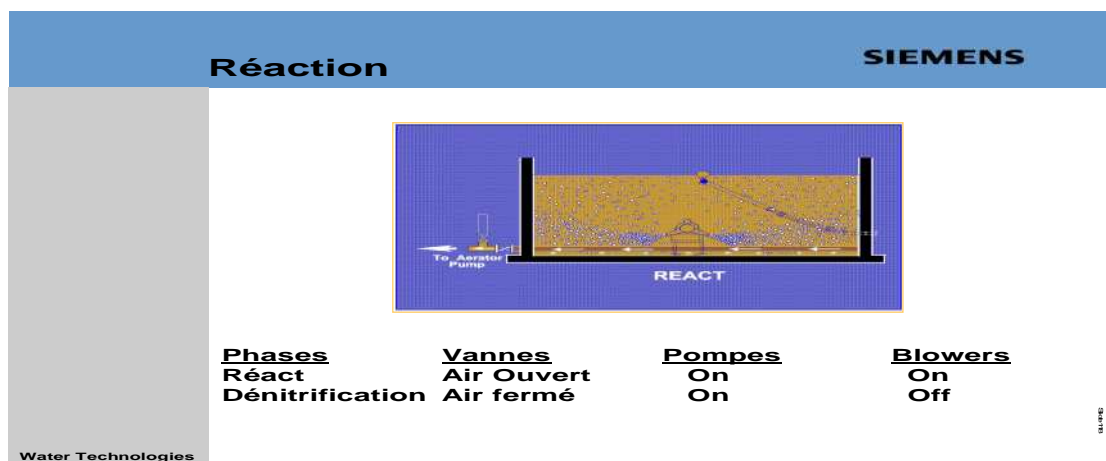
1.9.7.2 Phase de remplissage avec aération

Après la période de remplissage en anoxie, les supprimeurs d'air (27G-15 A/B/C) et les pompes de recirculation (27G-06 A/B/C/D) seront automatiquement mises en service afin d'alimenter en air et assurer un mélange intime et complet : la biomasse commence à métaboliser la nourriture (pollution) qui a été déjà absorbée (Sidi Yekhlef, C., 2013).



1.9.7.3 Phase de réaction

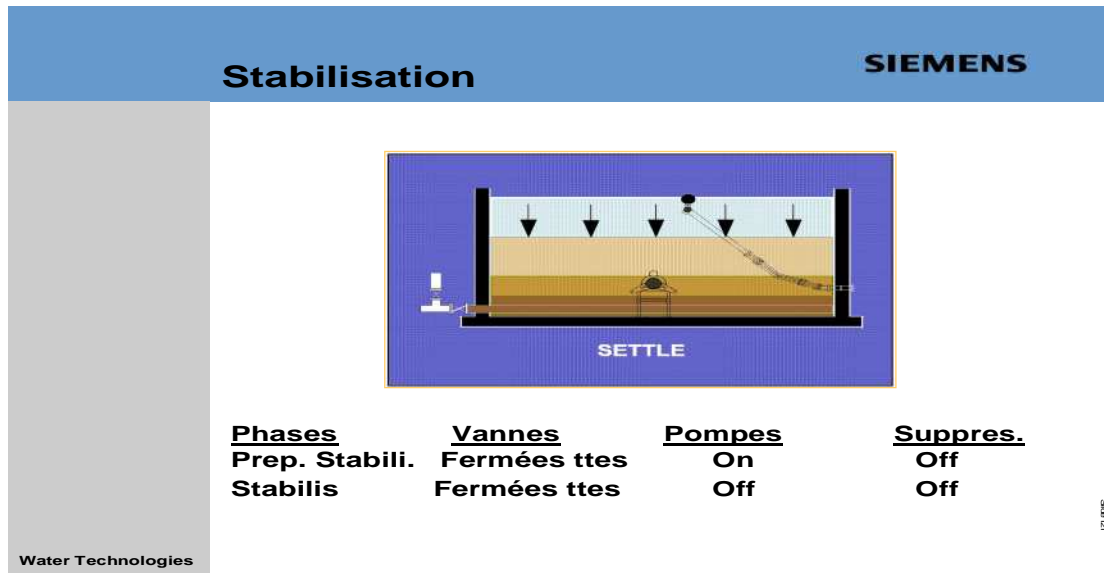
Les réactions commencent après que le bassin soit complètement rempli, et la quantité totale d'influent est diversifiée dans le réacteur RBS. Durant cette phase, pas d'influent (nourriture) en plus qui entre dans le réacteur ; cela, force les micro-organismes de parcourir n'importe quelle DBO restante. L'aération continue (au moyen des supprimeurs et des pompes de recirculation) dans le réacteur entier jusqu'à ce que la biodégradation complète est achevée et que toute la nourriture est consommée (Sidi Yekhlef C, 2013).



Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

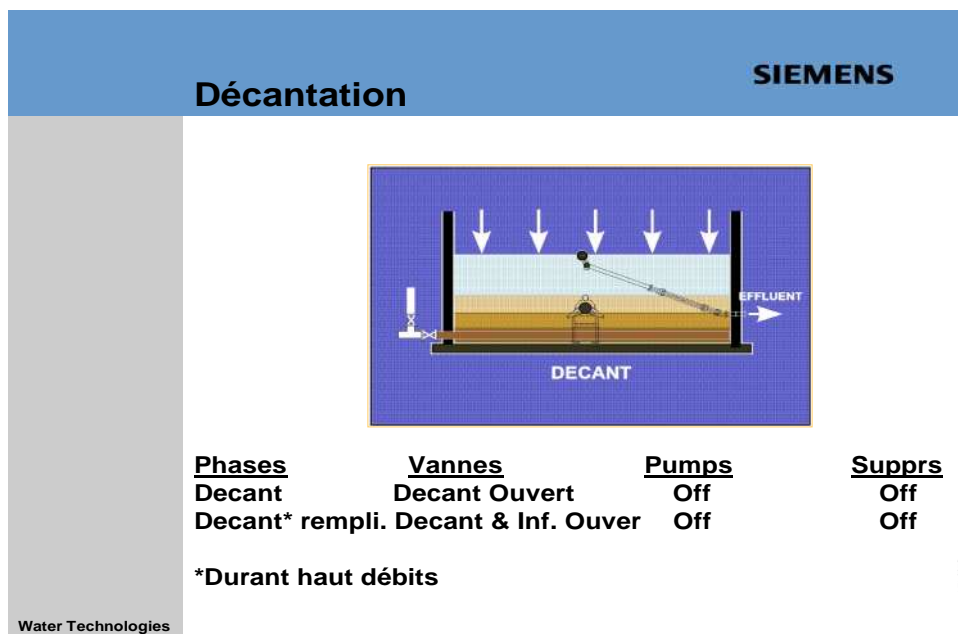
1.9.7.4 Phase de stabilisation

La biomasse peut maintenant être stabilisée dans de parfaites conditions de repos : pas d'influent qui entre, pas de décantation d'effluent. Depuis que le réacteur est sous ces conditions, 100% de réacteur est disponible pour la séparation liquide/solide et la biomasse peut décanter au fond du bassin (Sidi Yekhlef, C., 2013).



1.9.7.5 Période de décantation

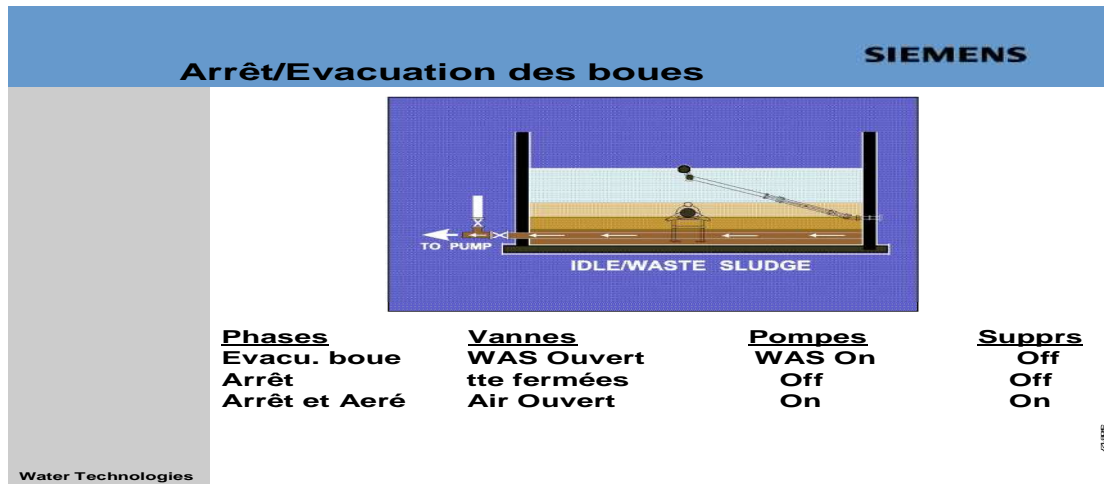
La biomasse continue à se stabiliser au fond du bac et l'eau traitée et clarifiée se décante à travers la partie supérieure du bassin et elle est déchargée du décanteur en évitant toute décharge de la surface contaminée.



Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

1.9.7.6 Phase d'arrêt

Quand le réacteur est à l'arrêt et prêt à recevoir un autre batch, la boue décantée est envoyée du réacteur au moyen des pompes (27G-07 A/B) vers l'épaississeur (27T-04). Les différents temps du cycle peuvent être ajustés et exploités automatiquement par l'unité de contrôle.



Le Skid d'injection d'acide phosphorique et Urée (27K-13 et 27K-14) est prévu pour favoriser les activités du métabolisme des microorganismes. L'injection de ses produits se fait directement dans les bassins RBS.

Le Skid d'injection d'acide sulfurique et la soude caustique (27K-11 & 27K-12) est prévu pour le control du pH : l'injection se fera directement dans un mixeur statique (27K-15) avant les bassins SBR (Sidi Yekhlef, C., 2013).

1.10 La filtration

Les eaux traitées des bassins SBR, sont déchargées dans deux fosses, chacun pour un bassin, et puis par gravité vers le bassin de récupération (27BA-02). A partir de ce bassin, l'eau traitée est envoyée vers les filtres à sable (27K-07 A/B/C) par les pompes verticales (27G-08 A/B). L'eau filtrée alimente le bassin (27BA-03) par gravité, et périodiquement, à partir de ce bassin, des pompes verticales (27G-09 A/B) sont utilisées pour le lavage des filtres. Les eaux de lavage sont envoyées vers le bac (27T-02) afin d'être traitée dans les bassins biologiques (Sidi Yekhlef, C., 2013).

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

1.11 Traitement des boues

Le traitement des boues au niveau de la zone 27 comprend trois étapes : épaissement, déshydratation et incinération.

1.11.1. L'épaissement

L'épaisseur (27K-08) reçoit les boues de :

- ✓ SBR (27T-03 A/B),
- ✓ Bassin d'orage (27BA-01),
- ✓ API (27BA-06 A/B),
- ✓ et de l'unité 1800.

C'est un épaisseur gravitaire qui permet d'atteindre une concentration en boues égale à 30 g/l. Les boues seront évacuées vers l'unité de déshydratation par centrifugation et les surnageants s'écouleront gravitairement vers la fosse des surnageants (27BA-09).

1.11.2 Déshydratation des boues

La déshydratation permet de poursuivre l'opération d'épaissement jusqu'à un état pâteux, les boues titrant alors de 12 à 14 % de siccité selon la qualité de boues. Les boues issues de l'épaisseur sont déshydratées par une centrifugeuse à axe horizontal (Sidi Yekhlef, C., 2013).

1.11.3 Incinération de boue

L'incinération réduit la quantité finale de boues aux seules matières minérales. Le principe de fonctionnement de cet incinérateur consiste à introduire les boues à incinérer dans un lit de matériaux auxiliaires (du sable de quelques millimètres), porté à une température de 700 à 800 °C et tenu en suspension (ou fluidisé) par un courant d'air ascendant injecté à la base du lit, à travers une grille appropriée (hauteur du lit : 0,5 à 0,8 m) à une vitesse de 1 à 2 m/s.

Les matières boueuses introduites sont maintenues dans le lit pendant un temps relativement bref, mais suffisant pour le séchage immédiat et le début de leur calcination, qui s'achève dans la zone de revanche située au-dessus, où la température atteint 850°C. La température du lit fluidisé est réglée par un appoint en eau ou en combustible.

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur la zone d'étude

L'air de combustion traverse un échangeur de chaleur (à contre courant) ou sa température descend au dessous de 560°C, ensuite, il parcourt un refroidisseur à air ambiant ou la température du gaz à la sortie sera inférieure à 250°C ; ce qui permettra d'appliquer un traitement des polluants tels que les poussières, les acides (acide chlorhydrique), les oxydes de soufre et les métaux lourds (Sidi Yekhlef C, 2013).

L'unité de traitement des gaz issu de l'incinérateur se compose de :

- Cyclone : réduction des poussières à 80%.
- Réacteur de neutralisation qui permet la réduction de l'acide chlorhydrique après injection du bicarbonate avec un débit estimé à 2 kg/H. L'abattement des métaux (Hg, Cd), dioxines et furannes par injection de charbon actif en poudre avec un débit estimé à 10 Kg/H.
- Bag filter : Le filtre permet la rétention de toutes les particules poussiéreuses. A la sortie de l'unité de traitement, les gaz traités sont aspirés vers la cheminée ou ils seront analysés avant rejet vers l'atmosphère (Sidi Yekhlef, C., 2013).



CHAPITRE 2
Matériels et Méthodes

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

Introduction

Le laboratoire est l'image réfléchissante de n'importe quel complexe industriel. Pour la raffinerie d'Arzew, tous les produits finis et semi-finis sont soumis à un contrôle qualité rigoureux. Ainsi, avant tout enlèvement ou expédition de produits finis, un certificat de qualité attestant la conformité de ce produit aux spécifications arrêtées, est établi. Le laboratoire de la raffinerie d'Arzew contrôle aussi la qualité des eaux et des rejets et procède aux analyses de différents échantillons spéciaux.

2.1 Echantillonnage

L'échantillonnage joue un rôle prépondérant dans l'analyse scientifique et l'échantillonneur doit tenir des recommandations suivantes :

- L'échantillon doit être représentatif de la masse d'eau considéré,
- Donner une grande importance pour le transport pour qu'il ne s'altère pas et aboutir à de mauvais résultats, entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse,
- Remplir les bouteilles en ras,
- Laisser l'eau écouler pendant quelques minutes puis on prélève.

Au niveau de la STEP zone 27, le prélèvement se fait sur deux points différents : bassin T02 et sortie vers mer : SVM (fig. 9).

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

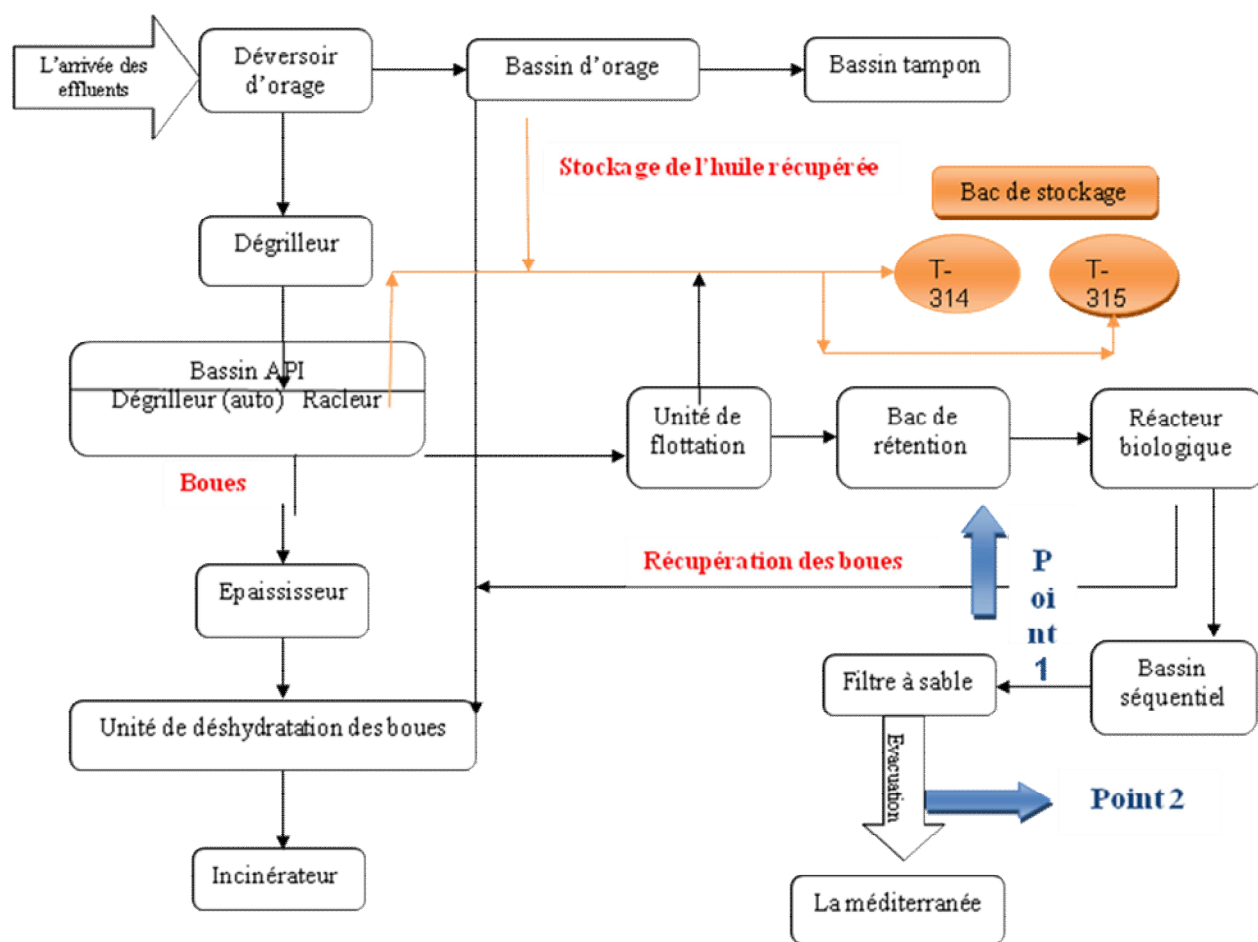


Fig. 13 - Schéma des points de prélèvement de la STEP Z27.

Les techniques d'échantillonnages et de conservation des produits échantillonnés sont développées selon la norme ASTM D 3370-B de manière à assurer que les échantillons prélevés et introduits dans les appareils d'analyses représentent bien la composition du milieu d'où ils sont extraits.

Les récipients utilisés pour les prélèvements sont en générale en verre ou en plastique, bien propres pour qu'il ne s'y produise aucune perte ou contamination, et étiquetés de façon à identifier l'échantillon à tout moment.

Les récipients contenant les prélèvements, doivent être bien fermés de façon à éviter toute contamination du produit échantillonné et conserver à l'abri de toute contamination du milieu extérieur.

Pour mieux visualiser la qualité des eaux traitées au niveau des deux unités de la raffinerie RAIZ, on a procédé à l'analyse physicochimique des paramètres suivants : le potentiel d'hydrogène (pH), la conductivité, les matières en suspension (MES), la teneur

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

en hydrocarbures, les demandes chimique et biologique en oxygène (DCO et DBO₅), la teneur en Furfural, le solvant MEK toluène et l'azote Kjeldahl.

2.2 Méthodologie des analyses

2.2.1 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 certain industries principalement celle liées à des phénomènes de corrosion. Un pH d'une solution acide permet de se rendre compte de l'effet corrosif sur les canalisations (fig. 10).

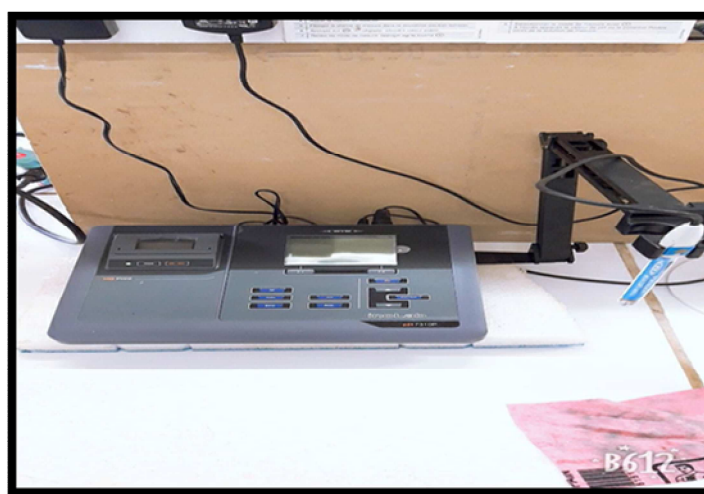


Fig. 14 - le pH mètre.

Pour mesurer le pH de nos échantillons, on a effectué un étalonnage de l'appareil à T=20 °C, par les solutions tampons, puis on procède à la lecture du pH des différents échantillons.

2.2.2 Mesure de conductivité

La conductivité détermine la salinité de l'eau et les impuretés ioniques dissoutes dans la vapeur condensée. Les solutions salines présentes dans l'eau sont caractérisées par leurs propriétés de conduire le courant électrique. La conductivité de l'eau est la conductance (inverse de la résistance) d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm à une température spécifique (Nouar N, 2016). La mesure de la conductivité, réalisée selon la norme ASTM D 1125, est basée sur le principe du pont de Wheatstone, en utilisant

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

comme appareil de mesure un galvanomètre ou une image cathodique (fig. 11). A fin de faire cette mesure on a :

- Etalonné l'appareil avec une solution de chlorure de potassium (KCl) de concentration connue, et donc de conductivité connue.
- Plongé ensuite l'électrode dans notre échantillon, laisser stabiliser et lire ensuite sa conductivité en ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).
- Rincé l'électrode après chaque mesure, les lectures se font à une température de 20°C ou 25°C .



Fig. 15 – Le Conductimètre.

2.2.3 Mesure de la teneur en furfural

La détermination de furfural (**selon TEXACO**) est réalisée par analyse spectrophotométrie (fig. 12), 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.



Fig. 16 – Le spectrophotomètre.

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

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 ($C_5H_5NH_4$) + 10ml Acide chlorhydrique (HCl) + 70ml éthanol (C_2H_4).
- 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.

2.2.4 Mesure de la teneur en hydrocarbures (HC)

L'analyse des hydrocarbures (fig. 13) de nos échantillons a été réalisée selon la norme AFNOR NF M07-203.



Fig. 17 - Analyseur d'hydrocarbures.

Pour cette mesure, il faut :

- Prendre avec la seringue, 15ml de solvant 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,

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

- Ouvrir une autre fois la vanne d'extraction et appuyer sur le bouton mesure.

2.2.5 Mesure de la DBO₅ (demande biochimique en oxygène)

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, il faut :

- Prendre 164 ml d'échantillon avec la fiole de mesure, la verser dans le flacon, ajouter 03 gouttes de la solution de nitrification et le barreau aimanté.
- Mettre la capsule sur le flacon contenant 02 pastilles de soude et fermer le flacon avec le bouchon OXITOP.
- Presser sur **S** et **M** pendant 02 secondes pour avoir le zéro.

Pour savoir lire les mesures, on retire les flacons de l'incubateur (fig. 14) et on presse sur **M** pour lire la mesure et la multiplier par le facteur suivant :



Fig. 18 – L'incubateur.

Tab. 5 - Les mesures et les facteurs des différents volumes pour le calcul de la DBO.

Volume (ml)	échantillon	Mesure (mg/l)	Facteur
432		0-40	1
365		0-80	2
250		0-200	5

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

164	0-400	10
97	0-800	20
43,5	0-2000	50

2.2.6 Mesure de la DCO (demande chimique en oxygène)

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

Le mode opératoire (fig. 15) 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 raccorder immédiatement le tube au réfrigérant et porter à l'ébullition à reflux pendant 2H,
- Faire 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,
- Titrer 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.

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes



Fig. 19 – Analyseur de la DCO.

Pour les calculs, on applique l'équation suivante :

$$\text{DCO} = 8000 \cdot C \cdot (V_1 - V_2) / V_0$$

D'où :

C : Concentration, exprimée (en mol /l) de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

V_0 : Volume (en ml) de la prise d'essai avant dilution éventuelle.

V_1 : Volume (en ml) de la solution de sulfate de fer et d'ammonium, utilisé pour l'essai à blanc.

V_2 : Volume (en ml) de la solution de sulfate de fer et d'ammonium, utilisé pour l'échantillon.

8000 : Masse molaire en mg/l de $\frac{1}{2} \text{O}_2$.

Note : On doit vérifier la validité de la méthode en calculant la DCO de l'essai témoin, qui doit être de 500mg/l, en remplaçant dans l'équation V_2 par V_R :

Où : V_R : volume (en ml) de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'essai témoin.

2.2.7 Mesure de l'azote total Kjeldahl

L'analyse de l'azote total Kjeldahl (NTK) a été réalisée selon la norme ASTM D3590-02 R06 et dans l'appareil Kjeldahl (fig. 16).

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes



Fig. 20 - Appareil Kjeldhal.

Le mode opératoire pour la mesure du NTK consiste à :

- Mettre un volume d'échantillon de 100ml dans le doseur et ajouter 40 ml de la solution de digestion et préparer en parallèle un blanc avec 100ml d'eau distillée et 40ml de solution de digestion.
- Placer les doseurs dans l'appareil Kjeldahl et lancer l'étape de digestion.
- Une fois l'échantillon est digéré et refroidi (environ 30mn), passé à l'étape de distillation. Barboter la soude (NaOH) et l'eau distillée dans l'échantillon au cours de distillation.
- Récupérer le distillat dans un bécher de 250ml contenant 50ml de l'acide borique (H_3BO_3), placé au bas de l'installation (extrémité du tube d'écoulement du distillat immergée dans la solution d'acide borique. Mesurer le volume final du distillat récupéré. Ajouter au volume et mélanger soigneusement.
- Prendre 25ml, ajouter 1ml de solution de Nessler et laisser reposer pendant 20min.
- Faire passer le blanc au spectrophotomètre pour calibrer le zéro d'absorbance à une longueur d'onde 425nm dans une cuve de 10mm.
- Faire passer l'échantillon au spectrophotomètre.
- Lire la concentration en mg/l.

Pour les calculs :

$$\text{NTK (mg/l)} = ((E \times 10^3) / S) \times (D / C)$$

D'où :

E : concentration en mg/l de (NH₃-N).

S : volume d'échantillon digéré (ml).

D : volume final ajusté du distillat (ml).

C : prise d'essai du distillat pour analyse (ml).

2.2.8 Mesure des MES (matières en suspension)

L'analyse des MES a été réalisée selon la norme ASTM D 1888- B. On filtre l'échantillon sous vide ou sous pression sur un filtre en papier, le filtre est ensuite séché à 105°C et la masse du résidu retenu sur le filtre est déterminée par pesée. Pour procéder aux analyses on a :

- Séché le filtre vide à 105°C pendant 15min et le mettre dans un dessiccateur pour qu'il se refroidit à température ambiante avant de le peser.
- Placé le filtre sur le disque métallique puis mettre en dessous un récipient avec 100ml d'échantillon.
- Connecté à un dispositif d'aspiration sous vide (trompe à eau).
- Ensuite enlever le filtre et on l'a mit dans une boite de pétri et séché à 105°C.
- Remet de filtre dans dessiccateur à fin qu'il se refroidit à température ambiante
- Pesé à nouveau le filtre.

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

Pour les calculs : Le taux des MES exprimer en (mg/l), est donné par l'expression suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = ((M_1 - M_0) \times 1000) / V$$

D'où :

M_1 : la masse (en mg) de la membrane et de son contenu après séchage à 105°C.

M_0 : la masse (en mg) de la membrane filtrante vide.

V : le volume (en ml) de la prise d'essai.

2.2.9. Mesure du solvant MEK

L'analyse du solvant MEK a été réalisée selon la norme TEXACO. A fin d'effectuer l'opération de mesure du solvant MEK on a pris un volume de 100ml d'échantillon dans un bécher de 250ml après avoir bien agité. On ajoute 20ml du réactif hydroxylamine hydrochlorique puis 1ml du bleu de bromophénol, s'il y a virage au jaune, cela veut dire présence du solvant on procède alors à la mesure du pH pour lire ensuite la concentration en mg/l du solvant MEK à partir de la courbe d'étalonnage préalablement établie. A défaut, s'il vire en bleu cela veut dire absence du solvant dans l'eau à analyser.



CHAPITRE 3

Résultats et discussion

Chapitre 3 : Résultats et discussions

Introduction :

L'eau usée collectée doit donc être traitée de façon à ajuster sa qualité physique, chimique et microbiologique par rapport à son utilisation finale, telle que l'irrigation, l'arrosage d'espaces verts, la recharge artificielle des aquifères, l'approvisionnement en eau potable, l'alimentation des chasses d'eau, l'approvisionnement en eau industrielle.

Les résultats des différentes analyses effectuées sont mentionnés dans le tableau 6.

3.1 Potentiel d'Hydrogène (pH)

Les valeurs du pH des eaux usées enregistrées à l'entrée sont comprises entre 6,9 et 7,6 avec une moyenne de 7,2 (fig. 17) ; ce qui est plus favorable à l'action bactérienne pour les processus d'épuration aérobie et anaérobie. Le pH alcalin et la 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.

En ce qui concerne les eaux traitées à la sortie, leur pH varie entre 6,7 et 7,7 (fig. 17) donc les valeurs gravitent autour de la neutralité avec une tendance vers l'alcalinité respectant la norme algérienne de rejet délimitée entre 6,5 et 8,5. Il est bien entendu que les valeurs de pH des eaux usées, avant qu'elles subissent un traitement, ne dépassent pas les normes de rejet. Nous avons pu faire les mêmes constatations en ce qui concerne le pH des eaux traitées à la sortie de la STEP.

Selon **Rodier et al (2005)**, le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans des phénomènes complexes avec d'autres paramètres comme la dureté, le dioxyde de carbone, l'alcalinité et la température.

La plage de pH acceptable dans le cas des eaux usées est de 6,5 à 8,5. Dans le cas d'une station d'épuration des eaux usées, une eau acide aura tendance à corroder ou à user l'équipement alors qu'une eau alcaline occasionnera des dépôts de tartre dans les conduites. Dans notre cas le pH des eaux usées prélevées au niveau de la station d'épuration est acceptable pour une eau en voie de traitement et pour sa réutilisation en irrigation.

Chapitre 3 : Résultats et discussions

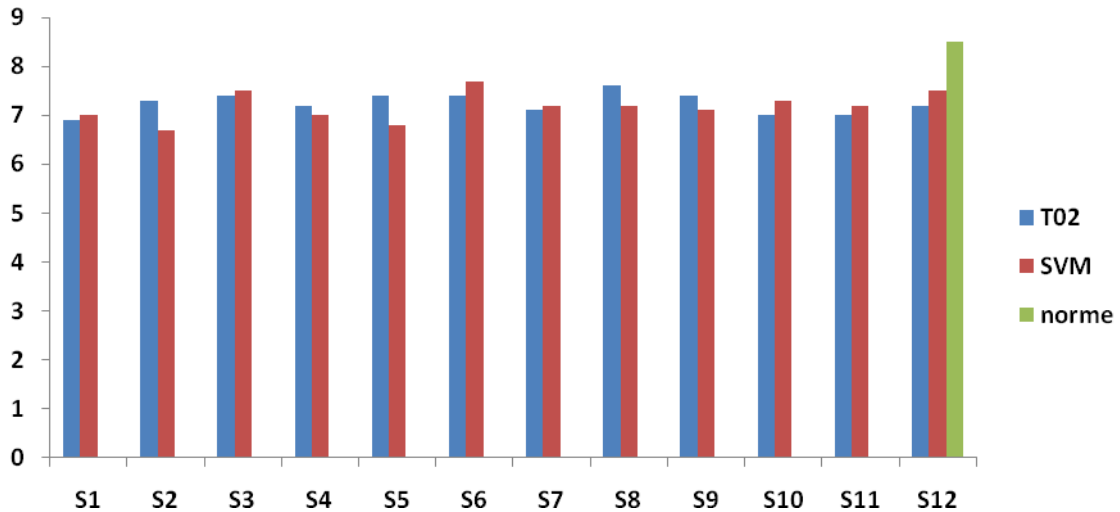


Fig. 21 - Variations trimestrielles du pH à l'entrée et la sortie de la STEP (Z27).

3.2 La conductivité

Les valeurs de la conductivité électrique sont comprises entre 251 à 595 à l'entrée et 293 et 563 à la sortie (fig. 18). La conductivité n'a pas une influence importante sur les rejets car l'eau de mer est très chargée en sels. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium, sodium, magnésium...). En revanche, elle est fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente.

La conductivité électrique est l'un des critères de choix pour juger l'aptitude d'une eau à un usage agricole. En générale, jusqu'à $750\mu\text{S}/\text{cm}$, l'eau est considérée comme étant de bonne qualité. De 750 à $1500\mu\text{S}/\text{cm}$, l'influence de la composition ionique et celle de la nature du sel joue un rôle prépondérant dans le choix de l'eau d'irrigation. La part du sodium dans la minéralisation de l'eau est un facteur important à prendre en compte.

Chapitre 3 : Résultats et discussions

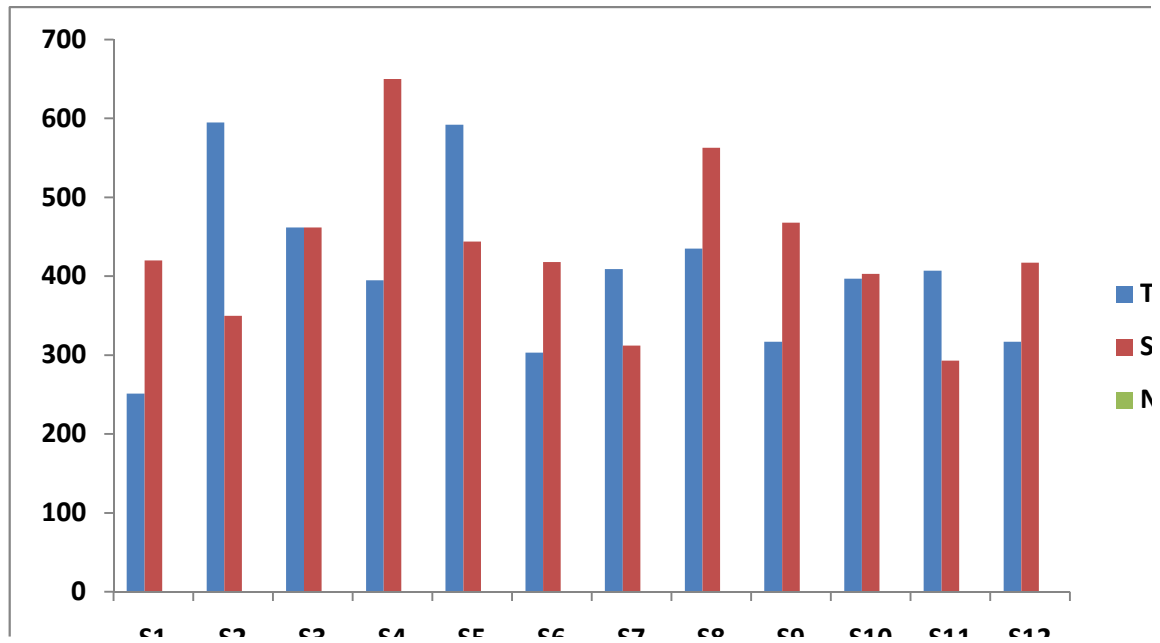


Fig. 22 - Variation trimestrielle de la conductivité à l'entrée et la sortie de la STEP (Z27).

3.3 Le furfural :

Les teneurs enregistrées en furfural sont inférieures à la valeur de la norme de rejet 16mg/l. On remarque que la valeur du furfural à la sortie est très basse par rapport à celle de l'entrée donc le traitement est efficace (fig. 19).

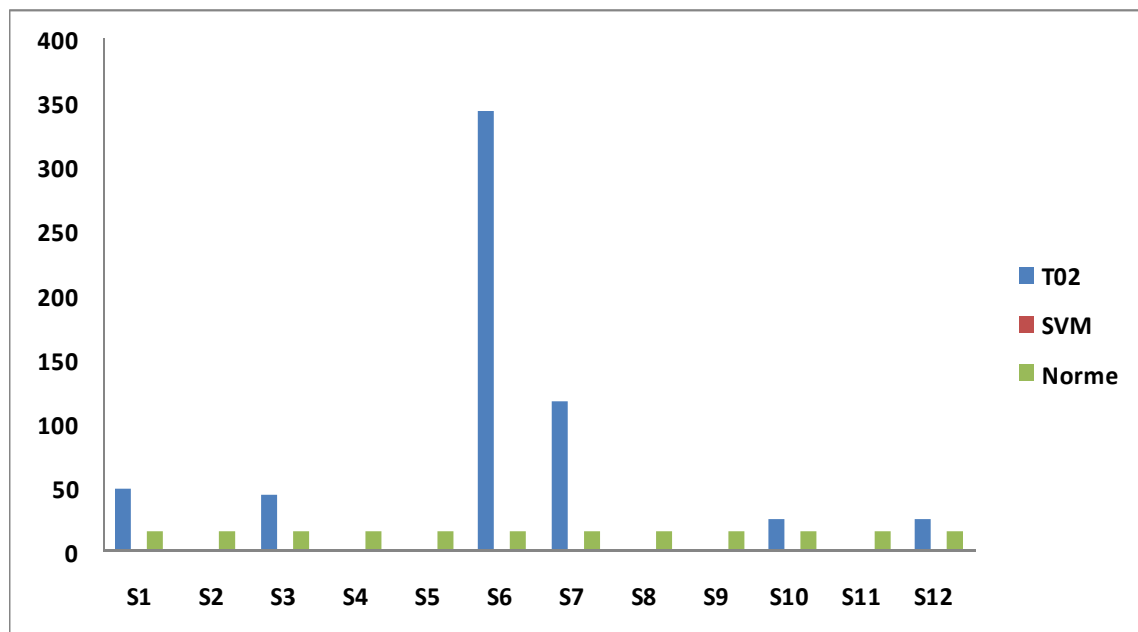


Fig. 23- Variation trimestrielle du furfural à l'entrée et la sortie de la STEP (Z27).

Chapitre 3 : Résultats et discussions

3.4 Les hydrocarbures :

Le bon fonctionnement de l'unité et la bonne élimination des hydrocarbures sont indiqués à la sortie de la STEP. La teneur enregistrée en hydrocarbures à l'entrée est élevée par rapport à celle enregistrée à la sortie ; ceci est dû à la présence des effluents. A la sortie de la STEP, les teneurs en hydrocarbures demeurent inférieures aux normes de rejet ce qui implique un bon traitement et un bon fonctionnement de la station à part qu'on remarque à la 6^{ème} semaine une augmentation qui est dû à un mauvais échantillonnage qui a engendré de fausses mesures (fig. 20).

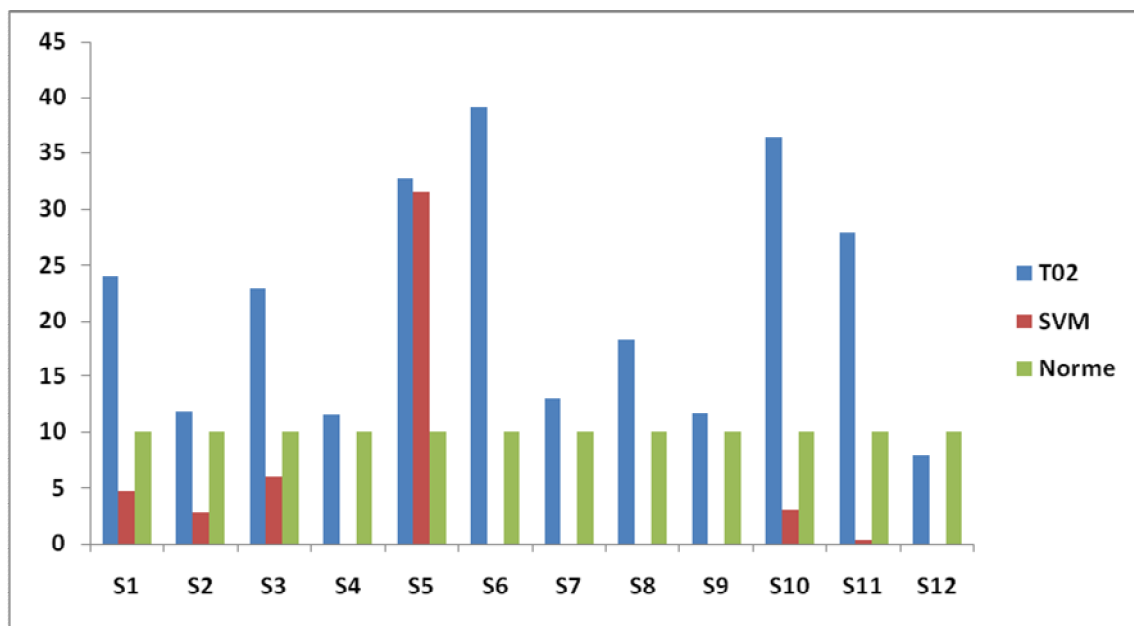


Fig. 24 - Variation trimestrielle des hydrocarbures à l'entrée et la sortie de la STEP (Z27).

3.5 La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅, ou demande biochimique en oxygène indique la quantité de matières organiques présentes dans les eaux usées (Xanthoulis, 1993). La concentration organique des eaux usées, telle que mesurée par sa DBO₅, est un des plus importants critères utilisés dans la conception d'une installation de traitement des eaux usées afin de déterminer le degré de traitement nécessaire. Pour déterminer l'efficacité du traitement et prévoir l'impact des effluents sur les eaux réceptrices, on effectue des tests de DBO₅, avant et après le traitement (Gaujous, 1995).

Chapitre 3 : Résultats et discussions

On remarque qu'avec des concentrations enregistrées variant de 10 à 20 mg/l, la qualité de l'eau en DBO₅ est inférieure aux normes algériennes de rejet respective à 35mg/l ; ce qui conclu une bonne digestion des hydrocarbures par la bactérie présente dans les bassins biologiques. Cela signifie aussi que la bactérie responsable pour ce traitement est encore vivante dans ces bassins. Les valeurs minimales enregistrées au niveau de la sortie de la station d'épuration, indique que le traitement biologique effectué sur l'eau usée est très acceptable, surtout si on considère que la norme exige une DBO₅ < 25mg/l (fig. 21).

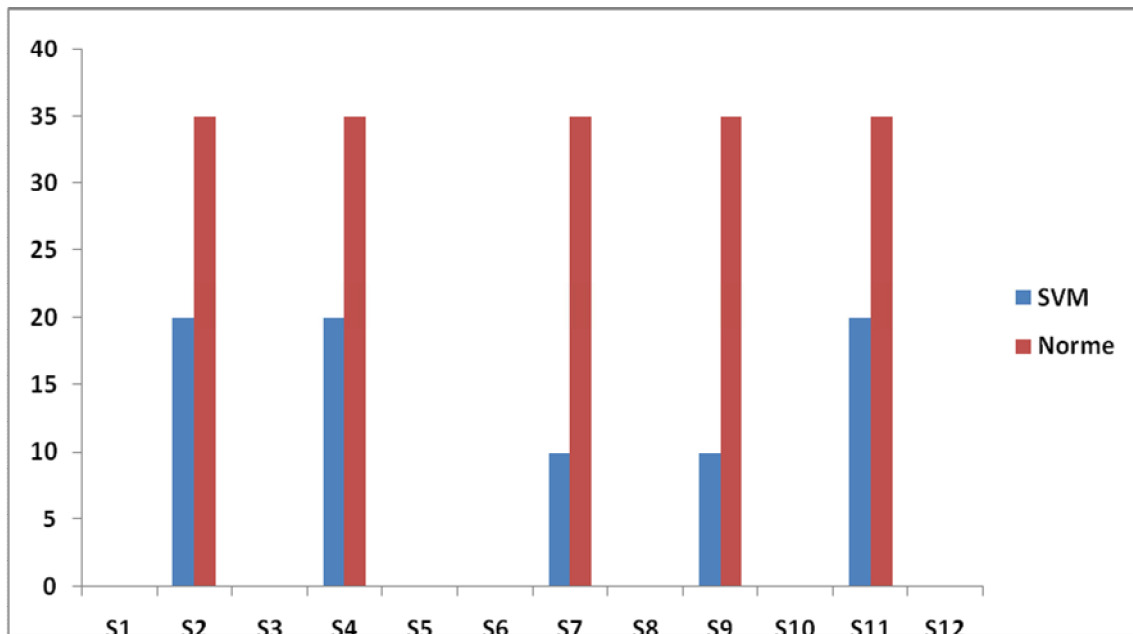


Fig. 25 – Variation trimestrielle de la DBO₅ à l'entrée et la sortie de la STEP (Z27).

3.6 La demande chimique en oxygène (DCO)

Selon la figure 22, l'entrée des eaux est caractérisée par une grande quantité des matières organiques et les valeurs de la DCO de l'effluent dépassent la norme limitée à 120 mg/l. La valeur minimale atteinte est de 22,3mg/l alors que la valeur maximale atteinte est de 188,7 mg/l. A la sortie de la STEP, on constate généralement une forte diminution. Les valeurs enregistrées à la sortie vers la mer sont inférieures aux valeurs limites algériennes respectives à 120mg/l, elles sont comprises entre 9,6 mg/l et 107 mg/l.

Chapitre 3 : Résultats et discussions

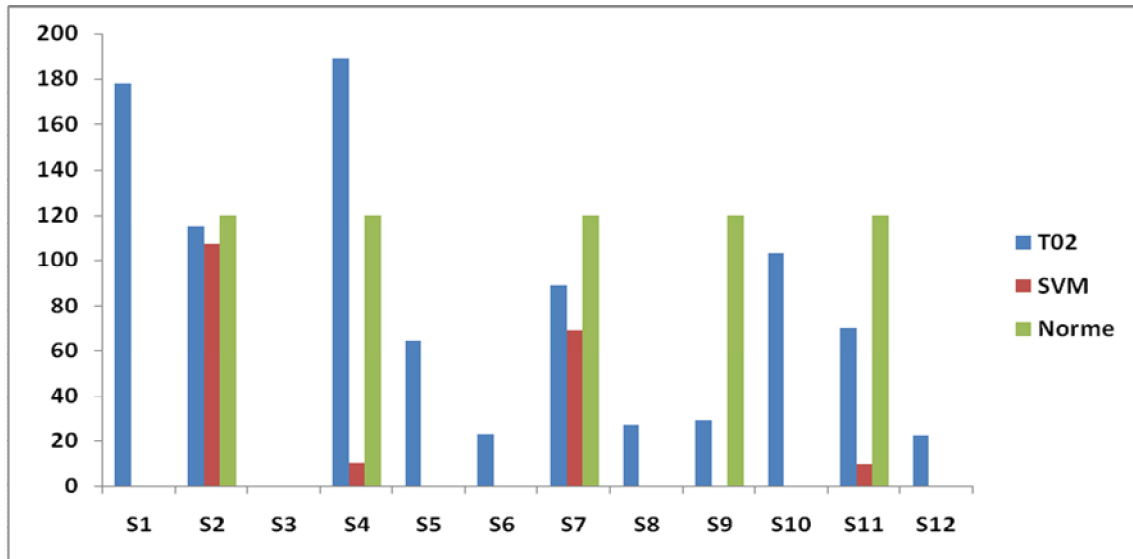


Fig. 26 – Variation trimestrielle de la DCO à l’entrée et la sortie de la STEP (Z27).

3.7 L’azote total KJELDHAL (NTK)

Dans la mesure de l’azote, on distingue l’azote ammoniacal et l’azote organique qui ensemble représentent l’azote sous forme réduite dit azote Kjeldhal, et l’azote total qui comprend aussi les formes oxydées, nitrites et nitrates (**Chellé et al., 2005**).

A l’entrée de la STEP comme à sa sortie, on constate que les teneurs en azote Kjeldhal sont nulles, par conséquent, elles répondent à la norme requise de rejet (tab. 6).

3.8 Les MES

L’analyse de MES à l’entrée de la STEP n’a pas été effectuée. En revanche à la sortie, les concentrations en MES des eaux traitées varient entre 1 et 4mg/l ; elles restent toujours inférieures aux normes algériennes requises et respective à 35mg/l. Ces faibles concentrations sont dues à la décantation des matières décantables (tab. 6).

La connaissance de ce paramètre (ainsi que le taux de résidu sec) renseigne sur les possibilités épuratoires de certains ouvrages de traitement, décanteurs par exemple, et intervient dans l’évaluation de la production des boues en excès (**Bechac et Boutill, 1987**).

3.8 Les solvants MEK

Les concentrations enregistrées en MEK sont nulles durant les onze semaines d’échantillonnage à l’exception de la 5^{ème} semaine où on a enregistré une valeur de 100mg/l qui est dû au drainage des ballons dans la zone 07 spécifique aux lubrifiants.

Chapitre 3 : Résultats et discussions

Cette valeur revient nulle à la sortie de la STEP (tab. 6). L'interprétation des résultats d'analyses obtenus au niveau du laboratoire de la raffinerie d'Arzew RAIZ des rejets liquides de la station d'épuration eaux industrielles montre que les traitements des rejets liquides sont efficaces et sont effectués au respect des normes des rejets liquides.

Tab. 6 – Analyses physicochimiques des eaux de rejets à l'entrée et à la sortie de la STEP.

		pH	Cond	Furfural	HC	DBO ₅	DCO	NTK	MES	MEK
T02 (Entrée)	S1	6,9	251	48.8	24	//	178	//	//	00
	S2	7,3	595	00	11.8	//	115	//	//	00
	S3	7,4	462	45	22.8	//	00	//	//	00
	S4	7,2	395	00	11.5	//	188.7	//	//	00
	S5	7,4	592	00	32.7	//	64.5	//	//	100
	S6	7.4	303	345	39	//	23	00	//	00
	S7	7.1	409	118	13	//	89	//	//	00
	S8	7.6	435	00	18.2	//	27	//	//	00
	S9	7.4	317	00	11.6	//	29	//	//	00
	S10	7	397	26	36.4	//	103.2	//	//	00
	S11	7	407	00	27.9	//	70	//	//	00
	S12	7.2	317	26	7.9	//	22.3	00	//	00
SVM (Sortie)	S1	7	420	00	4.7	//	//	//	//	00
	S2	6.7	350	00	2.7	20	107	//	04	00
	S3	7.5	462	00	06	//	//	00	//	00
	S4	7	650	00	00	20	10	//	03	00
	S5	6.8	444	00	31.5	//	//	//	//	00
	S6	7.7	418	00	00	//	//	00	//	00
	S7	7.2	312	00	00	10	69	//	01	00
	S8	7.2	563	00	00	//	//	//	//	00
	S9	7.1	468	00	00	10	00	00	01	00
	S10	7.3	403	00	03	//	//	//	//	00
	S11	7.2	293	00	0.4	20	9.6	00	03	00
	S12	7.5	417	00	00	//	//	//	//	00

Conclusion

L'objectif visé par cette étude est d'éclairer l'importance de l'opération d'épuration des eaux usées industrielles. Il s'agit d'une pratique qui a des influences sur l'environnement, l'économie du pays et la santé humaine.

En Algérie, un déficit de 1 milliards de m³ sera enregistré en 2025 (dans le cas d'une mauvaise gestion de l'eau et d'une non maîtrise des ressources non conventionnelles).

La récupération et la réutilisation de l'eau usée s'est avérée être une option réaliste pour couvrir le déficit en eau et les besoins croissants en cette dernière dans notre pays, mais aussi pour se conformer aux règlements relatifs au rejet des eaux usées, en vue de la protection de l'environnement, et de la santé publique.

Cette réutilisation n'est pas un nouveau concept. Avec l'augmentation de la demande en eau, liée à l'augmentation de la population et l'amélioration de niveau de vie, la réutilisation de l'eau usée acquiert un rôle croissant dans la planification et le développement des approvisionnements supplémentaires en eau. C'est particulièrement important pour notre pays puisqu'il est la plupart du temps aride ou semi-aride. Il bénéficie de faibles précipitations, la plupart du temps saisonnières, et à distribution irrégulière. Par ailleurs, la qualité de l'eau se détériore fortement.

Du moment que la raffinerie doit rejeter des déchets toxiques dû à la transformation des hydrocarbures et qu'ils ne peuvent être rejetés tel quels sont à la mer et afin d'éviter des conséquences irréversibles sur la flore et la faune marine, des efforts considérables ont été employés afin de répondre aux exigences des normes de rejet comme édictées par la réglementation algérienne en vigueur.

Dans cette étude, nous avons analysé objectivement la qualité des rejets liquides de la raffinerie d'Arzew dans l'objectif de vérifier l'efficacité des procédés d'épuration et de traitement des eaux résiduaires en respectant les valeurs limites de rejets d'effluents liquides industriels définies par le décret exécutif n°06-141 du 19 Avril 2006.

La raffinerie d'Arzew a lancé un programme ambitieux qui s'est avéré à la hauteur de sa renommée à savoir la mise en marche de la zone 27(l'unique station d'épuration existante en Afrique : la dernière technologie siemens) et la réhabilitation de l'ancienne station d'épuration (Unité 1800) afin de préserver l'environnement tout en améliorant sa production.

Conclusion

S'agissant des installations de traitement des eaux usées, 63 villes/agglomérations sont desservies par 48 stations d'épuration. Le traitement fourni est principalement un traitement secondaire (56% des stations d'épuration des eaux usées en service) et un traitement préliminaire (37,5%). Cependant, en Algérie de nombreux projets ont été lancés puisque quatorze nouvelles stations d'épuration sont entrées en phase de conception et trois nouvelles stations sont en cours de construction, alors que quatre stations qui existent déjà sont modernisées.

L'élimination des eaux usées traitées ($510\,000\text{ m}^3/\text{j}$) et des eaux usées non traitées ($290\,000\text{ m}^3/\text{j}$) est principalement effectuée directement ou indirectement (via les cours d'eau/rivières) dans la mer. Une quantité limitée d'eaux usées traitées (4,5%) est réutilisée. On estime la production moyenne d'eaux usées à environ 140 litres par jour et par habitant (PNUE, 2011).

Au terme de notre étude, et selon les résultats d'analyses effectuées dans le laboratoire de la station sur une période de 12 semaines, nous remarquons une différence significative entre les valeurs des eaux traitées et celles des eaux brutes. Cela reflète le degré d'efficacité du traitement des eaux résiduaires. Les résultats de chaque paramètre donnent une idée sur le danger éliminé de cette eau. Les concentrations enregistrées de la DBO_5 , de la DCO et des matières en suspension sont faibles et demeurent inférieures aux normes algériennes requises. Le pH est l'un des paramètres les plus importants, a été toujours convenable aux normes nationales. Par ailleurs, nous ne pouvons pas avancer que les objectifs de cette pratique sont atteints du moment que beaucoup de paramètres ne sont pas analysés surtout les l'analyse des nitrates et des orthophosphates et l'analyse des paramètres microbiologiques.

L'eau est une ressource limitée, il faut agir pour conserver et préserver ce patrimoine commun irremplaçable.

Recommandations

-Puisque la qualité des eaux traitées répond aux normes algériennes de rejets industriels, c'est-à-dire qu'elles peuvent être rejetées à la mer sans causer de déséquilibres environnementaux. Pour cela nous recommandons à la raffinerie de réutiliser ces eaux comme appoint au niveau de la tour de refroidissement afin de minimiser l'utilisation d'eau d'appoint provenant de ressources externes à une condition que le suivi des analyses sera toujours effectué.

Conclusion

-Améliorer et compléter d'autres analyses physicochimiques, métalliques et microbiologiques des eaux de rejets et des boues.

Bibliographie

AFED, 2010

AFD, 2011–Réutilisation des eaux usées traitées. Perspectives opérationnelles et Recommandations pour l'action. France. AFD. 85p.

Asano T., 1998 - Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1475 p.

Asano T., Burton, F.L., Leverenz, H.L., Tsuchihashi, R et Tchobanoglous, G., 2007 – Water reuse: issues, technologies and Applications. New York, McGraw-Hill, 1570p.

Attab, S.; 2011- amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration Haoud Berkaoui par l'utilisation d'un filtre a sable local. Université d'Ouargla.25p, 26p 28p.

Ballouki, K., 2012-etude de la qualité physico-chimique et biologique de trois sources dans la région de Midelt (Haut Moulouya). Université de Maroc. 21p.

Banque Mondiale, 2010

Baouia, A. et Habbaz, D. 2006 - La situation d'assainissement et d'évacuation des eaux usées de la ville d'Ouargla et caractérisation des eaux de Chott de Ain baida. Mém. Ing. Eco et Env. Ecos. Steppique et saharien. Univ. Ouargla. 118p.

Baumont, S. –Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France.

Bechac J.P. et Boutill P., 1987 - Traitement des eaux usées, 2ème édition. Ed. Eyrolles, 281p.

Belhocine, H. et Ait sidhoum, N., 2013- Etude descriptive de l'incinérateur de boue. IAP de Skikda. 05p 09, 08, 10.

Belkaoui H, 2016- rapport de fin de formation, raffinerie d'Arzew. 02-03p.

Benayed, S., 2016 – rapport de stage de fin d'études.Université d'oran 2.03p.

Benblidia, M., 2011 - L'efficience d'utilisation de l'eau et approche économique. Etude nationale Algérie », Plan Bleu, 2011. http://cmimarseille.org/src/EW2_EtudesPaysAlgerie.pdf

Benchahem, M., bouazza, H. et Labbaz L., 2014- inventaire des études scientifiques relatives à la réutilisation des eaux usées dans le domaine piscicole. Université d'Ouargla.06p et 07p.

Bendjebbar, I., 2016- optimisation du choix de coagulant par jar-test.08p.

Ben Mira Zitouni,M. et Benchaib,E., 2015- modélisation d'un processus d'épuration par la logique floue. Université de Khemis Miliana.08p.

Bibliographie

- Benslimane, R. 2001** - Contribution à l'étude des eaux résiduaires de la ville de Skikda et sa périphérie. Mémoire Ingéniorat Ecologie et Environnement. Pathologie des écosystèmes. Université d'Annaba. 97p.
- Bouchaala L., Charchar N et Gherib A.F., 2017** - Ressources hydriques : traitement et réutilisation des eaux usées en Algérie. *Algerian journal of arid environment*. vol. 7, n°1, juin 2017 : 84-95 :pp
- Bouchedja A., 2012** - La politique nationale de l'eau en Algérie. Euro-RIOB, 10ème Conférence Internationale, Istanbul, Pp 25.
- Boutin,k. Héduit , A. et Helmer, J., 2009, 2009-** Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT). 14 p.
- Chellé F., Dellale M., Dewachter M., Mapakou F., Vermey L., 2005** - L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, 15p.
- Dahou,A. et Brek,A., 2013** -lagunage aère en zone aride performance épuratoires cas de (région d'Ouargla). Université d'Ouargla.06, 07p.
- Djeddi, H., 2007-**utilisation des eaux usées d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Université de Constantine. 25p.
- Ecosse D., 2001** -Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mémoire .D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens, 62p.
- Exall, K., 2004** – A review a water reuse and recycling, with reference to Canadian practice and potentials. 2 - Applications – Review article Water quality Research Journal. Vol 39, n°1, 13-28 :pp.
- Faure G., 2006** - Principales dégradations de l'écosystème récifale. 50p.
- Faure G, 2008** - Dégradations de l'écosystème récifale. 370p.
- FAO., 2010-** Projet de renforcement des capacités sur l'utilisation sans danger des eaux usées en agriculture. Bonn.
- Fillali, Y. 2011-** séminaire international sur la réutilisation des eaux usées traitées dans la région arabe.29p, 44p et 32p 47.
- Global Water Intelligence, 2005** – Water Reuse Markets 2005-2015: A Global Assessment & Forecast.
- Gaujous D., 1995** - La pollution des milieux aquatiques ; aide-mémoire. Ed. Techniques et documentations. Lavoisier. Paris, 220p.
- Hadef, R. et Hadef, A. 2000.** Le déficit d'eau en Algérie. Institut de génie mécanique, centre universitaire de larbi ben mhidi, Oum El Bouaghi.215p.

Bibliographie

- Hartani T. 1998.** La réutilisation des eaux usées en irrigation. Situation actuelle et perspectives. Séminaire sur les ressources en eau non conventionnelles. Alger : KLI Conseil. p. 10.
- Hartani T., Raissi O., 2004.** L'irrigation avec l'eau d'un lac dans la Mitidja. 10 p. soumis à la CIID.
- Hartani T., 2004 -** La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie. Séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée, IAV Hassan II, Rabat, Maroc, 11 p.
- Khemici, Y., 2014-** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique d'une eau usée épurée par un lit de plantes. Université d'Ouargla. 06 p.
- Kir,O. et Lechelaha,A., 2013-**caractérisation des eaux usées urbaines de la ville d'el oued et élimination de leur pollution a l'aide de matériaux a base d'argile. Université d'Ouargla.02p.
- Ladjel, F. 2006.** Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA- Boumerdes. 80p.
- Ladjel, F. et Bouchefer, S. 2004.** Exploitation, d'une station d'épuration à boues activées Niveau II. Thème. CFMA (centre aux métiers de l'assainissement). Boumerdes. 90p.
- Lazarova V., 1998 -** Rôle de la réutilisation des eaux usées pour la gestion intégrée des ressources.L'Eau, l'Industrie, les Nuisances, n° 227, p. 147 – 157.
- Lazarova V and A. Bahri, Eds., 2005 -** Irrigation with recycled water: agriculture, turfgrass and landscape, CRC Press, catalog n° L1649, ISBN 1-56670-649-1, Boca Raton, FL, USA.
- Lazarova V., Gaid A., Rodriguez-Gonzales J., Alday Ansola J., 2003 -** L'intérêt de la réutilisation des eaux usées : analyses d'exemples mondiaux. Techniques, Sciences et Méthodes, 9 : 64-85.
- Malek, F. et Abellache, K., 2017-** Suivi et évaluation des performances des deux unités de traitement des effluents liquides de la raffinerie d'Arzew. 38p.
- Manhal, A., 2006-** Optimisation d'un procédé de traitement des eaux par ozonation catalytique. UNIVERSITE DE POITIERS.07p.
- Mekhalif,F. 2009-** réutilisation des eaux résiduelles industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Université de Skikda.07, 03, 04p.
- Mizi, A., 2006-** traitement des eaux de rejet d'une raffinerie -region de bejaia et valorisation de dechets oleicoles. Université de annaba.23, 25, 28, 29, 42p.

Bibliographie

Mozas M. et Alexis G., 2013- État des lieux du secteur de l'eau en Algérie. IPEMED, France, 27p.

MRE, 2003 – Synthèse sur la situation de l'assainissement et évaluation des besoins en station de traitement et d'épuration en vue de protéger les ressources en eau. Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en eau, Alger, Algérie. 11 p.

MRE, 2012 - Ministère des Ressources en Eau, Algérie, 2012.

ONA, 2014 - Documentation interne du service d'exploitation ONA. Office nationale d'assainissement, Algérie. 20p.

OMS, 2012 – Directives de l'OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères. Genève. OMS. 225p.

Ouanouki et al., 2009

PNUE, 2011 - Inventaire des stations d'épuration des eaux usées dans les agglomérations côtières méditerranéennes de plus de 2000 habitants (2010). Plan d'action pour la Méditerranée. 221p.

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

SYNTEAU, 2012 – Réutilisation des eaux usées traitées : REUSE. Fiches SYNTEAU, n° 5, 6p.

Trad Raïs, M et Xanthoulis, D., 2006 – Rôle de la micro-irrigation dans l'atténuation des risques sanitaires liées à la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles. *VECTEUR-ENVIRONNEMENT*. Mars 2006. 75-81 :pp.

Veolia, 2006 – Le recyclage de l'eau. Une solution locale quand l'eau se fait rare. Veolia Environnement. 8p.

Xanthoulis D., 1993 - Valorisation agronomique des eaux usées des industries agro-alimentaires. Tribune de l'eau n° :563/3. Ed. CEBEDOC, pp: 27-32.

Yalaoui M., 1998 - La réutilisation des eaux usées. Aspects financiers et juridiques. Séminaire Ressources en eaux non conventionnelles. Alger : KLI Conseil, Algérie.

Journal officiel de la République Algérienne n° 60. (2005)., Loi n° 05/12 du 04 Août 2005 relative à l'eau.18p.

Journal Officiel De La République Algérienne n° 46. (1993). Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels, Algérie.

Bibliographie

Journal Officiel De La République Algérienne n° 26. (2006). Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels, Algérie, p. 4

Journal Officiel De La République Algérienne n° 35. (2007). Décret exécutif n° 07-149 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent, Algérie, p. 8-12

Références électroniques

Anonyme1. 2008. Disponible sur

<http://www.cieau.com/toutpubl/sommaire/texte/8/f81.htm>

Anonyme2. 2008. Disponible sur

http://www.cieau.com/toutpubl/recherch/index_rech.ASP

<http://www.ona-dz.org/REUE.html>

Annexe

Annexe I

Tolérance a certaines valeurs limites des paramètres de rejets des effluents liquides industriels selon les catégories d'installations (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006)

Raffinage de pétrole :

paramètres	Unité	Valeurs limites	Tolérance aux valeurs limites Anciennes installations
Débit d'eau	m ³ /t	1	12
Température	°c	30	35
pH	-	5.5-8.5	5.5-8.5
DBO ₅	g/t	25	30
DCO	"	100	120
MES	"	25	30
Azote Total	"	20	25
Huiles et graisses	mg/l	15	20
Phénol	g/t	0.25	0.5
Hydrocarbures	g/t	5	10
Plomb	mg/l	0.5	1
Chrome 3+	"	0.05	0.3
Chrome 6+	"	0.1	0.5

Annexe II

Spécifications du coagulant

- Sulfate d'aluminium :

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

État physique :	Solide Granules ou poudre
Couleur :	Blanc à blanc crème.
Odeur :	Inodore.
pH	> 2.9 @ 5%
Densité relative :	1.61
Point d'ébullition :	Non disponible.
Point de congélation/fusion :	86 °C / 186 °F
Pression de vapeur :	Non disponible.
Densité de vapeur :	Non disponible.
% matière volatile (volume) :	Non disponible.
Taux d'évaporation :	Non disponible.
Solubilité :	Soluble dans l'eau.
VOCs :	Non disponible.
Viscosité :	Non disponible.
Poids moléculaire :	594 g/mole

Annexe

Annexe III

Les caractéristiques géométriques du bassin d'orage sont présentées dans le tableau suivant :

Surface utile (Su)	175 m ²
Hauteur (H)	4.67 m
Largeur (L)	7 m
Longueur (L _t)	25 m

Les caractéristiques géométriques du bassin tampon sont présentées dans le tableau suivant :

Volume utile (Vu)	4000 m ³
Hauteur utile (Hu)	12 m
Diamètre interne (Di)	21 m

Les caractéristiques géométriques du déshuileur API sont présentées dans le tableau suivant :

Nombre de canal (N)	2
Longueur (L)	58 m
Largeur (l)	3.5 m

Les caractéristiques géométriques de l'épaisseur sont présentées dans le tableau suivant :

Surface utile (Su)	78.54 m ²
Diamètre interne (Di)	11 m
Hauteur (H)	5 m
Inclinaison du fond	5 – 60°

Annexe

Annexe VI

Les bactéries pathogènes dans les eaux usées (BAUMONT.S)

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Nombre pour un litre d'eau usée	Voies de contamination
Salmonella	-Typhoïde, paratyphoïde - salmonellose	23 à 80 000	Ingestion
Shigella	Dysenterie bacillaire	10 à 10 000	Ingestion
E.coli	Gastro- entérite		Ingestion
Yersinia	Gastro- entérite		Ingestion
Campylobacter	Gastro- entérite	37 000	Ingestion
Vibrio	Choléra	100 à 100 000	Ingestion
Leptospira	Leptospirose		Cutanée/ Inhalation/Ingestion
Légionellose	Légionellose		Inhalation
mycobacterium	tuberculose		Inhalation