

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER
UNITÉ DE DÉVELOPPEMENT DES ÉQUIPEMENTS SOLAIRES

BOUSMAIL TIPAZA

DEPARTEMENT GENIE DES PROCÉDES ET DE L'ENVIRONNEMENT



Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme

D' INGÉNIEUR D'ETAT

Spécialité Génie des procédés et de l'environnement

Présenté par :
OUADAH IKRAM

Thème

ÉPURATION DES EAUX USÉES PAR DISTILLATION

Soutenu le **27/06/2024** , devant le jury composé de :

Présidente : Pr NAIMA BELHANECHÉ	Professeur	ENP
Promoteur : Dr LAMINE AOUDJIT	MRA	UDES
Co-promotrice : Dr SADJIA AROUA	MCA	ENP
Examineur : Mr MOHAMED KHERAT	Doctorant	ENP

ENP 2024

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER
UNITÉ DE DÉVELOPPEMENT DES ÉQUIPEMENTS SOLAIRES

BOUSMAIL TIPAZA

DEPARTEMENT GENIE DES PROCÉDES ET DE L'ENVIRONNEMENT



Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme

D' INGÉNIEUR D'ETAT

Spécialité Génie des procédés et de l'environnement

Présenté par :

OUADAH IKRAM

Thème

ÉPURATION DES EAUX USÉES PAR DISTILLATION

Soutenu le **27/06/2024** , devant le jury composé de :

Président : Pr NAIMA BELHANECHÉ	Professeur	ENP
Promoteur : Dr LAMINE AOUDJIT	MRA	UDES
Co-promotrice : Dr SADJIA AROUA	MCA	ENP
Examineur : Mr MOHAMED KHERAT	Doctorant	ENP

ENP 2024

ملخص :

الهدف من هذا العمل هو تصميم وبناء جهاز تقطير لمعالجة المياه المستعملة من مصادر مختلفة ، بما في ذلك المدبغة، معصرة زيت الزيتون، صناعة الطلاء ، محطة معالجة مياه الصرف الصحي. وتناولت الدراسة فعالية عملية التقطير في الحد من الملوثات المختلفة ، بما في ذلك الطلب الكيميائي على الأكسجين ، والطلب البيولوجي على الأكسجين ، والتعكر ، والناقلية، والملوحة ، والمواد الصلبة الذائبة الكلية. وأظهرت النتائج أن عملية التقطير كانت فعالة في الحد من هذه الملوثات ، مما يدل على إمكانياتها كحل مستدام لمعالجة المياه المستعملة. كما قارنت الدراسة أداء جهاز التقطير الشمسي بأداء جهاز التقطير الكهربائي. تساهم نتائج هذه الدراسة في فهم كفاءة التقطير لمعالجة المياه المستعملة وتوفير معلومات قيمة لتصميم وتنفيذ أنظمة مماثلة

الكلمات المفتاحية : تنقية المياه المستعملة، التقطير ، تصريف ، تلوث المياه ، الطاقة الشمسية ، الخصائص الفيزيائية والكيميائية.

Abstract :

The objective of this work is the design and construction of a distiller to treat wastewater from various sources, including the tannery, the olive oil mill, the paint manufacturing industry and the wastewater treatment plant. The study examined the effectiveness of the distillation process in reducing various pollutants, including chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD), turbidity, conductivity, salinity and total dissolved solids (TDS). The results showed that the distillation process was effective in reducing these pollutants, thus demonstrating its potential as a sustainable solution for wastewater treatment. The study also compared the performances of solar distillation with those of electric distillation. The results of this study contribute to the understanding of the efficiency of distillation for wastewater treatment and provide valuable information for the design and implementation of similar systems.

Key words : Wastewater purification, distillation, discharge, water pollution, solar energy, physico-chemical parameters.

Résumé :

L'objectif de ce travail est la conception et la construction d'un distillateur pour traiter les eaux usées provenant de diverses sources, notamment la tannerie, le moulin à huile d'olive, l'industrie de fabrication de peinture et la station d'épuration. L'étude a examiné l'efficacité du processus de distillation dans la réduction de divers polluants, notamment la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène (DBO), la turbidité, la conductivité, la salinité et les matières dissoutes totales (TDS). Les résultats ont montré que le processus de distillation était efficace pour réduire ces polluants, démontrant ainsi son potentiel en tant que solution durable pour le traitement des eaux usées. L'étude a également comparé les performances de la distillation solaire avec celles de la distillation par chauffage conventionnel. Les résultats de cette étude contribuent à la compréhension de l'efficacité de la distillation pour le traitement des eaux usées et fournissent des informations précieuses pour la conception et la mise en œuvre de systèmes similaires.

Mots clés : Épuration des eaux usées, distillation , rejet , pollution de l'eau , énergie solaire, paramètres physico chimiques.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

*Mon très cher père et ma très chère mère auxquels je dois tout dans la vie et que
je ne remercierai jamais assez pour leurs soutiens, encouragements durant tout
mon parcours universitaire.*

A mes grandes mères pour leurs soutiens et leurs prières le long de mes études .

A mes frères et mes sœurs ainsi qu'à toute ma famille .

A mon cher fiancé .

*Tous mes amis et toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à ce
travail.*

Remerciements

Ce travail a été réalisé au sein de l'unité de développement des équipements solaires au niveau du laboratoire épuration et valorisation des eaux de rejet.

Je remercie en premier lieu, Dieu le tout puissant, de m'avoir illuminé et ouvert les portes du savoir et de m'avoir donné la force, le courage et la volonté pour surmonter les épreuves que j'ai rencontrées tout au long de la réalisation de ce mémoire.

En préambule à ce manuscrit de mémoire, je tiens à remercier sincèrement l'ensemble des personnes ayant permis sa réalisation, j'exprime mes profondes gratitude à :

*Docteur **Abbas Mohamed**, Directeur de l'unité, de m'avoir accueillie dans son centre de recherche, et mis à ma disposition tout le matériel nécessaire pour la recherche.*

*Mes encadreur : Dr **Lamine Aoudjit**. Maître de recherche au laboratoire épuration et valorisation des eaux de rejet au niveau de l'unité de développement des équipements solaires et Dr **Sadjia Aroua** Maître de conférences à l'école nationale polytechnique pour m'avoir dirigés et guidés dans la réalisation de ce travail, pour leur aide et effort.*

*Mes remerciements vont aussi à Pr **Naima Belhaneche**, qui m'a fait l'honneur de présider le jury.*

*A Dr **Mohamed Kherat**, d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail. Je tiens à remercier aussi **Dr Sadek Igoud** Maître de recherche au niveau de l'unité de développement des équipements solaires pour leur aide et leur conseil.*

Je tiens ensuite à remercier tous mes professeurs et enseignants du département de Génie des procédés et de l'environnement qui ont contribué à ma formation.

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....	14
Chapitre I: Synthèse bibliographique.....	16
PARTIE A : Généralités sur les eaux	17
1. Introduction.....	17
2. L'eau douce dans le monde.....	17
3. Le problème de l'eau en Algérie.....	19
3.1 La faiblesse des ressources en eau.....	19
3.2 La dégradation continue des ressources.....	19
3.3 Les périodes de sécheresse.....	20
3.4 Conditions climatiques difficiles.....	20
3.5 La croissance démographique.....	21
4. Définition des eaux usées.....	21
5. Origine des eaux usées.....	22
5.1 Eaux usées domestiques.....	22
5.2 Eaux usées industrielles.....	22
5.3 Eaux pluviales.....	22
5.4 Eaux agricoles.....	22
5.5 Eaux parasites.....	22
6. Composition des eaux usées.....	23
6.1 Les déchets solides divers :.....	23
6.2 Les matières en suspension (MES) :.....	23
6.3 Les polluants organiques et inorganiques :.....	23
6.4 Les polluants émergents :.....	23
7. Eaux de rejets industriels.....	24
8. Paramètres de pollution des eaux.....	25
8.1 Paramètres organoleptiques.....	25
8.2 Paramètres physiques.....	25
8.3 Paramètres chimiques.....	26
8.4 Paramètres Microbiologiques.....	27
9. Impacts des eaux usées sur l'environnement.....	27
PARTIE B : Epuration des eaux usées par distillation	29
1. Introduction.....	29
2. Définition de l'épuration des eaux usées.....	29
3. Méthodes d'épuration des eaux usées.....	30
3.1 Traitement physique.....	30
3.2 Traitement chimique.....	30
3.3 Traitement biologique.....	31

4. Distillation comme méthode d'épuration des eaux usées.....	31
4.1 Historique de la distillation.....	31
4.2 Procédé de la distillation.....	31
4.3 Les étapes de la distillation.....	34
4.4 Applications de la distillation pour l'épuration des eaux usées.....	35
4.5 Perspectives d'avenir pour l'épuration des eaux usées par distillation.....	36
4.5.1 Innovation technologique :.....	36
4.5.2 Intégration avec d'autres technologies :.....	36
4.5.3 Utilisation de sources d'énergie renouvelable :.....	36
4.5.4 Applications spécialisées :.....	36
4.5.5 Gestion des eaux usées industrielles :.....	36
4.5.6 Approvisionnement en eau dans les régions arides :.....	36
4.5.7 Traitement des eaux usées dans l'espace :.....	36
5. Inconvénients de la distillation.....	36
Chapitre II :Matériel et Méthodes.....	37
1. Introduction.....	38
2. Conception du distillateur.....	38
2.1 objectifs du distillateur:.....	38
2.2 Description Détaillée du Distillateur:.....	38
2.3 Estimation du coût de distillateur réalisé:.....	40
2.4 Principe de fonctionnement du distillateur:.....	41
3. Identification des rejets d'eaux usées utilisées dans cette étude.....	42
3.1 Les eaux usées de la tannerie de Mitidja :.....	42
3.2 Les eaux usées de moulin à huiles d'olive de Djenane Abderrahmane :.....	42
3.3 Les eaux usées de l'industrie de production de peintures (Purepox Coatings):.....	43
3.4 Les eaux usées urbains de la station d'épuration de Beni Merad :.....	44
4. Suivi et Caractérisation des paramètres physico-chimiques des rejets.....	44
4.1 Demande chimique en oxygène (DCO) :.....	44
4.2 Demande biologique en oxygène (DBO5) :.....	45
4.3 La turbidité :.....	47
4.4 Le potentiel hydrogène (pH) :.....	47
4.5 La température :.....	48
4.6 La conductivité électrique CE :.....	48
4.7 La TDS :.....	49
4.8 La salinité :.....	49
5. Analyse microbiologique des rejets urbains de la station de Beni Merad.....	49
Chapitre III : Résultats et discussion.....	51
1. Introduction.....	52
2. Présentation et interprétation des résultats de mesure des paramètres de pollution des différents rejets étudiés avant et après la distillation par chauffage conventionnel.....	52
2.1 Présentation des résultats :.....	52
2.2 Interprétation des résultats.....	55
3. Une comparaison des rendements de distillation des différents rejets étudiés.....	56
4. Une comparaison entre la distillation par le chauffage conventionnel et la distillation par le rayonnement solaire.....	58
4.1 les rejets de la tannerie :.....	58

4.2 les rejets de moulin à huile d'olive :.....	59
4.3 les rejets urbains :.....	60
5. Suivi des volumes de distillat après la Distillation Solaire des Rejets de la Tannerie sur Différents Jours.....	62
Conclusion.....	64
Références Bibliographique.....	67
Annexes.....	81

Liste des figures

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Figure I.1 : Taux de consommation mondiale et annuelle en eau douce dans le monde.....	18
Figure I.2 : schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activés.....	30
Figure I.3 : Principe de fonctionnement d'un système par déteints successives.....	32
Figure I.4 :Schéma de principe d'un système d'évaporateurs à multiples effets.....	33
Figure I.5 : schéma explicatif de distillation solaire.....	34

Chapitre II : Matériels et méthodes

Figure II.1 : Les différents constituants du distillateur.....	39
Figure II.2 : schéma explicatif de dimensions du support de distillateur	40
Figure II.3 : Un appareil de filtration rotatif.....	41
Figure II.4 : La distillation solaire.....	41
Figure II.5 : Les rejets de la tannerie de mitidja	42
Figure II.6 : Les rejets de moulin à huile d'olive.....	43
Figure II.7 : Les rejets d'usine de fabrication de peinture.....	43
Figure II.8 : Les rejets de la station de Beni Merad.....	44
Figure II.9 : DCO mètre « THERMOREACTOR ECO8 »	45
Figure II.10 : Schéma représentatif de processus de mesure de la DBO5.....	46
Figure II.11 : DBO mètre «FTC 120 Cooled incubator- VELP scientifica ».....	46
Figure II.12 : Turbidimètre « HI88703»	47
Figure II.13 : Multi-parameter Analysers « Consort C5020 ».....	48
Figure II.14 : Méthode par filtration membranaire	50

Chapitre III : Résultats et discussion

Figure III.1 : Colonies (coliformes totaux, coliformes fécaux) apparues après ensemencement sur les milieux de cultures des rejets urbains de la station de Beni Merad	54
Figure III.2 : Les différents rejets étudiés avant et après la distillation.....	55
Figure III.3 : Graphique à colonnes des rendements de distillation des paramètres physico-chimiques des différents rejets.....	57
Figure III.4 : Pourcentage d'élimination des valeurs de paramètres physico-chimiques des rejets de la tannerie pour la distillation par rayonnement solaire et la distillation par chauffage	

conventionnel.....	58
Figure III.5 : Pourcentage d'élimination des valeurs de paramètres physico -chimiques des rejets de moulin à huile d'olive pour la distillation par rayonnement solaire et la distillation par chauffage conventionnel.....	59
Figure III.6 : Pourcentage d'élimination des valeurs de paramètres physico-chimiques des rejets urbains de la station d'épuration pour la distillation par rayonnement solaire et la distillation par chauffage conventionnel.....	60
Figure III.7 : Courbe des volumes de distillat après la distillation solaire des rejets de la tannerie des différents jours en fonction d'horaire.....	62

Annexes

Figure X : Décret exécutif n° 09-209 du 17 Joumada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration.....	80
---	----

Liste des tableaux

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Tableau I.1 : Projections tendanciennes modérées des demandes en eau des pays et territoires méditerranéens aux horizons 2010 et 2025.....	19
Tableau I.2 : Barrages affectés par la pollution.....	20
Tableau I.3 : Échelle de valeur de DBO5.....	26

Chapitre II : Matériel et méthodes

Tableau II.1 : Estimation du coût de distillateur.....	40
---	----

Chapitre III : Résultats et discussion

Tableau III.1 : Paramètres de pollution des rejets de la tannerie à l'état brute et après filtration et distillation	52
Tableau III.2 : Paramètres de pollution des rejets de moulin à huile d'olive à l'état brute et après la filtration et après la filtration et la distillation	53
Tableau III.3 : Paramètres de pollution des rejets de l'industrie de production de peinture à l'état brute et après la filtration et après la filtration et la distillation	53
Tableau III.4 : Paramètres de pollution des rejets urbains de la station d'épuration à l'état brute et après la filtration et après la filtration et la distillation	54
Tableau III.5 : Suivi des volumes de la Distillation Solaire des Rejets de la Tannerie sur Différents Jours.....	62

Annexes

Tableau X : Résultats de mesure des paramètres de pollution de l'eau des rejets de la tannerie à l'état brute et après filtration et distillation par rayonnement solaire et chauffage conventionnel.....	74
Tableau XI : Résultats de mesure des paramètres de pollution de l'eau des rejets de moulin à huile d'olive à l'état brute et après filtration et distillation par rayonnement solaire et chauffage conventionnel.....	75
Tableau XII : Résultats de mesure des paramètres de pollution de l'eau des rejets de l'industrie de fabrication de peinture à l'état brute et après filtration et distillation par chauffage conventionnel.....	76
Tableau XIII : Résultats de mesure des paramètres de pollution de l'eau des rejets urbains avant et après filtration et distillation par rayonnement solaire et chauffage conventionnel...77	77

Liste des abréviations

AL : Albanie

AEP: Adduction d'Eau Potable

BA : Bosnie-Herzégovine

CCA : chromogenic coliform agar

COV: Composés Organiques Volatils

CY : Chypre

DBO : Demande Biologique en Oxygène

DBO5: Demande Biologique en Oxygène (5 jours)

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DCO: Demande Chimique en Oxygène

DZ : Algérie

EG : Égypte

ES : Espagne

FR : France

GR : Grèce

GZ : Gaza (Territoires Palestiniens)

HR : Croatie

IL : Israël

IT : Italie

JO : Jordanie

LB : Liban

LY : Libye

MA : Maroc

MC : Monaco

MED : Multi-Effet Distillation

MES : Matières en Suspension

MES: Matières en Suspension

MSF : Multi-Stage Flash distillation

MT : Malte

NTU: Unités de turbidité néphélométriques

PH: Potentiel Hydrogène

PO : Portugal

PT : Phosphore Total

RE : Rendement Épuratoire

SL : Slovénie

STEP : Station de Traitement des Eaux Usées

SY : Syrie

TDS: Total Dissolved Solids

TN : Tunisie

TN : Azote Total (Total Nitrogen)

TR : Turquie

UFC: Unité Formant Colonie

UV: UltraViolet

WE : Cisjordanie (Territoires Palestiniens)

YU : R.F. de Yougoslavie

Introduction

L'eau est une ressource vitale indispensable à la vie sur Terre. Elle joue un rôle essentiel dans de nombreux aspects de notre quotidien, de la consommation humaine à l'agriculture en passant par l'industrie. Malheureusement, malgré son importance capitale, l'eau douce est une ressource limitée et vulnérable, soumise à une pression croissante due à la croissance démographique, à l'urbanisation rapide et aux changements climatiques.

Le problème de l'eau en Algérie est exacerbé par la rareté des précipitations et la variabilité climatique, qui se traduisent par des sécheresses récurrentes et des pénuries d'eau saisonnières. De plus, la gestion inefficace des ressources en eau, caractérisée par des pertes importantes dans les réseaux de distribution et une utilisation non durable des ressources disponibles, aggrave la situation.

Face à ces défis, l'épuration des eaux usées revêt une importance cruciale dans la préservation des ressources en eau en Algérie. En effet, le traitement des eaux usées permet non seulement de préserver les ressources en eau douce en recyclant les eaux usées pour un usage ultérieur, mais aussi de réduire la pollution de l'eau et de protéger la santé publique. Dans ce contexte, l'utilisation de technologies innovantes telles que la distillation pour l'épuration des eaux usées représente une opportunité prometteuse pour répondre aux besoins croissants en eau propre .

Le procédé de distillation des eaux usées est utilisé pour plusieurs fins importantes, parmi lesquelles :

- **Production d'eau potable** : La distillation est une méthode efficace pour produire de l'eau potable à partir d'eaux usées, car elle élimine la plupart des contaminants, y compris les sels, les métaux lourds, les produits chimiques et les microorganismes pathogènes.
- **Réutilisation industrielle** : Dans les industries, la distillation peut être utilisée pour purifier l'eau afin qu'elle puisse être utilisée dans des processus industriels nécessitant de l'eau de haute qualité, comme dans les circuits de refroidissement ou pour la production de vapeur.
- **Traitement des eaux résiduelles toxiques** : Certaines eaux usées contiennent des composés toxiques ou des polluants difficiles à traiter par d'autres méthodes de traitement des eaux. La distillation peut être utilisée pour concentrer ces polluants dans un plus petit volume, facilitant leur gestion et leur élimination sécurisée.
- **Récupération des solvants** : Dans certaines applications industrielles, la distillation des eaux usées permet de récupérer et de recycler des solvants ou d'autres composés volatils utilisés dans les processus de fabrication.
- **Déminéralisation de l'eau** : La distillation est également utilisée pour la déminéralisation de l'eau, en éliminant les sels dissous et autres minéraux, ce qui est crucial pour certaines applications techniques et scientifiques.

L'objectif de ce travail est de concevoir un distillateur et d'évaluer son efficacité pour le traitement de différents rejets d'eau. Cette étude sera réalisée au sein de l'Unité de Développement des Équipements Solaires à Bousmail.

Le présent travail comporte trois chapitres :

- ❖ Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique sur l'eau en général et l'épuration des eaux usées par les procédés classiques et par le procédé de distillation.
- ❖ Le deuxième chapitre expose les méthodes et le matériel utilisé dans cette étude.
- ❖ Le troisième chapitre englobe les différents résultats obtenus et leurs interprétations au cours du fonctionnement de ce distillateur.

Chapitre I:
Synthèse
bibliographique

PARTIE A : Généralités sur les eaux

1. Introduction

ALLAH a dit dans le saint Coran, sourate des Prophètes, V30: « A partir de l'eau, nous avons constitué toute chose vivante » . Le livre saint affirme que l'eau, de par la volonté divine, est l'unique base de l'apparition de la vie. Cette propriété vivifiante ainsi que d'autres caractéristiques de l'eau se retrouvent dans maints versets coraniques .

En effet, l'eau façonne la surface de la terre, elle constitue plus de 70% de sa surface. Pourtant, la demande mondiale d'eau s'accroît considérablement en même temps que la démographie.

D'ailleurs, la consommation en eau par habitant est désormais considérée comme un indicateur du développement économique d'un pays. Selon une étude des Nations unies, l'eau pourrait même devenir, d'ici à 30 ans, un bien plus précieux que le pétrole . Avoir accès à l'eau est donc devenu un enjeu économique puissant à l'échelle planétaire, qui pourrait devenir l'une des premières causes de tensions internationales .

2. L'eau douce dans le monde

La crise mondiale de l'eau douce est une réalité pressante qui ne peut être ignorée. Avec une population mondiale en constante expansion et des demandes croissantes en eau pour l'agriculture, l'industrie et la vie quotidienne, la pression sur les ressources en eau douce ne cesse d'augmenter.

Cette situation est exacerbée par une distribution inégale des ressources en eau douce à travers le monde. Alors que certaines régions bénéficient d'abondantes réserves d'eau, d'autres font face à des pénuries chroniques, mettant en danger la sécurité alimentaire, la santé publique et le développement économique.

En effet, la population mondiale est passée de 1,7 milliards de personnes en 1900 à plus de 6 milliards en 2000 et sera 8 milliards en 2025. Tandis que la population mondiale triplait, la consommation en eau était multipliée par six au cours du vingtième siècle (**site web 1**). Pour subvenir aux besoins hydriques et alimentaires d'une population sans cesse croissante, il a fallu alors augmenter les surfaces des terres agricoles. C'est ce que montre la (figure I.1), où 70% de la consommation annuelle mondiale en eau douce estimée en 2000 à environ 3800 km³ est utilisée pour l'irrigation (**Boutebila, 2012**).

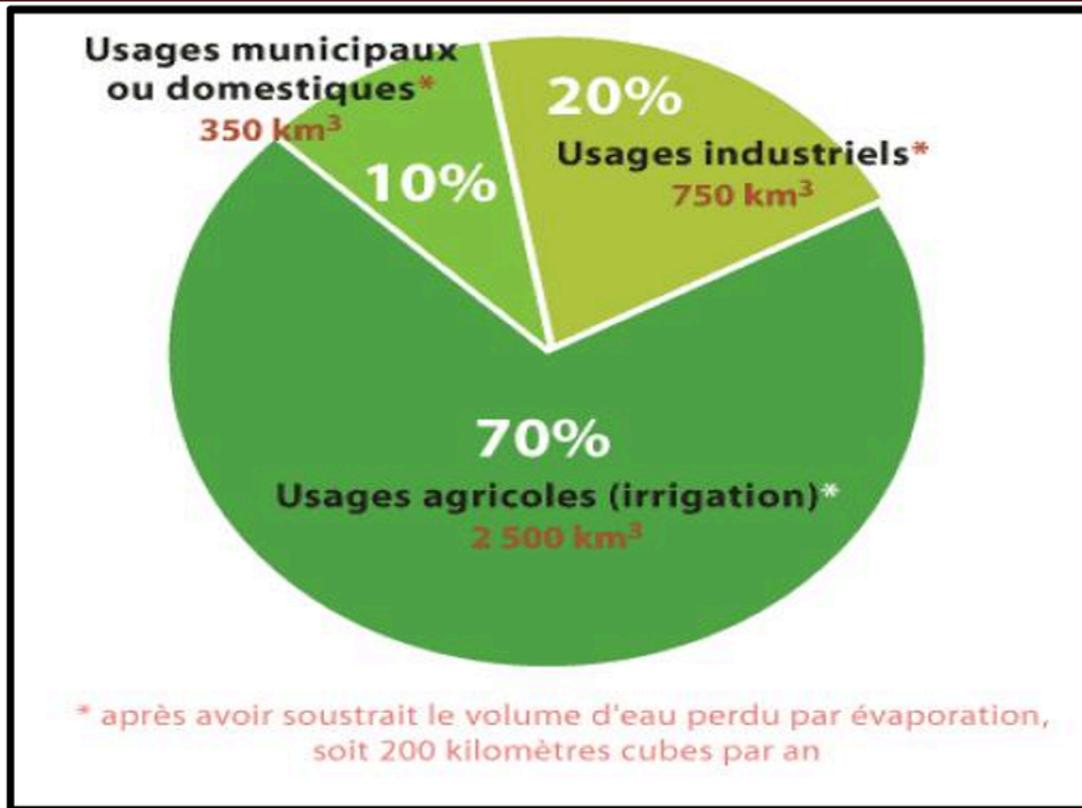


Figure I.1 : Taux de consommation mondiale et annuelle en eau douce dans le monde (Boutabila, 2012) .

En 2000, un tiers de l'humanité vivait avec moins de 1700 m³ d'eau douce disponible par habitant et par an. Cette situation est dite situation de stress hydrique. Pourtant, l'eau douce existe à l'échelle planétaire (chaque année 40.000 km³ d'eau douce s'écoulent sur les terres qui devraient fournir 6600 m³ d'eau douce par personne), mais elle était et reste répartie d'une façon très inégale à la surface de la terre.

Neuf pays seulement (Le Brésil, la Russie, les USA, le Canada, la Chine, l'Indonésie, l'Inde, la Colombie et le Pérou) se partagent 60% des réserves mondiales en eau douce. La répartition hétérogène des populations mondiales est un autre paramètre qui augmente ce déséquilibre.

D'ici 2025, la quantité moyenne d'eau douce disponible par habitant devrait chuter à 4800 m³. C'est-à-dire qu'en 2025, entre la moitié et les 2/3 de la population mondiale devraient être en situation de stress hydrique avec moins de 1700 m³ d'eau par habitant et par an, un seuil d'alerte retenu par l'ONU dont Algérie (Tableau I.1) , Le risque d'une pénurie mondiale existe bel et bien (Margat et Vallee, 1999).

Tableau I.1 : Projections tendanciennes modérées des demandes en eau des pays et territoires méditerranéens aux horizons 2010 et 2025 (Margat et Vallee, 1999) .

pays et territoires	Demandes sectorielles en Km ³ /an								Demandes totales Km ³ /an	
	Collectivités		Agriculture		Industrie		Energie		2010	2025
	2010	2025	2010	2025	2010	2025	2010	2025		
PO	0,72	0,90	5,64	5,30	0,50	1,00	3,50	4,00	10,37	11,20
ES	6,28	7,00	27,60	25,70	2,43	3,00	4,00	5,00	40,35	40,70
FR	7,90	9,60	6,00	5,80	5,00	5,90	27,00	28,70	45,90	50,00
IT	7,60	5,20	30,7	31,70	13,30	7,00	0,50	0,50	52,10	44,37
MT	0,04	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05
SI,HR,BA,YU,MS	2,80	3,70	1,10	1,40	6,00	8,00	10,00	12,00	19,90	25,10
AL	0,83	0,80	1,90	1,90	0,20	0,30	0,00	0,00	2,93	3,00
GR	1,50	1,80	7,70	9,00	0,18	0,20	0,12	0,20	9,50	11,20
TR	17,08	23,60	28,10	30,70	5,00	7,00	5,00	10,00	55,90	71,30
CY	0,10	0,10	0,50	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,90
SY	2,10	3,00	17,60	25,20	0,30	0,37	0,10	0,10	20,10	28,67
LB	0,40	0,52	0,92	1,10	0,10	0,14	0,00	0,00	1,42	1,76
IL	0,77	1,40	1,25	1,24	0,22	0,20	0,00	0,00	2,24	2,84
GZ,WE	0,32	0,53	0,30	0,42	0,04	0,06	0,00	0,00	0,66	1,00
JO	0,43	0,57	1,75	2,40	0,13	0,20	0,00	0,00	2,31	3,17
EG	5,00	6,00	75,00	95,00	10,00	14,00	0,00	0,00	90,00	115,00
LY	1,00	1,76	9,00	11,90	0,24	0,57	0,00	0,00	10,24	14,20
TN	0,42	0,53	3,37	4,23	0,16	0,26	0,00	0,00	3,95	5,02
DZ	4,10	6,05	3,60	4,64	0,95	1,40	0,20	0,20	8,85	12,29
MA	1,60	1,57	15,30	17,19	1,40	1,51	0,00	0,00	18,30	20,27
Total	61,71	74,67	237,33	275,63	46,15	51,11	50,42	60,70	395,66	462,04

3. Le problème de l'eau en Algérie

Il y a plusieurs facteurs tels que :

3.1 La faiblesse des ressources en eau

L'Algérie, avec sa centaine de barrages (110), ne mobilise que 4.5 10⁹ m³. Les sédiments y déposés sont évalués à 20 10⁶ m³/an de volume perdu. C'est un pays semi-aride, voire même Aride (200 à 400 mm) et les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière (Kettab, 2000) .

3.2 La dégradation continue des ressources

La dégradation des ressources en eau commence à atteindre des proportions inquiétantes dans la région tellienne, La pollution de certains barrages, tant par les eaux usées domestiques que par des rejets industriels, a déjà été soulignée (Tableau I.2).

Tableau I.2 : Barrages affectés par la pollution (Agence nationale des barrages, 2017) .

Barrage	Wilaya	Source de pollution
Cheffia	El-Taref	Rejets urbains et industriels
Zardeza	Skikda	Rejets urbains
Hamam-Grouz	Mila	ENAD* Chelghoum-Laid
Béni Amrane	Boumerdes	ENAD*Lakhdaria /Hydrocarbures
Kaddara	Boumerdes	Hydrocarbures
Hamiz	Alger	Hydrocarbures
Harbil	Médéa	Complexe de SAIDAL**
Fergoug	Mascara	Rejets urbains et industriels
Beni-Bahdel	Tlemcen	Rejets urbains et industriels
Sidi Abdelli	Tlemcen	Rejets industriels
(*) Entreprise National des Détergents et produits d'entretien		
(**)Entreprise National de production pharmaceutique		

3.3 Les périodes de sécheresse

L'Algérie connaît depuis plus d'une vingtaine d'années, une sécheresse sévère et persistante. L'année 1988/89 est à classer en tant qu 'année sèche. Le déficit pluviométrique est bien remarqué à l'Ouest (notamment à Oran, Ghazaouet et Arzew). Les barrages de Beni-Bahdel et de Mafrouch se sont asséchés.

Durant le mois de juin 1988, les régions du Centre et de l'Ouest ont vu un déficit pluviométrique supérieur à 50%, à l'Est, il était de 30%, durant ces deux dernières décennies. De manière générale, la sécheresse est apparue sur la majorité des pays du bassin méditerranéen depuis le début des années 1980 (**Boutriaa, 2009**).

3.4 Conditions climatiques difficiles

Le climat en Algérie est semi-aride (200 mm à 500 mm), d'où des ressources de plus en plus limitées et difficiles à exploiter.

Il faut savoir que trois ensembles fortement Contrastés climatiquement caractérisent le territoire national et qui sont :

- Le littoral et les massifs montagneux occupant environ 4% de la superficie totale. Le climat est de type méditerranéen, avec des pluies très violentes en hiver provoquant une forte érosion. En été, les précipitations sont extrêmement rares et les chaleurs très fortes. Les pluies pouvant atteindre 1600 mm/an sur les reliefs sont irrégulières d'une année à l'autre et inégalement réparties (**Boutriaa, 2009**).

-Les hauts plateaux qui occupent environ 9% de la superficie totale, sont caractérisés par un climat semi-aride (pluviométrie comprise entre 100 et 400 mm/an), il en résulte une faiblesse des ressources hydriques.

-Le Sahara, ensemble désertique, aride avec une pluviométrie moyenne inférieure à 100 mm/an, couvre 87% du territoire, les conditions climatiques extrêmes et les amplitudes thermiques sont très fortes (**Institut national de santé publique, 2004**).

3.5 La croissance démographique

L'Algérie comptait environ 32.3 millions d'habitants en 2004, dont 41% établis en milieu rural. La densité moyenne est de 14 habitants/km², mais la population est fortement concentrée dans la zone côtière composée de terres agricoles plus fertiles et riches en ressources naturelles, ainsi que dans les principales villes et pôles d'activités économiques du pays (215 habitants/km²), contre 38 habitants/km² dans la région des hauts plateaux et 7 habitants/km² dans le sud (**Benyoucef et Kharchi, 2011**).

Aujourd'hui, la population dépasse 35 millions d'habitants . La population de l'Algérie était en 2020 environ 44 158 044 habitants, 41% établis dans le milieu rural. La densité moyenne est de 14 habitants/km², mais la population est fortement concentrée dans la zone côtière composée de terres agricoles plus fertiles et riches en ressources naturelles, ainsi que dans les principales villes et pôles d'activités économiques du pays (215 habitants/km²), contre 38 habitants/km² dans la région des hauts plateaux et 10 habitants/km² dans le sud, Il ne cesse de croître aujourd'hui (**Benyoucef et Kharchi, 2011**).

4. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine, industrielle ou agricole (**Rejsek, 2002**),elles doivent être traitées avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'ils ne causent pas de pollution de ces autres sources. Ils sont susceptibles d'engendrer différentes sortes de pollutions et de nuisance dans le milieu récepteur (**Grosclaude, 1999**).

5. Origine des eaux usées

5.1 Eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères et les eaux de vanne et sont essentiellement porteuses de pollution organique (glucides, lipides, protides) mais aussi des matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates) (**Mettahri, 2012 ; Vaillant, 1974**). Les eaux ménagères ont pour origine les salles de bains et les cuisines et sont chargées de matières organiques biodégradables (glucides, lipides, protides), détergents contenant du soufre ou du phosphore, des graisses, des solvants. Les eaux de vannes proviennent des sanitaires (Urines et matières fécales) et sont chargées de diverses matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et des germes fécaux (**Baumont, Camard, Franconi, et Lefranc, 2004 ; Rejsek, 2002**).

5.2 Eaux usées industrielles

A la différence des eaux usées domestiques, les effluents industriels ont une composition plus spécifique et leurs caractéristiques, notamment la qualité et le taux de pollution, sont directement liées au type d'industrie considérée. Les eaux résiduaires industrielles sont également des eaux de refroidissement, de lavage ou rinçage de machines ou produits divers et de matières premières. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine, elles peuvent également contenir des substances chimiques utilisées au cours des processus de fabrication (graisses, hydrocarbures, acides, bases, métaux, et matière radioactive) (**Baumont, Camard, Franconi, et Lefranc, 2004 ; Mettahri, 2012**).

Avant leur rejet dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un prétraitement. Elles peuvent être mélangées aux eaux domestiques si elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épuration (**Mettahri, 2012**).

5.3 Eaux pluviales

Ce sont les eaux de pluie entraînant toutes sortes de déchets minéraux (limons) et organiques (déchets végétaux) ainsi que des micropolluants (pesticides, détergents, etc).

5.4 Eaux agricoles

Les eaux agricoles sont les eaux issues de terres cultivées chargées d'engrais. Ils conduisent, par ruissellement, à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles, des eaux des cours d'eau et des retenues (**Atto, Beaupoil, Mucig, et Roux, 2010**).

5.5 Eaux parasites

Elles proviennent des remontées des nappes souterraines ou des fuites de conduites

d'alimentation en eau potable (AEP); elles s'infiltrant dans les collecteurs et se mélangent aux eaux usées et les diluent, influençant ainsi le fonctionnement de la station d'épuration (**Site web 2**).

6. Composition des eaux usées

Les eaux usées contiennent de nombreuses substances organiques, inorganiques et minérales qui sont sous forme solide ou dissoute. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes :

6.1 Les déchets solides divers :

Ce sont des objets divers d'origines variées qui posent des problèmes d'esthétique (rejet sur les rives et les plages) et peuvent, en se déposant sur les fonds, causer préjudice à la faune et à la flore aquatique (**Atto, Beaupoil, Mucig, et Roux, 2010**).

6.2 Les matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. Elles donnent à l'eau une apparence trouble, elles diminuent la luminosité dans l'eau, donc freinent la photosynthèse. Les espèces végétales se développent plus difficilement, l'oxygène qu'elles produisent diminue dans le milieu et les espèces animales en souffrent (**Belaid, 2010**).

6.3 Les polluants organiques et inorganiques :

Les polluants organiques biodégradables constituent la matière organique qui est à l'origine de la mauvaise odeur des eaux mais également des agents pathogènes et infectieux dangereux pour la santé de l'homme (**Belgiorno et al., 2007; Aithamou, Boulahbal, et Haddadi, 2000**). Quant aux polluants inorganiques, comme les métaux lourds, ils sont à l'origine d'importants risques de santé. Leur accumulation dans les tissus des êtres vivants et notamment dans les plantes cultivées provoque la contamination de la chaîne alimentaire et leur concentration dans les organismes vivants (**Cauchi et al., 1996**).

6.4 Les polluants émergents :

Ces polluants sont nouvellement rejetés particulièrement par le secteur industriel qui a créé de nouvelles substances et molécules, mais aussi, par le secteur agricole et le milieu urbain qui consomment ces nouveaux produits. La problématique de l'élimination de ces polluants résulte du fait de leur résistance de dégradation par les procédés d'épuration classiques. Parmi ces polluants : les colorants, les produits pharmaceutiques, les pesticides... (**Kohschuter, Meink, et Stoof, 2010**).

7. Eaux de rejets industriels

D'une façon générale, ces eaux résiduaires industrielles se différencient, en fonction de l'utilisation de l'eau dans l'usine, en différentes catégories (Boeglin et Roubaty, 2007):

- **Eaux des circuits de refroidissement :**

Abondantes et généralement pas polluées, car elles ne sont pas en contact avec les produits fabriqués, elles peuvent être recyclées. Plus délicat est le problème posé par le rejet des purges des circuits d'eau de réfrigération, souvent très minéralisées et pouvant contenir une quantité plus ou moins grande de produits chimiques ayant servi à leur traitement.

- **Eaux de lavage des sols et machines :**

Au contraire des rejets précédents, la qualité et le débit des eaux de lavage sont très variables. Ces eaux sont chargées de produits divers matières premières, hydrocarbures, huiles de machines et produits détergents. La production et le degré de pollution de ces effluents résiduaires sont souvent importants à la fin de la période de travail et au cours des nettoyages de fin de semaine et des périodes de congés.

- **Eaux de fabrication :**

La nature de ces eaux est très variable d'une industrie à l'autre. La plupart des procédés industriels conduisent à des rejets polluants qui proviennent du contact de l'eau avec des solides, des liquides ou des gaz.

Les rejets polluants sont soit continus, soit discontinus. Ils peuvent même n'être produits que durant quelques mois par an.

Il est souvent judicieux et conseillé d'assurer à la source la séparation de certains rejets concentrés en polluants soit en vue d'un traitement spécifique permettant éventuellement leur récupération, soit en vue de leur collecte dans un bassin de stockage pour être réinjecté ultérieurement à débit pondéré dans le circuit de traitement.

- **Rejets des services généraux :**

Ce sont essentiellement les eaux usées domestiques de l'usine qui présentent des caractéristiques particulières et sont biodégradables.

Il faut noter des pointes très accentuées, dues aux rejets des cuisines et cantines, généralement très chargés en graisses et débris très hétérogènes, produits au moment des repas.

Il faut prendre en compte, également, dans les différents effluents de services généraux :

- Les eaux de chaufferie (purgé de chaudière, éluant de régénération).
- Les boues du traitement des eaux d'appoint et les purges d'eaux de réfrigération.

8. Paramètres de pollution des eaux

8.1 Paramètres organoleptiques

a. Couleur :

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement (**Rejsek, 2002**).

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration (**Rodier, 2005**).

b. Odeur :

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur. Toute odeur dans une eau est due à une fermentation des matières organiques (**Beadry, 1992**).

8.2 Paramètres physiques

a. Température :

Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivants dans l'eau (**Rodier, 2005**).

b. Potentiel d'hydrogène PH :

Sa valeur caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimiques. La valeur du pH altère la croissance des micro-organismes existant dans l'eau (**Boubakeur, 2014**).

c. Turbidité :

Elle est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les MES présentes dans l'eau (**Rodier, 2005**).

d. Matières en suspension MES :

Elles représentent la fraction constituée par l'ensemble des particules organiques et minérales non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel (**FAO, 2003**).

e. La conductivité électrique CE:

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La mesure de conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (**Metiche, 2004**).

8.3 Paramètres chimiques**a. Demande chimique en oxygène (DCO) :**

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plupart des composés organiques (détergents, matières fécales) (**Moletta, 2011**).

b. La demande Biochimique en Oxygène (DBO5) :

Elle donne une approximation de la charge en matières organiques biodégradables. Elle est exprimée en milligramme d'O₂ consommé dans les conditions d'essai (incubation à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours) pour assurer par voie bactérienne, l'oxydation biologique des matières organiques biodégradable par litre d'eau (**Rodier, 2005**).

Tableau I.3 : Échelle de valeur de DBO5 (**Mettahri, 2012**).

Situation	DBO ₅ (mg d'O ₂ /l)
Eau naturelle pure et vive	C<1
Rivière légèrement polluée	1<C<3
Egout	100<C<400
Rejet station d'épuration efficace	20<C<40

c. Carbone total organique COT :

Détermine des propriétés variables du carbone organique dissous et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatiles et du carbone minéral dissous.

Sa mesure est réalisée par un analyseur de CO₂ à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon (**REFEA, 2000**).

d. Ions Nitrates NO₃ - :

Exprimé en mg/l, La présence d'un excès de nitrates dans l'eau est un indice de pollution d'origine agricole (engrais), urbaine ou industrielle (**Girgenti, 2016**).

e. Phosphore total PT :

Le phosphore se trouve dans les eaux de rejet industriel sous formes :

- Orthophosphate soluble.
- De polyphosphate qui a tendance à s'hydrolyser en orthophosphate.
- De phosphore non dissous.

La somme de ces diverses formes constitue le phosphore total, dont chaque forme peut être mesurée indépendamment des autres par spectrométrie (Rodier, 2005).

8.4 Paramètres Microbiologiques

Les paramètres microbiologiques font références à la présence et la quantité des organismes biologiques pathogènes, principalement l'Escherichia Coli, les streptocoques, les salmonelles, les virus, et les parasites. Ces paramètres doivent être tenus en compte et éliminés, afin d'assurer la désinfection des eaux, et limiter ainsi un danger pour la santé publique (Amselem, 2016).

9. Impacts des eaux usées sur l'environnement

Les principaux impacts des eaux usées sur l'environnement sont (Genesis Water Technologies, 2023) :

- ❖ **Pollution de l'eau** : Les eaux usées contiennent une variété de polluants, notamment des substances chimiques, des nutriments comme les phosphates et les nitrates, des matières organiques et des micro-organismes pathogènes. Lorsqu'elles sont rejetées dans les cours d'eau, les lacs ou les océans sans traitement adéquat, ces substances polluantes peuvent entraîner une dégradation de la qualité de l'eau et compromettre la santé des écosystèmes aquatiques.
- ❖ **Eutrophisation** : Les nutriments présents dans les eaux usées, tels que les phosphates et les nitrates, favorisent la croissance excessive des algues et des plantes aquatiques, un phénomène connu sous le nom d'eutrophisation. L'eutrophisation entraîne une diminution de l'oxygène dissous dans l'eau, ce qui peut conduire à la mort des poissons et d'autres organismes aquatiques, ainsi qu'à la formation de zones mortes dépourvues de vie marine.
- ❖ **Contamination des sols** : Lorsque les eaux usées sont utilisées pour l'irrigation agricole sans traitement adéquat, elles peuvent contaminer les sols avec des substances nocives, telles que des métaux lourds, des produits chimiques et des micro-organismes pathogènes. Cela peut affecter la qualité des cultures, la santé des animaux et des êtres humains, ainsi que la fertilité des sols à long terme.
- ❖ **Menace pour la biodiversité** : La pollution des eaux usées peut avoir des effets néfastes sur la biodiversité en perturbant les écosystèmes aquatiques et en menaçant la survie des espèces aquatiques. Les contaminations chimiques peuvent entraîner des malformations chez les organismes aquatiques, affecter leur reproduction et leur croissance, et perturber les chaînes alimentaires.

- ❖ **Risques pour la santé humaine** : Les eaux usées contaminées par des agents pathogènes tels que les bactéries, les virus et les parasites peuvent présenter des risques pour la santé humaine. L'exposition à ces agents pathogènes peut entraîner des maladies d'origine hydrique telles que la gastro-entérite, la fièvre typhoïde, le choléra et l'hépatite, particulièrement chez les populations qui dépendent de sources d'eau contaminées pour leur approvisionnement en eau potable.

PARTIE B : Epuration des eaux usées par distillation

1. Introduction

Dans un monde confronté à des défis croissants liés à la qualité de l'eau et à la préservation de l'environnement, l'épuration des eaux usées émerge comme une pierre angulaire de la gestion durable des ressources hydriques. Ce processus vital vise à traiter les eaux contaminées, provenant de diverses sources, pour prévenir la pollution et garantir la disponibilité d'une eau propre et sûre pour les générations présentes et futures. On concentre sur la distillation comme méthode d'épuration des eaux usées.

2. Définition de l'épuration des eaux usées

L'épuration des eaux usées est un ensemble de procédés et de technologies visant à purifier les eaux contaminées, qu'elles proviennent des ménages, des industries ou des activités agricoles, afin de réduire leur impact nocif sur l'environnement et sur la santé publique. Ce processus implique l'élimination des contaminants tels que les matières organiques, les micro-organismes pathogènes, les produits chimiques et les nutriments, afin de rendre les eaux traitées conformes aux normes environnementales et sécuritaires.

Les étapes typiques du processus d'épuration des eaux usées comprennent (**Bourrier, Satin, et Selmi, 2012**) :

- ❖ **Prétraitement** : Cette étape vise à éliminer les gros débris, les matières solides et les objets flottants des eaux usées. Cela peut inclure des grilles de dégrillage, des dégraisseurs pour éliminer les huiles et les graisses, et des déshuileurs pour éliminer les huiles légères.
- ❖ **Traitement primaire** : Les eaux usées prétraitées passent ensuite par une étape de traitement primaire où la matière organique soluble est en partie éliminée par sédimentation. Les solides en suspension plus fins se déposent au fond des bassins de décantation, formant un matériau appelé "boues primaires".
- ❖ **Traitement secondaire** : Dans cette phase, les eaux usées passent par un processus biologique où des micro-organismes dégradent la matière organique dissoute restante. Les systèmes les plus courants pour ce processus sont les lits bactériens, les réacteurs biologiques ou les stations d'épuration à boues activées.
- ❖ **Traitement tertiaire** : Si une qualité d'eau plus élevée est nécessaire, un traitement tertiaire peut être appliqué pour éliminer les contaminants résiduels. Cela peut inclure des processus tels que la filtration par membranes, la désinfection chimique (par exemple, au chlore ou à l'ozone) ou la désinfection par rayonnement ultraviolet (UV).
- ❖ **Gestion des boues** : Les boues générées pendant le processus de traitement des eaux usées doivent être gérées de manière appropriée. Elles peuvent être épaissies, déshydratées et parfois traitées pour être réutilisées ou éliminées de manière sûre.

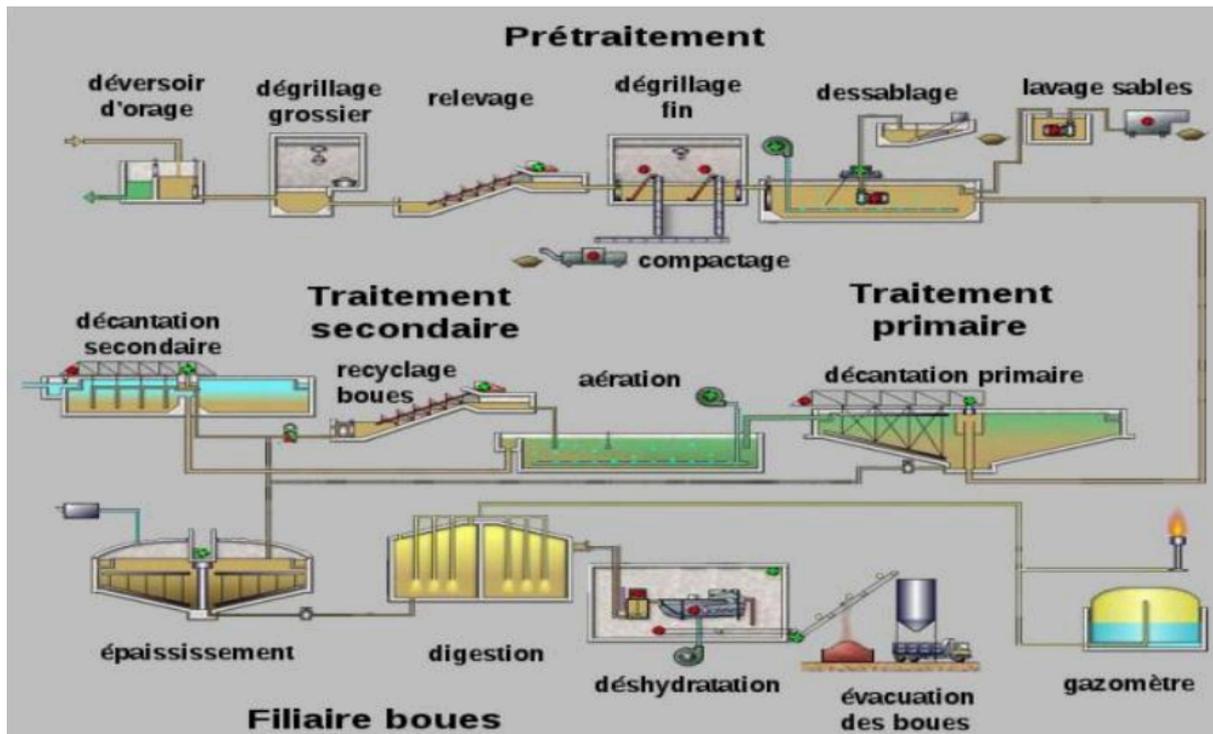


Figure I.2 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées (Léonard, 2002).

3. Méthodes d'épuration des eaux usées

3.1 Traitement physique

Des méthodes physiques sont utilisées pour traiter les eaux usées. Des processus tels que le criblage, la sédimentation et l'osmose inverse sont utilisés pour éliminer les solides. Aucun produit chimique n'est impliqué dans ce processus (Barjoveanu et al., 2018).

L'une des principales techniques de traitement physique des eaux usées comprend la sédimentation, qui est un processus de mise en suspension des particules insolubles/lourdes des eaux usées. Une fois la matière insoluble déposée au fond, on peut séparer l'eau pure.

Une autre technique efficace de traitement physique de l'eau comprend l'aération. Ce processus consiste à faire circuler de l'air dans l'eau pour lui apporter de l'oxygène. La filtration, la troisième méthode, est utilisée pour filtrer tous les contaminants. Des filtres spéciaux sont utilisés pour évacuer les eaux usées et séparer les contaminants et les particules insolubles qui y sont présentes. Le filtre à sable est le filtre le plus couramment utilisé. La graisse présente à la surface de certaines eaux usées peut également être facilement éliminée grâce à cette méthode (Bernardo et al., 2013).

3.2 Traitement chimique

Comme son nom l'indique, ce traitement implique l'utilisation de produits chimiques dans l'eau. Le chlore, un produit chimique oxydant, est couramment utilisé pour tuer les bactéries qui décomposent l'eau en y ajoutant des contaminants (Acero et al., 2008). Un autre agent

oxydant utilisé pour purifier les eaux usées est l'ozone (Von Gunten, 2003). La neutralisation est une technique où un acide ou une base est ajouté pour amener l'eau à son pH naturel de 7. Les produits chimiques empêchent les bactéries de se reproduire dans l'eau, rendant ainsi l'eau pure.

3.3 Traitement biologique

Les procédés d'épuration par voie biologique sont communément utilisés en particulier pour le traitement des eaux résiduaires urbaines. Le traitement des contaminants repose sur l'utilisation de microorganismes qui dégradent les polluants organiques en composés moins toxiques ou les minéralisent en dioxyde de carbone, en eau et en sels inorganiques. Ces techniques peuvent être utilisées in situ ou ex-situ (à travers des bioréacteurs) sous des conditions aérobies ou anaérobies (Duchez et al., 2008). Le traitement in situ présente de nombreux avantages en termes de simplicité, de coût et d'efficacité (Becker et al., 1995). Au sein d'une station d'épuration, il est souvent utilisé en aval des procédés physiques. Un bioréacteur est un système dans lequel la dégradation biologique des contaminants est effectuée ex-situ selon des paramètres (température, pH, aération, agitation) bien définis et contrôlés. Par ce procédé, il a été rapporté dans la littérature de nombreux cas réussis de traitement d'eau contaminée par divers polluants chimiques ou encore des hydrocarbures aromatiques polycycliques (Andersson et al., 2000). Les principaux inconvénients des bioréacteurs sont l'apport d'énergie nécessaire et le pompage de l'eau à traiter. Ces procédés ne sont pas toujours applicables sur les effluents industriels en raison des fortes concentrations de polluants, de la toxicité ou de la très faible biodégradabilité.

4. Distillation comme méthode d'épuration des eaux usées

4.1 Historique de la distillation

La distillation est une technique ancienne, mais son développement majeur a eu lieu en 1872 près de Las Salinas, au Chili, grâce à Carlos Wilson, un ingénieur suédois. Son système doté d'une surface vitrée de 5000 m², produisait jusqu'à 20 m³ d'eau douce par jour à partir d'eau saline. Cependant, il a cessé de fonctionner en 1910 en raison d'un problème d'accumulation de sels nécessitant un nettoyage fréquent. La popularité de la distillation a connu un déclin entre 1880 et la première guerre mondiale. Vers 1920, Kaush a innové en utilisant des réflecteurs métalliques pour concentrer les rayons solaires, ce qui a conduit à la création de nouveaux modèles d'appareils (Boukerzaza, 2017).

En Algérie, Cyril Gomela a développé divers distillateurs en 1953, testant plus de 20 types différents qui ont été commercialisés en Afrique du Nord, au Sénégal et en Australie. Des expérimentations ont été menées dans le Sahara de Biskra, à Tamanrasset et Adrar (Boukerzaza, 2017).

4.2 Procédé de la distillation

Le procédé de distillation utilise le même principe que celui du cycle hydrologique naturel de l'eau avec changement de phases. Il consiste à faire chauffer l'eau polluée pour accélérer son évaporation, condenser cette vapeur et récupérer le condensat. L'inconvénient majeur de ce procédé est la consommation importante en énergie due à la valeur élevée de la chaleur de

vaporisation de l'eau. Pour remédier à ce problème, plusieurs techniques ont été mises au point telles que la distillation à détente étagées connue sous le nom de multi-stage flash distillation (MSF), la distillation à multiples effets connue sous le nom multi-effect distillation (MED) et la distillation solaire (Boutebila, 2012).

4.2.1 La distillation à détente étagés MSF :

Cette technique consiste à maintenir l'eau polluée sous pression pendant toute la durée du chauffage. L'eau polluée qui est introduite dans une enceinte (étage) où règne une pression réduite, va s'évaporer instantanément dès que sa température atteint les 120°C . Cette vaporisation instantanée par détente est dite flash. L'eau évaporée va se condenser sur des tubes condenseurs placés en haut de la chambre. Le condensat ainsi produit est une eau liquide qu'on récupère dans des réceptacles en dessous des tubes.

L'ébullition de l'eau polluée qui se refroidit, va s'arrêter dès que sa température atteint la température d'ébullition correspondant à la pression régnant dans le premier étage. Le même principe est reproduit dans le deuxième étage où il y a une pression plus faible.

L'évaporation de l'eau polluée est ainsi réalisée par détente successive dans une série de n étages où règnent des pressions de plus en plus réduites (figure I.3) (Renaudin, 2003).

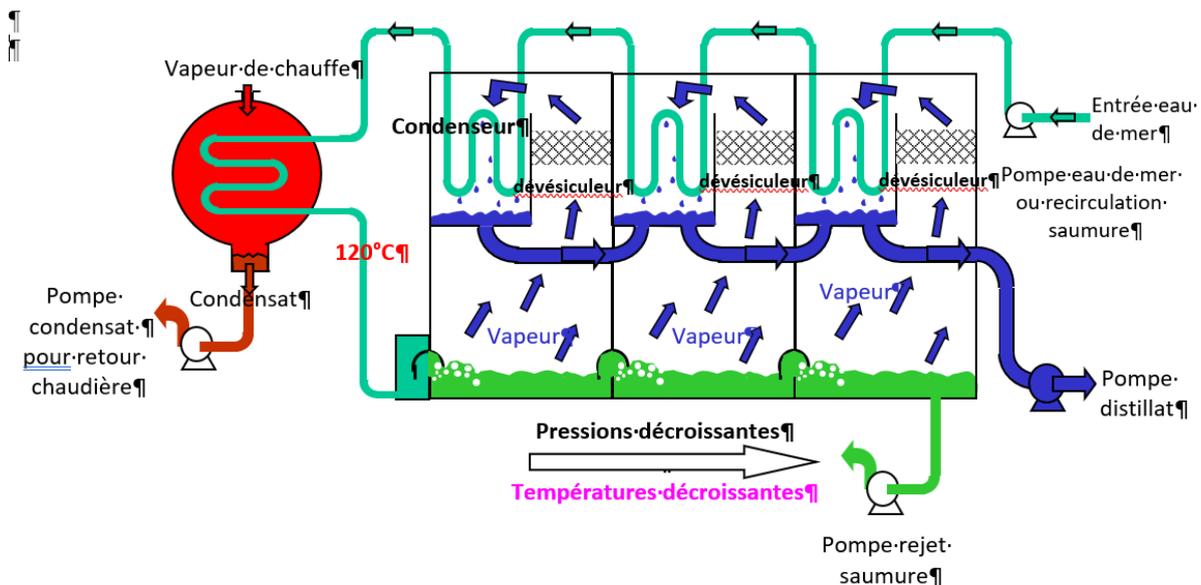


Figure I.3 : Principe de fonctionnement d'un système par détentes successives (MSF) à 3 étages (Renaudin, 2003).

4.2.2 La distillation à multiples effets MED :

Le principe consiste à faire évaporer l'eau polluée préchauffée auparavant à une température de 70 à 80°C sur une surface d'échange (tubes horizontaux, plaques etc...) et sous pression réduite. La chaleur qui provient d'un fluide caloporteur (vapeur ou eau chaude provenant d'une chaudière ou d'un récupérateur de chaleur comme par exemple un capteur solaire), traverse la surface de l'échangeur par conduction et va chauffer l'eau polluée qui s'écoule sous forme de film sur sa surface jusqu'à son évaporation. La vapeur ainsi produite dans le premier effet est condensée pour produire de l'eau douce dans le deuxième effet où règne une pression plus faible. La chaleur de condensation cédée par la vapeur, va faire évaporer une

partie de l'eau polluée contenue dans le deuxième effet et ainsi de suite jusqu'au nième effet. Plus n augmente et plus la consommation en énergie par m^3 diminue (figure I.4)(**Renaudin, 2003**) .

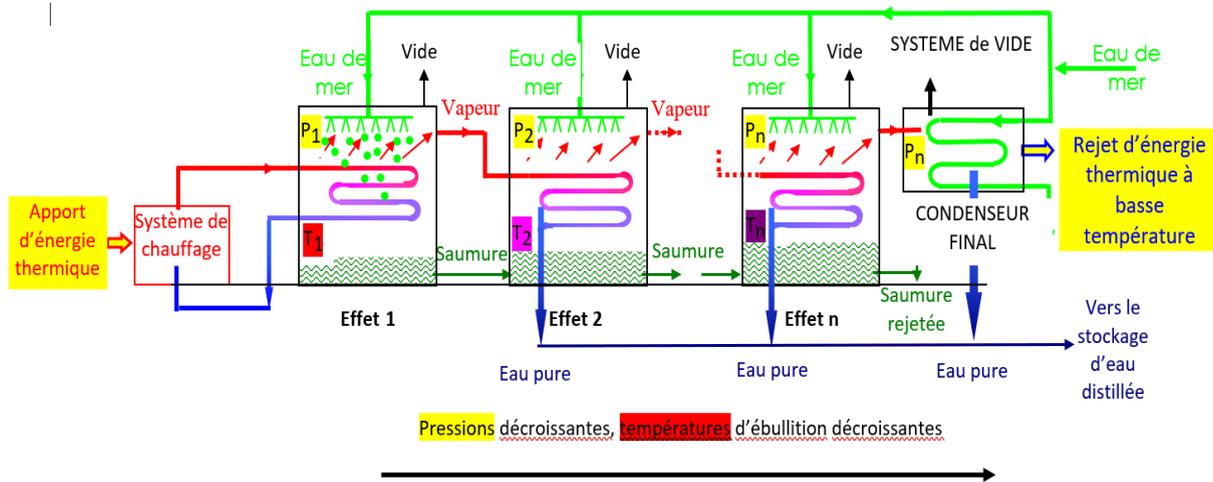


Figure I.4 : Schéma de principe d'un système d'évaporateurs à multiples effets (MED) (**Renaudin, 2003**).

4.2.3 Distillation solaire :

La distillation par énergie solaire des eaux salées ou usées est utilisée pour produire et approvisionner en eau potable de petites communautés dans des régions isolées et ensoleillées où l'eau douce est insuffisante et/ou de mauvaise qualité.

L'approche élémentaire de la distillation solaire est l'analogie faite avec le cycle hydrologique naturel. En effet, l'homme a reproduit en un petit modèle ce cycle naturel qu'on appelle le distillateur solaire et qui consiste en (**FEDALI, 2008**) :

- La production de la vapeur d'eau à partir d'une solution polluée, chauffée par énergie solaire via un absorbeur .
- Le transport de cette vapeur par convection vers un condenseur transparent (vitre en verre ou couverture en plastique) où elle est condensée ;
- La collecte des gouttelettes condensées à l'aide de gouttières et le stockage de cette eau pour de futures utilisations.

Il y a plusieurs modèles de distillateurs solaires qui utilisent ce procédé. Ils peuvent être différents en forme et en matériaux, mais tous utilisent le même principe et servent aux mêmes fonctions.

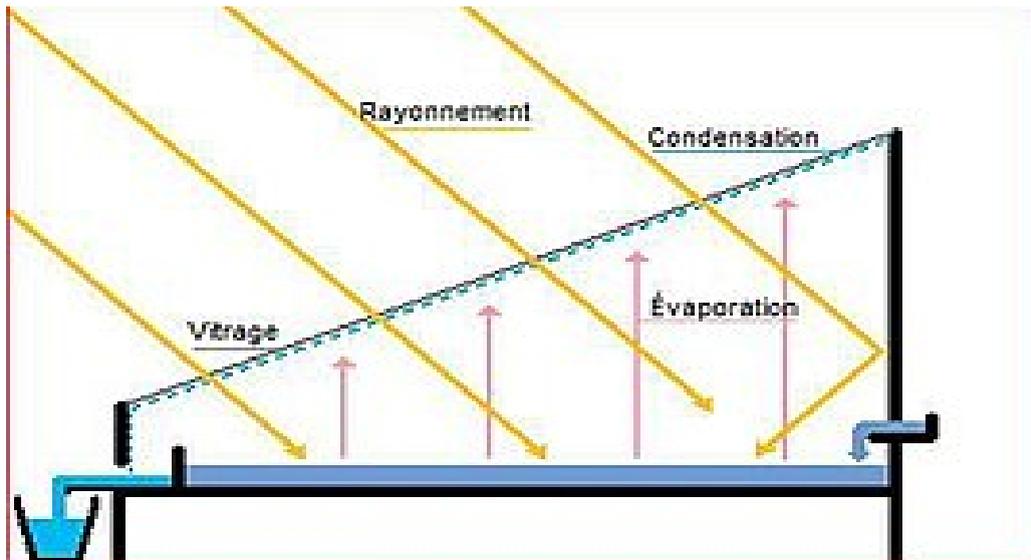


Figure I.5: schéma explicatif de distillation solaire.

4.3 Les étapes de la distillation

Le processus de distillation comprend plusieurs étapes qui permettent de séparer les composants d'un mélange liquide en vaporisant et en condensant ces composants en fonction de leurs points d'ébullition respectifs. Voici les différentes étapes typiques du processus de distillation (**Bourgeois et Thummen, 2002**) :

4.3.1 Alimentation du mélange liquide :

La première étape consiste à introduire le mélange liquide à distiller dans un appareil de distillation, tel qu'un alambic, une colonne de distillation ou un évaporateur.

4.3.2 Chauffage :

Le mélange liquide est chauffé généralement à l'aide d'une source de chaleur externe, comme un brûleur ou une résistance électrique. La chaleur fournie élève la température du mélange, provoquant l'évaporation des composants volatils.

4.3.3 Vaporisation :

Les composants volatils du mélange liquide s'évaporent à leurs points d'ébullition respectifs pour former des vapeurs. Les composants ayant des points d'ébullition plus bas s'évaporent en premier, tandis que les composants ayant des points d'ébullition plus élevés resteront dans le liquide.

4.3.4 Condensation :

Les vapeurs produites sont dirigées vers un dispositif de condensation, tel qu'un condenseur, où elles sont refroidies. Ce refroidissement provoque la condensation des vapeurs en liquide, qui est recueilli dans un récipient séparé.

4.3.5 Collecte des distillats :

Les liquides condensés, appelés distillats, sont collectés dans différents récipients en fonction de leurs points d'ébullition. Les distillats peuvent être séparés en plusieurs fractions, chacune contenant des composants spécifiques du mélange initial.

4.3.6 Recyclage ou élimination des résidus :

Une fois que la plupart des composants volatils ont été distillés, il peut rester un résidu liquide ou solide dans l'appareil de distillation. Ce résidu peut être recyclé pour d'autres utilisations

ou éliminé de manière appropriée.

4.3.7 Contrôle et ajustement :

Tout au long du processus, divers paramètres tels que la température, la pression et le débit sont surveillés et ajustés pour optimiser l'efficacité de la distillation et la pureté des distillats.

Remarque :

Ces étapes représentent le processus de base de la distillation, mais elles peuvent être modifiées ou adaptées en fonction des besoins spécifiques de chaque application. Par exemple, dans une distillation fractionnée, des colonnes de distillation sont utilisées pour séparer les composants en fonction de leurs différences de volatilité, tandis que dans la distillation sous vide, la pression est réduite pour abaisser les températures d'ébullition des composants.

4.4 Applications de la distillation pour l'épuration des eaux usées

La distillation peut être utilisée dans diverses applications pour l'épuration des eaux usées, tels que :

- ❖ **Production d'eau potable dans les zones isolées :** Dans des endroits où l'accès à de l'eau potable est limité et où d'autres méthodes de traitement ne sont pas disponibles ou pratiques, la distillation peut être utilisée pour produire de l'eau potable à partir de sources d'eau non potable, telles que l'eau de mer ou les eaux usées.
- ❖ **Traitement des eaux usées industrielles hautement contaminées :** Certaines industries produisent des eaux usées hautement contaminées avec des composés toxiques ou des solvants organiques difficiles à éliminer par d'autres méthodes de traitement. Dans de tels cas, la distillation peut être utilisée pour éliminer efficacement ces contaminants et produire de l'eau propre.
- ❖ **Élimination des contaminants volatils :** La distillation est efficace pour éliminer les contaminants volatils des eaux usées, tels que les produits chimiques organiques volatils (COV) ou les hydrocarbures. Cela peut être utile dans les installations où la présence de ces contaminants est une préoccupation majeure.
- ❖ **Recyclage des eaux industrielles :** Dans certaines industries où l'eau est utilisée comme solvant ou agent de refroidissement, la distillation peut être utilisée pour recycler l'eau utilisée en éliminant les impuretés et les contaminants, permettant ainsi sa réutilisation dans le processus industriel.
- ❖ **Traitement des eaux usées dans les situations d'urgence ou de catastrophe :** En cas de catastrophe naturelle ou de situation d'urgence, lorsque les infrastructures de traitement des eaux usées sont endommagées ou indisponibles, la distillation peut être une solution temporaire pour produire de l'eau potable à partir de diverses sources d'eau disponibles.
- ❖ **Production d'eau ultra-pure pour certaines industries :** Certaines industries nécessitent de l'eau ultra-pure pour leurs processus de fabrication, comme l'industrie pharmaceutique ou électronique. Dans ces cas, la distillation peut être utilisée pour obtenir une qualité d'eau très élevée répondant aux normes spécifiques de l'industrie.

4.5 Perspectives d'avenir pour l'épuration des eaux usées par distillation

Les perspectives d'avenir pour l'épuration des eaux usées par distillation dépendent largement des développements technologiques futurs, des besoins en matière d'approvisionnement en eau propre et des contraintes environnementales. Voici quelques perspectives potentielles pour l'utilisation de la distillation dans le traitement des eaux usées :

4.5.1 Innovation technologique :

Les progrès dans les technologies de distillation pourraient conduire à des systèmes plus efficaces et plus rentables, réduisant ainsi les coûts énergétiques et améliorant la durabilité environnementale de cette méthode de traitement.

4.5.2 Intégration avec d'autres technologies :

La distillation pourrait être intégrée avec d'autres méthodes de traitement des eaux usées, telles que l'osmose inverse, la nanofiltration ou l'électrodialyse, pour créer des systèmes hybrides plus efficaces et économiques.

4.5.3 Utilisation de sources d'énergie renouvelable :

L'adoption de sources d'énergie renouvelable, telles que l'énergie solaire ou éolienne, pourrait réduire l'empreinte carbone des processus de distillation et rendre cette méthode plus durable à long terme.

4.5.4 Applications spécialisées :

La distillation pourrait trouver des applications spécialisées dans des contextes où une pureté extrême de l'eau est nécessaire, tels que la production pharmaceutique, l'industrie électronique ou la production alimentaire.

4.5.5 Gestion des eaux usées industrielles :

Dans les secteurs industriels où les eaux usées sont fortement contaminées ou contiennent des produits chimiques dangereux, la distillation pourrait être utilisée comme une solution de traitement efficace et sûre pour protéger l'environnement.

4.5.6 Approvisionnement en eau dans les régions arides :

Dans les régions arides ou désertiques où l'eau est rare, la distillation pourrait être utilisée pour dessaler l'eau de mer ou pour purifier les eaux usées afin de répondre aux besoins en eau potable et en irrigation.

4.5.7 Traitement des eaux usées dans l'espace :

Pour les missions spatiales à long terme, la distillation pourrait être une méthode viable pour le recyclage de l'eau à bord des vaisseaux spatiaux ou dans les colonies sur d'autres planètes.

5. Inconvénients de la distillation

- ❖ **Consommation d'énergie élevée :** La distillation nécessite une grande quantité d'énergie pour chauffer l'eau et vaporiser les contaminants, ce qui peut être coûteux et avoir un impact environnemental.
- ❖ **Coût initial élevé :** Les installations de distillation peuvent être coûteuses à mettre en place et à entretenir.
- ❖ **Formation de résidus :** Le processus génère des résidus concentrés contenant les contaminants, qui doivent être correctement éliminés ou traités.
- ❖ **Sensibilité aux composés volatils :** Certains composés volatils peuvent s'évaporer avec l'eau, ce qui nécessite des étapes supplémentaires pour leur élimination.

Chapitre II :

Matériel et Méthodes

1. Introduction

L'épuration des eaux usées par distillation est une méthode prometteuse qui offre des avantages significatifs en termes d'efficacité de traitement et de récupération des ressources. Dans le cadre de cette étude, j'ai entrepris la conception d'un distillateur spécialement adapté à cette application, réalisée au Centre de Développement des Équipements Solaires à Bousmail Tipaza. Ce chapitre vise à décrire les différentes étapes de réalisation de ce distillateur. Différentes eaux usées ont été traitées par distillation et caractérisées par la mesure de paramètres physico-chimiques essentiels avant et après traitement afin d'évaluer l'efficacité du procédé de distillation.

2. Conception du distillateur

2.1 objectifs du distillateur:

- **Optimisation de l'efficacité de distillation** : Concevoir un distillateur capable de maximiser l'élimination des polluants et contaminants présents dans les eaux usées.
- **Adaptabilité aux différents types de rejets** : Développer un système modulable capable de traiter divers types de rejets d'eaux usées, qu'ils soient domestiques, industriels ou agricoles.
- **Utilisation d'énergie solaire** : Intégrer des composants et des systèmes permettant d'exploiter l'énergie solaire pour réduire la consommation d'énergie et les coûts opérationnels.
- **Sécurité et facilité d'utilisation** : Concevoir un distillateur sécurisé, facile à installer et à utiliser.
- **Durabilité et faible impact environnemental** : Utiliser des matériaux durables et mettre en œuvre des pratiques visant à réduire l'empreinte environnementale du processus de distillation.

2.2 Description Détaillée du Distillateur:

2.2.1 Forme et Conception :

Nous avons conçu le distillateur sous la forme d'une boîte rectangulaire avec une couverture en verre trempé car il offre une grande résistance à la chaleur et aux chocs. Le couvercle est incliné à un angle de 33 degrés pour permettre une meilleure condensation de la vapeur d'eau. Cette angle d'inclinaison est le résultat d'un travail d'optimisation de l'écoulement de l'eau le long du couvercle (**Sadek Igoud**) .

l'intérieur du distillateur comprend deux compartiments :

un compartiment supérieur: un collecteur en aluminium, qui est utilisé pour recueillir le distillat.

un compartiment inférieur : un récipient en verre trempé pour l'eau à purifier.

Des canalisations à l'entrée du distillateur conçues pour amener l'eau purifiée dans le compartiment inférieur. Celles de la sortie au niveau de compartiment supérieur conçues pour extraire l'eau distillée.

Le distillateur est essentiellement constitué comme le montre la figure (II.1)

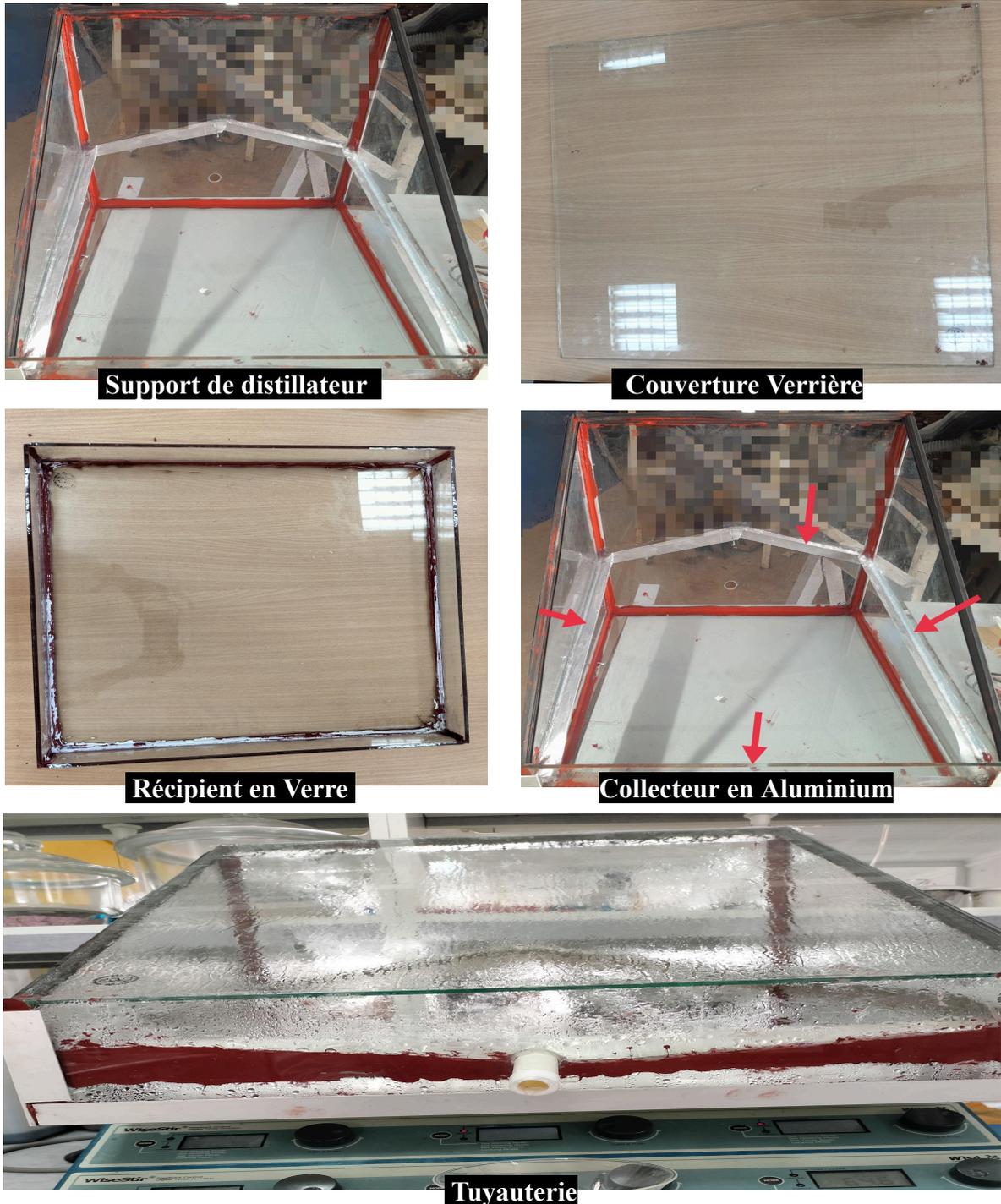


Figure II.1 : Les différents constituants du distillateur

Pour assurer une bonne étanchéité entre les constituants du distillateur nous avons utilisé de la silicone.

2.2.2 Dimensions :

- **Support de distillateur**

Hauteur : 45 cm
 Largeur : 50 cm
 Longueur : 50 cm
 Inclinaison du couvercle : 33 degrés
 Epaisseur du verre : 5 mm

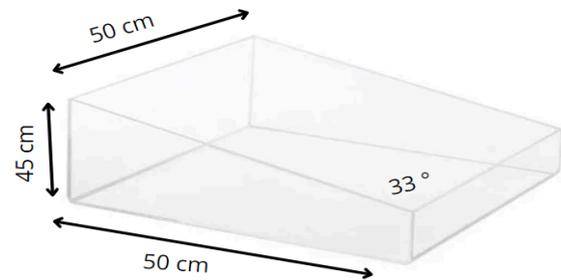


Figure II.2 : schéma explicatif de dimensions du support de distillateur

- **Couverture verrière**

Largeur : 50 cm
 Longueur : 60 cm
 Epaisseur du verre : 5 mm

- **Récipient en verre**

Hauteur : 5 cm
 Largeur : 44 cm
 Longueur : 44 cm
 Epaisseur du verre : 5 mm

Remarque :

Pour ces dimensions, on peut distiller jusqu'à 5 L de rejets .

2.3 Estimation du coût de distillateur réalisé:

Tableau II.1 : Estimation du coût de distillateur .

Matériau	Coût total (DA)
Verre trempé	1000
Colle silicone	600
Tube en pvc	0
Barre aluminium	400
Caoutchouc	200
Montant total	2200

2.4 Principe de fonctionnement du distillateur:

Le principe de fonctionnement de notre distillateur commence par la filtration du rejet à l'aide d'un appareil de filtration rotatif montré sur la figure II.3 .

Une fois filtré, le rejet est transféré dans le récipient en verre via une tuyauterie connectée à l'entrée du distillateur. Le distillateur, placé sur une plaque chauffante, est chauffé à une température variant entre 100 à 150 degrés Celsius pour accélérer la distillation. Alternativement, le distillateur peut être placé en plein soleil (figure II.4), mais cette méthode prend plus de temps et dépend des conditions climatiques .

Après un certain temps, le rejet commence à s'évaporer. La vapeur monte et se condense sur la paroi en verre du distillateur, formant des gouttelettes d'eau qui tombent dans le collecteur en aluminium. Enfin, l'eau distillée est recueillie à la sortie du distillateur par une autre tuyauterie. Ce processus permet d'obtenir une eau purifiée en éliminant les impuretés présentes dans le rejet initial.



Figure II.3 : Un appareil de filtration rotatif



Figure II.4 : La distillation solaire

3. Identification des rejets d'eaux usées utilisées dans cette étude

3.1 Les eaux usées de la tannerie de Mitidja :

La Tannerie de Mitidja située à Rouiba Alger , elle traite les peaux brutes et les cuirs, qui sont sourcés auprès de fournisseurs locaux et internationaux, et les transforme en produits en cuir finis en utilisant des techniques de tannage et de finition avancées. comme toute autre tannerie, génère des déchets liquides importants pendant son processus de production. Les eaux usées de la tannerie contiennent des résidus de produits chimiques utilisés dans le traitement des peaux, tels que les sels, les chlorures, les sulfates, les tanins et les composés chromés. En outre, les eaux usées peuvent également contenir des matières en suspension, des graisses, des huiles et des solides.



Figure II.5 : Les rejets de la tannerie de Mitidja .

3.2 Les eaux usées de moulin à huiles d'olive de Djenane Abderrahmane :

Le moulin de Djenane Abderrahmane situé à village Benni Yenni la commune de Tizi Ouzou génère des déchets liquides produits pendant le processus de production d'huile d'olive, lors du lavage des olives avant le broyage. Ce déchet contient des composés phytotoxiques et antimicrobiens, en particulier des phénols, qui peuvent être nocifs pour l'environnement s'il est rejeté sans traitement adéquat.



Figure II.6 : Les rejets de moulin à huile d'olive.

3.3 Les eaux usées de l'industrie de production de peintures (Purepox Coatings):

La société Sarl Purepox Coatings située à Bousmail Tipaza, Elle est spécialisée dans la fabrication et le recyclage de peintures et vernis .Ses rejets liquides contiennent des substances chimiques telles que des solvants, des résines et des pigments. Ils ont générées dans le lavage des équipements et des récipients aussi dans le rinçage des peintures et des solvants et le refroidissement des réacteurs et des équipements...etc



Figure II.7 : Les rejets d'usine de fabrication de peinture.

3.4 Les eaux usées urbains de la station d'épuration de Beni Merad :

La station d'épuration de Beni Merad située à la wilaya de Blida, est destinée à la prise en charge des eaux usées urbains des communes du grand Blida (Bouarfa, Ouled Yaich, Beni Merad et Blida). Les eaux usées de cette station sont principalement composées de matières organiques, telles que des déchets alimentaires, des graisses et des huiles, ainsi que de matières inorganiques, comme du sable, des graviers et des métaux. Elles peuvent également contenir des contaminants biologiques, tels que des bactéries, des virus et des parasites.

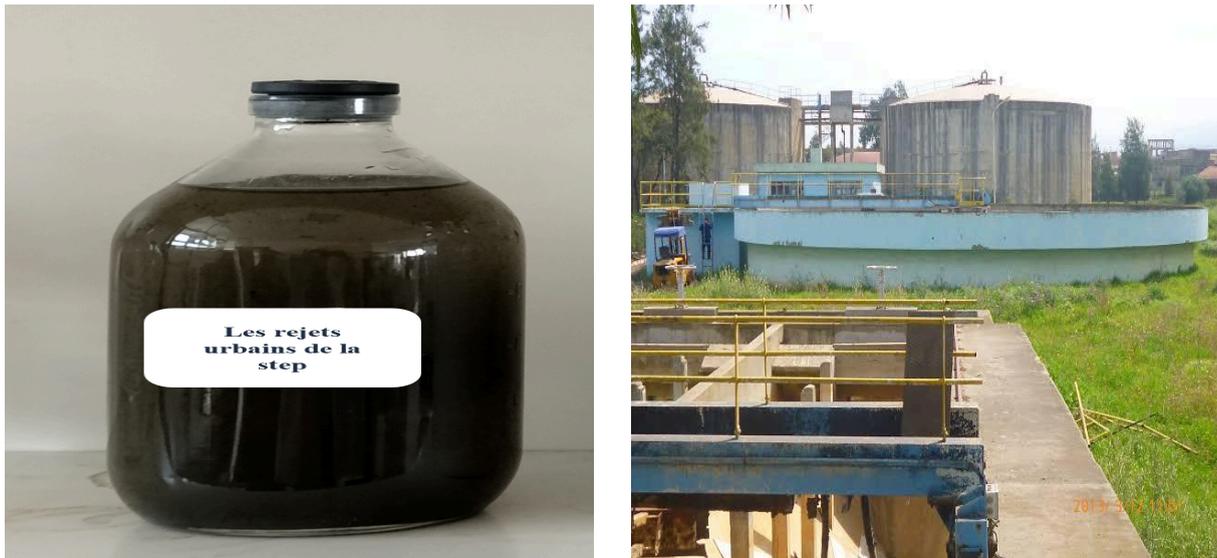


Figure II.8 : Les rejets de la station de Beni Merad.

4. Suivi et Caractérisation des paramètres physico-chimiques des rejets

Un ensemble de paramètres physico-chimiques ont fait l'objet de cette étude. La DCO, la turbidité, le pH, la conductivité...etc. Ils ont été mesurés au niveau du laboratoire de traitement des effluents de l'UDES.

4.1 Demande chimique en oxygène (DCO) :

- **Principe :**

La demande chimique en oxygène (ou DCO) est la consommation en dioxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. C'est l'une des méthodes les plus utilisées pour évaluer la charge globale en polluants organiques d'une eau (rivières, lacs, mer, ou eaux usées ou résiduaires industrielles). Les substances oxydables réagissent avec le bichromate de potassium sulfurique, en présence de sulfate d'argent. Le chlorure est masqué avec le sulfate de mercure. La coloration verte de Cr^{3+} sera déterminée par spectrophotomètre.

- **Protocole :**

- Préparer les solutions nécessaires pour la mesure
- Pipeter 0,2 ml de chaque rejet (tannerie , moulin à huile d'olive , fabrication peinture) à l'état brute et après la distillation , et les mettre dans des kits d'analyse.
- pipeter 1,5 ml de solution de digestion et 3,5 ml d'acide sulfurique et les mettre avec chaque rejet avant et après la distillation .
 - Mélanger chaque kit d'analyse (6 kits) pour avoir une solution homogène.
 - Chauffage à 150 °C pendant 2 heures dans l'appareil de mesure, allumer la plaque chauffante et démarrer le programme en appuyant sur « START ».
- Une fois le bipé entendu, placer les kits d'analyse et appuyer de nouveau sur « START »,
- Chauffer les kits pendant 120 min à 150 °C.
- Une fois les 120 min sont écoulés, faire sortir le Kit chaud ensuite agiter et laisser refroidir pendant 15 min.
- Allumer l'appareil de mesure, appuyer sur OK, appuyer sur brancher et choisir le nom d'utilisateur, mot de passe.
- Introduire le kit d'analyse et noter la valeur de la DCO affichée.

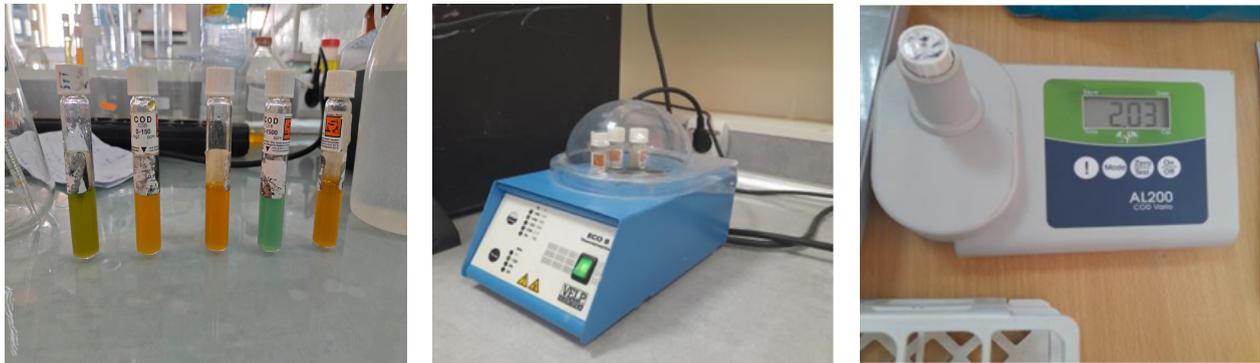


Figure II.9 : DCO mètre « THERMOREACTOR ECO8 »

Kits : «CSB 0-150 », appareil de mesure «AL200 COD Vario ».

4.2 Demande biologique en oxygène (DBO5) :

- **Principe :**

La demande biochimique (ou Biologique) en oxygène pendant cinq jours, ou DBO5 est un paramètre indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau; elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques dissoutes ou en suspension. Lors du dosage de la DBO5, les bactéries présentes dans l'échantillon d'eaux usées consomment l'oxygène qu'il contient sous forme dissoute. Cet oxygène est remplacé par celui présent dans la partie vide du flacon d'échantillon. Le dioxyde de carbone produit simultanément est piégé par une solution d'hydroxyde de potassium (ou d'hydroxyde de sodium) contenue dans le réservoir du flacon. Cela entraîne une chute de pression dans le système, qui est directement proportionnelle à la

valeur de la DBO. Elle est mesurée par le capteur de DBO. Le dosage de la DBO peut alors être directement indiqué en mg/l (Lovibond, 2018) .

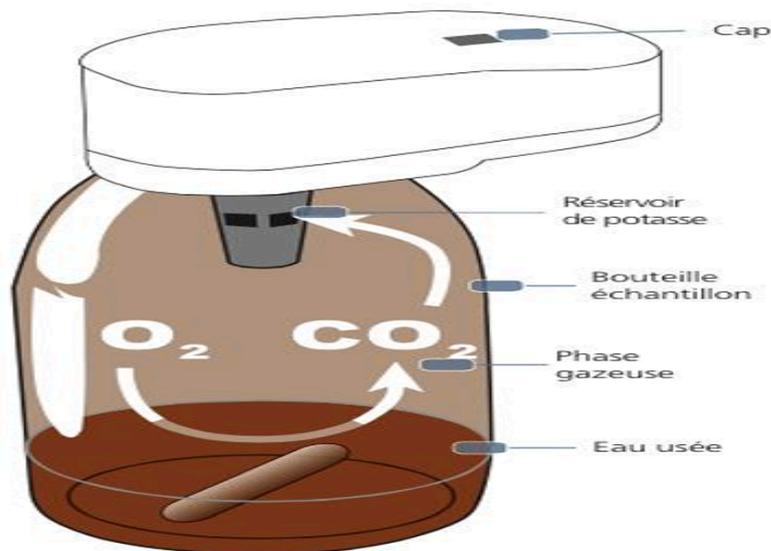


Figure II.10: Schéma représentatif de processus de mesure de la DBO5

- **Mode opératoire:**

-Prélever 100 ml de chaque rejet à l'état brute et 400 ml de chaque rejet après la distillation, et les verser dans des flacons en verre brun.

-Mettre un barreau magnétique dans chaque flacon.

-Placer un réservoir d'hydroxyde de potassium.

-Ajouter deux pastilles KOH.

-Placer le capteur de pression, allumer le, en cliquant sur les deux boutons « M » et « S » simultanément.

-Placer le flacon dans le DBO mètre à 18-22°C pendant 5 jours.

-Cliquer sur le bouton « M » de capture de pression et lire la valeur affichée.

La valeur affichée est multipliée par 50 (facteur de conversion) pour obtenir la valeur de la DBO5 mesurée en mg/l.



Figure II.11 : DBO mètre «FTC 120 Cooled incubator- VELP scientifica ».

4.3 La turbidité :

- **Principe :**

La turbidité est définie comme la réduction de la transparence d'un liquide par la présence de matières non dissoutes. La turbidité se mesure par la réflexion d'un rayon lumineux dans l'eau en suivant la norme **NF EN ISO 7027** . Elle est mesurée par un test optique qui détermine la capacité de réflexion de la lumière (l'unité de mesure est le « **NTU** » unités de turbidité néphélométriques) (**Tandia, 2007**) .

Pour une suspension donnée, l'atténuation ou la diffusion d'une lumière monochromatique dans une direction donnée est proportionnelle à la concentration volumique des particules et donc à la concentration massique si la masse volumique des particules est constante (**Ruban, 2008**) .

- **Mode opératoire :**

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyée avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser. Après homogénéisation, effectuer rapidement la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

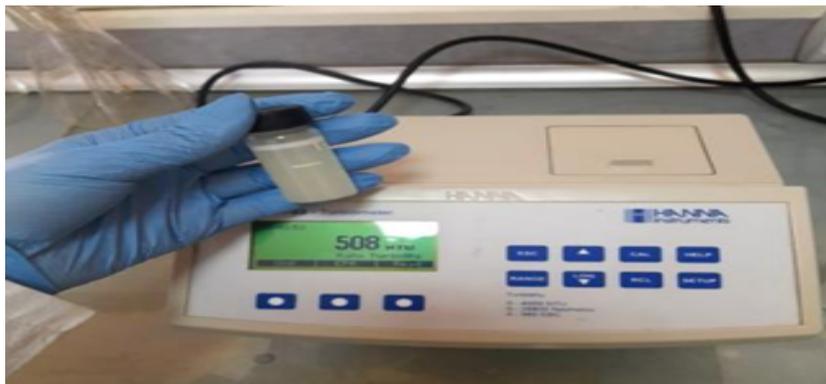


Figure II.12: Turbidimètre « HI88703 ».

4.4 Le potentiel hydrogène (pH) :

- **Principe :**

La méthode est basée sur l'utilisation d'un multiparamètre. Celui-ci est un voltmètre un peu particulier qui se caractérise par une très grande impédance d'entrée en raison de la forte résistance présentée par l'électrode de mesure.

- **Mode opératoire :**

Après mise en marche du multiparamètre, on choisit le paramètre pH avec les flèches sur

mode, puis on appuie sur CAL. On rince l'électrode avec de l'eau distillée et on la place dans un bécher contenant le rejet qu'on veut mesurer.

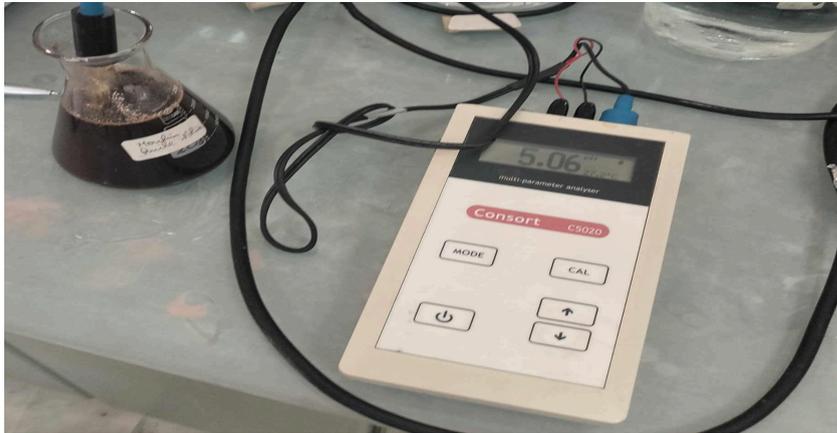


Figure II. 13 : Multi-parameter Analysers « Consort C5020 »

4.5 La température :

- **Principe :**

Les mesures de la température de l'eau sur le lieu de prélèvement de l'échantillon sont une partie intégrante de l'analyse des eaux, car de cette température dépendent la solubilité du gaz et la vitesse de réaction de l'eau.

- **Appareillage :**

La température est mesurée en même temps que le pH par le multiparamètre .

4.6 La conductivité électrique CE :

- **Principe :**

La conductivité permet de déterminer la présence des minéraux, mais aussi de tous les autres ions plus ou moins néfastes dans l'eau : l'eau douce, pauvre en minéraux, a une conductivité faible, tandis que l'eau dure, riche en minéraux, présente une conductivité élevée.

- **Mode opératoire :**

De même que précédemment le paramètre conductivité est réglé sur le multiparamètre et la retranscrit en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Aussi tous les paramètres qui suivent sont mesurés par le même multiparamètre et selon le même

procédé. Nous indiquerons leurs principes et les initiales correspondantes choisies sur l'appareil.

4.7 La TDS :

- **Principe :**

La TDS (Total Dissolved Solids) est la quantité totale d'ions chargés mobiles, y compris les minéraux, les sels et les métaux dissous dans un volume donné d'eau, exprimé en mg/l ou en particules par million (ppm). La TDS est directement liée à la pureté de l'eau et à la qualité des systèmes de purification d'eau. Elle affecte tout ce qui consomme, utilise ou vit dans l'eau, qu'ils soient organiques ou inorganiques.

- **Mode opératoire :**

Le paramètre choisi sur le multiparamètre est : TDS.

4.8 La salinité :

- **Principe :**

La salinité mesure le niveau de sel de l'eau. Plus précisément, il s'agit de la somme de tous les ions dissous dans l'eau. L'ion chlorure est souvent utilisé comme indicateur de la salinité, mais d'autres ions influencent aussi la salinité, comme le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le carbonate et le bicarbonate.

- **Mode opératoire :**

Le paramètre choisi est : SAL.

5. Analyse microbiologique des rejets urbains de la station de Beni Merad

L'objectif de l'analyse bactériologique est d'évaluer l'efficacité du traitement effectué dans cette étude sur les eaux usées urbaines du point de vue microbiologique.

Cette analyse vise à identifier les germes pathogènes associés à une contamination fécale, tels que les coliformes (coliformes totaux, coliformes fécaux dont E. coli) avant et après la distillation .

- **Méthode par filtration :**

- Membrane filtrante : 0,45 μ m de porosité.

- Milieu utilisé :

milieu Tergitol pour les coliformes totaux

milieu CCA (chromogenic coliform agar) pour les coliformes fécaux

- Incubation : à 37 °C pendant 48 h.

- Lecture : Aspect des colonies : lisses, légèrement bombées à contours réguliers, pigmentées, coloration jaune ou orange pour les coliformes totaux et vert ou bleu pour les coliformes fécaux.

Le nombre de coliformes dans chaque échantillon est estimé en UFC (unité formant colonie) par 100 ml d'échantillons d'eau.

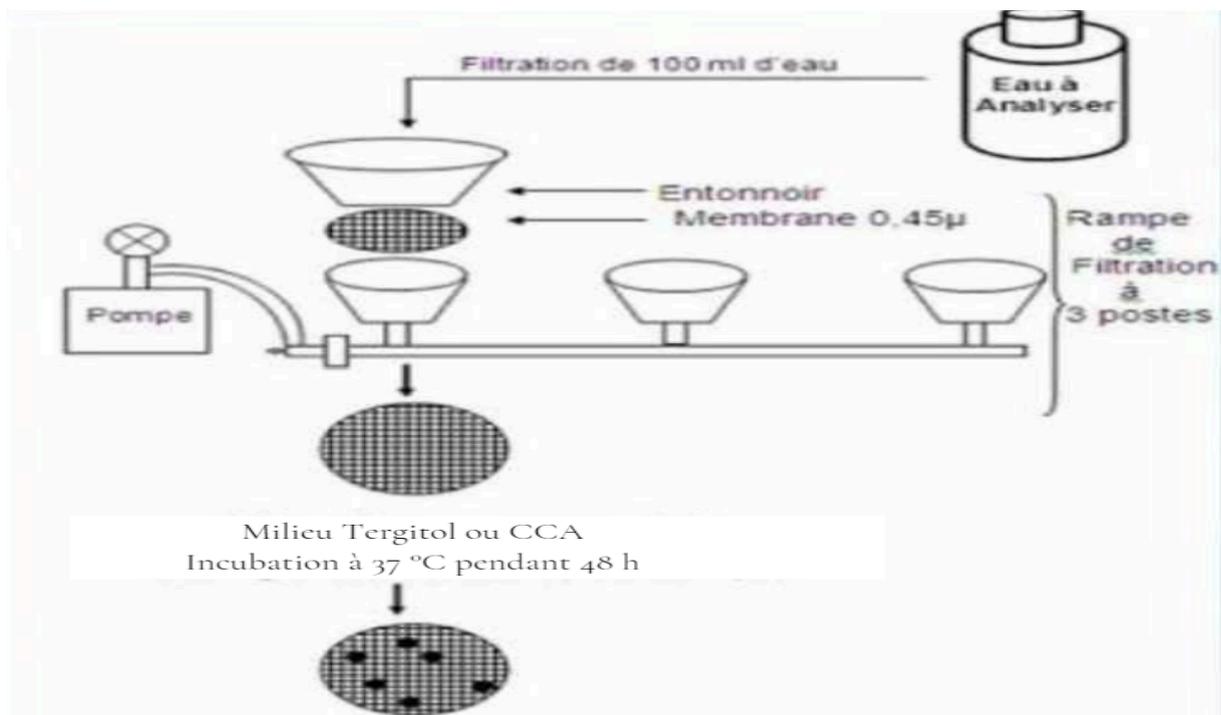


Figure II.14 : Méthode par filtration membranaire .

Chapitre III:

Résultats et discussion

1. Introduction

Les eaux de rejets industriels et urbains ont un impact sur les écosystèmes, de par leur teneur en pollutions organiques, minérales et métaux lourds, n'en sont pas pour autant négligeables.

L'objectif de ce travail est basé sur des étapes essentielles :

- La caractérisation physico-chimique des 4 sources de rejets tels que : la tannerie , le moulin à huile d'olive , l'industrie de production de peinture , la station d'épuration .
- La conception d'un distillateur pour l'épuration des eaux usées.
- Analyse physico-chimique de l'eau traitée par distillation et détermination du pourcentage d'abattement et le facteur de biodégradabilité.
- La comparaison des résultats selon la norme algérienne.
- La comparaison entre la distillation par rayonnement solaire et la distillation par chauffage conventionnel.

2. Présentation et interprétation des résultats de mesure des paramètres de pollution des différents rejets étudiés avant et après la distillation par chauffage conventionnel

2.1 Présentation des résultats :

- Les rejets de la tannerie :

Les rejets de la tannerie à traiter provenant du module 0 à la sortie de l'unité , ont été prélevés le 05-02-2024 . Les résultats obtenus sont illustrés sur le tableau III.1 .

Tableau III.1 : Paramètres de pollution des rejets de la tannerie à l'état brute et après la filtration et la distillation .

Paramètre	Rejets de tannerie brute	Rejets de tannerie après filtration	Rejets de tannerie après distillation par chauffage	Valeurs limites
Couleur	blue	blue	transparente	-
Température (°C)	25,70	25,70	25,70	30,00
PH	3,97	4,31	2,31	6,50-8,50
DBO 5 (mg/l)	198,00	-	23,70	500,00
DCO (mg/l)	47 079,00	10 400,00	5 118,00	1 000,00
Salinité (g/l)	23,70	17,80	0,40	1,00
Conductivité (mS/cm)	37,20	29,20	0,96	500,00
Turbidité (NTU)	36,00	19,00	0,50	-
TDS (g/l)	21,50	13,20	0,50	-
Rapport DCO/DBO5	237,27	-	215,97	-

- **Les rejets de moulin à huile d'olive :**

Les résultats sont présentés sur le tableau suivant :

Tableau III.2 : Paramètres de pollution des rejets de moulin à huile d'olive à l'état brute et après la filtration et après la filtration et la distillation .

Paramètre	Rejets de moulin à huile d'olive brute	Rejets de moulin après filtration	Rejets de moulin après distillation par chauffage	Valeurs limites
Couleur	marron	marron	transparente	-
Température (°C)	27,00	27,00	28,00	30,00
PH	5,26	5,64	2,58	6,50-8,50
DBO 5 (mg/l)	>1000,00	-	45 590,00	500,00
DCO (mg/l)	64 506,25	48 000,00	16 100,00	1 000,00
Salinité (g/l)	9,70	8,50	0,10	1,00
Conductivité (mS/cm)	16,60	15,20	0,25	500,00
Turbidité (NTU)	1 600,00	1 500,00	2,70	-
TDS (g/l)	9,30	8,30	0,13	-
Rapport DCO/DBO5	64,50	-	641,43	-

- **Les rejets de l'industrie de production de peinture:**

Tableau III.3 : Paramètres de pollution des rejets de l'industrie de production de peinture à l'état brute et après la filtration et après la filtration et la distillation .

Paramètre	Rejets de peinture brute	Rejets de peinture après filtration	Rejets de peinture après distillation	Valeurs limites
Couleur	blanche	blanche	transparente	-
Température (°C)	25,70	25,70	31,40	30,00
PH	6,95	7,24	7,58	6,50-8,50
DBO 5 (mg/l)	327,00	-	59,20	500,00
DCO (mg/l)	16 720,00	13 000,00	1 723,00	1 000,00
Salinité (g/l)	0,60	0,50	0,20	1,00
Conductivité (mS/cm)	1,28	1,28	0,30	500,00
Turbidité (NTU)	3 400,00	3 200,00	4,70	-
TDS (g/l)	0,68	0,68	0,17	-
Rapport DCO/DBO5	51,13	-	29,10	-

- **Les rejets urbains de la station d'épuration**

Tableau III.4 : Paramètres de pollution des rejets urbains de la station d'épuration à l'état brute et après la filtration et la distillation .

Paramètre	Rejets urbains brute	Rejets urbains après filtration	Rejets urbains après distillation par chauffage	Valeurs limites
Couleur	marron	marron	transparente	-
Température (°C)	28,70	28,70	28,70	30,00
PH	6,40	7,20	8,64	6,50-8,50
DBO 5 (mg/l)	943,00	-	67,00	30,00
DCO (mg/l)	47 850,00	14 400,00	800,00	90,00
Salinité (g/l)	0,70	0,60	0,10	10,00
Conductivité (mS/cm)	1,40	1,29	0,29	300,00
Turbidité (NTU)	357,00	152,00	3,20	-
TDS (g/l)	0,75	0,69	0,15	-
Coliformes totaux (UFC/100ml)	3 10 ⁹	-	10 ⁵	-
Coliformes fécaux (UFC/100ml)	5 10 ⁸	-	220,00	100,00-1000,00
Rapport DCO/DBO5	50,74	-	11,94	-

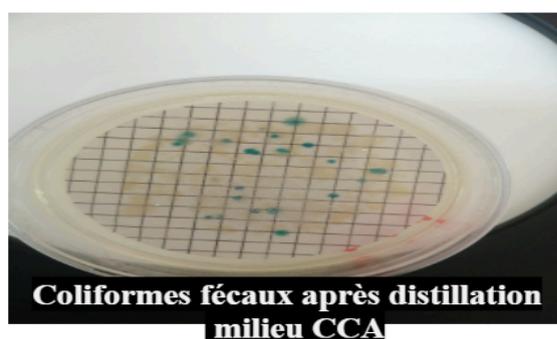
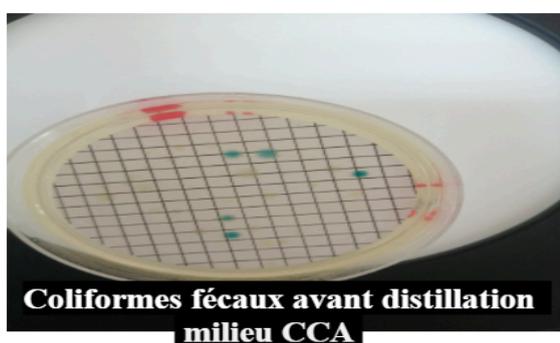


Figure III.1 : Résultats de recherche des coliformes totaux et fécaux dans les rejets urbains de la station de Beni Merad .

2.2 Interprétation des résultats

Les résultats obtenus après la distillation montrent une amélioration substantielle de la qualité de l'eau, en se conformant en grande partie aux normes algériennes. Voici une synthèse des principales observations :

- **La couleur :**

Dans tous les cas, la couleur des rejets passe de teintes colorées (bleue ou marron , blanche) à une teinte transparente après distillation (figure III.1) . Cela démontre une élimination efficace des colorants et des impuretés visuelles, rendant l'eau beaucoup plus claire et conforme aux exigences esthétiques des normes de rejet.



Figure III.2 : Les différents rejets étudiés avant et après la distillation .

- **pH :**

Les variations de pH après distillation montrent une tendance vers l'acidification pour les rejets de la tannerie et de moulin à huile d'olive, cette acidification peut être provoquée par la présence de composés organiques dans ces rejets, qui peuvent se décomposer et libérer des ions hydrogène.

Pour les rejets de l'industrie de fabrication de peinture et les eaux urbaines d'une station d'épuration, le pH est toujours dans la norme entre 6.5 et 8.5, cela peut indiquer que le processus de distillation a réussi à éliminer une grande partie des acides volatils et du CO₂ .

- **Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) et Demande Chimique en Oxygène (DCO) :**

Une réduction significative de la DBO5 et de la DCO après distillation indique une diminution marquée de la matière organique présente dans les rejets. Les valeurs de DCO après distillation (par exemple, 5118 mg/l pour la tannerie) montrent une amélioration par rapport aux valeurs initiales, mais restent au-dessus de la norme de 1000 mg/l, ce qui indique un besoin potentiel de traitement complémentaire.

- **Salinité, Conductivité et Solides Dissous Totaux (TDS) :**

Ces paramètres montrent une baisse notable après distillation, ce qui reflète une élimination efficace des ions dissous et des solides totaux. La salinité et la conductivité finales (par

exemple, 0.4 g/l et 0.96 mS/cm respectivement pour la tannerie) sont bien en dessous des valeurs limites (1 g/l pour la salinité et 500 mS/cm pour la conductivité), montrent une conformité avec les normes. La turbidité des rejets diminue drastiquement après distillation, passant de valeurs élevées (indiquant une forte présence de particules en suspension) à des valeurs très faibles, proches de zéro.

- **Turbidité :**

La réduction de la turbidité est en accord avec les exigences des normes algériennes, qui stipulent généralement des valeurs basses pour éviter les impacts sur la qualité de l'eau.

- **Coliformes Totaux et Fécaux (pour les rejets urbains) :**

Une réduction drastique des coliformes totaux et fécaux est observée, indiquant que la distillation est efficace pour désinfecter l'eau et éliminer les agents pathogènes, rendant l'eau plus pure pour un potentiel usage domestique ou industriel. La valeur finale (220 UFC/100 ml pour les coliformes fécaux) est conforme aux exigences des normes algériennes (inférieure à 1000 UFC/100ml).

3. Une comparaison des rendements de distillation des différents rejets étudiés

Afin d'évaluer et de comparer les rendements de purification des quatre types de rejets étudiés (tannerie, moulin à huile d'olive, usine de fabrication de peinture, et station d'épuration), j'ai calculé les pourcentages de réduction pour chaque paramètre de pollution après distillation. Les rendements de purification sont présentés dans les graphiques à colonnes montrés sur la figure III.2 pour chaque paramètre : DBO5, DCO, salinité, conductivité, turbidité et TDS.

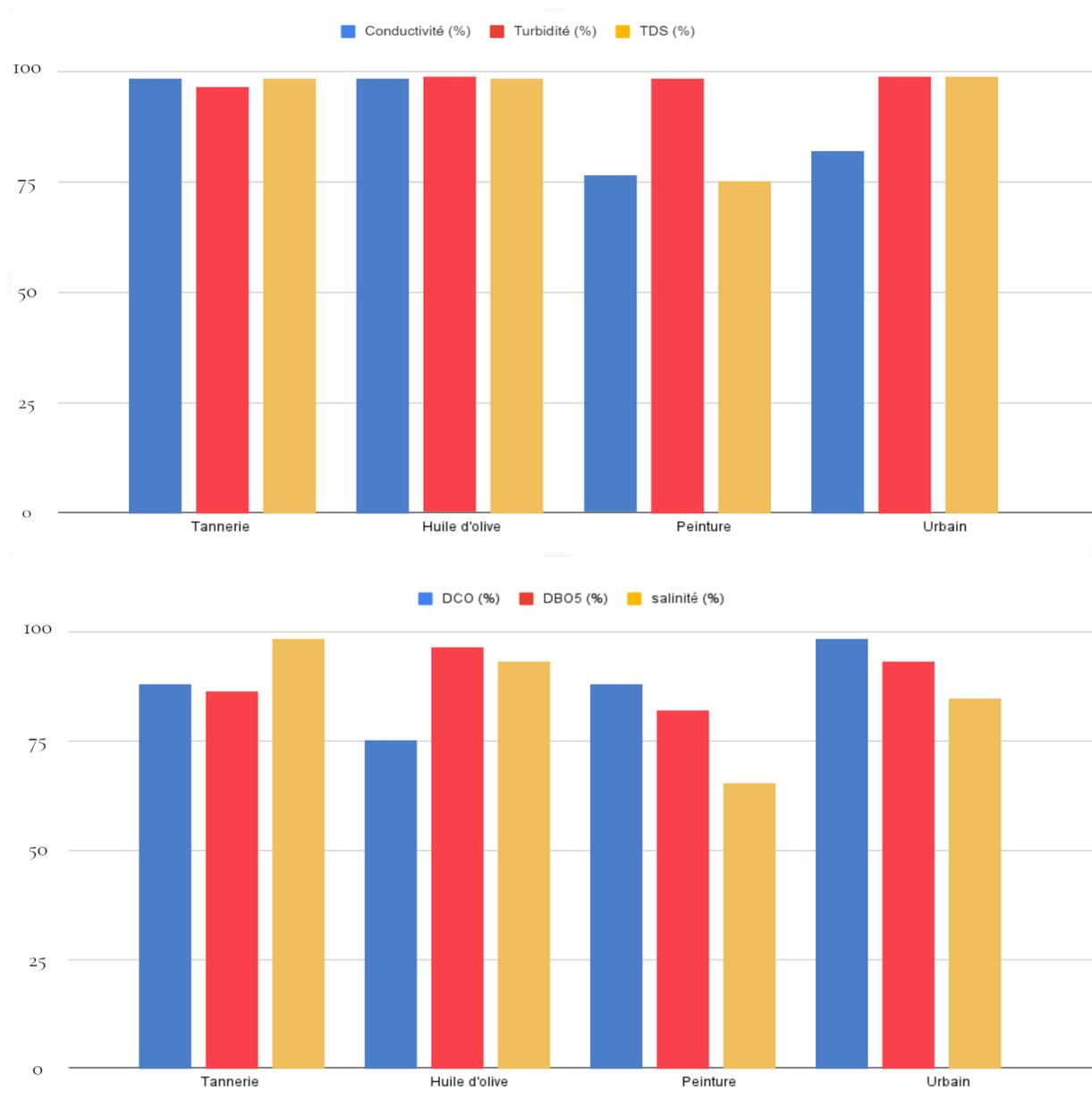


Figure III.3 : Graphique à colonnes des rendements de distillation des paramètres physico-chimiques des différents rejets .

- Pour les rejets de la tannerie, la distillation a démontré une efficacité notable dans la réduction de la DCO, de la salinité, de la conductivité, de la turbidité et des TDS, avec des rendements proches ou supérieurs à 90% pour la plupart des paramètres. Ce processus a réussi à réduire significativement les niveaux de pollution.

-Les rejets du moulin à huile d'olive ont également bénéficié d'une réduction substantielle des polluants grâce à la distillation. Les niveaux de la DCO, de la salinité, de la conductivité et de la turbidité ont été considérablement réduits, souvent à plus de 90%.

-Pour les rejets de l'industrie de production de peinture, la distillation a été efficace, notamment dans la réduction de la DCO et de la turbidité, avec des rendements élevés.

Cependant, l'efficacité de la distillation pour réduire la salinité et la conductivité a été légèrement inférieure par rapport aux autres types de rejets, bien que les résultats restent significatifs.

-Les rejets urbains de la station d'épuration ont montré des réductions impressionnantes des niveaux de DCO et de turbidité, reflétant une grande efficacité de la distillation. Les réductions de la salinité et de la conductivité ont également été élevées.

-Les rejets de la tannerie et du moulin à huile d'olive ont bénéficié des meilleures performances en termes de réduction de la pollution, suivis par les rejets de l'usine de fabrication de peinture et enfin les rejets urbains de la station d'épuration, qui ont néanmoins montré des résultats impressionnants pour la majorité des paramètres. Ces résultats montrent que la distillation peut être une solution viable pour le traitement des eaux usées.

4. Une comparaison entre la distillation par le chauffage conventionnel et la distillation par le rayonnement solaire

4.1 les rejets de la tannerie :

La figure ci-dessous montre une comparaison entre les performances de la distillation par rayonnement solaire et la distillation par chauffage conventionnel pour les rejets de la tannerie. Cette comparaison met en lumière l'efficacité relative de la distillation pour divers paramètres de qualité de l'eau (voir annexe 1).

La figure III.3 représente les résultats reflétant cette comparaison.

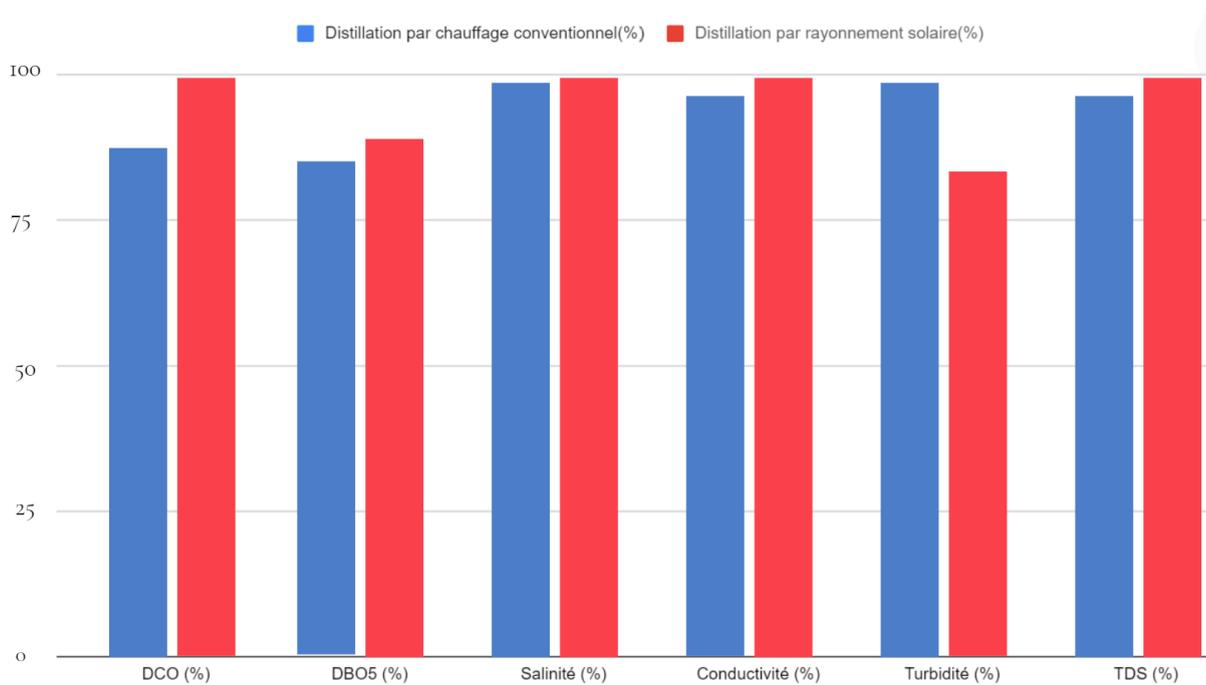


Figure III.4 : Pourcentage d'élimination des valeurs de paramètres physico-chimiques des rejets de la tannerie pour la distillation par rayonnement solaire et la distillation par chauffage conventionnel.

- **La salinité , la conductivité , la TDS :**

Les rendements sont très proches entre eux (97% à 99%), indiquant que les deux méthodes sont presque identiques et efficaces pour réduire ces paramètres.

- **La DCO , la DBO5 :**

La distillation solaire montre un rendement supérieur (99.09% pour la DCO et 90.85% pour la DBO5) par rapport à la distillation par chauffage conventionnel (89.12% pour la DCO et 88.03% pour la DBO5). Cela indique que la distillation solaire est plus efficace pour éliminer les composés organiques.

- **La turbidité :**

La distillation par chauffage conventionnel a un rendement supérieur (98.61%) par rapport à la distillation solaire (86.94 %). Cela montre que la distillation par chauffage conventionnel est plus rentable pour diminuer la quantité de particules en suspension et donc rendre l'eau moins trouble .

4.2 les rejets de moulin à huile d'olive :

Le graphe ci-dessous montre les rendements obtenus après traitement par distillation par rayonnement solaire et la distillation par chauffage conventionnel des rejets de moulin à huile d'olive (voir annexe 2) , en comparant différents rendements des paramètres de pollution.

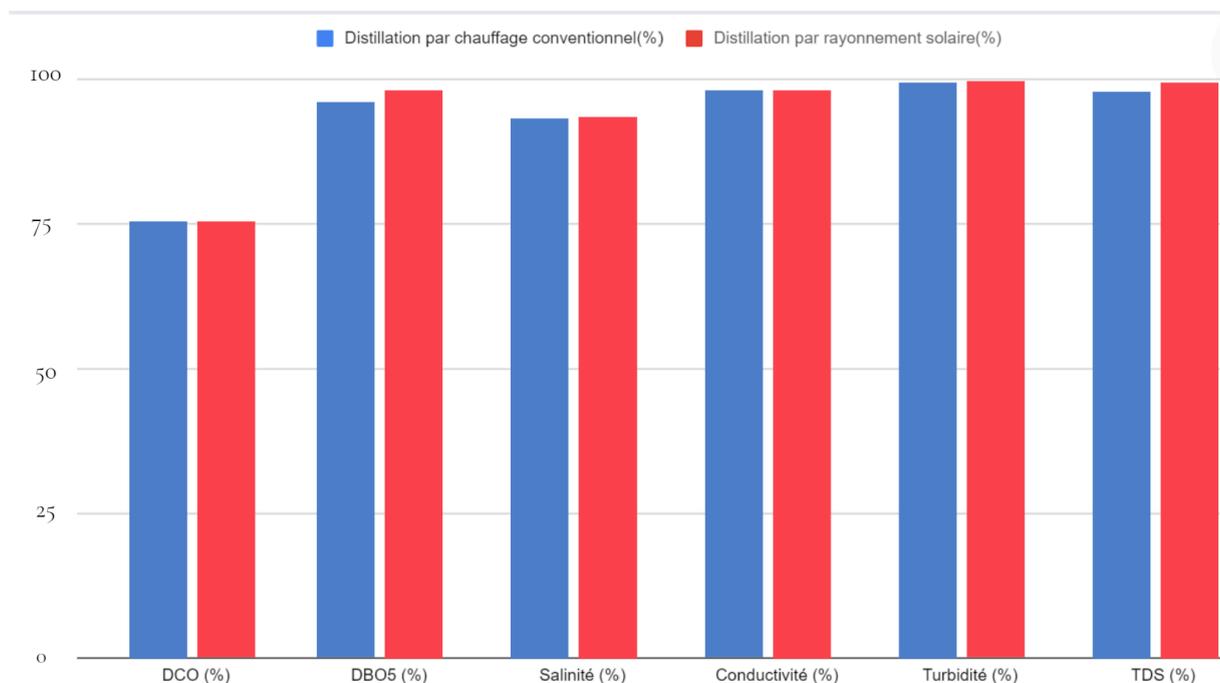


Figure III.5 : Pourcentage d'élimination des valeurs de paramètres physico -chimiques des rejets de moulin à huile d'olive pour la distillation par rayonnement solaire et la distillation par chauffage conventionnel.

La comparaison pour les rejets de moulin à huile d'olive montre des efficacités élevées pour les deux méthodes, avec des rendements similaires pour de nombreux paramètres. La salinité, la conductivité, la turbidité et les solides dissous totaux sont efficacement réduits de 92% à 99% ,mais les valeurs finales de la DCO (75%) dépassent toujours la limite permise.

Cependant, des traitements complémentaires pourraient être nécessaires pour respecter pleinement les normes en vigueur.

4.3 les rejets urbains :

Les résultats des rendements des paramètres physico chimique après distillation par chauffage conventionnel et par rayonnement solaire des rejets urbains de la station d'épuration de beni merad sont donnés par annexe 4 et représentés dans la figure ci-dessous:

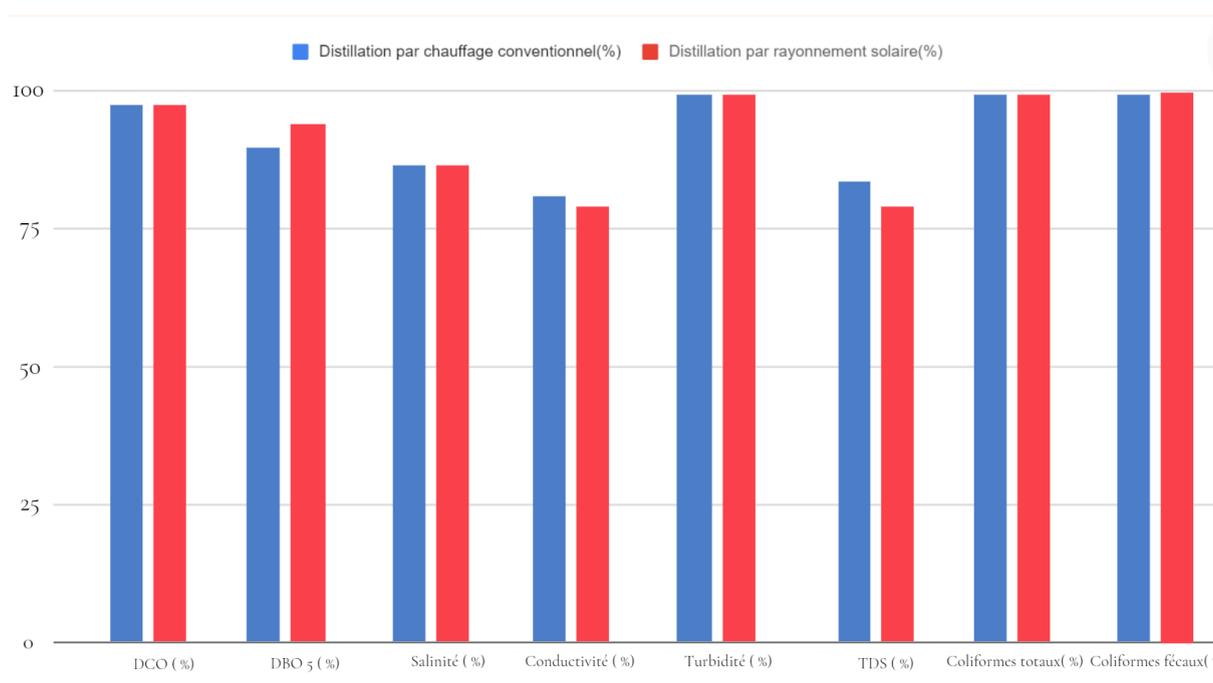


Figure III.6 : Pourcentage d'élimination des valeurs de paramètres physico-chimiques des rejets urbains de la station d'épuration pour la distillation par rayonnement solaire et la distillation par chauffage conventionnel.

Le graphe III.5 montre que les rendements de distillation par les deux méthodes sont supérieurs à 77 %. Pour la DCO, la salinité et la turbidité, les rendements de distillation par chauffage conventionnel sont similaires à ceux de la distillation par rayonnement solaire, avec des valeurs telles que 98 % pour la DCO, 85 % pour la salinité et 99 % pour la turbidité. À l'exception de la DBO₅, le rendement de distillation par rayonnement solaire est plus élevé par rapport à la distillation par chauffage conventionnel. En revanche, pour la conductivité et les TDS, la distillation par chauffage conventionnel est plus efficace.

Pour les coliformes totaux et fécaux, la distillation par rayonnement solaire est plus efficace, car le rayonnement solaire permet une désinfection, ce qui entraîne la mort des bactéries.

La distillation solaire et la distillation conventionnelle sont deux techniques de purification de l'eau, mais elles diffèrent dans leur approche et leurs mécanismes, ce qui explique pourquoi la distillation solaire peut être plus efficace pour éliminer certains types de pollution organique. Voici quelques points clés expliquant cette différence :

- **Températures de distillation :**

Distillation solaire : Utilise l'énergie solaire pour chauffer l'eau, atteignant généralement des températures plus basses (autour de 60-90°C).

Distillation conventionnelle : Utilise des sources de chaleur comme l'électricité ou le gaz pour chauffer l'eau, atteignant des températures proches du point d'ébullition de l'eau (100°C).

- **Décomposition thermique des composés organiques :**

Températures élevées (comme celles atteintes dans la distillation conventionnelle) peuvent entraîner la décomposition thermique de certains composés organiques. Lorsque ces composés se décomposent, ils peuvent produire des sous-produits volatils qui peuvent se

retrouver dans le distillat .

Températures plus basses (comme celles de la distillation solaire) sont souvent insuffisantes

pour provoquer la décomposition thermique des composés organiques, réduisant ainsi la formation de sous-produits volatils indésirables. Les composés organiques restent souvent dans le résidu et ne passent pas dans le distillat.

- **Taux d'évaporation et condensation :**

Distillation solaire : Le processus d'évaporation et de condensation est plus lent, permettant une meilleure séparation des composés organiques volatils. La condensation lente peut aussi permettre une purification supplémentaire, car les composés moins volatils ne parviennent pas à atteindre le condenseur.

Distillation conventionnelle : L'évaporation et la condensation rapides peuvent entraîner une moindre séparation des composés organiques, augmentant la probabilité que certains contaminants organiques se retrouvent dans l'eau distillée.

- **Contact prolongé avec l'énergie solaire :**

Distillation solaire : L'eau est souvent exposée à la lumière UV du soleil pendant une période prolongée, ce qui peut aider à dégrader certains contaminants organiques par des mécanismes photolytiques ou photocatalytiques.

Distillation conventionnelle : Ne bénéficie pas de cette exposition à la lumière UV, car elle repose principalement sur la chaleur pour la purification.

- **Simplicité et environnement :**

Distillation solaire : Utilise des matériaux simples et peut être plus respectueuse de l'environnement, réduisant le risque de contamination supplémentaire due aux matériaux ou aux sous-produits de combustion.

Distillation conventionnelle : Peut nécessiter des équipements plus complexes et une gestion des sources de chaleur, avec des risques potentiels de contamination additionnelle.

En résumé, la distillation solaire élimine mieux la pollution organique en raison de ses températures de fonctionnement plus basses, qui minimisent la décomposition thermique des composés organiques et la formation de sous-produits volatils. De plus, l'exposition prolongée à la lumière solaire peut également aider à dégrader certains contaminants organiques de manière efficace.

5. Suivi des volumes de distillat après la Distillation Solaire des Rejets de la Tannerie sur Différents Jours

Pour évaluer l'efficacité du distillateur solaire, nous avons choisi les rejets de la tannerie pour faire un suivi qui s'est déroulé sur trois jours différents, le 19 mai, le 28 mai et le 30 mai 2024. À chaque journée d'étude, le distillateur solaire a été mis en marche à 9 heures du matin, et des mesures du volume de distillat ont été prises chaque heure jusqu'à 17 heures.

Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau III.5 tels que :

- **Volume 1** correspond aux résultats du 19 mai 2024.
- **Volume 2** correspond aux résultats du 28 mai 2024.
- **Volume 3** correspond aux résultats du 30 mai 2024.

Tableau III.5: Suivi des volumes de la Distillation Solaire des Rejets de la Tannerie sur Différents Jours.

Horaire (h)	Volume 1 (ml)	Volume 2 (ml)	Volume 3 (ml)
9	0	0	0
10	13	15	30
11	30	50	77
12	100	104	134
13	147	156	210
14	200	232	290
15	244	300	355
16	324	380	400
17	392	430	500

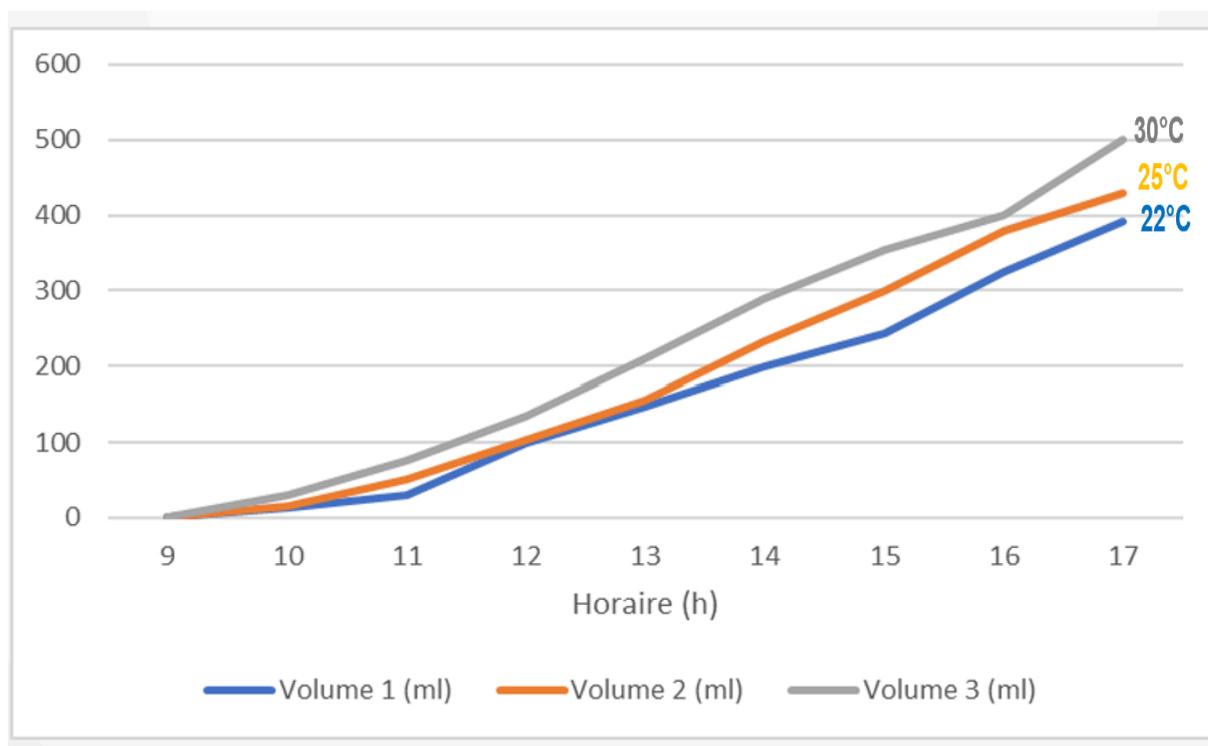


Figure III.7: Courbe des volumes de distillat après la distillation solaire des rejets de la tannerie des différents jours en fonction d'horaire.

Les résultats observés dans le graphique offrent des insights précieux sur l'efficacité du processus de traitement des rejets de la tannerie. L'augmentation significative des volumes tout au long de la journée témoigne de la capacité du distillateur solaire à purifier l'eau contaminée de manière continue. Cette tendance reflète une utilisation optimale de l'énergie solaire disponible au cours de la journée, avec une intensification de la distillation en réponse à une plus grande exposition au soleil.

La journée du 30 mai se distingue particulièrement par un volume plus élevé que les autres jours. Cette performance supérieure peut être attribuée à des conditions climatiques favorables, notamment une température plus élevée dépassant les 30 degrés Celsius. Cette chaleur accrue favorise une évaporation plus rapide des contaminants.

En revanche, le 28 mai présente des volumes moyens, correspondant à une température autour de 25 degrés Celsius. Bien que les conditions climatiques soient toujours favorables à la distillation, elles ne sont pas aussi optimales que le 30 mai, ce qui se traduit par des performances légèrement inférieures.

Le 19 mai affiche les volumes les plus faibles parmi les trois jours, avec une température qui ne dépasse pas 22 degrés Celsius. Ces conditions météorologiques moins favorables réduisent l'efficacité de la distillation solaire, ce qui se reflète dans les volumes plus faibles observés.

En conclusion, ces résultats mettent en évidence l'impact significatif des conditions climatiques sur les performances de la distillation solaire des rejets de la tannerie. Une température plus élevée favorise une distillation plus efficace, tandis que des conditions météorologiques moins favorables peuvent entraîner une réduction des volumes de distillat.

Conclusion

Ce mémoire de fin d'études porte sur l'épuration des eaux usées par distillation. L'objectif principal est de concevoir un distillateur solaire conventionnel adapté aux conditions algériennes et d'évaluer son efficacité pour le traitement des différents rejets d'eau. L'étude se concentre sur quatre types de rejets d'eau : les eaux usées de la tannerie de Mitidja, les eaux usées du moulin à huile d'olive de Djenane Abderrahmane, les eaux usées de l'industrie de peinture Purepox Coatings et les eaux usées urbaines de la station d'épuration de Beni Merad.

Une étude approfondie des paramètres physico-chimiques de ces eaux usées a été réalisée avant et après traitement par distillation par énergie solaire et chauffage conventionnel. Les résultats montrent une augmentation significative de la qualité de l'eau. Par exemple, la demande chimique en oxygène (DCO) a été réduite de 90% pour les eaux usées de la tannerie de Mitidja, de 75% pour celles du moulin à huile d'olive, de 90% pour l'industrie de peinture, et de 98% pour les eaux usées urbaines. La turbidité a également diminué de manière notable, avec des réductions de 98% pour la tannerie, 99% pour le moulin à huile d'olive et l'industrie de peinture, et pour les eaux usées urbaines.

En termes de conductivité, des réductions de 97% pour la tannerie, 98% pour le moulin à huile d'olive, 75% pour l'industrie de peinture, et 79% pour les eaux urbaines ont été respectées. La salinité a été réduite de 98% pour la tannerie, 92% pour le moulin à huile d'olive, 66% pour l'industrie de peinture, et 85% pour les eaux urbaines. Les solides dissous totaux (TDS) ont montré une réduction de 97% pour la tannerie, 98% pour le moulin à huile d'olive, 75% pour l'industrie de peinture, et 80% pour les eaux usées urbaines.

Concernant le pH, une variation vers l'acidification a été enregistrée pour les rejets de la tannerie et du moulin à huile d'olive, tandis que pour les rejets de l'industrie de peinture et les eaux usées urbaines, le pH est resté dans la norme (entre 6.5 et 8.5). L'élimination des coliformes totaux et fécaux a été supérieure à 99% pour les rejets urbains, indiquant une efficacité remarquable de la distillation dans la détection de l'eau.

La comparaison des performances de la distillation solaire et de la distillation par chauffage conventionnel a révélé que la distillation solaire est une solution viable et efficace pour le traitement des eaux usées, en particulier dans les zones ensoleillées comme le Sahara algérien. La distillation solaire est plus efficace pour éliminer les composés organiques. Cependant, elle nécessite un temps de traitement plus long et est sensible aux conditions météorologiques. La distillation conventionnelle, en raison de la température plus élevée ($\geq 100^{\circ}\text{C}$), est particulièrement efficace pour l'élimination des micro-organismes, offrant une séparation quasi totale.

Néanmoins, il est important de souligner que la distillation solaire présente certaines limitations, notamment en termes de capacité de traitement et de production d'eau. Il est donc nécessaire de poursuivre la recherche et le développement de cette technologie afin d'améliorer son efficacité et de la rendre plus accessible. Parmi les perspectives d'amélioration, l'ajout de panneaux solaires pour produire de l'électricité, cette électricité pourrait alimenter un concentrateur solaire rotatif, lequel permettrait de stocker la chaleur et de l'utiliser ultérieurement pour le distillateur. En outre, l'utilisation de plusieurs distillateurs de grande surface pourrait permettre de traiter des quantités d'eau plus importantes, tout en continuant ainsi la capacité de traitement globale du système. Ces améliorations potentielles pourraient rendre la distillation solaire non seulement plus efficace, mais aussi plus adaptable

aux besoins variés des différentes régions d'Algérie, où les conditions environnementales et les types de rejets d'eau peuvent différer significativement.

En conclusion, ce mémoire de fin d'études a permis de démontrer l'efficacité de l'épuration des eaux usées par distillation en Algérie. Il a également contribué à l'avancement des connaissances dans le domaine de la valorisation des ressources en eau et de la protection de l'environnement. La poursuite des recherches et des innovations dans ce domaine promet d'apporter des solutions encore plus efficaces et accessibles pour répondre aux défis environnementaux et de gestion des ressources en eau auxquels le pays est confronté.

Références Bibliographique

Acerro, J.L., Benítez, F., González, M., et Real, J. (2008). Chlorination of organophosphorus pesticides in natural waters. *J. Haz. Mat.*, 153, 320-328. *Journal des Matériaux Dangereux*.

Aithamou, R., Boulahbal, O., et Haddadi, F. (2000). Impact microbiologique des eaux usées traitées sur le poivron et le maïs fourrager. *Recherche Agronomique. I.N.R.A.A. laboratoire des Sols et de la Fertilisation. C.R.P Mehdi Boualem. BP 37. Baraki 1610 Alger.*

Amselem, A. (2013). Étude des effets de la minimisation des boues sur la méthanisation par digestion anaérobique (Mémoire). École de technologie supérieure, Université du Québec, Montréal.

Andersson, B., Bernhoft, I., Guieysse, B., Henrysson, T., Mattiasson, B., et Olsson, S. (2000). Degradation of acenaphthene, phenanthrene and pyrene in a packed-bed biofilm reactor. *Journal microbiologie appliquée et biotechnologie* , 54, 826-831.

Atto, A., Beaupoil, A., Mucig, C., et Roux, A. (2010). Mémoire ingénieur: Risques sanitaires liés à la réutilisation des eaux usées traitées pour l'aéropersion des espaces verts. Ingénieur du génie sanitaire, p 46. École des hautes études en santé publique, 15 Av. du Professeur Léon Bernard, 35043 Rennes, France.

Baumont, S., Camard, J.P., Lefranc, A., et Franconi, A. (2004). Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Ed Ecole nationale supérieure agronomique de Toulouse, (Toulouse), 220.

Beadry, J. (1992). Livre : Chimie des eaux. Éditeur : Le Griffon d'Argile.

Becker, P.M., Dott, W., Feidieker, D., Kampfer, P., et Steiof, M. (1995). Comparison of ex situ and in situ techniques for bioremediation of hydrocarbon-polluted soils. Livre: *Biodétérioration et biodégradation internationales* , 35, 301-316.

Belaid, N. (2010). Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et photo-adsorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat de l'Université de Sfax.

Belgiorno, V., Claudio, R., Despo, F., Giusy, L., Luigiet, R., et Sureyya, M. (2007). Review on endocrine disrupting emerging compounds in urban wastewater: occurrence and removal by photocatalyse and ultrasonic irradiation for wastewater reuse.

Benyoucef, B., Kharchi, R. (2011). Analyse des besoins énergétiques en chauffage et en rafraîchissement: Cas de trois sites d'Algérie. Centre de développement des énergies renouvelables Bouzaréah, Alger, Université de Tlemcen, Algérie.

Boeglin, J., et Roubaty, J. (2007). Article de référence : Pollution industrielle de l'eau - Caractérisation, classification, mesure.

Boubakeur, K. (2014). Évaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'El-kerma ORAN (Mémoire de master). Département de génie chimique, Université d'Oran.

Boukerzaza, N. (2017). Étude de l'effet des pertes thermiques sur les caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire (Mémoire de magistère). Université Mentouri de Constantine.

Boutriaa, A. (2009). Effet des paramètres de fonctionnement sur les performances d'un distillateur solaire : mémoire de master, Université Mentouri Constantine, Faculté des Sciences exactes.

Bourgeois, A., et Thummen, E. (2002). Fiche sur la technique de la distillation. École normale supérieure - PSL, Paris, France.

Bourrier, R., Satin, M., et Selmi, B. (2010). Livre : Guide technique de l'assainissement (4ème éd.).Édité par EDITIONS LE MONITEUR. PARIS.

Boutebila, H. (2012). Étude et conception d'un distillateur solaire à usage agricole.Thèse de doctorat, Université Frères Mentouri-Constantine.

Cauchi, C., Derangere, D., Hyvrard, A., Martigne, A., Nakache, L., Martigne, A., et Seguret, A. (1996). Dossier: la réutilisation des eaux usées après épuration. Techniques, sciences et méthodes.

Dantas, B., Di Bernardo, L., Rigobello, E., et Vieira, E. (2013). Élimination du diclofénac par des procédés conventionnels de traitement de l'eau potable et une filtration granulaire sur charbon actif. Livre : Chemosphere, 92, 184-191.

Duchez, D., Farhadian, M., Larroche, C., et Vachelard, C. (2008). Monoaromatics removal from polluted water through bioreactors—A review. Water Res. Journal des ressources en eau et de leur protection, 42, 1325-1341.

Fedali, S. (2007/2008). Modélisation et conception d'un distillateur solaire des eaux saumâtres à bas coût pour les communautés rurales (Mémoire de magistère). Université de Batna.

Girgenti, P. (2011). Les paramètres d'analyse. SARL EAU PRO. Disponible sur : <http://www.eau-pro.com/upload/useruploads/files/Param%C3%A8tre%20physicochimiques.pdf>

Grosclaude, G. (1999). L'eau : usage et polluant, Tome II (4ème éd.). INRA, Paris.

Kettab, A. (2000). Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision. Ecole Nationale Polytechnique (ENP) - Alger, Laboratoire de Recherche des Sciences de l'Eau (LRS-EAU).

Léonard, A. (2002). Étude du séchage convectif des boues de station d'épuration suivi de la texture par micro-tomographie à rayons x (Thèse de doctorat). Université de Liège, Faculté des sciences, Belgique .

Margat, J., et Vallee, D. (1999). Contribution à la vision mondiale sur l'eau promue par le Conseil Mondial de l'eau et le Global Water Partnership, élaborée par le Plan Bleu dans le cadre du MEDTAC/GWP.

Meinck, F., Kohlschutter, H., et Stoof, H. (2010). Livre : Les eaux résiduaires industrielles (2ème éd.). Paris ; New York ; Barcelone etc. : Masson; 1977.

Metiche, M. (2004). Environnement: phénomènes de pollution et techniques de protection. Centre universitaire de Bechar.

Mettahri, M.S. (2012). Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP de la ville de Tizi-Ouzou. [Thèse de Doctorat]: agronomie, génie des procédés. [Tizi Ouzou] : Université de Mouloud Mammeri.

Moletta, R. (2014). L'eau, sa pollution, et son traitement. Livre : Moletta Méthanisation, 1504 Route des Bottières, 73470 Novalaise (France).

Patnaik, P. (1999). Livre : A comprehensive guide to the hazardous properties of chemical substances (2e éd.). New York: Wiley.

Rejsek, F. (2002). Livre : Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques. Ed Canopé CRDP de Bordeaux, (France).

Renaudin, V. (2003). Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres (Mémoire). Université de Lorraine.

Rodier, J. (2005). Livre : L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer (8ème éd.). Paris: Dunod.

Ruban, C. (2008). Article : Mesurage de la turbidité sur échantillons: application aux eaux résiduaires urbaines. Techniques Sciences Méthodes, Numéro 4, 103e année, 61-74.

Tandia, A. (2007). Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées. Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible coût, centre collaborateur de l'OMS.

Teodosiu, C., Gilca, A., Barjoveanu, G., et Fiore, S. (2018). Élimination des polluants émergents grâce au traitement avancé de l'eau potable: examen des processus et évaluation des performances environnementales. J. Nettoyer. Prod., 197, 1210-1221.

Vaillant, J. (1974). Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires: eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Ed Eyrolles, (Paris).

Von Gunten, U. (2003). Ozonation of drinking water: part (II). Disinfection and by-product formation in presence of bromide, iodide or chlorine. *Water Res.*, 37, 1469-1487.

Organismes normatifs

Agence nationale des barrages. (2017). Données hydrologiques des bassins de l'Est Algérien .

FAO. (2003). L'irrigation avec les eaux usées traitées: Manuel d'utilisation.

Institut national de santé publique.(2004). Rapport annuel sur la situation épidémiologique en Algérie.

Genesis Water Technologies. (2023). Impacts environnementaux des rejets d'eaux usées industrielles non traitées. fr.genesiswatertech.com.

REFEA.(2000). Fiche technique rédigée par l'équipe technique .

Webographie

Site web 1:

<http://www.cours.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/mondial/menumondial.html>

Site web 2:

<http://www.eeasm.org>

Annexes

Annexe 1

Tableau X : Résultats de mesure des paramètres de pollution de l'eau des rejets de la tannerie à l'état brute et après filtration et distillation par rayonnement solaire et chauffage conventionnel .

Paramètre	Tannerie brute	Tannerie après filtration	Rendement (%)	Tannerie brute	Tannerie après distillation	Rendement (%)	Valeurs limites
Couleur	blue	blue	-	blue	transparente	-	-
Température (°C)	25.7	25.7	-	25.7	15.1	-	30
PH	3.97	4.31	-	3.97	2.31	-	6.5-8.5
DBO 5 (mg/l)	198	-	-	198	23.7	88.03	500
DCO (mg/l)	47079	10400	77.90	47079	5118	89.12	1000
Salinité (g/l)	23.7	17.8	24.89	23.7	0.4	98.31	1
Conductivité (mS/cm)	37.2	29.2	21.50	37.2	0.96	97.42	500
Turbidité (NTU)	36	19	47.22	36	0.5	98.61	-
TDS (g/l)	21.5	13.2	38.60	21.5	0.5	97.67	-
Rapport DCO/DBO5	237.27	-	-	237.27	215.97	-	-

Paramètre	Tannerie brute	Tannerie après distillation par chauffage	Rendement (%)	Tannerie après distillation solaire	Rendement (%)	Valeurs limites
Couleur	blue	transparente	-	transparente	-	-
Température (°C)	25.7	15.1	-	34.9	-	30
PH	3.97	2.31	-	1.92	-	6.5-8.5
DBO 5 (mg/l)	198	23.7	88.03	18.1	90.85	500
DCO (mg/l)	47079	5118	89.12	425	99.09	1000
Salinité (g/l)	23.7	0.4	98.31	0.2	99.15	1
Conductivité (mS/cm)	37.2	0.96	97.42	0.34	99.08	500
Turbidité (NTU)	36	0.5	98.61	4.7	86.94	-
TDS (g/l)	21.5	0.5	97.67	0.2	99.06	-
Rapport DCO/DBO5	237.27	215.97	-	-	-	-

Annexe 2

Tableau XI : Résultats de mesure des paramètres de pollution de l'eau des rejets de moulin à huile d'olive à l'état brute et après filtration et distillation par rayonnement solaire et chauffage conventionnel .

Paramètre	Huile d'olive brute	Huile d'olive après filtration	Rendement (%)	Huile d'olive brute	Huile d'olive après distillation	Rendement (%)	Valeurs limites
Couleur	marron	marron	-	marron	transparente	-	-
Température (°C)	27	27	-	27	28	-	30
PH	5.26	5.64	-	5.26	2.58	-	6.5-8.5
DBO 5 (mg/l)	>1000	-	-	>1000	25.1	>97.50	500
DCO (mg/l)	64506.25	48000	25.58	64506.25	16100	75.04	1000
Salinité (g/l)	9.7	8.5	12.37	9.7	0.1	92.96	1
Conductivité (mS/cm)	16.6	15.2	8.43	16.6	0.25	98.49	500
Turbidité (NTU)	1600	1500	6.25	1600	2.7	99.83	-
TDS (g/l)	9.3	8.3	10.75	9.3	0.134	98.55	-
Rapport DCO/DBO5	64.50	-	-	64.50	641.43	-	-

Paramètre	Huile d'olive brute	Huile d'olive après distillation par chauffage	Rendement (%)	Huile d'olive après distillation solaire	Rendement (%)	Valeurs limites
Couleur	marron	transparente	-	transparente	-	-
Température (°C)	27	28	-	28.7	-	30
PH	5.26	2.58	-	2.97	-	6.5-8.5
DBO 5 (mg/l)	>1000	25.1	>97.50	20	>98	500
DCO (mg/l)	64506.25	16100	75.04	15900	75.35	1000
Salinité (g/l)	9.7	0.1	92.96	0.1	92.96	1
Conductivité (mS/cm)	16.6	0.25	98.49	0.17	98.97	500
Turbidité (NTU)	1600	2.7	99.83	1.56	99.90	-
TDS (g/l)	9.3	0.134	98.55	0.09	99.03	-
Rapport DCO/DBO5	64.50	641.43	-	-	-	-

Annexe 3

Tableau XII : Résultats de mesure des paramètres de pollution de l'eau des rejets de l'industrie de fabrication de peinture à l'état brute et après filtration et distillation par chauffage conventionnel .

Paramètre	Peinture brute	Peinture après filtration	Rendement (%)	Peinture brute	Peinture après distillation	Rendement (%)	Valeurs limites
Couleur	blanche	blanche	-	blanche	transparente	-	-
Température (°C)	25.7	25.7	-	25.7	31.4	-	30
PH	6.95	7.24	-	6.95	7.58	-	6.5-8.5
DBO 5 (mg/l)	327	-	-	327	59.2	81.89	500
DCO (mg/l)	16720	13000	22.24	16720	1723	89.69	1000
Salinité (g/l)	0.6	0.5	16.66	0.6	0.2	66.66	1
Conductivité (mS/cm)	1.28	1.28	0	1.28	0.3	76.56	500
Turbidité (NTU)	3400	3200	5.88	3400	4.7	99.86	-
TDS (g/l)	0.68	0.68	0	0.68	0.17	75	-
Rapport DCO/DBO5	51.13	-	-	51.13	29.1	-	-

Annexe 4

Tableau XIII : Résultats de mesure des paramètres de pollution de l'eau des rejets urbains à l'état brute et après filtration et distillation par rayonnement solaire et chauffage conventionnel .

Paramètre	Urbain brute	Urbain après filtration	Rendement (%)	Urbain brute	Urbain après distillation	Rendement (%)	Valeurs limites
Couleur	marron	marron	-	marron	transparente	-	-
Température (°C)	28.7	28.7	-	28.7	28.7	-	30
PH	6.40	7.20	-	6.40	8.64	-	6.5-8.5
DBO 5 (mg/l)	943	-	-	943	67	92.89	30
DCO (mg/l)	47850	14400	69.90	47850	800	98.32	90
Salinité (g/l)	0.7	0.6	14.28	0.7	0.1	85.71	10
Conductivité (mS/cm)	1.40	1.29	7.85	1.40	0.29	79.28	300
Turbidité (NTU)	357	152	57.42	357	3.2	99.10	-
TDS (g/l)	0.75	0.69	8	0.75	0.15	80	-
Coliformes totaux (UFC/100ml)	3 10 ⁹	-	-	3 10 ⁹	10 ⁵	99.99	-
Coliformes fécaux (UFC/100ml)	5 10 ⁸	-	-	5 10 ⁸	220	99.99	100-1000
Rapport DCO/DBO5	50.74	-	-	50.74	11.94	-	-

Paramètre	Urbain brute	Urbain après distillation par chauffage	Rendement (%)	Urbain après distillation solaire	Rendement (%)	Valeurs limites
Couleur	marron	transparente	-	transparente	-	-
Température (°C)	28.7	28.7	-	30	-	30
PH	6.40	8.64	-	7.58	-	6.5-8.5
DBO 5 (mg/l)	943	67	92.89	35.3	96.25	30
DCO (mg/l)	47850	800	98.32	1050	97.80	90
Salinité (g/l)	0.7	0.1	85.71	0.1	85.71	10
Conductivité (mS/cm)	1.40	0.29	79.28	0.30	78.57	300
Turbidité (NTU)	357	3.2	99.10	1.4	99.6	-
TDS (g/l)	0.75	0.15	80	0.17	77.33	-
Coliformes totaux (UFC/100ml)	3 10 ⁹	10 ⁵	99.99	-	-	-
Coliformes fécaux (UFC/100ml)	5 10 ⁸	220	99.99	-	-	100-1000
Rapport DCO/DBO5	50.74	11.94	-	29.74	-	-
Matière oxydable (mg/l)	16578.66	311.33	98.12	373.53	97.74	-

Annexe 5

27 Joumada Ethania 1430 21 juin 2009	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 36	17
<p>Décret exécutif n° 09-209 du 17 Joumada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration.</p> <p style="text-align: center;">-----</p>		
<p>Le Premier ministre,</p> <p>Sur le rapport du ministre des ressources en eau,</p> <p>Vu la Constitution, notamment ses articles 85-3° et 125 (alinéa 2) ;</p> <p>Vu la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, relative à l'eau ;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 09-128 du 2 Joumada El Oula 1430 correspondant au 27 avril 2009 portant reconduction du Premier ministre dans ses fonctions ;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 09-129 du 2 Joumada El Oula 1430 correspondant au 27 avril 2009 portant reconduction dans leurs fonctions de membres du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 02-68 du 23 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 6 février 2002 fixant les conditions d'ouverture et d'agrément des laboratoires d'analyses de la qualité ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 08-53 du 2 Safar 1429 correspondant au 9 février 2008 portant approbation du cahier des charges-type pour la gestion par concession du service public d'assainissement et du règlement de service y afférent ;</p> <p>Après approbation du Président de la République ;</p>		
<p>Décrète :</p>		
<p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 119 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement d'eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration.</p>		
<p style="text-align: center;">CHAPITRE I PROCEDURE D'AUTORISATION DE DEVERSEMENT</p>		
<p>Art. 2. — Tout déversement d'eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration est soumis à autorisation octroyée par l'administration chargée des ressources en eau.</p>		
<p>Art. 3. — La teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques ne peut, en aucun cas, dépasser, au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration, les valeurs limites maximales définies en annexe du présent décret.</p>		
<p>Art. 4. — Toute eau usée autre que domestique dont les caractéristiques ne sont pas conformes aux prescriptions du présent décret devra subir un pré-traitement avant son déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration.</p>		
<p>Art. 5. — La demande d'autorisation de déversement d'eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration doit être adressée par le demandeur à l'administration de wilaya chargée des ressources en eau.</p>		
<p>Art. 6. — Le dossier de demande d'autorisation de déversement doit indiquer :</p>		
<p>— les nom, prénom, qualité et domicile du demandeur ou si la demande émane d'une personne morale, la raison sociale et l'adresse du siège social ;</p>		
<p>— la description de l'activité de l'établissement concerné ;</p>		
<p>— les caractéristiques physico-chimiques et biologiques ainsi que le débit maximum d'eaux usées autres que domestiques à déverser ;</p>		
<p>— les caractéristiques techniques du branchement au réseau public, d'assainissement ou à la station d'épuration ;</p>		
<p>— le cas échéant, la description technique des installations de pré-traitement permettant de respecter les conditions de déversement des eaux usées, conformément aux prescriptions du présent décret.</p>		
<p>Le demandeur de l'autorisation de déversement est tenu de fournir toute information complémentaire qui s'avère nécessaire à l'instruction technique de sa demande.</p>		
<p>Art. 7. — En cas de rejet de la demande d'autorisation de déversement, l'administration de wilaya chargée des ressources en eau notifie sa décision motivée au demandeur.</p>		
<p>Art. 8. — La décision d'autorisation de déversement d'eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration doit, notamment, préciser les prescriptions techniques du déversement ainsi que les obligations de surveillance, de maintenance et d'entretien du branchement et, le cas échéant, des installations de pré-traitement.</p>		
<p>Art. 9. — Toute extension, transformation, reconversion ou tout changement en nature ou en importance de l'activité d'un établissement disposant d'une autorisation de déversement doit faire l'objet d'une nouvelle demande d'autorisation.</p>		

Art. 10. — L'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques est retirée dans les cas suivants :

- non-respect des obligations et prescriptions fixées par la décision autorisant le déversement ;
- lorsqu'il est fait obstacle à l'accomplissement des contrôles opérés dans les conditions fixées par le présent décret ;
- cessation d'activité de l'établissement au titre de laquelle l'autorisation de déversement a été octroyée.

CHAPITRE II CONTROLES

Art. 11. — Des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyse peuvent être effectués à tout moment dans le regard de branchement de l'établissement par les représentants de l'administration de wilaya chargée des ressources en eau afin de vérifier si les caractéristiques des eaux usées déversées dans le réseau public d'assainissement ou dans la station d'épuration sont conformes aux valeurs maximales fixées par le présent décret.

Art. 12. — Lorsque les résultats d'analyse montrent que les eaux usées ne sont pas en conformité avec les valeurs fixées dans la décision d'autorisation, l'administration de wilaya chargée des ressources en eau met en demeure le propriétaire de l'établissement de prendre, dans le délai qu'elle lui aura fixé, l'ensemble des mesures et actions à même de rendre le déversement conforme aux prescriptions de l'autorisation.

Art. 13. — A l'expiration du délai fixé par la mise en demeure indiquée à l'article 12 ci-dessus, et faute par le propriétaire de l'établissement de se conformer à la mise en demeure, les administrations de wilaya chargées des ressources en eau et de l'environnement doivent procéder à la fermeture de l'établissement jusqu'à exécution des mesures prescrites, et ce, sans préjudice des poursuites judiciaires prévues par la législation en vigueur.

Art. 14. — Les analyses d'échantillons d'eaux usées autres que domestiques prévues à l'article 11 ci-dessus sont effectuées par des laboratoires agréés par le ministre chargé des ressources en eau.

CHAPITRE III DISPOSITIONS FINALES

Art. 15. — Les installations de prétraitement existantes doivent être mises en conformité avec les prescriptions du présent décret dans un délai n'excédant pas un (1) an après la date de publication du présent décret au *Journal officiel*.

Art. 16. — Le présent décret sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 17 Jomada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009.

Ahmed OUYAHIA.

ANNEXE

Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration

PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0,1
Arsenic	0,1
Bérylium	0,05
Cadmium	0,1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexavalent	0,1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0,1
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	500
Demande chimique en oxygène (DCO)	1000
Etain	0,1
Fer	1
Fluorures	10
Hydrocarbures totaux	10
Matières en suspension	600
Magnésium	300
Mercurure	0,01
Nickel	2
Nitrites	0,1
Phosphore total	50
Phénol	1
Plomb	0,5
Sulfures	1
Sulfates	400
Zinc et composés	2

* Température : inférieure ou égale à 30° C

* PH : compris entre 5,5 et 8,5

Figure X : Décret exécutif n° 09-209 du 17 Jomada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration.

Annexe 6

Présentation de l'unité de développement des Équipements Solaires (UDES):

L'Unité De Développement Des Equipements Solaires a été créée par Arrêté N° 008 Du 9 Janvier 1988 de La Présidence de La République (Journal Officiel N°06 Du 10 Février 1988). Depuis Le 05 Décembre 2007, date de publication De l'arrêté ministériel portant création des entreprises publiques à caractère scientifique et technique, L'UDES a été intégrée dans L'EPST Centre De Développement Des Énergies Renouvelables.

L'UDES affiliée au Centre de Développement des Énergies Renouvelables (UDES/EPST ... UDES, Route Nationale N°11, BP 386, Bou-Ismaïl, 42415, Wilaya de Tipaza.

- **Mission de l'unité de l'UDES:**

- Réaliser des travaux de conception, de dimensionnement et d'optimisation des équipements en énergies renouvelables pour la production de la chaleur, l'électricité, le froid et le traitement des eaux .
- Mettre en œuvre toutes études et recherches de développement de procédés technologiques de fabrication de prototypes, équipements et des préséries .
- Établir des études technico-économiques, d'engineering pour mettre en place des installations pilotes en vue d'assurer le transfert et la maîtrise de nouvelles technologies .
- Mettre en place les techniques de caractérisation, de tests, de contrôles qualité et de conformité, en vue d'assurer la qualification, l'homologation et la certification des équipements développés.